



**Délcio Filipe
Soares Lopes**

**Produção e Armazenamento de Energia em Locais
Remotos - Estudo de caso Aldeia da Cuada, Ilha das
Flores**



**Délcio Filipe
Soares Lopes**

**Produção e Armazenamento de Energia em Locais
Remotos - Estudo de caso Aldeia da Cuada, Ilha das
Flores**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Sistemas Energéticos Sustentáveis, realizada sob a orientação científica de Mónica Sandra Abrantes de Oliveira Correia, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

o júri

presidente

Professor Doutor António Gil D'Orey Andrade-Campos
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

arguente

Mestre Miguel da Silva Oliveira
Assistente Convidado do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Orientadora

Professora Doutora Mónica Sandra Abrantes de Oliveira Correia
Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

agradecimentos

O meu agradecimento à minha orientadora, Professora Mónica Sandra Abrantes de Oliveira Correia, por toda a disponibilidade que teve e demonstrou, para me ajudar na realização deste projeto.

Um agradecimento muito especial aos meus pais e irmã, por todos os sacrifícios, assim como toda a ajuda que me deram ao longo destes anos, para que eu tivesse a oportunidade de tirar um curso superior.

À minha namorada pela paciência que teve ao longo destes meses, bem como, por todo o apoio, amizade e compreensão indispensáveis durante esta etapa.

Ao Sílvio Gonçalves, proprietário da Aldeia da Cuada, pela disponibilidade que teve para fornecer qualquer tipo de informação que necessitasse.

Ao professor Miguel Oliveira pelas sugestões dadas para a realização de alguns pontos desta dissertação.

Por fim, a todos os outros que, direta ou indiretamente, contribuíram para a minha dissertação.

palavras-chave

Energias renováveis, produção de energia, armazenamento de energia, sistemas híbridos.

resumo

Em pequenas ilhas o aproveitamento das fontes renováveis constituem uma forte alternativa aos sistemas de produção atuais, podendo-se, com algumas estratégias de produção híbrida, com investimentos aceitáveis no médio prazo, conseguir suprir as necessidades de energia num determinado local. Esta dissertação incide numa revisão bibliográfica de energias, sistemas de armazenamento, e sistemas produtores passíveis de ser aplicados de forma alternativa aos atuais sistemas de produção energética utilizados em pequenos locais remotos. Nesta dissertação é proposto um sistema híbrido, eólico-fotovoltaico, com e sem armazenamento, para a Aldeia da Cuada situada na ilha das Flores, tendo por base os seus consumos energéticos diários. Assim, no estudo apresenta-se o dimensionamento do sistema, bem como a análise económica para diferentes configurações propostas do mesmo. O dimensionamento do sistema proposto foi levado a efeito analiticamente e por recurso ao *software Hybrid Optimization Model for Electric Renewable* (HOMER).

keywords

Renewable energy, energy production, energy storage, hybrid systems.

abstract

In small islands, the use of renewable sources is a strong alternative to current production systems. With some hybrid production strategies just as acceptable investments in the medium term can be used to supply the energy needs in a certain place. This dissertation focuses on a bibliographical review of energy sources, storage systems, and production systems that can be applied in an alternative way to current energy production systems used in small remote locations. In this dissertation a hybrid wind-photovoltaic system, with and without storage, is proposed for the Aldeia da Cuada located on the island of Flores, based on its daily energy consumption. In this way, the study presents the design of the system, as well as the economic analysis for different configurations. The design of the proposed system was carried out analytically and by resource of the software Hybrid Optimization Model for Electric Renewable (HOMER).

Índice

Índice de Tabelas	9
Índice de Gráficos	11
Índice de Figuras	12
Capítulo I – Introdução	15
1.1 – Motivação	15
1.2 – Objetivos.....	16
1.3 – Estrutura da Dissertação.....	16
Capítulo II – Revisão do Estado de Arte	18
2.1 – Sustentabilidade Energética	19
2.2 – Energia Renovável	19
2.3 – Panorama Atual da Utilização da Energia Renovável em Portugal Continental e Açores	20
2.3.1 – Portugal Continental	20
2.3.2 – Açores.....	21
2.4 – Produção de Energia em Locais Remotos.....	22
2.5.1 – Energia Solar.....	25
2.5.1.2 – Potência do painel fotovoltaico e estimativa da produção anual de energia.....	26
2.5.2 – Energia Eólica	29
2.5.2.1 – Potência do gerador eólico e estimativa da produção anual de energia .	30
2.5.3 – Sistemas Híbridos	32
2.5.3.1 – Sistema Híbrido Fotovoltaico-Diesel	33
2.5.3.3 – Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico	33
2.5.4 – Metodologia para o Dimensionamento de um Sistema Híbrido	34
2.5.4.1 – Dados Meteorológicos	34
2.5.4.2 – Caracterização do Consumo.....	34
2.5.4.3 – Configuração do Sistema.....	34
2.5.4.4 – Modelo do Sistema de Energia	34
2.6 – Sistema de Armazenamento	35
2.6.1 – Armazenamento Eletroquímico	36
2.6.1.1 – Armazenamento em Baterias.....	36
2.7 – Inversor.....	37
2.8 – Controlador de carga	37
2.9 – Softwares Utilizados no Dimensionamento de Sistemas de Produção Energética	38
2.9.1 – HOMER	38
2.9.2 – RETScreen.....	41
2.9.3 – HYBRID2.....	42
2.9.4 – TRNSYS.....	42

2.10 – Revisão da Legislação Portuguesa para Autoconsumo	43
2.10.1 – Condições de Acesso e Atividade	43
2.10.2 – Direitos e Deveres do Produtor	44
2.10.3 – Renumerações e compensações para UPAC	45
2.10.4 - Tarifas aplicáveis à venda da eletricidade proveniente de UPP	45
Capítulo III – Caso de Estudo	47
3.1 – Ilha das Flores	47
3.1.1 – Clima da Ilha das Flores	48
3.2 – Aldeia da Cuada	48
3.2.1 – Consumos da Aldeia da Cuada	49
Capítulo IV – Dimensionamento do Sistema Híbrido	54
4.1 – Dimensionamento e escolha do Sistema Eólico	55
4.2 – Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico	59
4.3 – Dimensionamento do Sistema de Armazenamento	63
4.4 – Configurações do Sistema Híbrido	64
Capítulo V – Análise Económica	71
5.1- <i>Payback</i>	71
5.2 – Taxa interna de rentabilidade (TIR)	72
5.3 – Valor atual líquido (VAL)	72
5.4 – Considerações relativas à Análise Económica	72
5.5 – Análise Económica Configuração 1	73
5.6 – Análise Económica Configuração 2	76
5.7 – Análise Económica Configuração 3	78
5.8 – Análise Económica Configuração 4	80
5.9 – Análise Económica Configuração 5	82
5.10 – Análise Económica Configuração 6	84
5.11 – Conclusão da Análise Económica para as Configurações Propostas	86
Capítulo VI – Dimensionamento do Sistema Híbrido com Recurso ao <i>Software</i>	89
6.1 – Dados de Entrada no Software	89
6.1.1 – Dados de entrada do sistema híbrido (Configuração 1)	90
6.1.2 – Dados de entrada do sistema híbrido (Configuração 2)	91
6.2 – Dimensionamento do sistema híbrido	92
6.2.1 – Dimensionamento do sistema híbrido (Configuração 1)	92
6.2.2 – Dimensionamento do sistema híbrido (Configuração 2)	96
6.3 – Conclusões gerais	99
Capítulo VII – Conclusão	100
Referências	103
Anexos	107

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Resumo dos diferentes casos de estudo enunciados no estado de arte	24
Tabela 2 – Condições de acesso e atividade para unidades de autoconsumo	44
Tabela 3 – Direitos e deveres dos produtores	44
Tabela 4 – Potência e número de horas de utilização dos equipamentos da recepção	50
Tabela 5 – Potência e número de horas de utilização dos equipamentos do bar	51
Tabela 6 – Potência e número de horas de utilização dos equipamentos da lavanderia.....	51
Tabela 7 – Potência e número de horas de utilização dos equipamentos das casas	52
Tabela 8 – Potência e número de horas de utilização dos equipamentos da arrecadação	53
Tabela 9 – Potência e número de horas de utilização dos equipamentos da iluminação exterior	53
Tabela 10 – Velocidade média do vento para a ilha das Flores	55
Tabela 11 – Características dos 3 tipos de aerogeradores selecionados	56
Tabela 12 – Energia produzida anualmente e preços associados por cada aerogerador	58
Tabela 13 – Características do inversor para o aerogerador escolhido	59
Tabela 14 – Temperatura e radiação solar média para a ilha das Flores	59
Tabela 15 – Radiação incidente num plano ótimo para a Aldeia da Cuada	60
Tabela 16 – Pico de horas de sol para a ilha das Flores	61
Tabela 17 – Características dos painéis fotovoltaicos considerados	61
Tabela 18 – Potência máxima para cada módulo considerado	62
Tabela 19 – Energia produzida anualmente por cada módulo	62
Tabela 20 – Características das baterias selecionadas	63
Tabela 21 – Capacidade do sistema e número de baterias necessárias	63
Tabela 22 – Dados configuração 1	64
Tabela 23 – Dados configuração 2	66
Tabela 24 – Dados configuração 3	67
Tabela 25 – Dados configuração 4	68
Tabela 26 – Dados configuração 5	69
Tabela 27 – Dados configuração 6	69
Tabela 28 – Custo total do sistema configuração 1	74
Tabela 29 – Variáveis de estudo configuração 1.....	74
Tabela 30 – Custo total do sistema configuração 2	76
Tabela 31 – Variáveis de estudo configuração 2.....	76
Tabela 32 – Custo total do sistema configuração 3	78
Tabela 33 – Variáveis de estudo configuração 3.....	78
Tabela 34 – Custo total do sistema configuração 4	80
Tabela 35 – Variáveis de estudo configuração 4.....	80
Tabela 36 – Custo total do sistema configuração 5	82
Tabela 37 – Variáveis de estudo configuração 5.....	82
Tabela 38 – Custo total do sistema configuração 6	84
Tabela 39 – Variáveis de estudo configuração 6.....	84

Tabela 40 – Conclusões da análise económica admitindo as configurações sem financiamento	86
Tabela 41 – Conclusões da análise económica admitindo as configurações com financiamento	87
Tabela 42 – Dados de entrada do sistema eólico no HOMER (Configuração 1).	90
Tabela 43 – Dados de entrada do sistema fotovoltaico no HOMER (Configuração 1)	90
Tabela 44 – Dados de entrada do sistema de armazenamento no HOMER (Configuração1). ...	91
Tabela 45 – Dados de entrada do sistema eólico no HOMER (Configuração 2).	91
Tabela 46 – Dados de entrada do sistema fotovoltaico no HOMER (Configuração 2)	91
Tabela 47 – Dados de entrada do sistema de armazenamento no HOMER (Configuração2). ...	92
Tabela 48 – Resultados obtidos do sistema dimensionado analiticamente (Configuração 1) ...	94
Tabela 49 – Resultados obtidos do sistema dimensionado com recurso ao HOMER (Configuração 1)	95
Tabela 50 – Resultados obtidos do sistema dimensionado analiticamente (Configuração 2) ...	98
Tabela 51 – Resultados obtidos do sistema dimensionado com recurso ao HOMER (Configuração 2)	98

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Repartição das fontes de produção de eletricidade em Portugal Continental para o ano de 2016	21
Gráfico 2 – Repartição das fontes de produção de eletricidade no arquipélago dos Açores para o ano de 2016	21
Gráfico 3 – Distribuição de <i>Weibull</i> para a ilha das Flores.....	57
Gráfico 4 – Energia produzida pelo aerogerador <i>E Vance R900</i> 5kW.	57
Gráfico 5 – Energia produzida pelo aerogerador <i>Aeolos-H</i> 10 kW.	57
Gráfico 6 – Energia produzida pelo aerogerador <i>Aeolos-H</i> 20 kW.	58
Gráfico 7 – Balanço financeiro para a configuração 1 sem financiamento.	75
Gráfico 8 – Balanço financeiro para a configuração 1 com financiamento.	75
Gráfico 9 – Balanço financeiro para a configuração 2 sem financiamento.	77
Gráfico 10 – Balanço financeiro para a configuração 2 com financiamento.	77
Gráfico 11 – Balanço financeiro para a configuração 3 sem financiamento.	79
Gráfico 12 – Balanço financeiro para a configuração 3 com financiamento.	79
Gráfico 13 – Balanço financeiro para a configuração 4 sem financiamento.	81
Gráfico 14 – Balanço financeiro para a configuração 4 com financiamento.	81
Gráfico 15 – Balanço financeiro para a configuração 5 sem financiamento.	83
Gráfico 16 – Balanço financeiro para a configuração 5 com financiamento.	83
Gráfico 17 – Balanço financeiro para a configuração 6 sem financiamento.	85
Gráfico 18 – Balanço financeiro para a configuração 6 com financiamento.	85

Índice de Figuras

Figura 1 – Configuração de um sistema híbrido eólico-fotovoltaico	23
Figura 2 – Tipos de células fotovoltaicas.....	26
Figura 3 – Principais componentes de um aerogerador	30
Figura 4 – Classificação das tecnologias de armazenamento	36
Figura 5 – Representação esquemática do HOMER.....	39
Figura 6 – Mapa do arquipélago dos Açores.....	48
Figura 7 – Vista área da Aldeia da Cuada e sua respetiva área total.	49
Figura 8 – Mapeamento da Aldeia da Cuada.	49
Figura 9 – Menu principal do <i>software</i> HOMER.	89
Figura 10 – Configuração do sistema híbrido com armazenamento (Configuração 1)	92
Figura 11 – Propostas de sistemas obtidas para o sistema híbrido (Configuração 1).	93
Figura 12 – Proposta de sistema otimizada obtida para o sistema híbrido (Configuração 1). ...	93
Figura 13 – Desempenho energético do sistema híbrido (Configuração 1).....	94
Figura 14 – Configuração do sistema híbrido com armazenamento (Configuração 2)	96
Figura 15 – Propostas de sistemas obtidas para o sistema híbrido (Configuração 2)	96
Figura 16 – Proposta de sistema otimizada obtida para o sistema híbrido (Configuração 2)	97
Figura 17 – Desempenho energético do sistema híbrido (Configuração 2).	97

Nomenclatura

Ah	Ampere-hora
A_{pv}	Área do painel fotovoltaico (m^2)
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CIEG	Custos de Interesse Económico Geral
CUR	Comercializador de último recurso
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
DL	Decreto-Lei
E_L	Energia diária consumida (kWh)
G_{ir}	Irradiação solar global (W/m^2)
G_t	Radiação solar no plano inclinado (W/m^2)
H	Altura que se pretende estimar a velocidade do vento (m)
H_{ref}	Altura em que foi feito as medições do vento (m/s)
N_{oct}	Temperatura normal de funcionamento, fornecida pelo fabricante dos painéis ($^{\circ}C$)
P_r	Potência nominal do aerogerador (W)
PSH	Pico de horas de sol (horas)
RESP	Rede elétrica de serviço público
RPM	Rotações por minuto
S_f	Fator de segurança
T_a	Temperatura ambiente ($^{\circ}C$)
T_c	Temperatura de operação do painel ($^{\circ}C$)
TIR	Taxa interna de rentabilidade
T_{ref}	Temperatura de referência, igual a 25 $^{\circ}C$
UP	Unidade de Produção
UPAC	Unidade de Produção para Autoconsumo
UPP	Unidade de Pequena Produção
V	Velocidade do vento (m/s)
VAL	Valor atual líquido
V_c	Velocidade cut-in do aerogerador (m/s)
V_f	Velocidade cut-off do aerogerador (m/s)
V_r	Velocidade do vento que determina a produção nominal do aerogerador (m/s)
V_{ref}	Velocidade do vento à altura de referência (medição) (m/s)
ρ	Densidade do ar, (1,29 kg/m^3)
β	Coefficiente de variação com a temperatura (%)
α	Coefficiente de rugosidade
η_{inv}	Eficiência do inversor (%)

η_{pv}	Eficiência do painel fotovoltaico(%)
η_r	Eficiência dos painéis nas condições de referência (%)
η_s	Eficiência do sistema (%)
η_{wind}	Rendimento do aerogerador (%)

Capítulo I – Introdução

1.1 – Motivação

Em muitas partes do mundo há uma extrema dificuldade em construir linhas de distribuição de energia para posterior ligação à rede elétrica do local, acabando também por ser dispendioso, devido a um baixo nível de densidade populacional [1].

A produção de energia nestes locais é feita principalmente a partir de geradores a *diesel*, que é considerada a alternativa mais económica e fiável. Contudo, esta solução, nem sempre é a mais rentável e induz várias complicações tanto a nível ambiental, como para quem a utiliza: ao nível de transporte de combustível, complexa manutenção e também dependência energética. Além das zonas mencionadas anteriormente, em que há dificuldade em obter energia proveniente de uma rede central, existem lugares onde há linhas de distribuição estáveis, mas que têm potencial para se conseguir uma produção de energia autónoma, utilizando os recursos disponíveis localmente e livremente [2].

Face a esses cenários, as fontes renováveis como o sol e o vento, demonstram ser cada vez mais uma solução eficiente para a produção de energia elétrica e redução dos altos custos dos combustíveis e energia. Contudo, apesar das várias vantagens dos recursos alternativos, um sistema autónomo alimentado por um só recurso tem a dificuldade de fornecer uma carga contínua devido à sua natureza, já que este tipo de fontes depende fortemente das condições climáticas. Face a esses problemas os sistemas híbridos demonstram ser uma boa alternativa, uma vez que estes têm menores custos associados e maior confiabilidade, podendo trazer diversas vantagens ao serem utilizados [3].

As ilhas dos Açores, por exemplo, possuem vastos locais geograficamente isolados das comunidades e que são excelentes para o estudo da implementação de sistemas alternativos de energia. Os Açores situam-se numa zona do Atlântico Norte, e são compostos por nove ilhas divididas em três grupos, oriental, central e ocidental, neste último está presente a ilha das Flores, ilha onde está localizado a zona estudada nesta dissertação, a Aldeia da Cuada.

Sob a classificação climática de *Köppen-Geiger*, a ilha das Flores está abrangida por um clima temperado quente fazendo fronteira com um clima oceânico. O clima da ilha é fortemente influenciado pela circulação zonal de oeste, pelas massas de ar húmido e corrente quente do Golfo, o que origina um clima húmido e uma pequena escala de temperaturas. Os invernos são algo ventosos e chuvosos e os verões são suaves com temperaturas médias de cerca de 22 °C. Ao longo de todo o ano, as temperaturas raramente excedem os 30 °C ou baixam os 5 °C e a sua precipitação é significativa ao longo do ano, embora nos meses de verão esta decresça substancialmente [4].

Esta ilha apresenta um potencial elevado a nível eólico e também hídrico, já tendo conseguido a produção de energia elétrica 100% renovável durante alguns períodos de tempo [5].

Já no que diz respeito à zona escolhida, Aldeia da Cuada, é um pequeno aldeamento turístico com cerca de 17 820 m², muito requisitado e conhecido a nível internacional. Este encontra-se situado no lado oeste da ilha localizado ligeiramente abaixo da freguesia da Fajã Grande, numa zona isolada dos locais habitáveis da ilha. A aldeia não apresenta grandes consumos elétricos e apesar de estar ligada à rede elétrica da ilha, ostenta de um grande potencial renovável a explorar na zona.

Procura-se então dimensionar um sistema, que passará por um sistema híbrido, que seja capaz de conseguir uma produção autónoma ou que cubra a maioria das necessidades da aldeia, reduzindo assim a utilização de combustíveis fósseis, bem como, uma poupança a nível financeiro.

1.2 – Objetivos

Nesta dissertação pretende-se avaliar a viabilidade técnico-económica da instalação de um mix energético baseado em fontes renováveis, num aldeamento turístico isolado, situado na ilha das Flores, mais concretamente na Aldeia da Cuada.

Para o efeito, serão levantadas as necessidades energéticas do local e respetivos padrões de consumo e proceder-se-á à caracterização climática do local recorrendo a estações meteorológicas locais, de modo a completar a informação constante na base de dados climáticas existentes. De modo a perceber o sistema mais adequado, ao caso de estudo em análise, recorrer-se-á ao uso de ferramentas computacionais comerciais de apoio à modelação de projeto de energias limpas.

1.3 – Estrutura da Dissertação

Além da introdução, este trabalho encontra-se dividido em mais seis capítulos.

O capítulo II é dedicado à revisão do estado de arte das questões relacionados com a dissertação, como por exemplo os métodos atuais de produção de energia em locais remotos, tipos de tecnologias disponíveis para o armazenamento de energia, bem como, os modelos ou *softwares* mais utilizados para o dimensionamento deste tipo de sistemas.

No capítulo III, é descrito o caso de estudo, assim como os seus consumos de energia, padrões de utilização.

No capítulo IV é definido o tipo de tecnologias a utilizar para a produção de energia elétrica, o tipo de armazenamento a utilizar quando necessário e uma explicação acerca do funcionamento de todo o sistema e de todas as opções tidas em conta, assim como os resultados obtidos para cada uma das tecnologias.

No capítulo V é efetuada a análise de viabilidade económica do projeto e apresentados os resultados obtidos da mesma.

É realizada a comparação dos resultados obtidos através do método analítico, com a utilização de um *software* no capítulo VI.

As conclusões obtidas e principais conceitos a reter são evidenciados no capítulo VII.

PÁGINA EM BRANCO

Capítulo II – Revisão do Estado de Arte

2.1 – Sustentabilidade Energética

Diaz-Balteiro et al. (2016) [6] afirmam que o conceito de sustentabilidade nasceu no século XVII com inicial aplicação nas questões relacionados com a gestão florestal. Contudo nas últimas décadas a sua aplicação têm-se universalizado em áreas diversas como a energia, ambiente, agricultura entre outros e é tido em conta a nível global, nacional e local como um objetivo político.

A procura de energia tem sofrido um crescimento cada vez mais significativo na nossa sociedade, para que se possa assim garantir uma maior e melhor qualidade de vida e permitir também realizar outras questões da economia. A dependência da tecnologia, o aumento da qualidade de vida nos países desenvolvidos e o aumento contínuo da população em países em desenvolvimento são algumas das razões que contribuem para o crescimento dessa procura [7].

Para que se consiga suprir a excessiva procura de energia ocorre um aumento substancial do consumo dos combustíveis fósseis, o que depois suscita no esgotamento do ozono, mudanças climáticas, problemas ambientais e também de saúde pública. Segundo Schell et al. (2015) [7], em 2014 foi declarado pela primeira vez no relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), que a produção de energia com um baixo consumo de carbono é uma "medida-chave" na alteração climática bem como, na maioria de outros problemas associados.

A adoção da sustentabilidade energética é, portanto, uma excelente solução para que se consiga reduzir essas ameaças ambientais e assim obter uma maior preservação do planeta terra. Essa sustentabilidade pode ser feita a partir da introdução de tecnologias sustentáveis e livres de poluentes, como é o caso das tecnologias de energia renovável, no entanto para que seja classificada como uma fonte de energia sustentável, esta deve ter os aspetos sociais, económicos e ambientais definidos. Nos últimos anos tem existido uma maior procura, para que sejam desenvolvidas várias medidas para incentivar ao investimento nas energias renováveis, com vários governos a definirem algumas metas, como por exemplo exigirem que uma certa percentagem da produção de energia elétrica seja derivada de fontes de energia renovável. Com o aproveitamento dos recursos renováveis há a facilidade em fornecer uma energia sem poluentes atmosféricos e gases de efeito estufa, tornando-se assim uma alternativa fiável, acessível e ambientalmente sustentável para satisfazer necessidades energéticas e de pequena escala [8].

2.2 – Energia Renovável

A energia e a sua respetiva conversão são fundamentais para seja possível haver vida no mundo, através da conversão de energia é possível obter uma produção de energia elétrica que possa ser utilizável e confiável. A energia elétrica pode ser derivada a

partir de fontes não renováveis e renováveis sendo que nos dias de hoje a utilização de fontes não renováveis como petróleo, gás natural e carvão ainda apresentam uma taxa de utilização muito elevada. Este é um cenário que nos últimos anos se tem vindo a tentar modificar, ainda que algo longe de se conseguir [9].

Define-se por energia renovável, aquela que provém de recursos naturais e que se renovam constantemente, de um modo sustentável, mesmo depois de utilizadas, como são exemplo a solar, a hídrica e eólica. Hossain et al. (2016) [9] consideram que esta energia é uma solução adequada para ilhas e áreas remotas, em que seja impossível ou dispendioso conectar-se com a rede principal. Apesar de serem excelentes alternativas aos combustíveis fósseis deparam-se com alguns problemas como é o caso do seu elevado investimento e disponibilidade, nem sempre estando disponível quando necessário. A maioria dessas sofrem grandes oscilações e não são fiáveis para uma produção de eletricidade continuamente durante 24 horas.

Ao contrário das fontes convencionais de energia elétrica, para os recursos alternativos de energia não é possível o controlo da potência de saída, o que faz com que seja necessário a realização de estudos do potencial renovável disponível, com base em dados diários e sazonais locais [9].

As energias renováveis têm um grande contributo para o desenvolvimento sustentável e económico do planeta. Estas possuem vantagens como:

- ser um recurso abundante, sem a possibilidade de se esgotar aumentando assim a segurança energética.
- redução da emissão de gases com efeito de estufa.
- aumentar o número de emprego tanto a nível local como regional [10].

2.3 – Panorama Atual da Utilização da Energia Renovável em Portugal Continental e Açores

2.3.1 – Portugal Continental

O ano de 2016 foi um ano de extrema importância na utilização das fontes de energia renovável para um abastecimento das exigências energéticas a nível nacional. A produção a partir de fontes renováveis no ano decorrido representou uma percentagem de cerca de 64%, 32 283 GWh, de toda a energia elétrica consumida em Portugal Continental, cerca de 50 790 GWh, em que em aproximadamente 60 dias de forma intermitente foram capazes de só por si, abastecer o consumo elétrico nacional [11].

Através do gráfico 1 é possível observar que os recursos renováveis em Portugal Continental representaram 58% da produção de energia elétrica, onde a energia hídrica foi aquela que mais eletricidade gerou, cerca de 30%, por outro lado a tecnologia solar foi aquela que menos eletricidade gerou, pouco mais de 1%, apesar do grande potencial que esta fonte apresenta no território português. Já os combustíveis fósseis representaram

42% do mix energético nacional, 34% com origem a partir de centrais convencionais e cerca de 8% pela cogeração.

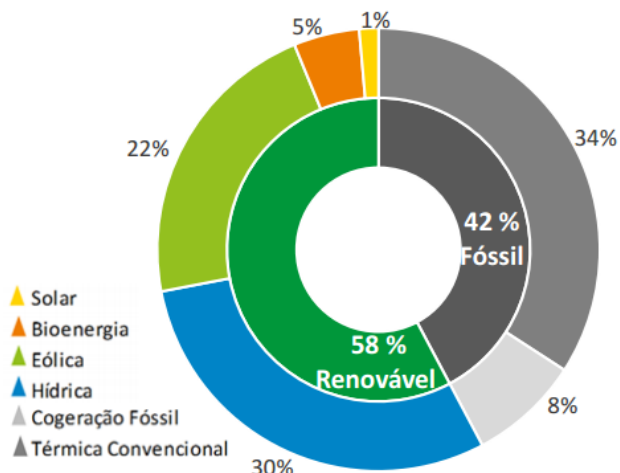


Gráfico 1 - Repartição das fontes de produção de eletricidade em Portugal Continental para o ano de 2016 (Adaptado de APREN 2016 [11]).

2.3.2 – Açores

No arquipélago dos Açores o setor energético é maioritariamente dominado pela utilização dos combustíveis fósseis. Na região, a produção total de eletricidade ultrapassou os 800 GWh, sendo gastos cerca de 735 GWh dessa produção, destacando-se o setor do comércio/serviços e o setor doméstico como maiores consumidores [12].

De toda a eletricidade produzida, 33% foram provenientes de tecnologias renováveis, do qual a maior porção, 19%, foram oriundos energia geotérmica, já o recurso hídrico e os resíduos foram aqueles que menos contribuiriam com 4% e 1% respetivamente. Quanto os restantes 67% foram resultantes da produção a partir dos combustíveis fósseis, dividindo-se entre produção a *fuel* e a produção a gasóleo como é possível constatar no gráfico seguinte.

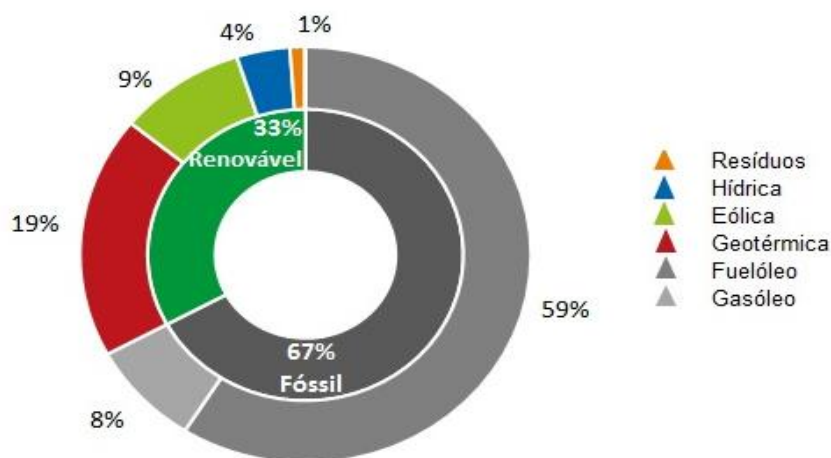


Gráfico 2 - Repartição das fontes de produção de eletricidade no arquipélago dos Açores para o ano de 2016 (Adaptado de APREN 2016 [13]).

2.4 – Produção de Energia em Locais Remotos

Em ilhas e outros locais com maior isolamento, existem maiores dificuldades em conseguir uma energia que seja sustentável, facilmente acessível e confiável. Devido ao seu isolamento geográfico, o cenário da maioria deste tipo de locais, é que o combustível importado (derivados de petróleo e gás) ainda seja a principal fonte de energia para a produção de eletricidade e aquecimento, suscitando assim altos custos de operação e manutenção, em comparação com outros sistemas interligados [14].

Para Neves et al. (2016) [15], um sistema de produção isolada deve ter mais que uma fonte produtora de energia (sistema híbrido), para que haja uma maior segurança para suprimir todas as necessidades energéticas. As principais energias escolhidas para sistemas de microprodução são essencialmente a eólica, solar e o gerador a *diesel* com o propósito de auxílio ao sistema, no entanto para a escolha do sistema é preciso ter em conta quais os recursos disponíveis no local em estudo. A utilização destes sistemas híbridos apresenta custos de operação mais apelativos e uma produção extremamente eficiente, como também, a redução da poluição ambiental.

Fulzele et al. (2016) [16] e Dawoud et al. (2015) [17], dimensionaram dois sistemas híbridos eólico-fotovoltaico para uma área rural na Índia e Egito respetivamente, onde o recurso à rede elétrica central era difícil e pouco viável. O sistema proposto em ambos os casos consistia em geradores fotovoltaicos, geradores eólicos, um sistema de armazenamento composto por baterias e inversores CC / CC e CA/ CC. Na Índia, o local em estudo tinha um consumo anual médio de energia de 731kWh/dia, com uma carga máxima de 137 kW, já na localidade no Egito o consumo médio foi de 1 338,61 kWh/dia, com um pico máximo diário de 83,39 kW. Os dados da disponibilidade solar e eólica, em ambos os casos, foram obtidos através da *Atmospheric Science Data Center* [18], com registo de uma radiação média anual de 5,312 kWh/m²/dia e velocidade do vento de 3,22 m/s para a localidade rural na Índia. Pode-se ver a representação de um sistema híbrido do tipo, na figura 1.

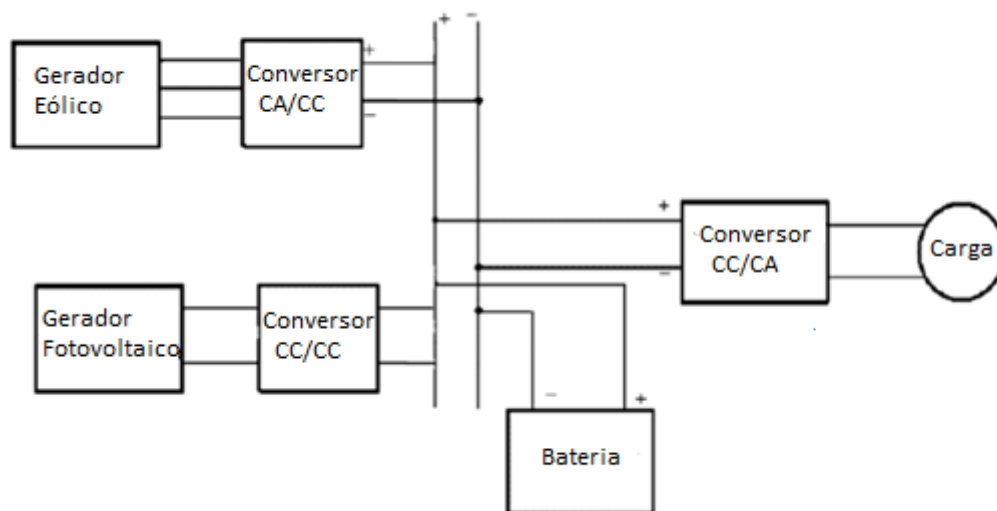


Figura 1 – Configuração de um sistema híbrido eólico-fotovoltaico (Adaptado de Notton et al. (2011) [19]).

A configuração proposta foi simulada através do *software* HOMER. Kassem et al. (2015) [20] afirmam que este é uma das ferramentas mais utilizadas para dimensionamento e otimização de sistemas híbridos. Após a simulação são fornecidas todas as soluções possíveis, bem todos os custos associados.

Os resultados da simulação do sistema apresentado para a Índia demonstraram que um sistema composto por geradores eólicos, solares, inversores e um banco de baterias, revelava-se uma solução económica e viável para o lugar proposto. Foi constatado também que para a projeção de um sistema híbrido em lugares em desenvolvimento com o objetivo de eletrificação rural, o fator da viabilidade económica tem que ser a principal prioridade e só depois a viabilidade técnica, visto que, os utilizadores nem sempre têm condições para suportar os altos custos da energia que daí advém.

Nurunnabi et al. (2015) [21], dimensionaram um sistema semelhante. Foi usado uma vez mais o HOMER para a simulação e o mix energético eólico-fotovoltaico. O sistema, ao contrário dos anteriores, tinha a particularidade de ser conectado à rede, reduzindo assim os custos com o armazenamento da energia produzida em excesso, já que esta era enviada para a rede elétrica local. Neste estudo constatou-se que o sistema híbrido conectado à rede era mais eficiente e económico, ao invés, de um sistema híbrido tradicional (eólico-fotovoltaico-baterias) para a mesma carga.

Já Rafeed et al. (2016) [22], evidenciaram outro tipo de sistema que é composto por painéis fotovoltaicos e uma instalação de biomassa, conectado com um banco de baterias para que fosse possível armazenar o excedente de energia produzido. Para qualquer falha que pudesse ocorrer na disponibilidade dos recursos utilizados, o sistema era auxiliado por um gerador a *diesel*. O sistema tinha a finalidade de cobrir uma área rural em Bangladesh, com um consumo médio de energia de 680,33 kWh/dia e pico máximo de 98,78kW e para a otimização do mesmo foram utilizados dois *softwares*, o HOMER e o

RETScreen. Os dados climáticos da radiação solar foram obtidos através do *software* RETScreen e a disponibilidade da biomassa foi calculada através da contagem dos recursos no local, dividindo-os em gado, aves e bio resíduos. O resultado da análise financeira do projeto foi conseguido através do RETScreen, que segundo Rafeed et al. (2016) [18], é uma ferramenta muito válida para este tipo de análises. Já a otimização do sistema foi conseguida recorrendo ao HOMER, apurando que a opção híbrida pode ser a chave para atenuar a dependência dos recursos convencionais, para a produção de energia elétrica no local em estudo, bem como em outros locais com semelhantes princípios.

Os casos de estudo apresentados anteriormente estão devidamente resumidos na tabela 1.

Tabela 1- Resumo dos diferentes casos de estudo enunciados no estado de arte.

Local	Consumo médio anual (kWh/dia)	Pico de carga (kW)	Software utilizado	Sistema híbrido	Principal Objetivo
Índia	731	137	HOMER	Eólico-Fotovoltaico-Baterias	Simulação e otimização de um sistema híbrido de energia eólico-fotovoltaico
Egipto	1338,61	83,39	HOMER	Eólico-Fotovoltaico-Baterias	Simulação e otimização de um sistema híbrido de energia eólico-fotovoltaico
Bangladesh	654,73	101,32	HOMER	Eólico-Fotovoltaico	Análise a viabilidade económica de um sistema híbrido conectado à rede
Bangladesh	680,33	98,78	HOMER e RETScreen	Fotovoltaico-Biomassa-gerador diesel-Baterias	Simulação e otimização de um sistema híbrido de energia biomassa-fotovoltaico

Como é possível constatar anteriormente, quando se trata da utilização de combustíveis alternativos, para a produção de energia elétrica em locais remotos, recorre-se maioritariamente aos sistemas híbridos de energia. Estes são considerados as alternativas mais limpas e confiáveis, para a substituição de sistemas de produção alimentados a combustíveis fósseis, dos quais, para este tipo de casos os geradores a *diesel* são os mais comuns. Os sistemas comumente mais utilizados são a conjunção de geradores eólicos e fotovoltaicos, podendo ou não conter um método de armazenamento, consoante se o sistema estará ligado ou não a uma rede elétrica local.

Há uma série de *softwares* disponíveis para uma combinação ótima de diferentes energias renováveis, como o HOMER, RETScreen, HYBRID 2, TRNSYS entre outros, onde

de acordo com Nagaraj R. (2012) [23], o HOMER e RETScreen são considerados as ferramentas mais utilizadas. A maioria destes *softwares* além do estudo energético, permitem também a realização da análise financeira do projeto.

2.5 – Tecnologias de Produção de Energia

Os tipos de tecnologias mais usuais em sistemas para produção de energia em zonas isoladas ou com a finalidade de autoconsumo, são sobretudo a tecnologia fotovoltaica e a tecnologia eólica. Esses sistemas podem ser dimensionados por recurso a uma única tecnologia ou a um mix energético (sistema híbrido), de forma a possibilitar uma produção mais eficiente e contínua [24].

2.5.1 – Energia Solar

O sol é uma fonte renovável abundante na terra, este emite energia a uma taxa de $3,8 \times 10^{23}$ kW/s, atingindo a terra com uma radiação anual próxima dos 3 400 000 EJ. Em ilhas em torno da região equatorial, a radiação solar atinge frequentemente valores superiores a 4,5 kWh/m²/dia. O sol é considerado também uma fonte não poluente contribuindo para a redução das emissões de gases na atmosfera. A energia solar pode ser utilizada através de duas formas distintas: pode ter a finalidade de produção de energia elétrica, energia solar fotovoltaica, ou de aquecimento, energia solar térmica. Entre os anos 1990 e 2013 a utilização da energia solar térmica e fotovoltaica cresceram a uma taxa de 11,6% e 45,5% respetivamente, o que demonstra o grande aumento da utilização deste recurso renovável [24].

2.5.1.1 – Energia Solar Fotovoltaica

Segundo Lacerda S. et al. (2016) [25], o efeito fotovoltaico que se destina à produção de energia elétrica a partir de energia solar, foi descoberto por volta do ano de 1839. Entre o ano de 1940 até meados dos anos 70 a energia fotovoltaica foi desenvolvida essencialmente para o setor espacial e para satélites, já após os anos 70 e com a crise do petróleo, a energia fotovoltaica começou a ter uma maior utilização em aplicações terrestres.

Nagaraj R. (2012) [23] afirma que a célula fotovoltaica é formada por duas ou mais camadas de um material, normalmente o silício semicondutor, devido a ter a característica de ser um bom condutor de eletricidade. Quando este silício é exposto à luz solar, são originadas cargas elétricas que podem ser conduzidas para fora do metal através de corrente contínua (CC). A potência elétrica quando é gerada por uma única célula fotovoltaica é pequena, então o painel fotovoltaico é formado por várias células, que geralmente são cobertas por um vidro. Essas células são por norma, revestidas com material antirreflexo, a fim de limitar a reflexão da luz na sua superfície e absorver a máxima radiação possível. A quantidade de luz absorvida por uma célula solar determina a quantidade de energia elétrica que ela originará.

O painel fotovoltaico é considerado o principal elemento de um sistema fotovoltaico, que pode ser composto por apenas um ou mais painéis. Estes sistemas não requerem uma grande manutenção e têm um longo período de vida, operando de forma silenciosa e sem emissões de gases com efeito de estufa [25].

A maioria dos painéis fotovoltaicos é constituída por silício, esta é a tecnologia mais comum e estudada, representando cerca de 80% do respetivo mercado devido ao seu menor custo e maior eficiência. Na figura 2, podem-se verificar os principais tipos de células solares, as de silício monocristalino, de silício policristalino e de silício amorfo [25].

As células monocristalinas representam a primeira geração e são aquelas que apresentam um rendimento mais elevado, entre os 16% e os 22%, as células policristalinas têm um custo de produção inferior por necessitarem de menos energia no seu fabrico, contudo, apresentam um rendimento elétrico, entre 14% e 18%. Por último, as células de silício amorfo são aquelas que apresentam custo de produção mais baixo e consequentemente um menor rendimento também, entre os 11% e os 15% [25].

As reduções dos custos das tecnologias fotovoltaicas são frequentes, mas existe ainda capacidade para se conseguirem atingir preços mais baixos, principalmente através das reduções da espessura das células solares, o que leva também ao aumento da eficiência do painel. O possível aumento da eficiência em cerca de apenas 1% leva a uma redução dos custos entre 5% a 7% por Watt [25].

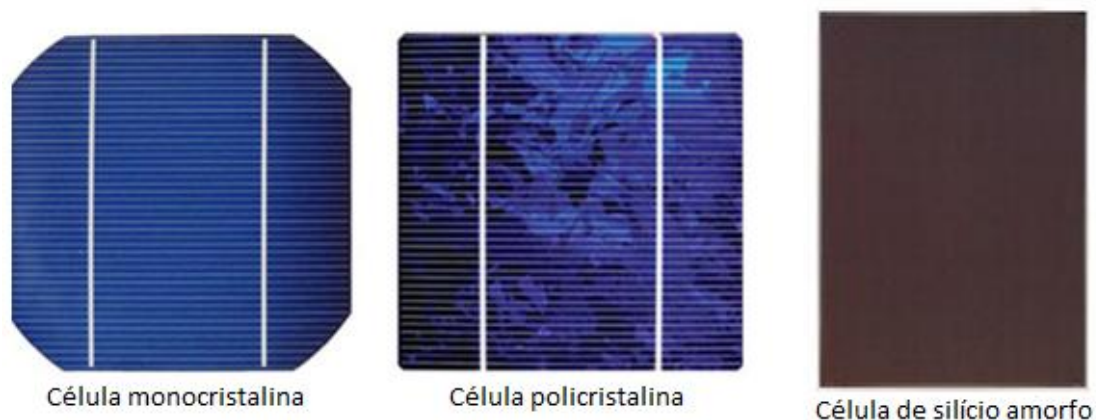


Figura 2 -Tipos de células fotovoltaicas (Adaptado de 24Hour Solar Store [26])

2.5.1.2 – Potência do painel fotovoltaico e estimativa da produção anual de energia

Na literatura existem diversos modelos que permitem estimar a potência máxima produzida por um determinado painel fotovoltaico. Smaoui M. et al (2014) [27] e Kaabeche A. et al. (2011) [28] utilizaram dois modelos simplificados que são dados por:

$$P_{pv} = \eta_{pv} \times A_{pv} \times G_{ir} \quad (1)$$

e

$$P_{pv} = \eta_{pv} \times A_{pv} \times G_t \quad (2)$$

Em que:

η_{pv} - É a eficiência do painel fotovoltaico (%);

A_{pv} - É a área do painel fotovoltaico (m^2);

G_{ir} - Irradiação solar global (W/m^2);

G_t - É a radiação solar no plano inclinado (W/m^2).

A eficiência do painel fotovoltaico é expressa da seguinte forma:

$$\eta_{pv} = \eta_{ref} \times KT \quad (3)$$

Sendo:

η_{ref} - A eficiência do painel nas condições de referência (%);

KT - Fator de correção de temperatura;

E o fator de correção de temperatura é calculado através da equação:

$$KT = [1 - \beta \times (T_c - T_{ref})] \quad (4)$$

Em que:

β - Coeficiente de variação com a temperatura, 0,3% -0,6% por °C;

T_c - Temperatura de operação do painel (°C);

T_{ref} - Temperatura de referência, igual a 25 °C.

A temperatura de operação do painel fotovoltaico pode ser obtida por:

$$T_c = T_a + G_{ir} \left(\frac{N_{oct} - 20}{800} \right) \quad (5)$$

Onde:

T_a - Temperatura ambiente (°C);

N_{oct} - Temperatura normal de funcionamento, fornecida pelo fabricante dos painéis (°C).

Khatib T. et al (2013) [29], demonstraram outro tipo de modelo matemático que permite a estimativa da potência produzida pelo painel fotovoltaico, que é dado pela seguinte equação:

$$P_{pv} = \frac{E_L}{\eta_s \times \eta_{inv} \times PSH} \times S_f \quad (6)$$

Onde:

E_L - É a energia diária consumida (kWh);

η_s - É a eficiência do sistema (%);

η_{inv} - É a eficiência do inversor (%);

PSH - É o pico de horas de sol (horas);

S_f - É o fator de segurança.

Sendo que, o pico de horas de sol pode ser calculado por:

$$PSH = \frac{\text{Radiação média mensal (Wh/m}^2\text{)}}{\text{Radiação de referência (1000 W/m}^2\text{)}} \quad (7)$$

Após saber a potência máxima do painel em função da radiação e da temperatura do mesmo, é importante estimar a energia que este é capaz de produzir, já que é este parâmetro que se tem de ter em conta para proceder ao dimensionamento do sistema, de acordo com as necessidades energéticas do local onde o mesmo será implantado.

Para isto pode-se aplicar uma sequência de equações que, segundo Carneiro (2009) [30], permite estimar a energia idealmente produzida durante um dia pelo painel fotovoltaico, sendo ela dada por:

$${}^{dia}E_{ideal} = \Delta t \times P_{max}(G, T) \quad (8)$$

Em que:

Δt - Corresponde ao intervalo de tempo considerado;

P_{max} - Potência máxima do painel em função da temperatura e da radiação solar incidente (W).

A equação 8 pode ser reajustada tendo em conta o fator de correção de temperatura (K_T Eq. 4) e também da radiação global incidente em Wh/m²/dia, que ao dividir pelo valor da radiação solar nas condições de referência (1000 W/m²) permite obter o número de horas de pico de sol, como demonstrado anteriormente na equação 7, ficando-se com:

$${}^{dia}E_{ideal} = K_T \times \left(\frac{\Delta t \times G}{G_r} \right) \times P_{max} \Leftrightarrow {}^{dia}E_{ideal} = K_T \times PSH \times P_{max} \quad (9)$$

A equação obtida é válida se não se considerarem as perdas do sistema, já que este também é constituído por outros componentes, como é o caso de equipamentos de regulação, cablagens entre outros. Com isto, há a necessidade de inserir na equação um fator que considere as perdas do sistema para que seja possível ter uma aproximação da energia realmente produzida pelo painel fotovoltaico. Esse fator é dado por:

$$PR = \eta_{inv} \times F_c \quad (10)$$

Onde:

η_{inv} – Rendimento do inversor (%);

F_c – Perda de energia através das cablagens, aproximadamente 3%.

Posto isto, a energia real produzida para um dia pelo gerador fotovoltaico é calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$^{dia}E_{real} = PR \times (K_T \times PSH \times P_{max}) \quad (11)$$

Para estimar a energia média anual produzida pelo painel, que será a energia a ter em conta para o decorrer deste caso de estudo, pode então aplicar-se a seguinte equação:

$$^{ano}E_{real} = PR \times \left[\sum_{i=1}^{12} K_{T,i} \times (n_i \times PSH) \right] \times P_{max} \quad (12)$$

Em que:

n – corresponde ao número de dias de cada mês.

2.5.2 – Energia Eólica

O vento é provocado indiretamente pela energia solar devido às diferenças de pressão que são originadas pelo aquecimento dissemelhante da superfície da terra. Através da transformação da sua energia em energia útil obtém-se a energia eólica. A energia eólica já é utilizada desde há muito tempo, principalmente para propósitos de rega e moagem e a partir do século XX em sistemas de produção de energia, tanto em pequena escala como em grande escala [31].

No que diz respeito à produção de energia elétrica, são utilizados aerogeradores. dispositivos que permitem converter a energia cinética do vento em energia mecânica a partir de um eixo de rotação. Os aerogeradores podem ser de duas formas consoante a posição do seu eixo de rotação, aerogerador de eixo vertical e aerogerador de eixo horizontal, sendo os seus principais componentes as pás, um rotor, uma torre, uma caixa de velocidades e um gerador, como é possível observar na figura 3 [32] [33].

Um rotor é constituído vulgarmente por três grandes pás, sendo estes os universalmente mais utilizados, no entanto apesar de menos comuns encontram-se também os alguns de duas pás,. A torre é usada com o objetivo de colocar o rotor a grandes altitudes, uma vez que a velocidade, a qualidade (há menos turbulência e

agitação) e a disponibilidade de vento aumentam quanto maior for a altura. As caixas de velocidades têm a função de aumentar a velocidade de funcionamento do rotor, já que os mesmos têm que atingir velocidades entre as 1000 e as 3000 rpm (rotações por minuto) para que seja possível a produção de energia elétrica por parte do gerador. Por último, o gerador é o mecanismo que faz a conversão da energia mecânica para energia elétrica. Após a produção de energia elétrica, é necessário convertê-la através de um inversor para a frequência e tensão corretas para ser possível alimentar a rede de energia em 50 ou 60 Hertz [33].

Um dos maiores problemas associados a este recurso é que a intensidade do vento é muito inconstante, por isso é necessário avaliar as frequências de velocidades do vento nos potenciais locais a instalar um sistema de produção de energia eólica, para que se consiga obter um sistema bem dimensionado [31].

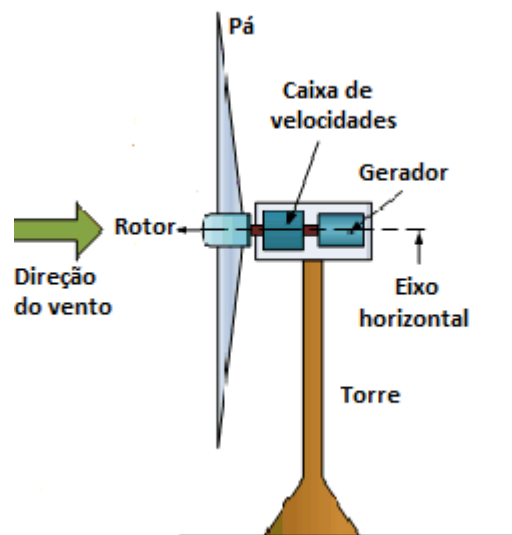


Figura 3- Principais componentes de um aerogerador (Adaptado de Alternative Energy Tutorial [34]).

2.5.2.1 – Potência do gerador eólico e estimativa da produção anual de energia

É importante aproximar o funcionamento do aerogerador a modelos matemáticos, de forma a conseguir uma aproximação da potência que é gerada por um aerogerador, existindo vários propostos na literatura. Um dos modelos foi proposto por Smaoui M. et al (2014) [27] e Kaabeche A. et al. (2011) [28] que é expresso por:

$$P_w = \begin{cases} P_R \times \left[\frac{(V^2 - V_C^2)}{(V_R^2 - V_C^2)} \right], & \text{se } V_C \leq V \leq V_R \\ P_r, & \text{se } V_R \leq V \leq V_F \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (13)$$

Onde:

P_r - Potência nominal do aerogerador (W);

V - Velocidade do vento (m/s);

V_c - Velocidade cut-in do aerogerador (m/s);

V_r - Velocidade do vento que determina a produção nominal do aerogerador (m/s);

V_f - Velocidade cut-off do aerogerador (m/s).

É possível fazer um ajuste ao perfil do vento consoante a altura, já que os aerogeradores podem ser instalados a alturas diferentes, para tal é utilizada a seguinte equação:

$$V = V_{ref} \times \left(\frac{H}{H_{ref}} \right)^\alpha \quad (14)$$

Outro modelo matemático que permite avaliar a energia produzida por um aerogerador foi sugerido por Yasar, D. (2012) [32], que apresenta a seguinte expressão:

$$W_{wind} = \eta_{wind} \times \frac{V^2}{2} \times (\rho \times A \times V) = \eta_{wind} \times \frac{V^2}{2} \times \rho \times \frac{\pi \times D^2}{4} \times V \quad (15)$$

Em que:

η_{wind} – É o rendimento do aerogerador (%);

V – É a velocidade do vento (m/s);

ρ – É a densidade do ar (1,29 kg/m³);

D – Diâmetro das hélices (m).

Após se estimar a potência máxima que qualquer aerogerador consegue alcançar, pode-se então aproximar a sua energia máxima produzida. Para isto, é preciso abordar uma das distribuições probabilísticas mais utilizadas para descrever o perfil de ventos de um determinado local, a distribuição de *Weibull* [31]. Esta permite estimar, a frequência de ocorrência de qualquer velocidade de vento e é dada por:

$$f(\bar{u}) = \frac{k}{c} \times \left(\frac{\bar{u}}{c} \right)^{k-1} \times \exp \left\{ - \left[\left(\frac{\bar{u}}{c} \right)^k \right] \right\} \quad (16)$$

Sendo:

\bar{u} – É a velocidade média de vento (m/s);

k – É um parâmetro de forma;

c – É um parâmetro de escala.

O parâmetro de forma é dado por [33]:

$$k = \left(\frac{\sigma}{\bar{u}}\right)^{-1,086} \quad (17)$$

Em que:

σ – É o desvio padrão das velocidades médias consideradas.

O parâmetro de escala é obtido de acordo com a seguinte equação [33]:

$$c = \frac{2 \times \bar{u}}{\pi^{1/2}} \quad (18)$$

Após conhecida a distribuição de *Weibull*, a energia elétrica que o aerogerador é capaz de produzir anualmente é obtida através da multiplicação da densidade de probabilidade ocorrida para cada velocidade do vento e a potência obtida para essa mesma velocidade [31]. A equação que permite efetuar o cálculo acima mencionado pode ser escrita como:

$$E_a = \sum_{u_0}^{u_{max}} f_r(\bar{u}) \times P_w(\bar{u}) \quad (19)$$

Onde:

f_r – É a frequência relativa de ocorrência da velocidade média do vento (h);

P_w – É a potência máxima do gerador eólico a cada velocidade média do vento (W).

A frequência relativa de ocorrência da velocidade média do vento é calculada tendo em conta o número de horas de um ano, através de:

$$f_r(\bar{u}) = 8760 \times f(\bar{u}) \quad (20)$$

2.5.3 – Sistemas Híbridos

A produção de energia elétrica contínua e economicamente fidedigna durante um tempo ilimitado, a partir de uma única fonte renovável traduz-se complicada, devido à sua sazonalidade, variabilidade, periodicidade entre outros aspetos. Um sistema híbrido pode ser então uma opção válida para que se consiga fornecer uma energia elétrica com maior qualidade, fiabilidade e estabilidade [24].

Segundo Neves D. et al. (2014) [35], um sistema híbrido de energia renovável é uma alternativa segura para a produção de eletricidade para ilhas, aldeias remotas e outros sítios isolados, no qual a produção de eletricidade a partir de fontes renováveis pode exceder os 50% da produção total. Mas a conceção de tal sistema é uma tarefa muito difícil, pois a assimilação das várias fontes renováveis bem como o seu respetivo controlo, armazenamento e cargas tornam-se difíceis de conjugar [36].

Em locais com isolamento geográfico, como as ilhas, um sistema híbrido eólico-fotovoltaico é das melhores soluções a serem aplicadas, já que para a maioria das ilhas há sol suficiente para haver a produção de energia no verão, no entanto, no inverno existe um decréscimo natural da radiação solar e nesta altura os recursos eólicos passam a ser o principal produtor de energia [24].

Os tipos de configurações para sistemas híbridos são diversos, podendo-se considerar como principais as seguintes configurações:

- Fotovoltaico-*diesel*
- Eólico-fotovoltaico-*diesel*
- Eólico-fotovoltaico

2.5.3.1 – Sistema Híbrido Fotovoltaico-Diesel

Um mix energético fotovoltaico-diesel consiste geralmente num sistema de produção a partir de energia solar, um gerador a *diesel*, controladores, inversores e baterias. Por norma, o sistema de produção a partir de energia solar é considerado o principal elemento produtor, sendo que o gerador a *diesel* é utilizado apenas na altura onde ocorre um défice de energia, ou seja, quando a energia produzida pela fonte solar, assim como, a energia armazenada nas baterias, não seja suficiente para cobrir a procura de energia no momento [36].

2.5.3.2 – Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico-Diesel

Este sistema consiste em painéis fotovoltaicos e turbinas eólicas como fontes de produção a partir de energia renovável, um gerador a *diesel* para servir de *backup* ao sistema e baterias que permitam o armazenamento da energia produzida em excesso, como também fornecer uma melhor fiabilidade ao sistema. O sistema é ainda constituído por inversores, para que seja possível converter a corrente para a frequência correta. Os painéis fotovoltaicos e as turbinas eólicas funcionam como sistemas prioritários na produção de energia, enquanto o gerador a *diesel* só entra em funcionamento quando a carga energética é demasiado alta ou quando a energia armazenada pelas baterias não é capaz de cobrir as exigências energéticas [37].

2.5.3.3 – Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico

Este tipo de sistema consiste em geradores a partir de energia eólica, geradores a partir de energia solar, controladores, inversores e baterias. Neste, as fontes de energia

eólica e solar são as principais fontes de produção de eletricidade e o armazenamento da energia produzida em excesso é feito a partir de baterias, para que se consiga suprir as necessidades quando a procura de energia for maior que a produzida [38].

A configuração eólico-fotovoltaico tem como uma importante vantagem a não utilização de qualquer recurso não renovável e é utilizada sobretudo em locais com uma boa exposição ao vento e onde haja uma exposição solar significativa [37].

2.5.4 – Metodologia para o Dimensionamento de um Sistema Híbrido

2.5.4.1 – Dados Meteorológicos

A análise da meteorologia do local tem que ser efetuada para que haja uma otimização do processo, sendo que o recurso solar e eólico são os principais fatores para a otimização do mesmo. Para se ter uma boa precisão dos dados meteorológicos, a monitorização dos valores deve ser feita no local ao minuto, à hora ou se não for possível, ao dia. Quando estes dados não são possíveis de obter, devem utilizar-se os dados climáticos, mais aproximados possíveis [36].

2.5.4.2 – Caracterização do Consumo

Ter uma estimativa do consumo de energia é um fator muito importante para o planeamento, dimensionamento e otimização do sistema híbrido. Tal estimativa torna-se difícil de obter devido às constantes alterações das cargas elétricas durante todo o dia [36].

2.5.4.3 – Configuração do Sistema

Após vários estudos de pré-viabilidade feitos com base em dados meteorológicos (velocidade do vento, temperatura, radiação solar) e das necessidades de carga exigidas, efetua-se a escolha e dimensionamento do sistema. Este dimensionamento deve ser realizado de acordo com os potenciais de cada fonte, por exemplo se o local em estudo tem um maior potencial fotovoltaico do que eólico, o sistema híbrido deve ser configurado com uma resolução máxima para o sistema fotovoltaico e mínimo para o sistema eólico [36].

2.5.4.4 – Modelo do Sistema de Energia

Entende-se por modelo de sistema de energia, o modelo matemático desenvolvido para dar uma solução a vários problemas relacionados com a energia fiável. Estes são necessários para identificar e resolver problemas usando vários elementos de computação. Para uma boa otimização do modelo, estes devem incluir todas as variáveis necessárias que possam ter alguma influência na conversão de energia. Os modelos matemáticos devem usar conceitos simples, mas em muitos casos a complexidade de um modelo aumenta para uma melhor precisão [36].

2.6 – Sistema de Armazenamento

Em qualquer sistema de produção limpa é preciso minimizar as faltas de energia devido às instabilidades das fontes renováveis, por exemplo no inverno pode haver vento e existir pouco sol e no verão haver um comportamento contrário, podendo levar a que haja a possibilidade de desequilíbrio entre a procura e a oferta de energia, o que tornava a rede pouco estável e confiável. Face a isto, é importante juntar ao sistema de produção de energia um sistema de armazenamento [39].

A energia armazenada pode ser utilizada quando a produção de eletricidade a partir de energia renovável é insuficiente, suprimindo assim as necessidades exigidas. Díaz-González F. et al. (2012) [40], realizaram uma análise comparativa entre um sistema de produção de energia acoplado com um sistema de armazenamento e um sistema sem armazenamento de energia, observando que o nível de utilização de energia renovável com o armazenamento pode ir até 70,9%, já sem armazenamento de energia ronda apenas os 45,8%, concluindo-se assim que um sistema de armazenamento de energia eficaz é uma abordagem importante e segura para melhorar a penetração de energia renovável.

Existem variadas técnicas de armazenamento, tais como o armazenamento de energia em baterias, o armazenamento de ar comprimido, volante de inércia (*Flywheels*), armazenamento de energia sob a forma de hidrogénio, armazenamento a partir de supercondutores. Estas técnicas têm vindo a ser utilizadas em sistemas de produção alternativos, das quais as baterias são as mais usuais [40].

A escolha da técnica de armazenamento a ser utilizada pode ser determinada por vários fatores, incluindo a capacidade de armazenamento, tempo de carga e descarga, a escolha do local, as condições geográficas da ilha, o investimento e os custos operacionais [40].

Na figura abaixo pode-se ver a classificação das tecnologias de armazenamento em forma de esquema. Seguidamente, serão descritos sucintamente alguns métodos de armazenamento, apresentando as suas principais características.

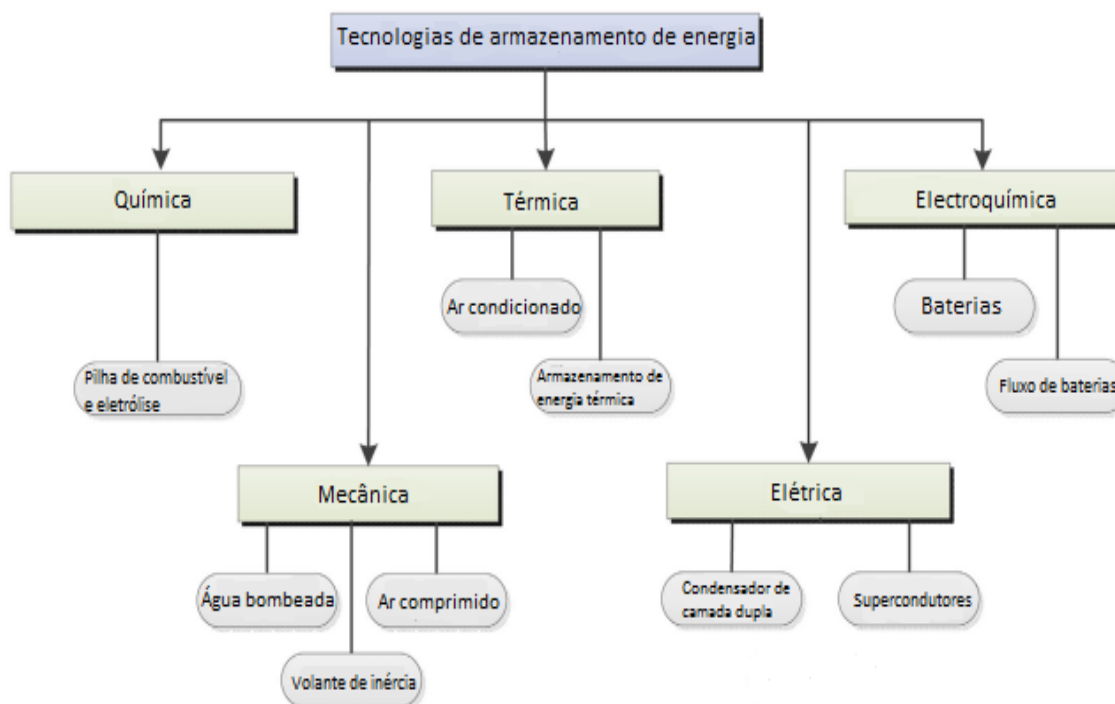


Figura 4 – Classificação das tecnologias de armazenamento (Adaptado de Palizban O. et al (2014) [38]).

2.6.1 – Armazenamento Eletroquímico

2.6.1.1 – Armazenamento em Baterias

Segundo Palizban O. et al. [38] nesta técnica, a energia química presente no sistema de armazenamento utilizado é convertida diretamente em energia elétrica. As baterias são vistas como o método mais comum para armazenar energia sob esta forma. O facto de haver diversos tamanhos de baterias faz com que estas sejam adaptáveis a vários tipos de aplicações, tornando-se assim a grande vantagem do uso desta técnica.

Existem vários tipos de baterias como por exemplo as ácido-chumbo, as de níquel-cádmio, as baterias de hidreto metálico de níquel e as baterias de iões de lítio. As baterias de ácido-chumbo estão disponíveis em grandes quantidades e variedade tanto de tamanho como de *design*. Estas têm um alto desempenho e são consideradas a opção economicamente mais viável. Por outro lado, as baterias de níquel-cádmio e de hidreto metálico de níquel são muito mais dispendiosas de aplicar do que as de ácido-chumbo, mas têm a capacidade de proporcionar uma grande reserva de carga e densidade de energia. São caracterizadas também por ter longo ciclo de vida. Já as baterias de iões de lítio, são conhecidas por não terem uma necessidade de manutenção durante a sua operação e por terem uma capacidade de carga rápida e alta densidade de energia. Contudo, o seu desempenho diminui em altas temperaturas [38].

As baterias serão o método de armazenamento escolhido para este caso de estudo, já que como foi dito anteriormente, são vistas como a opção mais comum para o

armazenamento de energia elétrica e também por serem uma tecnologia utilizada em muitos outros sistemas híbridos, como em Fulzele et al. (2016) [16] e Rafeed et al. (2016) [22].

Mas para ter um sistema de baterias bem dimensionado e de acordo com as necessidades energéticas do local é preciso ter em conta alguns aspetos. Inicialmente é preciso estimar o consumo diário de energia e após isso é necessário definir a autonomia do sistema [30] [41]. Com os dois pontos anteriores determinados é possível passar ao cálculo da capacidade do sistema de baterias em ampere-hora (Ah), que pode ser obtida através da seguinte equação [41]:

$$C_s = \frac{E_{diária} \times n_{autonomia}}{U_{bateria} \times DOD} \quad (21)$$

Em que:

$E_{diária}$ – É o consumo diário de energia (Wh);

$n_{autonomia}$ – É o número de dias de autonomia pretendido;

$U_{bateria}$ – Tensão da bateria escolhida (V);

DOD – Profundidade de descarga da bateria (%).

Depois de determinada a capacidade do sistema de armazenamento determina-se o número necessário de baterias em função da capacidade de apenas uma bateria aplicando a seguinte equação:

$$n_{baterias} = \frac{C_s}{C_{bateria}} \quad (22)$$

Sendo:

$C_{bateria}$ – É a capacidade de uma única bateria (Ah).

2.7 – Inversor

Além das tecnologias utilizadas para a produção energética e da tecnologia de armazenamento, quando necessária, outro dos equipamentos mais importantes num sistema de produção energética é o inversor. Este dispositivo permite que a corrente contínua proveniente do gerador renovável seja convertida em corrente alternada, podendo ser monofásica e trifásica. O inversor tem como principais objetivos a conversão de energia, ajuste de frequência e também o ajuste do nível de tensão da rede a que se encontra ligado.

2.8 – Controlador de Carga

Em sistemas de produção de energia autónomos, de forma a proteger o banco de baterias contra as suas constantes cargas e descargas utiliza-se um controlador de carga permitindo assim o aumento do tempo de vida útil das baterias. Estes controlam a carga da bateria, suspendendo o fornecimento de energia pelo painel quando esta atinge a sua carga máxima e suspendendo a carga quando a bateria atinge a sua profundidade máxima de descarga. O controlador de carga tem a capacidade de se adaptar facilmente aos diferentes tipos de baterias, permitindo o ajuste dos seus parâmetros e o seu método de controlo. Este tem também a capacidade de acionar alarmes quando há a ocorrência de algum problema e de incorporar sensores de temperatura de forma a melhorar o desempenho do controlador.

Um controlador de carga de uma forma generalizada tem como principais objetivos:

- Proteger contra as sobrecargas das baterias;
- Prevenir de descargas indesejáveis e profundas;
- Otimizar as cargas das baterias;
- Informar o estado de cargas das baterias.

2.9 – Softwares Utilizados no Dimensionamento de Sistemas de Produção Energética

2.9.1 – HOMER

O *Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources* (HOMER), foi desenvolvido em 1993 no Canadá para o *National Renewable Energy Laboratory* (NREL), pela empresa Mistaya Engineering e é considerado o *software* líder mundial no desenvolvimento de micro redes. O *software* é visto como de fácil utilização e tem acesso grátis [42].

O HOMER é indicado para quem queira fazer uma pré-viabilidade, otimização e análise de sensibilidade em várias configurações de sistemas, combinando fontes renováveis, produção de energia e o seu respetivo armazenamento. Posteriormente, os seus resultados são exibidos em tabelas e gráficos, que podem ser exportados e que permitem ajudar na comparação de vários tipos de configurações. Este foi desenvolvido para poder ser aplicado em sistemas híbridos ligados à rede elétrica local, assim como, em ligações fora da rede. O HOMER é regularmente usado na literatura para vários casos de estudo que envolvam a otimização de sistemas híbridos renováveis. Desde o seu lançamento já foi descarregado por mais de 120 000 utilizadores em 193 países [42] [43] [44].

As principais vantagens do *software* são a capacidade de fazer o tratamento dos dados por hora, fornecer os resultados em forma de tabelas e gráficos com possibilidade de serem exportados, ser de fácil utilização, ter livre acesso e também poder ser considerado a compra ou venda de eletricidade à rede. Todavia, existem algumas desvantagens associadas, como por exemplo, só permitir usar unidades imperiais, não ser possível importar as séries temporais no formato de médias diárias e não ser possível fazer a análise de sistemas térmicos [43].

Na figura 5 é possível ver uma representação esquemática do *software* HOMER.

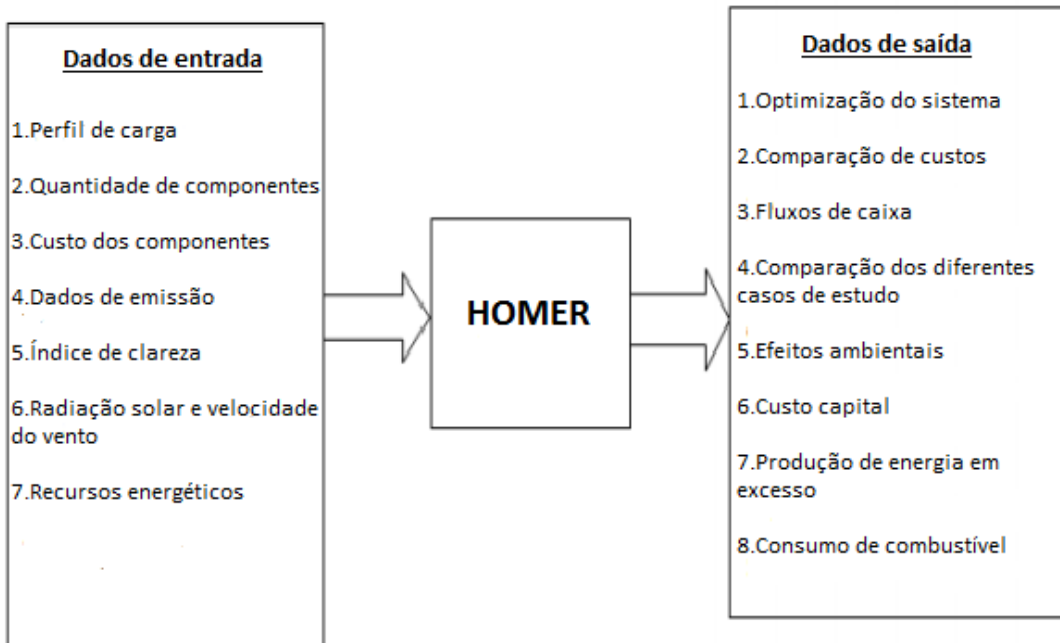


Figura 5 – Representação esquemática do HOMER (Adaptado de Kumar A. P. (2016) [43])

O HOMER, tal como outros *softwares* do tipo disponíveis no mercado, dispõe de um conjunto de equações necessárias para a realização de vários cálculos relativamente por exemplo: à potência fotovoltaica, potência eólica, autonomia das baterias entre outros.

Como este será o *software* utilizado para o auxílio ao dimensionamento do sistema híbrido eólico-fotovoltaico em estudo nesta dissertação, encontram-se seguidamente algumas das equações mais importantes o que diz respeito ao dimensionamento do mesmo.

A potência de saída do módulo fotovoltaico é dada pela seguinte equação:

$$P_{pv} = Y_{pv} \times f_{pv} \times \left(\frac{\dot{G}_T}{\dot{G}_{T,STC}} \right) \times [1 + \alpha_p \times (T_c - T_{c,STC})] \quad (23)$$

Em que:

Y_{pv} – É a capacidade nominal do módulo fotovoltaico em condições padrão de teste (kW);

f_{pv} – É o fator de redução de potência;

\dot{G}_T – É a radiação solar incidente no módulo fotovoltaico (kW/m²);

$\dot{G}_{T,STC}$ – É a radiação solar incidente em condições padrão de teste (1 kW/m²);

α_p – É o coeficiente de potência de temperatura (%/°C);

T_c – É a temperatura do módulo fotovoltaico (°C);

$T_{c,STC}$ – É a temperatura do módulo fotovoltaico em condições padrão de teste (25 °C).

A temperatura do módulo fotovoltaico é calculada através de:

$$T_c = T_a + (T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}) \times \left(\frac{G_T}{G_{T,NOCT}} \right) \times \left(1 - \frac{\eta_{mp}}{t\alpha} \right) \quad (24)$$

Onde:

T_a – É a temperatura ambiente (°C);

$T_{c,NOCT}$ – É a temperatura nominal de operação do módulo (°C);

$T_{a,NOCT}$ – É a temperatura ambiente na qual o NOCT é definido (°C);

G_T – É a radiação solar que atinge o módulo fotovoltaico (kW/m²);

$G_{T,NOCT}$ – É a radiação solar na qual o NOCT é definido (0,8 kW/m²);

η_{mp} – É a eficiência máxima do módulo (%);

t – É a transmitância solar de qualquer cobertura do módulo fotovoltaico (%);

α – É a absorvância do módulo fotovoltaico (%).

A eficiência máxima do módulo é obtida a partir de:

$$\eta_{mp} = \eta_{mp,STC} \times (1 + \alpha_p(T_c - T_{c,STC})) \quad (25)$$

Onde:

$\eta_{mp,STC}$ – É a eficiência máxima em condições padrão de teste (%);

α_p – É o coeficiente de potência de temperatura (%/°C);

$T_{c,STC}$ – É a temperatura da célula em condições padrão de teste (25 °C).

No que diz respeito à energia eólica, a potência de saída de um aerogerador pode ser obtida através dos seguintes cálculos.

A velocidade do vento tendo em conta a altura do aerogerador pode ser obtida a partir de:

$$U_{hub} = U_{anem} \times \frac{\ln\left(\frac{Z_{hub}}{Z_0}\right)}{\ln\left(\frac{Z_{anem}}{Z_0}\right)} \quad (26)$$

Onde:

U_{hub} – É a velocidade do vento à altura em que se encontra o aerogerador (m/s);

U_{anem} – É a velocidade do vento à altura do anemómetro (m/s);

Z_{hub} – É a altura em que se encontra o aerogerador (m);

Z_{anem} – É a altura em que se encontra o anemómetro (m);

Z_0 – É o comprimento da superfície de rugosidade (m).

Já a potência de saída do aerogerador aplicando a correção de densidade do ar é dada por:

$$P_{WTG} = \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right) \times P_{WTG,STP} \quad (27)$$

Em que

P_{WTG} – É a potência de saída do aerogerador (kW);

$P_{WTG,STP}$ – É a potência de saída do aerogerador em condições de pressão e temperatura *standard* (kW);

ρ – É a densidade do ar (kg/m^3);

ρ_0 – É a densidade do ar em condições de pressão e temperatura *standard* ($1,225 \text{ kg/m}^3$).

Outra equação de relativa importância para o dimensionamento do sistema híbrido é a determinação da autonomia do banco de baterias do sistema. A equação que o HOMER utiliza para a determinação da mesma é dada por:

$$A_{batt} = \frac{N_{batt} \times V_{nom} \times Q_{nom} \times \left(1 - \frac{Q_{min}}{100}\right) \times \left(\frac{24h}{dia}\right)}{L_{prim,ave} \times \left(\frac{1000 \text{ Wh}}{\text{kWh}}\right)} \quad (28)$$

Em que:

N_{batt} – É o número de baterias do banco de armazenamento;

V_{nom} – É a tensão nominal de uma única bateria (V);

Q_{nom} – É a capacidade de uma única bateria (Ah);

Q_{min} – É a capacidade mínima de carga do banco de baterias (%);

$L_{prim,ave}$ – É o consumo médio primário de energia (kWh/dia).

Estas e outras equações poderão ser consultadas com maior pormenor com recurso ao HOMER User Manual [45].

2.9.2 – RETScreen

O *Renewable Energy Technologies Screen* (RETScreen) é um *software* desenvolvido pelo Ministério dos Recursos Naturais do Canadá, que é disponibilizado gratuitamente aos seus utilizadores, e tem como função avaliar os custos económicos e ambientais, assim como, verificar os diferentes benefícios da introdução das energias renováveis em qualquer lugar do planeta. Foi criado, devido à necessidade de adotar uma medida no tratamento das alterações climáticas bem como na redução da poluição [46]

O *software* é acessível em mais de trinta idiomas e tem duas versões separadas, RETScreen 4 e RETScreen Plus. O RETScreen 4 é uma ferramenta de análise de projeto de energia baseada no Microsoft Excel, que pode determinar a viabilidade técnica e financeira de projetos de energia renovável, bem como a eficiência energética, cogeração e a redução dos gases com efeito de estufa [44].

Este também possui dados globais climáticos de mais de 6000 estações terrestres, mapas de recursos energéticos, como por exemplo mapas de vento, dados de hidrologia, e dados de inúmeros produtos tais como painéis fotovoltaicos e coletores solares, curvas de potência de turbinas eólicas, entre outros.

As principais limitações deste *software* são a impossibilidade de importação de ficheiros ou dados de séries temporais, muitas limitações para pesquisa e não suporta cálculos mais avançados [43] [44].

2.9.3 – HYBRID2

O HYBRID 2 foi desenvolvido em 1996 pelo RERL (*Renewable Energy Research Laboratory*) da Universidade de Massachusetts, EUA com o apoio do *National Renewable Energy Laboratory* [47].

Este *software* é uma ferramenta que ao contrário do HOMER só possibilita efetuar a simulação de sistemas pré-concebidos e não o seu dimensionamento, permitindo executar um desempenho detalhado a longo prazo e a análise económica em relação a uma variedade de sistemas híbridos. Este é um modelo computacional probabilístico que utiliza dados de séries temporais para cargas energéticas, velocidade do vento, insolação solar, temperatura e que possui uma vasta variedade de modelos de geradores fotovoltaicos, eólicos, baterias e geradores *diesel* [44] [47].

2.9.4 – TRNSYS

Este *software* permite a simulação de sistemas de energia e foi desenvolvido em 1975 em conjunto pela Universidade de Wisconsin e pela Universidade do Colorado. Inicialmente o TRNSYS (*Transient Energy System Simulation Program*) foi desenvolvido apenas para a simulação de sistemas térmicos, mas com o passar dos anos este foi atualizado mudando de características, incluindo agora sistemas fotovoltaicos, térmicos entre outros sistemas, possibilitando assim a simulação de sistemas híbridos. É um *software* bastante flexível, mas que não permite a realizar a otimização do sistema, contudo executa uma simulação com grande precisão recorrendo sobretudo à análise gráfica [44].

Uma das principais vantagens deste é a facilidade do emprego de modelos matemáticos, assim como a colocação de formas simplificadas de controlo para o sistema em análise [44].

2.10 – Revisão da Legislação Portuguesa para Autoconsumo

O regime jurídico utilizado para a produção de eletricidade, destinada ao autoconsumo, com ou sem ligação à rede elétrica pública e com recurso a tecnologias renováveis ou não renováveis, está presente no Decreto-Lei n.º 153/2014 de 20 de Outubro, regulamentado pela Portaria n.º 20/2017, de 11 de Janeiro. Este estipula ainda o regime jurídico a aplicar à produção de eletricidade vendida na sua totalidade à rede elétrica de serviço público (RESP), através de instalações de pequena potência a partir de recursos renováveis [48].

Segundo o DL referenciado as unidades de produção de energia estão classificadas em dois tipos: as Unidade de Pequena Produção (UPP) que têm o objetivo de vender toda a energia produzida à RESP e potência máxima instalada até 250 kW e as Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC) que podem ter ou não ligação à RESP, visto que o objetivo destas é produzir energia elétrica para consumo próprio, no entanto, se a UPAC usufruir de uma ligação à RESP, beneficia da possibilidade de vender o excedente produzida à RESP ou a terceiros [48].

2.10.1 – Condições de Acesso e Atividade

O DL [47] afirma que as UPP necessitarão de um registo prévio e de um certificado de exploração. Quanto à instalação de uma UPAC em que a potência instalada seja igual ou inferior a 200 W está isenta de qualquer controlo prévio, já a instalação de UPAC de potências superiores estão sujeitas a um registo prévio e à obtenção de certificado de exploração, salvo os seguintes casos:

- Se for uma UPAC em que a potência instalada seja entre 200 W e 1,5 kW, ou não se encontre ligada à RESP, em que apenas necessite de uma mera comunicação prévia de exploração;
- Se for uma UPAC em que a potência instalada seja superior a 1 MW, em que é necessária uma licença de produção e de exploração.

Na tabela 2 é possível ver um resumo dos processos de licenciamento necessários.

Tabela 2- Condições de acesso e atividade para unidades de autoconsumo.

Licenciamento	UPAC					UPP
	<200 W	200 W a 1,5 kW	1,5 kW a 1 MW	>1MW	Não conectada à RESP	
-						-
Isto de controlo prévio	X					
Mera comunicação prévia		X			X	
Licença de produção e exploração				X		
Registo prévio e certificado de exploração			X			X

2.10.2 – Direitos e Deveres do Produtor

Através da demonstração da tabela abaixo, é possível observar um breve resumo dos direitos e deveres dos produtores que exercem a atividade de produção de energia elétrica.

Tabela 3 - Direitos e deveres dos produtores.

	Direitos	Deveres
Produtor para autoconsumo	- Estabelecer uma UPAC por cada instalação elétrica empregada, que tenha recurso a qualquer mix de recursos energéticos, tanto renováveis como não renováveis e suas respectivas tecnologias de produção	- Suportar o custo associado aos contadores que permitam medir a energia produzida pela UPAC, assim como para potências instaladas superiores a 1,5 kW, o contador da energia injetada na RESP, caso esteja instalado com ligação à mesma
	- Consumir na instalação elétrica a eletricidade gerada pela UPAC, assim como exportar o excedente para a RESP quando ligada à mesma	- Dimensionar a UPAC de acordo com as necessidades da instalação elétrica
	- Celebrar um contrato com a RESP para a venda do excedente de energia produzido.	- Pagar compensação pela UPAC
Atividade de pequena produção	- Ligar a UPP à RESP, podendo vender a totalidade da energia proveniente da UPP recorrendo a apenas uma tecnologia de produção	- Entregar à RESP toda a energia produzida pela UPP
UPAC e UPP	-	- Suportar os custos de ligação à RESP
		- Efetuar um seguro de responsabilidade civil

		- Disponibilizar à Direção -Geral de Energia e Geologia (DGEG), todas as informações e dados técnicos da UP
		- Permitir e facilitar o acesso do pessoal técnico da DGEG à UP

2.10.3 – Renumerações e compensações para UPAC

A energia produzida e não consumida proveniente de um produtor em autoconsumo, de acordo com o artigo 23º do Decreto-Lei nº 153/2014 [48], poderá ser vendida à rede, devendo para isso o produtor celebrar um contrato com o comercializador de último recurso (CUR). A renumeração da energia elétrica fornecida à RESP é calculada da seguinte forma:

$$R_{UPAC,m} = E_{fornecida,m} \times OMIE_m \times 0,9 \quad (29)$$

Onde:

$E_{fornecida}$ – É a energia fornecida no mês, m , em kWh;

$OMIE_m$ - É o valor resultante da média dos preços de fecho do Operador do Mercado Ibérico de Energia (OMIE) para Portugal (mercado diário), relativos ao mês, m , em €/kWh.

As unidades de produção para autoconsumo com uma potência instalada superior a 1,5 kW e com ligação à RESP, estão sujeitas ao pagamento de uma compensação mensal fixa nos dez primeiros anos após possuir do certificado de exploração, que é determinada pela seguinte expressão:

$$C_{UPAC,m} = P_{UPAC} \times V_{CIEG,t} \times K_t \quad (30)$$

Onde:

P_{UPAC} - O valor da potência instalada da UPAC, presente no respetivo certificado de exploração;

$V_{CIEG,t}$ - O valor que permite recuperar os Custos de Interesse económico Geral (CIEG) da respetiva UPAC, medido em € por kW;

K_t - O coeficiente de ponderação, entre 0 % e 50 %, tendo em consideração a representatividade da potência total registada das UPAC;

t - O ano de emissão do certificado de exploração da respetiva UPAC.

2.10.4 - Tarifas aplicáveis à venda da eletricidade proveniente de UPP

Segunda a Portaria n.º 20/2017 de 11 de janeiro, as tarifas de referência para o ano de 2017 são as mesmas dispostas na Portaria n.º 15/2015 [49], ou seja de 95 €/MWh, acrescendo 10 €/MWh se os produtores além da instalação de uma UPP optem também por uma tomada elétrica para carregamento de veículos elétricos e 5 €/MWh se os

produtores optem pela instalação de uma UPP e ainda coletores solares térmicos com um mínimo de 2 m² de área útil ou de uma caldeira a biomassa.

A tarifa de referência, 95 MWh, varia consoante o tipo de energia primária utilizada, sendo definida segundo a aplicação das seguintes percentagens:

- Solar – 100%
- Biomassa – 90%
- Biogás – 90%
- Eólica – 70%
- Hídrica – 60%

A energia vendida é limitada a 2,6 MWh/ano, para a energia solar ou eólica e a 5 MWh/ano, para as restantes, por cada kW de potência instalada.

Capítulo III – Caso de Estudo

3.1 – Ilha das Flores

A ilha das Flores pertence ao grupo Ocidental do Arquipélago dos Açores e é a ilha mais ocidental da Europa, como se pode ver na figura 6, as suas coordenadas geográficas são 21° 59' oeste e a 39° 25' norte, tendo como ilha vizinha a ilha do Corvo. Esta tem uma área total de 141 km² e uma população de aproximadamente 3 699 habitantes, segundo o Serviço Regional de Estatística dos Açores [50] [51].

Esta ilha é um excelente caso de estudo para a implementação de sistemas renováveis que permitam um consumo de energia elétrica assegurado fortemente ou totalmente por fontes renováveis. O seu elevado potencial hídrico e eólico, tem vindo a ser parcialmente aproveitado, sendo que na maior parte dos anos da última década segundo a EDA (Eletricidade dos Açores), essas fontes conseguiram contribuir com cerca de 50 % do consumo de energia elétrica da ilha [5].

Segundo a EDA [5], em 2009, por exemplo, foi possível ter uma produção de eletricidade em torno dos 54% a partir de fontes renováveis, provenientes de recursos hídricos e eólicos. É considerada a ilha com uma maior capacidade no que toca à implementação de energias renováveis, sobretudo energia hídrica, para a produção de energia elétrica no arquipélago.

Devido ao seu relevante isolamento e ao seu pequeno número de habitantes, torna-se dispendioso o transporte de combustíveis fósseis para a ilha. Uma boa alternativa face a esse problema, seria pensar-se num investimento em recursos locais, não só para produção de energia elétrica, mas também para a produção de água quente sanitária em alguns pontos da ilha. Além do mais, tendo em conta que o setor do turismo é expressivo na ilha, torná-la uma ilha renovável poderia permitir a promoção de várias atividades ecoturísticas.

No entanto, existem algumas limitações que impedem um maior aproveitamento de energia renovável na ilha, as quais estão relacionadas, com a ausência de garantia de potência, a fraca capacidade de regulação para ajustar, em cada instante no tempo, a produção ao consumo e ausência de armazenamento de energia para períodos de excedente ou fraca produção.



Figura 6 – Mapa do arquipélago dos Açores (Adaptado de Aquarius, Viagens e Turismo Lda (2011) [52]).

3.1.1 – Clima da Ilha das Flores

O arquipélago dos Açores está situado numa zona de passagem e de conflito de massas de ar de proveniência tropical com massas de ar frio de origem polar. O posicionamento do anticiclone dos Açores, bem como o seu deslocamento influenciam em larga escala o clima da ilha das Flores [53].

A norte do anticiclone dos Açores, domina uma circulação de oeste, onde ocorre a passagem de frentes polares com significativos gradientes térmicos. Devido a esses gradientes há a formação de várias depressões que são associadas a chuvas e a ventos fortes, com mais intensidade no inverno [53].

Durante o verão o anticiclone dos Açores desloca-se para norte o que leva ao afastamento da frente polar, conduzindo a melhores condições do tempo, com menos chuvas e ventos mais fracos, apesar de serem praticamente inexistentes os dias de céu completamente limpo [54].

3.2 – Aldeia da Cuada

O aldeamento turístico da Cuada tem uma área total de aproximadamente 17 820 m² e está situado na costa oeste da ilha das Flores, é composto por dezassete casas, divididas por oito casas de tipologia T1, sete casas T2, uma casa T4 e uma casa T6, têm também uma receção, um bar, uma arrecadação e uma lavandaria, se pode observar nas figuras 7 e 8.



Figura 7-Vista área da Aldeia da Cuada e sua respetiva área total.

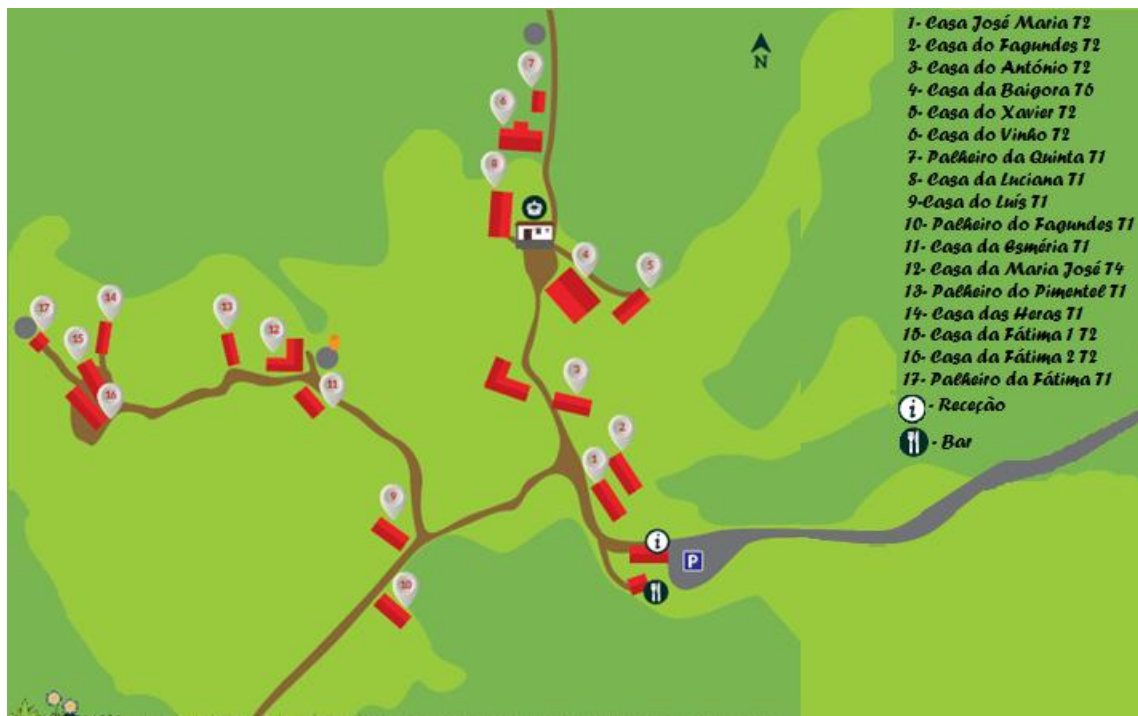


Figura 8- Mapeamento da Aldeia da Cuada.

Todos estes edifícios foram recuperados e adaptados às atuais necessidades de conforto, sem perder a traça rural das casas construídas em pedra.

3.2.1 – Consumos da Aldeia da Cuada

A obtenção dos consumos da aldeia foi um processo extremamente complicado, já que não existiam nenhuns outros registos dos gastos de energia, para além das faturas elétricas da aldeia. Uma das opções foi a instalação de um analisador de energia no quadro geral da mesma que permitiria a visualização dos registos do consumo a partir de

um computador, o que acabou por não ser possível devido à grande distância entre o quadro geral e a receção, único local onde há a ligação à internet. Decidiu-se então por instalar o analisador de energia no quadro da receção obtendo o registo de consumos da mesma. Posteriormente identificaram-se todos os aparelhos elétricos e fez-se uma aproximação do consumo através das horas de utilização destes, comparando depois com o consumo que foi dado pelo analisador. Admitiu-se este método como razoável, procedendo à sua extrapolação para as restantes habitações da aldeia. Assim, obteve-se o consumo geral através do somatório dos consumos específicos por habitação, sendo que este último foi obtido através do produto da potência de cada equipamento pelo seu padrão típico de utilização. Este último foi estabelecido e definido tendo por base a informação recolhido no local.

Receção

A receção tem um horário de utilização das 7h00 da manhã às 23h00 da noite. Apesar de esta ter uma utilização de 16 horas, admite-se que os equipamentos não estão ligados durante todo o horário de funcionamento.

Os equipamentos da receção e suas respetivas potências, bem como horas de utilização, são apresentadas na tabela 4. Assim sendo, a receção tem um consumo aproximado de 4,12 kWh por dia.

Tabela 4 – Potência e número de horas de utilização dos equipamentos da receção.

Equipamentos	Quantidade	Potência (W)	Horas de utilização
Computador/Fax/Impressora	1	200	10
TV	1	35	4
Rádio	1	19	10
Máquina de café	1	1 000	0,25
Lâmpadas	11	20	7

Bar

O bar é uma instalação com uma grande iluminação natural e uma das com maior consumo na aldeia, muito devido aos 3 frigoríficos instalados. Todos os equipamentos presentes neste, assim como as suas potências e horas de utilização estão expostos na tabela 5. O bar apresenta um consumo estimado de 18,73 kWh por dia.

Tabela 5 – Potência e número de horas de utilização dos equipamentos do bar.

Equipamentos	Quantidade	Potência (W)	Horas de utilização
Frigorífico	2	300	15
Frigorífico	1	288	15
Máquina Lavar loiça	1	2 000	1,5
Máquina Café	1	920	1
Micro-ondas	1	850	0,25
Chaleira	1	1 600	0,25
Tostadeira	1	950	0,25
Máquina Cerveja	1	220	1,5
Lâmpadas LED	10	2	6
Rádio	1	19	10

Lavandaria

É possível observar com recurso à tabela 6 a quantidade, horas de utilização e potência de cada equipamento da lavandaria.

O consumo total da lavandaria foi de aproximadamente 18,62 kWh por dia.

Tabela 6 – Potência e número de horas de utilização dos equipamentos da lavandaria.

Equipamentos	Quantidade	Potência (W)	Horas de utilização
Máquina de lavar roupa	2	1 800	3
Máquina de secar	1	2 000	3
Calandra	1	1 500	1
Lâmpadas	4	20	4

Casas

As casas do aldeamento turístico são todas equipadas com o mesmo tipo de equipamentos elétricos, independentemente da tipologia da casa, somente variando o número de lâmpadas e de aquecedores, como se pode ver a partir da tabela 7.

Estimar o consumo médio diário das casas do aldeamento foi extremamente difícil já que para além de existir uma grande discrepância entre o número de hóspedes da aldeia nas estações do outono, inverno e início de primavera e o número de hóspedes no verão, existe também a utilização do aquecedor principalmente nos meses de inverno. Face a isto, considerou-se dois perfis de consumo, o perfil de inverno, onde se enquadra a estação do outono e inverno e início de primavera e o perfil de verão, onde é incluído o último mês da primavera e os meses de verão, a única mas no entanto grande diferença entre os dois perfis é a utilização dos aquecedores das casas, que têm um impacto muito grande no consumo de cada casa.

Tabela 7 – Potência e número de horas de utilização dos equipamentos das casas.

Tipo de casa	Equipamentos	Quantidade	Potência (W)	Horas de utilização (Perfil inverno)	Horas de utilização (Perfil verão)
Todas	Frigorífico	1	250	15	15
	Micro-ondas	1	700	0,25	0,25
	Máquina Café	1	1 000	0,25	0,25
	Torradeira	1	950	0,25	0,25
	Rádio	1	19	2	2
	Placa cozinhar	1	2 250	0,5	0,5
	Chaleira	1	1 600	0,25	0,25
	Forno	1	1 200	0,5	0,5
T1	Lâmpadas	6	20	6	6
	Aquecedor	1	1 500	2	0
T2	Lâmpadas	8	20	6	6
	Aquecedores	2	1 500	2	0
T4	Lâmpadas	12	20	6	6
	Aquecedores	4	1 500	2	0
T6	Lâmpadas	20	20	6	6
	Aquecedores	6	1 500	2	0

Identificado o número de horas em que há consumo elétrico, calculou-se o consumo para cada tipo de casa, assim o tipo de casa T1 têm um consumo médio no perfil de inverno de 10,30 kWh/dia, a casa T2 13,54 kWh/dia, a casa de tipologia T4 um consumo de 20,02 kWh/dia e por fim a casa T6 26,98 kWh/dia. Com o consumo diário de cada tipo de casa encontrado conclui-se então que o consumo total das dezassete casas da aldeia é de 224,10 kWh/dia. No que toca, ao perfil de verão e mantendo o que foi dito anteriormente, a única diferença é a não utilização dos aquecedores, ficando assim com um consumo para cada casa T1 de 7,3 kWh/dia, para as casas T2 de 7,36 kWh/dia, para a casa de tipologia T4 de 8,02 kWh e para a casa de T6 um consumo de 8,98 kWh/dia, o que leva a um consumo total das casas de 128,10 kWh/dia.

Os consumos tanto para o perfil de inverno, como para o perfil de verão foram tidos em conta se a ocupação das casas fosse de 100%, contudo, sabe-se segundo o proprietário que a ocupação na época baixa (outono e inverno) é de apenas 5 %, por outro lado no verão aumenta para aproximadamente 90%, com isto foi feito um ajuste em relação ao gasto de energia obtendo-se o consumo de um dia tipo das casas do aldeamento, a partir dos dois perfis anteriormente obtidos. O gasto total das casas da aldeia é de então 45,99 kWh/dia.

Arrecadação

Na arrecadação estão presentes 3 arcas congeladoras, em que as suas horas de utilização e respectivas potências estão presentes na tabela 8. Com isto, o consumo estimado da arrecadação foi de 6,35 kWh por dia.

Tabela 8 – Potência e número de horas de utilização dos equipamentos da arrecadação.

Equipamentos	Quantidade	Potência (W)	Horas de utilização
Arca congeladora	2	130	15
Arca congeladora	1	160	15
Lâmpadas	2	20	15

Iluminação exterior

A iluminação exterior da Aldeia da Cuada é composta por 17 lâmpadas de 40 W cada (tabela 9).

O consumo médio da iluminação exterior é de 7,48 kWh por dia.

Tabela 9 – Potência e número de horas de utilização da iluminação exterior.

Equipamentos	Quantidade	Potência (W)	Horas de utilização
Lâmpadas	17	40	11

Com todos os gastos energéticos identificados, é possível fazer uma aproximação do consumo médio total tanto a nível diário, como também a nível anual, sendo este último valor o mais importante, já que é o valor a ter em conta para posteriormente poder proceder ao dimensionamento do sistema híbrido a utilizar.

Após fazer o somatório de todos os consumos, estima-se que a Aldeia da Cuada tem um gasto médio de 101,30 kWh/dia, o que resulta num consumo médio total por ano de 36 973,12 kWh. Relativamente à potência total instalada, esta é de 203,45 kW.

Todos os cálculos referentes aos consumos energéticos da Aldeia da Cuada, podem ser encontrados no Anexo A.

PÁGINA EM BRANCO

Capítulo IV – Dimensionamento do Sistema Híbrido

4.1 – Dimensionamento e escolha do Sistema Eólico

A primeira etapa para o dimensionamento do sistema híbrido prende-se com a escolha do aerogerador a utilizar, com base no seu preço, velocidade de arranque, potência e energia produzida anualmente.

Para se conseguir estimar a energia produzida pelo sistema eólico é necessário recolher dados da velocidade do vento no local. No entanto, na aldeia em estudo, não existe estação meteorológica e os dados relativos às condições do vento mais próximas do local a que se tem acesso são informações climatológicas registadas no aeroporto da ilha das Flores. Com recurso às normais climatológicas existentes, foi possível obter então a velocidade média do vento para cada mês do ano, mas não com o rigor que se pretendia. Para um registo rigoroso dos dados pretendidos, seria necessário a implementação de um anemómetro no local escolhido e, desse modo, proceder à monitorização dos valores horários da velocidade do vento de modo a delinear o mapa de ventos ao longo do ano no local. Tal não foi possível devido à falta de tempo e também de recursos.

Na tabela 10 apresentam-se os valores da velocidade média do vento para cada mês do ano, registados na estação do aeroporto das Flores a 36 metros de altitude.

Tabela 10 – Velocidade média do vento para a ilha das Flores [4].

Mês	Velocidade do Vento (m/s)
Janeiro	6,72
Fevereiro	6,50
Março	5,92
Abril	5,61
Mai	5,03
Junho	4,06
Julho	3,36
Agosto	3,61
Setembro	4,36
Outubro	5,28
Novembro	5,94
Dezembro	6,28
Média anual	5,22

Através da análise da tabela anterior, é possível verificar que a ilha das Flores apresenta velocidades de vento favoráveis para a instalação de turbinas eólicas, já que grande parte destas, têm velocidades de arranque entre os 2 e os 3 m/s, e a ilha apresenta vento com uma velocidade média anual de 5,22 m/s, com realce para valores superiores a 6 m/s para os meses de inverno.

Como já foi dito anteriormente a escolha do aerogerador baseou-se na sua potência, a velocidade mínima de arranque, a energia que é capaz de produzir anualmente e o seu custo. Tendo em conta esses parâmetros foram selecionados 3 aerogeradores distintos com diferentes potências nominais, sendo elas 5 kW, 10 kW e 20 kW. Apresentam-se na Tabela 11 algumas das suas principais características, sendo que se apresentam no anexo B, mais detalhes de cada um destes equipamentos.

Tabela 11 – Características dos 3 tipos de aerogeradores selecionados [54].

Características	<i>Evance R9000</i>	<i>Aeolos-H10 kW</i>	<i>Aeolos-H20 kW</i>
Potência nominal (kW)	5	10	20
Velocidade cut-in (m/s)	3	2,5	3
Velocidade cut-out (m/s)	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma
Velocidade Produção nominal (m/s)	12	10	10
Diâmetro do rotor (metros)	5,5	7,5	10

Para estimar a potência, assim como a energia que o aerogerador é capaz de produzir foram utilizados valores de velocidade do vento entre 1 e 20 m/s, visto que estes são os mais recorrentes durante todo o ano.

Para o cálculo da potência dos aerogeradores foi utilizada a equação 13 dada por Smaoui M. et al (2014) [27] e Kaabeche A. et al. (2011) [28] e que pode ser encontrada no subcapítulo 2.5.2.1.

Relativamente à energia anual que cada aerogerador é capaz de produzir, tal como referido anteriormente, é preciso conhecer primeiro o regime de ventos do local. Este foi conseguido através da função de probabilidade de *Weibull*, que permite encontrar a probabilidade da velocidade média do vento ser igual a um determinado valor. Todos os cálculos relativos à função de probabilidade de *Weibull* foram efetuados seguindo as equações que se encontram descritas no subcapítulo 2.5.2.1 e que estão presentes no Anexo C.

Após estimada a potência e o regime de ventos do local é possível calcular a energia produzida anualmente ao proceder à multiplicação da densidade de probabilidade de cada velocidade de vento pela potência encontrada para essa mesma velocidade, por recurso à equação 19.

Determinado o fator de escala e o fator de forma, 5,89 m/s e 2,37 m/s respetivamente, chegou-se à distribuição de *Weibull* para a ilha das Flores, que está se apresenta no gráfico 3.

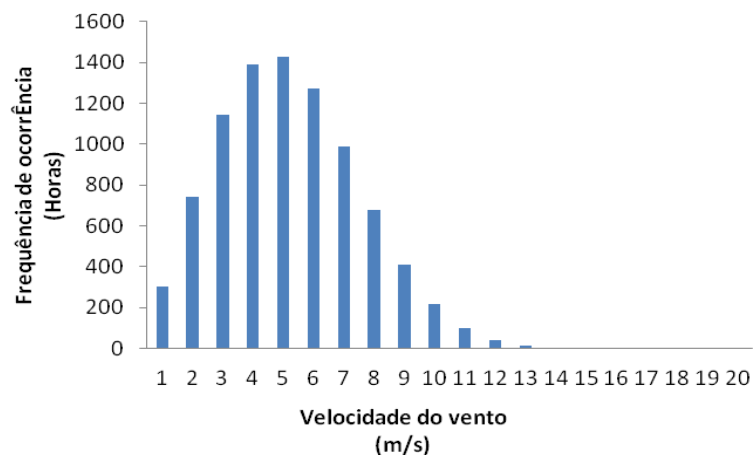


Gráfico 3 – Distribuição de *Weibull* para a ilha das Flores.

Já nos gráficos 4, 5 e 6 apresenta-se a potência obtida para cada valor de velocidade do vento, relativamente a cada um dos aerogeradores selecionados.

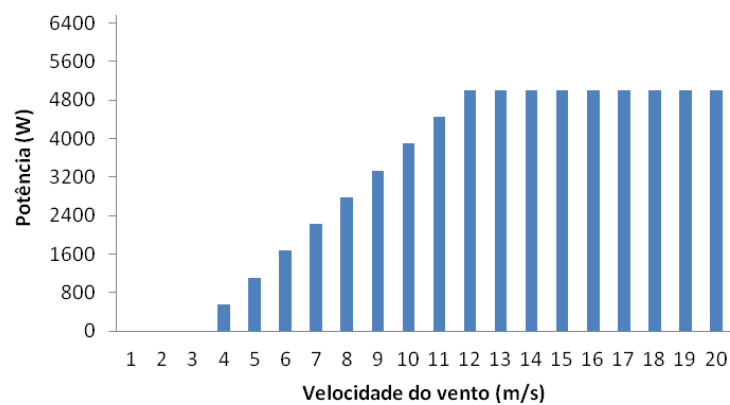


Gráfico 4 – Potência obtida pelo aerogerador *Evance R900 5kW*.

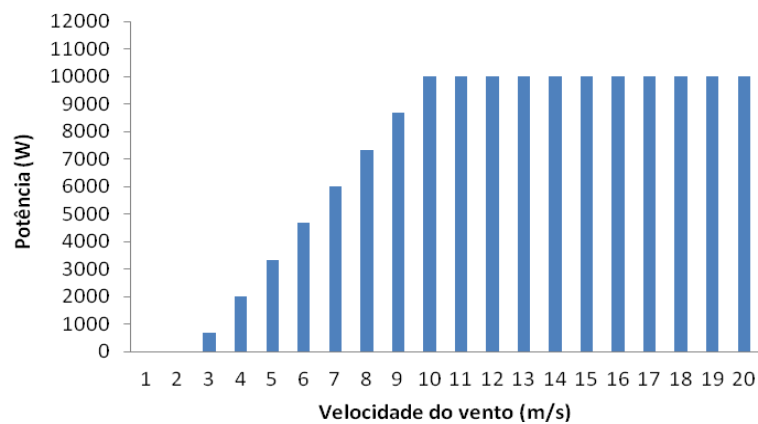


Gráfico 5 – Potência obtida pelo aerogerador *Aeolos-H 10 kW*.

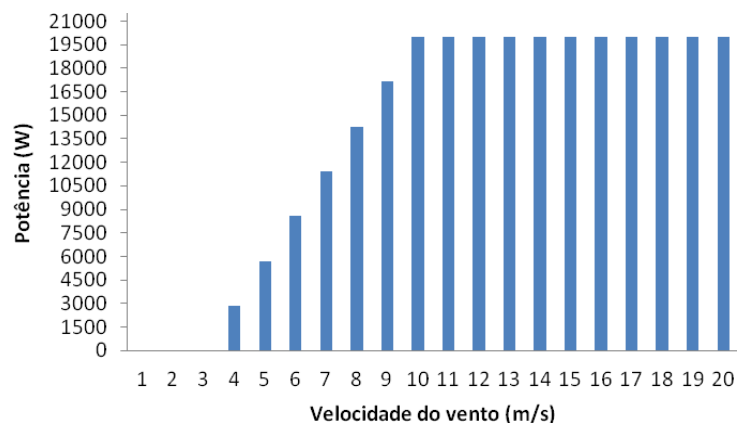


Gráfico 6 – Potência obtida pelo aerogerador *Aeolos-H* 20 kW.

Encontrada a potência que é obtida para cada valor de velocidade do vento, conseguiu-se determinar um valor aproximado para a energia produzida anualmente por cada aerogerador (tabela 12).

Os cálculos realizados para a determinação da potência, assim como a quantidade de energia produzida para os aerogeradores considerados, encontram-se no anexo D.

Tabela 12 – Energia produzida anualmente e preços associados por cada aerogerador.

Aerogerador	<i>Evance R9000</i>	<i>Aeolos-H 10 kW</i>	<i>Aeolos-H 20 kW</i>
Potência (kW)	5	10	20
Energia produzida (kWh)	11 561,09	32 574,07	58 800,62
Preço total (€)	37 328,00	41 378,49	75 828,33
Preço do sistema por kW (€/kW)	7 465,60	4 137,85	3 791,42
Preço do sistema por kWh (€/kWh)	3,22	1,27	1,29

Como é possível verificar na tabela 12 e como seria de esperar, o aerogerador com uma maior potência nominal é aquele que é capaz de produzir uma maior quantidade de energia ao longo de um ano. Neste caso, o *Aeolos-H 20 kW*, que produz aproximadamente 58 800,62 kWh por ano. No estudo levado a efeito, os três modelos de aerogeradores foram considerados, uma vez que serão apresentados diferentes tipos de configurações de modo a tentar perceber qual a ideal para o sistema híbrido proposto.

Já em relação à escolha do inversor optou-se pelo modelo *PVI-6000-TL-OUTD-W*, *PVI-12.5-TL-OUTD-W* e *TRIO-20.0-TL-W* para os aerogeradores *Evance R9000*, *Aeolos-H 10 kW* e *Aeolos-H 20 kW* respetivamente, devido ao facto de apresentarem uma potência nominal superior aos aerogeradores escolhidos e também por terem sido sugeridos pelo fornecedor dos mesmos.

É possível ver algumas das características dos mesmos na tabela 13 e através da consulta do anexo E.

Tabela 13 – Características do inversor escolhido [54].

Características	PVI-6000	PVI-12.5	TRIO-20.0
Potência nominal (W)	6 000	12 500	20000
Tensão nominal de entrada (V)	360	580	620
Máxima corrente de entrada (A)	36	36	50
Eficiência (%)	97	97,8	98,2

4.2 – Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico a ausência de dados climatológicos relativos especificamente à Aldeia da Cuada, acabou por ter de ser ultrapassada, tendo por base os registos da estação meteorológica mais próxima. Assim, de modo a proceder à estimativa da energia produzida pelo sistema fotovoltaico foram necessários alguns dados essenciais tais como: a radiação solar média mensal do local e também a temperatura. Foram então novamente consultadas as normais climatológicas registadas na estação da ilha e retiraram-se os valores mensais tanto da radiação como da temperatura, os quais podem ser observados na tabela 14. Mais uma vez é de salientar que estes dados são registados na estação meteorológica do aeroporto da ilha das Flores, que se encontra a mais de 20 km da Aldeia da Cauda.

Tabela 14 - Temperatura e radiação solar média para a ilha das Flores [4].

Mês	Temperatura (°C)	Radiação solar (kWh/m²/dia)
Janeiro	13,8	1,69
Fevereiro	13,2	2,28
Março	14,0	3,22
Abril	14,6	4,22
Mai	16,4	5,06
Junho	18,6	5,25
Julho	21,1	5,64
Agosto	22,0	5,36
Setembro	20,8	4,06
Outubro	18,4	2,75
Novembro	16,4	1,86
Dezembro	14,8	1,47
Média anual	17,0	3,57

De notar que os valores da radiação solar presentes na tabela 14 se verificam quando esta é incidente num plano horizontal. É importante então fazer uma aproximação da radiação solar incidente para o plano com a inclinação ótima, que por norma é assumida como igual à latitude do local (Carneiro 2009). A radiação solar que

incide sobre um plano com inclinação ótima pode ser calculada segundo Carneiro (2009) [30] pela seguinte equação:

$$I(\beta_{opt}) = \frac{I_{(0)}}{(1-4,46 \times 10^{-4} \times \beta_{opt} - 1,19 \times 10^{-4} \times \beta_{opt}^2)} \quad (31)$$

Em que:

$I_{(0)}$ – É a radiação solar incidente no plano horizontal (kWh/m²/dia);

β_{opt} – É a latitude do local em questão.

Ao aplicar a equação 38, obteve-se a radiação incidente num plano com a inclinação ótima para a Aldeia da Cuada com latitude de 39,004°, inserida na tabela 15.

Tabela 15 – Radiação incidente num plano ótimo para a Aldeia da Cuada

Mês	Radiação solar (kWh/m ² /dia)
Janeiro	2,11
Fevereiro	2,84
Março	4,02
Abril	5,27
Mai	6,31
Junho	6,55
Julho	7,03
Agosto	6,69
Setembro	5,06
Outubro	3,43
Novembro	2,32
Dezembro	1,84

Para efetuar o dimensionamento do sistema fotovoltaico é preciso também ter em conta um outro fator já falado anteriormente, designado por pico de horas de sol, equação 7, presente no subcapítulo 2.5.1.2. A importância deste fator prende-se com a previsão da produção anual de energia de qualquer módulo fotovoltaico. O pico de horas de sol para cada mês do ano, relativamente à ilha das Flores, pode ser visto na tabela 16.

Tabela 16 – Pico de horas de sol para a ilha das Flores.

Mês	Pico de horas de sol
Janeiro	1,69
Fevereiro	2,28
Março	3,22
Abril	4,22
Maio	5,06
Junho	5,25
Julho	5,64
Agosto	5,36
Setembro	4,06
Outubro	2,75
Novembro	1,86
Dezembro	1,47
Média anual	3,57

Com a radiação solar num plano ótimo, temperatura e pico de horas de sol encontrados, foi possível calcular a potência máxima atingida pelo módulo fotovoltaico, bem como determinar, de forma aproximada, a energia produzida por este. Foram considerados 2 tipos de painéis diferentes com potências de 280 W e 300 W.

Algumas características destes estão presentes na tabela 17 e no anexo F.

Tabela 17 – Características dos painéis fotovoltaicos considerados [55] [56].

Características	RECOM Black Panther	Soluxtec Das Modul
Potência (W)	280	300
Eficiência (%)	17,7	18,5
NOCT (°C)	45	45
Tensão (V)	39,20	39,45
Corrente (A)	8,67	9,35
Área (m²)	1,63	1,62
Preço/painel (€)	250,00	270,00

Para poder proceder ao cálculo da potência máxima atingida pelo módulo fotovoltaico, foi utilizado o modelo presente no subcapítulo 2.5.1.2, equação 1, proposto por Smaoui M. et al (2014) [27]. O valor da potência máxima mensal alcançada para cada módulo considerado está presente na tabela 18.

Tabela 18 – Potência máxima para cada módulo considerado.

Mês	<i>RECOM</i>	<i>Soluxtec</i>
	<i>Black panther</i>	<i>Das Modul</i>
	Potência (W)	Potência (W)
Janeiro	26,43	27,43
Fevereiro	35,48	36,82
Março	49,62	51,50
Abril	64,32	66,75
Mai	75,82	78,69
Junho	77,75	80,69
Julho	82,19	85,29
Agosto	77,96	80,91
Setembro	59,98	62,25
Outubro	41,60	43,18
Novembro	28,63	29,72
Dezembro	22,90	23,76

Com a potência máxima para cada mês do ano encontrada, foi possível determinar, de forma aproximada, a energia máxima anual produzida por cada painel (tabela 19), ao recorrer à equação 12, apresentada no subcapítulo 2.5.1.2.

O cálculo da energia produzida foi obtido considerando um rendimento do inversor de 90%, valor usualmente usado como de referência (Carneiro 2009 [30]), visto que a escolha do mesmo ainda não foi feita. Quanto às perdas dos cabos, segundo Carneiro (2009) [30], é habitual garantir que as perdas não sejam superiores a 3% por isso considerou-se um fator em relação às perdas por cablagens de 97%.

Todos os cálculos referentes à potência máxima atingida pelos módulos fotovoltaicos, bem como relativamente à sua energia produzida anualmente encontram-se apresentados no anexo G.

Tabela 19 - Energia produzida anualmente e preços associados por módulo.

Características	<i>RECOM</i>	<i>Soluxtec</i>
	<i>Black panther</i>	<i>Das Modul</i>
Potência (W)	280,00	300,00
Energia produzida (kWh)	734,13	761,90
Preço módulo (€)	250,00	270,00
Preço do módulo por kW (€/kW)	892,86	900,00
Preço do módulo por kWh (€/kWh)	0,34	0,35

A partir da tabela 19 e como já foi anteriormente observado nos aerogeradores, em relação aos módulos fotovoltaicos, verifica-se também que aquele que tem uma maior potência é aquele que é capaz de produzir uma maior quantidade de energia anualmente,

sendo ele o módulo Soluxtec Das Modul de 300 W de potência, que produz cerca de 761,90 kWh por ano.

O número de painéis necessários, assim como o número de inversores vai depender da quantidade de energia que é pretendida a partir dos painéis.

4.3 – Dimensionamento do Sistema de Armazenamento

Como um dos cenários estudados será a implementação do sistema híbrido autónomo da rede elétrica local, é indispensável realizar o dimensionamento de uma das componentes mais dispendiosas de um sistema de produção energética, o sistema de armazenamento, que para este caso será um banco de baterias. Para análise do sistema de baterias, serão comparados três tipos de baterias, apresentadas na tabela 20, tendo em conta a sua capacidade.

Para proceder ao dimensionamento do sistema de armazenamento, irá recorrer-se às equações presentes no subcapítulo 2.6.1.1. Como já foi anteriormente calculado, a aldeia possui um consumo diário aproximado de 101,3 kWh, em relação ao número de dias de autonomia pretendidos, optar-se-á por 3 dias, valor típico para este tipo de casos, e que permite ter uma reserva de energia elétrica suficiente, no caso do sistema híbrido não conseguir produzir a quantidade de eletricidade necessária.

Tabela 20 – Características das baterias selecionadas [57].

Características	<i>OPzS 8 sun</i> <i>Power V L 1220</i>	<i>OPzS 12 sun</i> <i>Power V L 2170</i>	<i>OPzS 18 sun</i> <i>Power V L 3250</i>
Capacidade (Ah)	1 220	2 170	3 250
Tensão célula (V)	2	2	2
DOD (%)	80	80	80

Após a identificação das características das baterias escolhidas, foi possível encontrar a capacidade que o banco de baterias deve ter através da equação 21 e posteriormente com recurso à equação 22, o número total de baterias necessárias para suprir a capacidade determinada.

Com isto é possível ver, a partir da tabela 21, o número de baterias necessário para cada modelo selecionado.

Os cálculos relativamente às baterias selecionados encontram-se no anexo H.

Tabela 21 – Capacidade do sistema e preços associados por bateria.

	<i>OPzS 8 sun</i> <i>power V L 1220</i>	<i>OPzS 12 sun</i> <i>power V L 2170</i>	<i>OPzS 18 sun</i> <i>power V L 3250</i>
Capacidade (Ah)	1 220	2 170	3 250
Capacidade do sistema (Ah)	189 937,5	189 937,5	189 937,5
Nº de baterias necessárias	156	88	59
Preço bateria (€)	499,85	818,09	1 267,49
Preço total sistema (€)	77 826,65	71 582,88	74 021,22

Apesar dos diferentes tipos de configurações que serão analisados, foi considerado apenas um modelo de baterias, já que a capacidade do sistema é a mesma para ambos os modelos. A escolha do tipo de bateria foi feita essencialmente com base no preço de aquisição do sistema, neste caso, a escolha caiu no sistema composto pelas baterias do modelo *OPzS 12 sun power V L 2170*, em que são necessárias 88 baterias com um custo de aquisição de 71 582,88 €.

As características deste modelo de baterias podem ser analisadas consultando o anexo I.

4.4 – Configurações do Sistema Híbrido

Em todas as configurações apresentadas neste subcapítulo foi utilizado o mesmo banco de baterias, composto por 88 baterias do modelo *OPzS 12 sun power V L 2170*, já que a quantidade de energia necessária armazenar é a mesma para ambas as configurações. Na realização da análise económica realizada posteriormente, foi tido em conta cada configuração proposta com e sem banco de baterias.

Configuração 1 – O sistema é composto por um aerogerador *AELOS-H 10 kW*, por 6 módulos fotovoltaicos *RECOM Black Panther 280 W* e 1 banco de baterias. Na tabela 22 é mostrado alguns dados da configuração proposta. Este sistema foi dimensionado para produzir apenas as necessidades energéticas da Aldeia da Cuada.

Tabela 22 – Dados configuração 1.

	<i>AELOS- H 10 Kw</i>	<i>RECOM Black Panther 280</i>	<i>OPzS 12 sun power V L 2170</i>
Quantidade	1	6	88
Potência instalada (kW)	10	1,68	-
Energia produzida (kWh)	32 574,07	4 399,05	-
Energia total produzida (kWh)		36 973,12	
Energia possível vender (kWh)		30 368	

O inversor proposto para ser utilizado nos módulos fotovoltaicos foi o inversor *Sunny Boy 1.5*, em que as suas características encontram-se no anexo J, já que este apresenta uma potência CC de entrada suficiente para suprir os 1680 W de potência apresentada pelos seis painéis.

O número máximo de módulos que é possível ligar em série pode ser obtido através da seguinte equação [33]:

$$N_s < \frac{V_{max}^{INV}}{V_{ca(Módulo\ a-10^{\circ}C)}} \quad (32)$$

$$N_s < \frac{600}{34,80} = 17,24$$

Em que V_{max}^{INV} é a tensão CC máxima do inversor e $V_{ca(Módulo\ a\ -10^\circ C)}$ é a tensão em circuito aberto do módulo à temperatura de $-10^\circ C$ nas condições de referência.

Para determinar o número mínimo de módulos que é possível ligar em série, recorre-se à equação 26 [33]:

$$N_s^{min} > \frac{V_{min}^{INV}}{V_{max(Módulo\ a\ 70^\circ C)}} \quad (33)$$

$$N_s^{min} > \frac{50}{36,14} = 1,38$$

Sendo V_{min}^{INV} a tensão CC mínima do inversor e $V_{max(Módulo\ a\ 70^\circ C)}$ a tensão máxima do módulo à temperatura de $70^\circ C$, nas condições de referência.

Por último, o número máximo de fileiras em paralelo é encontrado a partir da equação 27 [33]:

$$N_p < \frac{I_{max}^{INV}}{I_{max}^{fileira}} \quad (34)$$

$$N_p < \frac{10}{8,67}$$

Onde I_{max}^{INV} é a corrente máxima de entrada permitida no inversor e $I_{max}^{fileira}$ é a corrente máxima fornecida pelo módulo fotovoltaico.

Em suma:

Número máximo de módulos por fileira = 18

Número mínimo de módulos por fileira = 2

Número máximo de fileira em paralelo = 2

Como a configuração proposta é composta por 6 módulos fotovoltaicos, então o sistema fotovoltaico teria 6 módulos em apenas uma fileira.

Configuração 2 – Esta configuração é constituída por 1 aerogerador Evance R9000, por 33 módulos fotovoltaicos *Soluxtec Das Modul* e 1 banco de baterias. Na tabela 23 são apresentados alguns dados da configuração proposta.

Tabela 23 – Dados configuração 2.

	<i>Evance R9000</i>	<i>Soluxtec Das Modul</i>	<i>OPzS 12 sun power V L 2170</i>
Quantidade	1	33	88
Potência instalada (kW)	5	9,90	-
Energia produzida (kWh)	11 561,09	25 412,03	-
Energia total produzida (kWh)		36 973,12	
Energia possível vender (kWh)		39 015,03	

Como a potência nominal total dos painéis é de 9900 W, o inversor proposto para ser utilizado nos mesmos, foi o inversor *Sunny Tripower 10000TL-10* da marca SMA em que as suas características se encontram no anexo K.

O número máximo de módulos que é possível ligar em série é:

$$N_s < \frac{1000}{35,31} = 28,32$$

Já o número mínimo de módulos que é possível ligar em série é de:

$$N_s^{min} > \frac{150}{35,53} = 4,22$$

Em relação ao número máximo de fileiras em paralelo, foi obtido:

$$N_p < \frac{22}{9,35} = 2,35$$

Resumidamente:

Número máximo de módulos por fileira = 29

Número mínimo de módulos por fileira = 5

Número máximo de fileira em paralelo = 3

A distribuição dos 33 módulos poderá ser feita em 3 filas em paralelo com 11 módulos fotovoltaicos em cada.

Configuração 3 – A terceira configuração proposta é constituída por 1 aerogerador *AELOS-H 10 kW*, por 23 módulos fotovoltaicos *Soluxtec Das Modul* e um banco de baterias. Com esta configuração é possível produzir aproximadamente 50 000 kWh por ano. Na tabela 24 são apresentados alguns valores relativos à configuração proposta.

Tabela 24 – Dados configuração 3.

	AELOS-H 10kW	Soluxtec Das Modul	OPzS 12 sun power V L 2170
Quantidade	1	23	88
Potência instalada (kW)	10	6,90	-
Energia produzida (kWh)	32 574,07	17 425,93	-
Energia total produzida (kWh)		50 000	
Energia possível vender (kWh)		43 839,91	

O inversor escolhido para ser utilizado com os painéis foi o *Sunny Island 8.0H*, devido a ter potência nominal idêntica à potência nominal total dos painéis selecionados, todas as suas características podem ser consultadas no anexo L.

O número máximo e mínimo de módulos por fileira, assim como o número máximo de fileiras em paralelo será da distribuído da seguinte maneira:

É possível ligar o seguinte número máximo de módulos em série:

$$N_s < \frac{253}{35,31} = 7,14$$

O número mínimo de módulos que é possível ligar em série é de:

$$N_s^{min} > \frac{172,5}{35,53} = 4,85$$

Para o número máximo de fileiras em paralelo, obteve-se:

$$N_p < \frac{26}{9,35} = 2,78$$

Generalizando:

Número máximo de módulos por fileira = 8

Número mínimo de módulos por fileira = 5

Número máximo de fileira em paralelo = 3

Na configuração 3 foi proposta uma distribuição dos módulos em 3 fileiras, duas com 8 módulos e a sobranete com 7 módulos, perfazendo assim os 23 módulos totais.

Configuração 4 – Este sistema híbrido é constituído por 1 aerogerador *EVANCE R9000*, por 52 módulos fotovoltaicos *RECOM BLACK Panther* e um banco de baterias. Alguns dados desta configuração são mostrados na tabela 25.

Tabela 25 – Dados configuração 4.

	<i>EVANCE R9000</i>	<i>RECOM BLACK Panther</i>	<i>OPzS 12 sun power V L 2170</i>
Quantidade	1	52	88
Potência instalada (kW)	5	14,56	
Energia produzida (kWh)	11 561,09	38 438,91	-
Energia total produzida (kWh)		50 000	
Energia possível vender (kWh)		53 840,65	

Devido à grande potência fotovoltaica necessária instalar para esta configuração, foi selecionado um inversor com uma alta potência nominal, o *Sunny Tripower 15000TL-30* com 15 330 W de potência CC máxima de entrada. Todas as características deste inversor se encontram no anexo M.

Com este inversor o número máximo de módulos possíveis por fileira é:

$$N_s < \frac{1000}{34,80} = 28,73$$

O número mínimo de módulos por fileira:

$$N_s^{min} > \frac{150}{36,14} = 4,15$$

E por último um número máximo de fileiras em paralelo de:

$$N_p < \frac{33}{8,67} = 3,8$$

Em resumo:

Número máximo de módulos por fileira = 29

Número mínimo de módulos por fileira = 5

Número máximo de fileira em paralelo = 4

Para esta configuração não ter 2 fileiras de módulos extremamente compridas, foram sugeridas 4 fileiras em paralelo com 13 módulos fotovoltaicos cada.

Configuração 5 – Este sistema é composto por 1 aerogerador *AELOS-H 10 kW*, por 37 módulos fotovoltaicos *RECOM BLACK Panther* e um banco de baterias. Os valores desta configuração são mostrados na tabela 26.

Tabela 26 – Dados configuração 5.

	<i>AELOS-H 10 kW</i>	<i>RECOM BLACK Panther</i>	<i>OPzS 12 sun power V L 2170</i>
Quantidade	1	37	88
Potência instalada (kW)	10	10,04	
Energia produzida (kWh)	32 574,07	27 425,03	-
Energia total produzida (kWh)		60 000	
Energia possível vender (kWh)		55 139,56	

O sistema fotovoltaico desta configuração também possui uma grande potência a instalar, cerca de 10,5 kW. Face a isto, foi mais uma vez proposta a utilização do inversor *Sunny Tripower 10000TL-10*. Assim, e recorrendo aos cálculos da configuração 2, os módulos fotovoltaicos podem ser dispostos da seguinte forma:

Número máximo de módulos por fileira = 29

Número mínimo de módulos por fileira = 5

Número máximo de fileira em paralelo = 3

Mais uma vez e para evitar a existência de fileiras demasiado compridas, a opção proposta para estes módulos prendeu-se com uma distribuição em 3 fileiras em paralelo, uma fileira contendo 13 módulos e as restantes duas com 12 módulos cada.

Configuração 6 – A última configuração sugerida é capaz de produzir até 70 000 kWh de energia elétrica por ano e é formada por 1 aerogerador *AELOS-H 20 kW*, por 15 módulos fotovoltaicos *Soluxtec Das Modul* e um banco de baterias. Estão inseridos na tabela 27 os dados relativos a esta configuração.

Tabela 27 – Dados configuração 6.

	<i>AELOS-H 20kW</i>	<i>Soluxtec Das Modul</i>	<i>OPzS 12 sun power V L 2170</i>
Quantidade	1	15	88
Potência instalada (kW)	20	4,5	
Energia produzida (kWh)	58 800,062	11 199,38	-
Energia total produzida (kWh)		70 000	
Energia possível vender (kWh)		63 465,44	

Como a potência fotovoltaica a instalar é relativamente baixa nesta configuração optou-se pelo inversor *Sunny Island 6.0H* com potência máxima CC de 4 600 W. É possível consultar as suas restantes características novamente com recurso ao Anexo L.

Com este inversor é possível o seguinte número de módulos por fileira:

$$N_s < \frac{253}{35,31} = 7,16$$

No que diz respeito ao número mínimo de módulos por fileira, tem-se:

$$N_s^{min} > \frac{172,5}{35,52} = 4,86$$

Finalmente, o número máximo de fileiras em paralelo é de:

$$N_p < \frac{20}{9,35} = 2,13$$

Recapitulando, a disposição dos módulos pode ser feita da seguinte forma:

Número máximo de módulos por fileira = 8

Número mínimo de módulos por fileira = 5

Número máximo de fileira em paralelo = 3

Sendo o sistema fotovoltaico composto por 15 módulos, foi apresentada uma disposição de 2 fileiras em paralelo, uma com 8 módulos e a segunda fileira com 7 módulos.

Capítulo V – Análise Económica

Um dos aspetos mais importantes para a execução de qualquer projeto, neste caso, da implementação de um sistema produtor híbrido de energia, é a análise económica do projeto. Para um projeto deste tipo, se a energia produzida por este acabar por ser mais dispendiosa do que a obtida pelas fontes fósseis, o mesmo torna-se desmotivante e indesejável. É possível também que haja diferentes cenários de configuração para o mesmo tipo de projeto, sendo importante efetuar uma análise económica de cada para que se possa optar pelo cenário mais vantajoso do ponto de vista económico [58].

A análise económica de um projeto procura estudar a viabilidade do mesmo a nível económico, tendo em conta as receitas e custos associados ao mesmo. Para este tipo de análises é fundamental utilizar alguns tipos indicadores sendo o valor atual líquido (VAL), a taxa interna de rentabilidade (TIR) e o *Payback* ou período de retorno do investimento (PRI), alguns dos mais utilizados [58].

Estes indicadores económicos serão os utilizados para a avaliação económica do projeto em estudo.

5.1- *Payback*

O cálculo do *payback* permite saber o período do retorno do investimento efetuado a partir da seguinte equação:

$$T_r = \frac{\sum_{j=0}^{n-1} \frac{I_j}{(1+a)^j}}{\frac{\sum_{j=1}^n \frac{R_{Lj}}{(1+a)^j}}{n}} \quad (35)$$

Em que:

I_j – É o investimento no ano j (€);

a – É a taxa de juro aplicada (%);

R_{Lj} – É a receita líquida no ano j (€).

O R_{Lj} pode ser obtido por:

$$R_{Lj} = R_j - d_{omj} \quad (36)$$

Onde:

R_j – É a receita bruta anual (€);

D_{omj} – São os custos de operação e manutenção (€).

5.2 – Taxa interna de rentabilidade (TIR)

A taxa interna de rentabilidade é aquela no qual o VAL (valor atual líquido) atinge o valor zero. O valor da TIR obtida indica a partir de que taxa é que o investimento começa a ser recuperado de forma a ser economicamente viável. A taxa interna de rentabilidade é obtida através de:

$$\sum_{j=1}^n \frac{R_{Lj}}{(1+TIR)^j} - \sum_{j=0}^{n-1} \frac{I_j}{(1+TIR)^j} = 0 \quad (37)$$

A TIR é uma taxa trabalhosa de se calcular usando os métodos analíticos, porém torna-se simples usando por exemplo uma folha de cálculo Excel.

5.3 – Valor atual líquido (VAL)

O valor atual líquido é a diferença entre as entradas e as saídas de dinheiro, designados por *cash-flows*, atualizados durante o período de vida do projeto. O VAL permite avaliar a viabilidade de um projeto de investimento e pode ser calculado a partir de:

$$VAL = \sum_{j=1}^n \frac{R_{Lj}}{(1+a)^j} - \sum_{j=0}^{n-1} \frac{I_j}{(1+a)^j} \quad (38)$$

Analisando o valor obtido para o VAL pode-se constatar que:

- Se o VAL for maior que zero, então o projeto é economicamente viável, permitindo recuperar o investimento feito e ainda obter lucros.
- Se o VAL for igual a zero, consegue-se recuperar o investimento, no entanto não se obtêm lucros.
- Se o VAL for menor que zero, então o projeto não é viável e o investimento feito nunca será recuperado.

5.4 – Considerações relativas à Análise Económica

Para a realização da análise económica foram considerados três cenários para cada configuração proposta:

Cenário 1 – Sistema sem armazenamento e venda total da energia à rede;

Cenário 2 – Sistema com armazenamento e sem venda de energia;

Cenário 3 – Sistema sem armazenamento e venda do excedente à rede.

Recorrendo aos subcapítulos 2.8.3 e 2.8.4 as tarifas aplicadas para a venda do excedente de energia, assim como a venda total de energia à rede elétrica foram os seguintes:

Tarifa para a venda do excedente – Foi admitido que o excedente produzido seria igual para todos os meses, portanto ao aplicar a equação 29 e admitindo o OMIE médio anual até ao momento para o ano de 2017 (52,76 €/MWh), a tarifa de renumeração considerada para o excedente vendido foi de 0,0475 €/kWh.

Tarifa para venda total de energia – Foi considerada a tarifa aplicada como de referência para a venda total de energia, ou seja 95 €/MWh por cada kW de potência instalada.

Foi admitido que o projeto teria um período de vida igual ao das suas componentes, para o caso foi de 20 anos e que aos preços de cada componente utilizada nas configurações propostas era incluído a taxa legal do IVA em vigor de 23%. De modo a obter uma análise comparativa considerou-se o projeto com e sem uma taxa de atualização de 5%. Por último, foi estudado também qual a viabilidade deste sistema híbrido se para cada configuração houvesse um financiamento de 15% do valor total de investimento, já que na área do setor renovável é cada vez mais procurado o financiamento de projetos para que seja possível uma expansão deste setor tão importante.

Todos os cálculos relativos à análise económica deste projeto foram realizados recorrendo ao *EXCELL* e podem ser consultados no anexo N na secção dos anexos.

5.5 – Análise Económica Configuração 1

Em relação ao custo de investimento do projeto, os preços de cada componente foram obtidos através da lista de preços dos vendedores, assim como de alguns pedidos de orçamento solicitados.

Foi considerado um custo de operação e manutenção (O&M) de 250 € para os sistemas sem armazenamento e de 500 € para os sistemas com armazenamento, já que a manutenção do sistema passa na maioria das vezes pela limpeza do mesmo.

O custo total do sistema proposto para a configuração 1 pode ser, então, consultado na tabela 28.

Tabela 28 – Custo total do sistema configuração 1.

Componentes		Preço
Sistema eólico	Aerogerador <i>AELOS-H 10 kW</i>	17 509,05 €
	Controlador de rede	2 710,92 €
	Inversor PVI-12.5	9 530,04 €
	Torre Tubular	5 628,48 €
	Instalação	6 000,00 €
	Total	41 378,49 €
Sistema Fotovoltaico	6 Paineis <i>RECOM Black Panther</i>	1 500,00 €
	Inversor <i>Sunny Boy 1.5</i>	650,00 €
	Estrutura	150,00 €
	Instalação	300,00 €
	Total	2 600,00 €
Baterias	88 <i>OPzS 12 sun power V L 2170</i>	71 582,88 €
Total sistema híbrido sem armazenamento		43 978,49 €
Total sistema híbrido com armazenamento		115 561,37 €

Através da tabela acima é possível verificar que grande parte do custo desta configuração é referente ao sistema de armazenamento, representando mais de 50% do custo total do sistema. É de notar também que o sistema fotovoltaico proposto tem um custo relativamente baixo.

Na tabela 29 é possível visualizar as variáveis de estudo para a análise económica.

Tabela 29 – Variáveis de estudo configuração 1.

Variáveis	Valor
Sistema híbrido sem armazenamento	43 978,49 €
Sistema híbrido com armazenamento	115 561,37 €
Energia produzida	36 973,12 kWh
Energia excedente produzida	0
Energia possível vender	30 368 kWh
Custo de O&M sem armazenamento	250 €
Custo de O&M com armazenamento	500 €
Taxa de atualização	5%
Financiamento	15%
Número de anos de vida do projeto	20

Com base nas variáveis da tabela 29 foi possível calcular o VAL, o PAYBACK e a TIR para a configuração 1.

Configuração 1 sem financiamento:

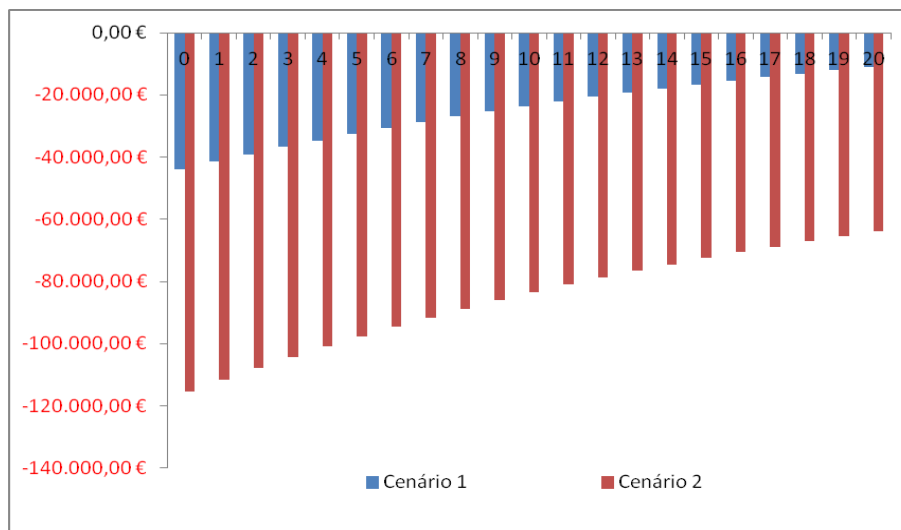


Gráfico 7- Balanço financeiro para a configuração 1 sem financiamento.

Configuração 1 com financiamento:

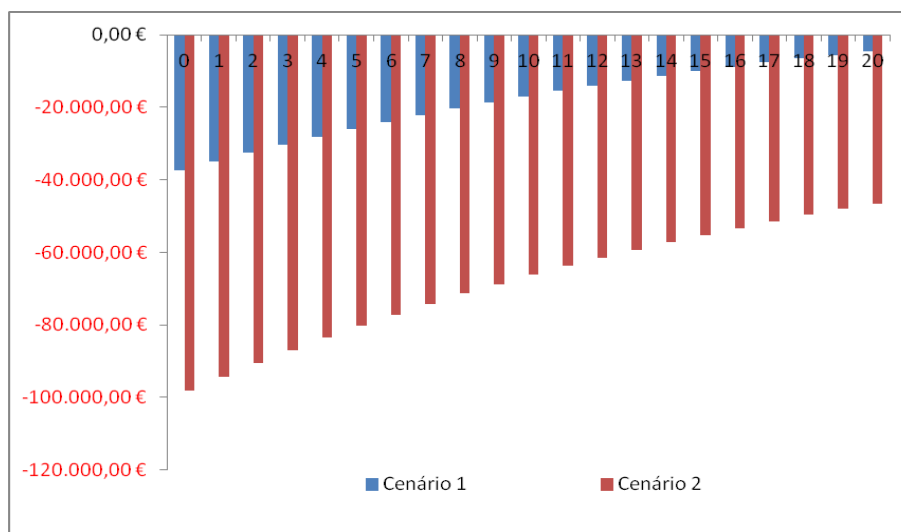


Gráfico 8- Balanço financeiro para a configuração 1 com financiamento.

Através do gráfico 7 pode-se constatar que tanto para o cenário 1 como para cenário 2 obtém-se um VAL negativo, - 11 141,06 € e -63 848,93 € respetivamente, o que quer dizer que nunca se teria um retorno do investimento no período de vida do sistema. Verifica-se também, com recurso ao gráfico 8, que é obtido um VAL de -4 544,29 € para o cenário 1 e para o cenário 2 um VAL de -46 514,72 €. A TIR obtida se não for considerado o financiamento foi de 1,79% e com financiamento de 3,52%.

5.6 – Análise Económica Configuração 2

Os custos associados à configuração 2 estão presentes na tabela 30.

Tabela 30 – Custo total do sistema configuração 2.

Componentes		Preço
Sistema eólico	Aerogerador <i>Evance R900 kW</i>	12 268,00 €
	Retificador	1 109,00 €
	Inversor PVI 6 kW	3 393,00 €
	Torre Gin Pole	10 191,00 €
	Kit pára Raios	397,00 €
	Ferramenta de afinação	287,00 €
	Kit de fixadores	303,00 €
	Transporte	3 380,00 €
	Instalação	6 000,00 €
Total		37 328,00 €
Sistema Fotovoltaico	33 Painéis <i>Soluxtec Das Modul</i>	8 910,00 €
	Inversor <i>SUNNY TRIPOWER 10000TL-10</i>	2 343,64 €
	Estrutura	520,00 €
	Instalação	270,00 €
	Total	12 043,64 €
Baterias	88 <i>OPzS 12 sun power V L 2170</i>	71 582,88 €
Total sistema híbrido sem armazenamento		49 371,64 €
Total sistema híbrido com armazenamento		120 954,52 €

Uma vez mais, e à semelhança do que se irá passar nas restantes configurações, o sistema de armazenamento é o que detém um maior custo de aquisição.

As variáveis de estudo da configuração 2 necessárias para o cálculo dos indicadores de viabilidade económica estão expostas na tabela 31.

Tabela 31 – Variáveis de estudo configuração 2.

Variáveis	Valor
Sistema híbrido sem armazenamento	49 371,64 €
Sistema híbrido com armazenamento	120 954,52 €
Energia produzida	36 973,12 kWh
Energia excedente produzida	0
Energia possível vender	39 015,13 kWh
Custo de O&M sem armazenamento	250 €
Custo de O&M com armazenamento	500 €
Taxa de atualização	5%
Financiamento	15%
Número de anos de vida do projeto	20

Configuração 2 sem financiamento:

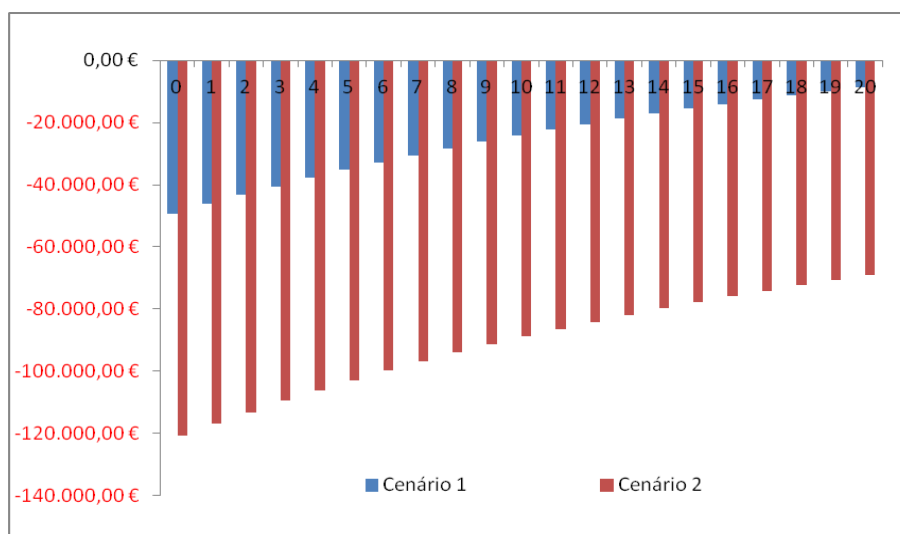


Gráfico 9- Balanço financeiro para a configuração 2 sem financiamento.

Configuração 2 com financiamento:

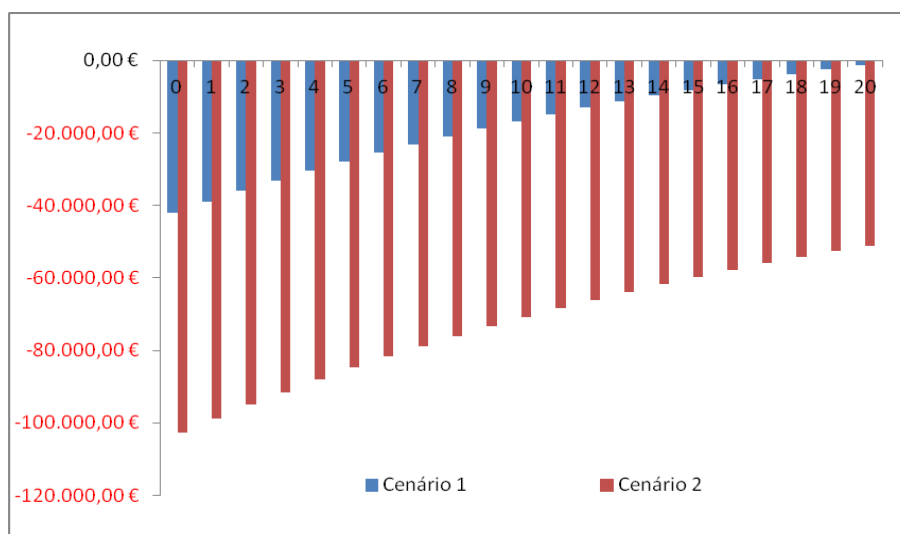


Gráfico 10- Balanço financeiro para a configuração 2 com financiamento.

Com recurso ao gráfico 9 verifica-se que o VAL mantém-se negativo para os 2 cenários 2 (VAL= -8 714,35 € para o cenário 1 e VAL= -69 242,08 € para o cenário 2) e consequentemente não permite obter o retorno do investimento.

No que diz respeito ao projeto com financiamento, através da análise do gráfico 10 é possível ver que ainda não se obtém lucro sobre o investimento, visto que o VAL, para o cenário 1, ser de -1 308,60 € e para o cenário 2 ser de -51 098,90 €. A TIR obtida com e sem financiamento foi de 2,82% e de 4,63%, respetivamente.

5.7 – Análise Económica Configuração 3

Na tabela 32 é possível consultar os custos totais da configuração 3.

Tabela 32 – Custo total do sistema configuração 3.

Componentes		Preço
Sistema eólico	Aerogerador <i>AELOS-H 10 kW</i>	17 509,05 €
	Controlador de rede	2 710,92 €
	Inversor PVI-12.5	9 530,04 €
	Torre Tubular	5 628,48 €
	Instalação	6 000,00 €
	Total	41 378,49 €
Sistema Fotovoltaico	23 Painéis <i>Soluxtec Das Modul</i>	6 210,00 €
	Inversor <i>Sunny Island 8.0H</i>	2 871,70 €
	Estrutura	368,00 €
	Instalação	250,00 €
	Total	9 699,7 €
Baterias	<i>88 OPzS 12 sun power V L 2170</i>	71 582,88 €
Total sistema híbrido sem armazenamento		51 078,19 €
Total sistema híbrido com armazenamento		122 661,07 €

Na tabela 33 podem-se visualizar as variáveis de estudo para a configuração 3.

Tabela 33 – Variáveis de estudo configuração 3.

Variáveis	Valor
Sistema híbrido sem armazenamento	51 078,19 €
Sistema híbrido com armazenamento	122 661,07 €
Energia produzida	50 000 kWh
Energia excedente produzida	13 026,88 kWh
Energia possível vender	43 839,91 kWh
Custo de O&M sem armazenamento	250 €
Custo de O&M com armazenamento	500 €
Taxa de atualização	5%
Financiamento	15%
Número de anos de vida do projeto	20

Configuração 3 sem financiamento:

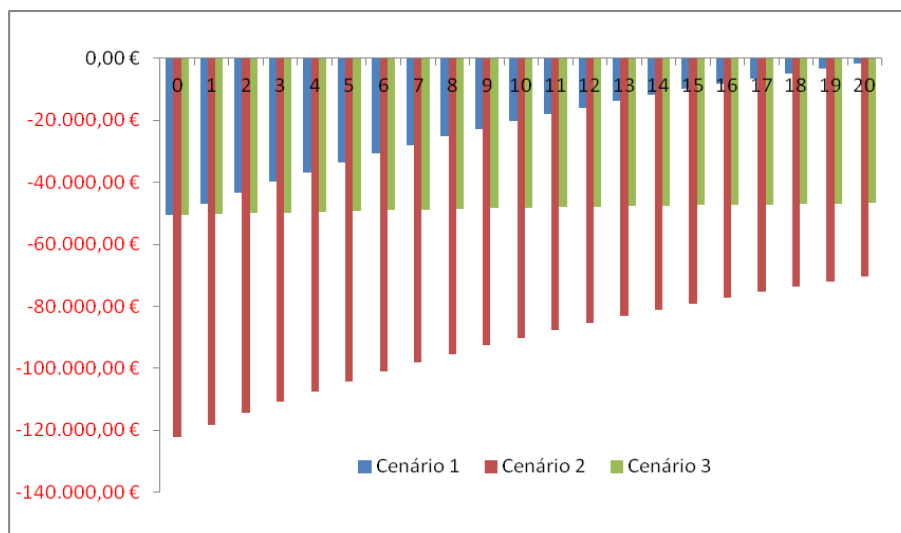


Gráfico 11 - Balanço financeiro para a configuração 3 sem financiamento.

Configuração 3 com financiamento:

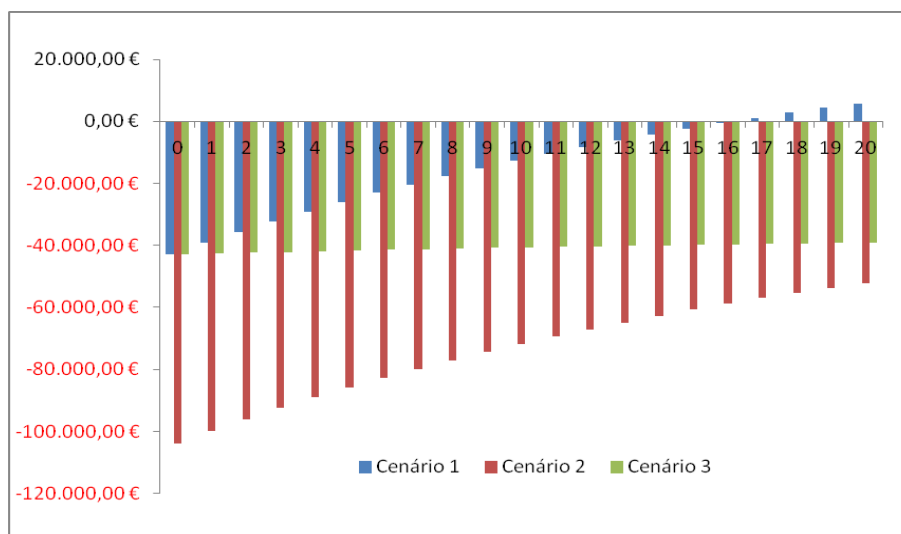


Gráfico 12 - Balanço financeiro para a configuração 3 com financiamento.

Observando o gráfico 11, a configuração 3 já permite analisar a viabilidade económica considerando o cenário 3. Contudo, esta configuração não apresenta um retorno do investimento para nenhum dos cenários.

Por outro lado e com o auxílio do gráfico 12, o cenário 1 apresenta um VAL de 5 819,34 € o que representa um retorno de investimento em 16 anos. Quanto ao cenário 2 apresenta um VAL de -52 100,62 € e o cenário 3 um VAL de -39 150,57 €. A TIR obtida para esta configuração, considerando que não existe financiamento, é de 4,59% e, com financiamento, é de 6,55%.

5.8 – Análise Económica Configuração 4

Os custos totais do sistema para a configuração 4 são evidenciados na tabela 34.

Tabela 34 – Custo total do sistema configuração 4.

	Componentes	Preço
Sistema Eólico	Aerogerador Evance R900 kW	12 268,00 €
	Retificador	1 109,00 €
	Inversor PVI 6 kW	3 393,00 €
	Torre Gin Pole	10 191,00 €
	Kit pára Raios	397,00 €
	Ferramenta de afinação	287,00 €
	Kit de fixadores	303,00 €
	Transporte	3 380,00 €
	Instalação	6 000,00 €
	Total	37 328,00 €
Sistema Fotovoltaico	52 Painéis <i>RECOM Black Panther</i>	13 000,00 €
	Inversor <i>Sunny Tripower 15000TL-30</i>	2 686,70 €
	Estrutura	700,00 €
	Instalação	300,00 €
	Total	16 686,70 €
Baterias	88 OPzS 12 sun power V L 2170	71 582,88 €
Total sistema híbrido sem armazenamento		54 014,70 €
Total sistema híbrido com armazenamento		125 597,58 €

As variáveis de estudo para a análise da viabilidade económica da configuração 4 estão presentes na tabela 35.

Tabela 35 – Variáveis de estudo configuração 4.

Variáveis	Valor
Sistema híbrido sem armazenamento	54 014,70 €
Sistema híbrido com armazenamento	125 597,58 €
Energia produzida	50 000 kWh
Energia excedente produzida	13 026,88 kWh
Energia possível vender	53 840,65 kWh
Custo de O&M sem armazenamento	250 €
Custo de O&M com armazenamento	500 €
Taxa de atualização	5%
Financiamento	15%
Número de anos de vida do projeto	20

Configuração 4 sem financiamento:

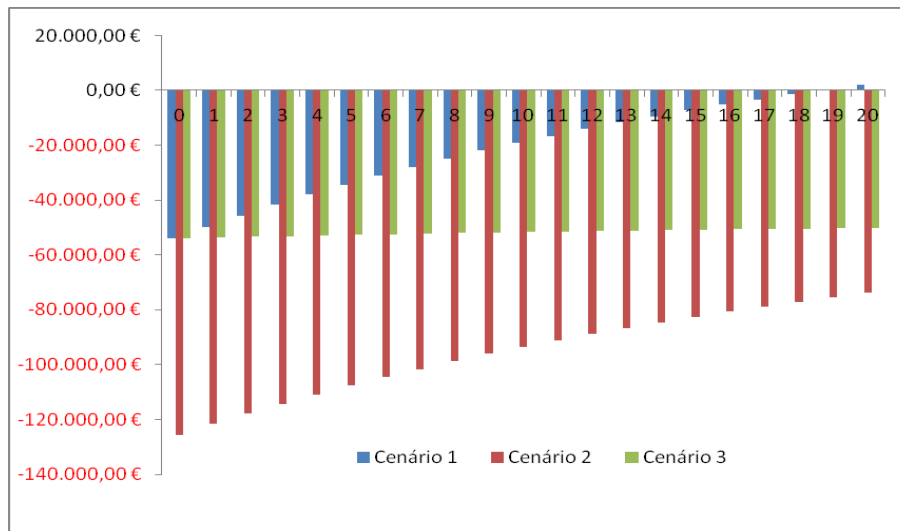


Gráfico 13 - Balanço financeiro para a configuração 4 sem financiamento.

Configuração 4 com financiamento:

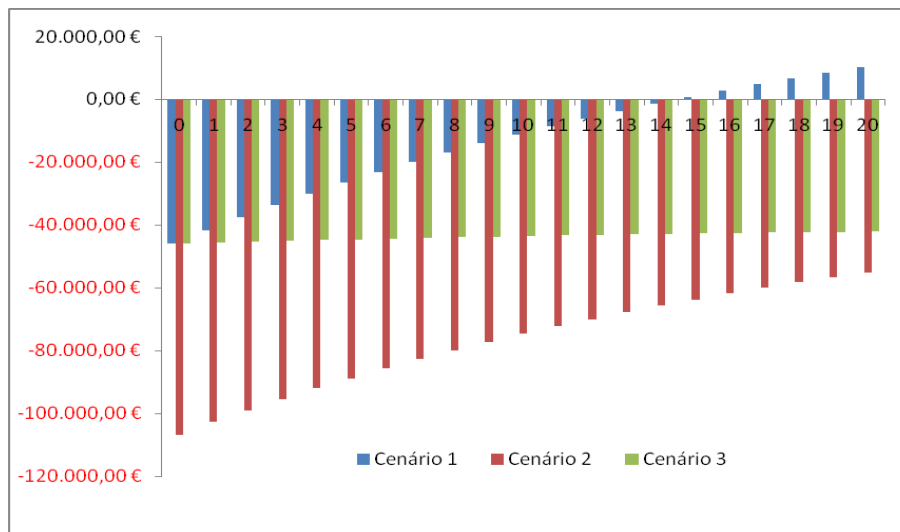


Gráfico 14 - Balanço financeiro para a configuração 4 com financiamento.

A configuração 4 apresenta um VAL positivo para o cenário 1 tanto para a possibilidade sem financiamento, como também assumindo que existe financiamento, como é possível observar a partir dos gráficos 13 e 14. O VAL obtido sem o financiamento é de 2 065,25 € o que quer dizer que se teria um retorno do investimento em 19 anos, já com financiamento o VAL seria de 10 167,45 € com um *payback* de 15 anos.

Os restantes cenários apresentam mais uma vez um VAL negativo representando assim a inviabilidade económico do projeto para esses cenários. Quanto à TIR obtida para o projeto sem financiamento foi de 5,48% e com financiamento 7,48%.

5.9 – Análise Económica Configuração 5

Na tabela 36 estão presentes os custos associados ao sistema da configuração 4.

Tabela 36 – Custo total do sistema configuração 5.

Componentes		Preço
Sistema eólico	Aerogerador <i>AELOS-H 10 kW</i>	17 509,05 €
	Controlador de rede	2 710,92 €
	Inversor PVI-12.5	9 530,04 €
	Torre Tubular	5 628,48 €
	Instalação	6 000,00 €
	Total	41 378,49 €
Sistema Fotovoltaico	37 Painéis <i>RECOM Black Panther</i>	9 250,00 €
	Inversor <i>Sunny Tripower 10000TL-10</i>	2 343,64 €
	Estrutura	450,00 €
	Instalação	300,00 €
	Total	12 343,64 €
Baterias	88 <i>OPzS 12 sun power V L 2170</i>	71 582,88 €
Total sistema híbrido sem armazenamento		53 722,13 €
Total sistema híbrido com armazenamento		125 305,01 €

No que toca às variáveis de estudo da configuração 5, estas podem ser visualizadas na tabela 37.

Tabela 37 – Variáveis de estudo configuração 5.

Variáveis	Valor
Sistema híbrido sem armazenamento	53 722,13 €
Sistema híbrido com armazenamento	125 305,01 €
Energia produzida	60 000 kWh
Energia excedente produzida	23 026,88 kWh
Energia possível vender	55 139,56 kWh
Custo de O&M sem armazenamento	250 €
Custo de O&M com armazenamento	500 €
Taxa de atualização	5%
Financiamento	15%
Número de anos de vida do projeto	20

Configuração 5 sem financiamento:

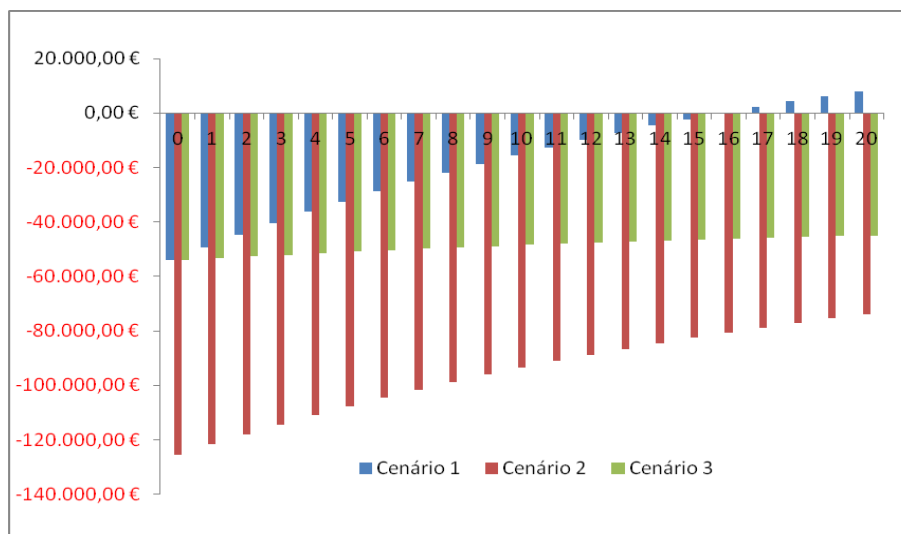


Gráfico 15 - Balanço financeiro para a configuração 5 sem financiamento.

Configuração 5 com financiamento:

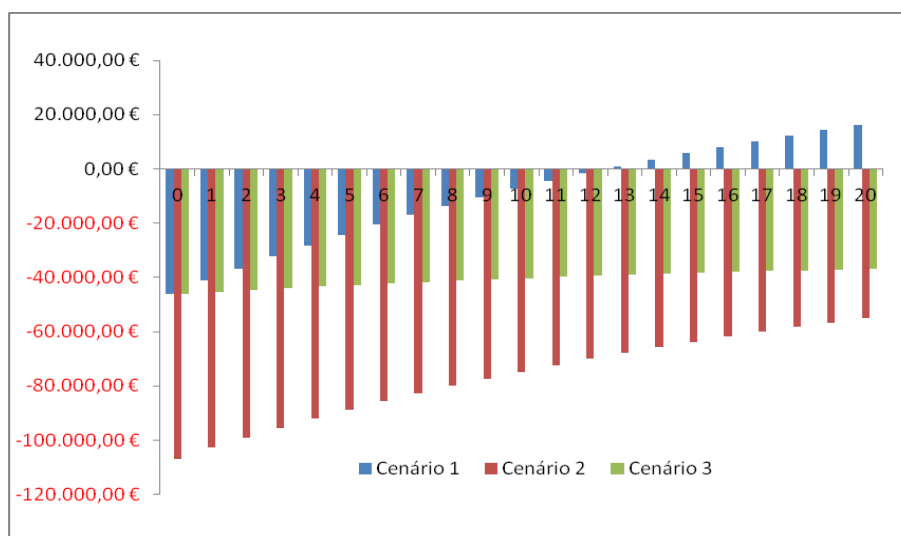


Gráfico 16 - Balanço financeiro para a configuração 5 com financiamento.

É possível verificar, por recurso aos gráficos 15 e 16 que é atingido um VAL positivo pra o cenário 1, VAL= 8 099,53 € sem financiamento e VAL= 16 209,31 € com um financiamento de 15% do custo total investido, o que representa um *payback* de 17 anos e 13 anos, respetivamente. Conclui-se também que os cenários 2 e 3 não apresentam qualquer lucro, tornando assim ambas as opções inviáveis a nível económico. Quanto à taxa de rentabilidade é de 6,71%, admitindo que a configuração 5 não tem qualquer financiamento e de 8,87% com financiamento.

5.10 – Análise Económica Configuração 6

Na tabela 38 podem-se apurar os custos do sistema utilizado na configuração 6. Constata-se também a partir da mesma, que esta configuração é aquela que apresenta um maior custo de investimento em comparação com as restantes configurações.

Tabela 38 – Custo total do sistema configuração 6.

	Componentes	Preço
Sistema eólico	Aerogerador <i>AELOS-H 20 kW</i>	35 929,53 €
	Controlador de rede	6 076,20 €
	Inversor PVI-12.5	19 060,08 €
	Torre Tubular	8 762,52 €
	Instalação	6 000,00 €
	Total	75 828,33 €
Sistema Fotovoltaico	15 Painéis <i>Soluxtec Das Modul</i>	4 050,00 €
	Inversor <i>Sunny Island 6.0H</i>	2 690,30 €
	Estrutura	240,00 €
	Instalação	270,00 €
	Total	7 250,30 €
Baterias	88 <i>OPzS 12 sun power V L 2170</i>	71 582,88 €
Total sistema híbrido sem armazenamento		83 078,63 €
Total sistema híbrido com armazenamento		154 661,51 €

Na tabela 39 estão evidenciadas as variáveis de estudo da configuração 6, verificando que esta, além de ser a configuração com um maior custo de investimento, é aquela que é capaz de produzir uma maior quantidade de energia ao longo do ano, aproximadamente 70 000 kWh.

Tabela 39 – Variáveis de estudo configuração 6.

Variáveis	Valor
Sistema híbrido sem armazenamento	83 078,63 €
Sistema híbrido com armazenamento	154 661,51 €
Energia produzida	70 000 kWh
Energia excedente produzida	33 026,88 kWh
Energia possível vender	63 465,44 kWh
Custo de O&M sem armazenamento	250 €
Custo de O&M com armazenamento	500 €
Taxa de atualização	5%
Financiamento	15%
Número de anos de vida do projeto	20

Configuração 6 sem financiamento:

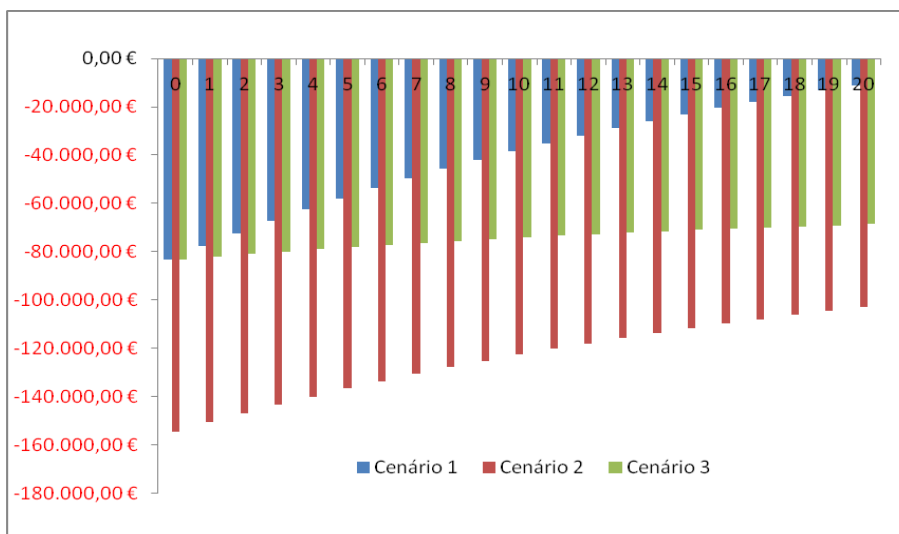


Gráfico 17- Balanço financeiro para a configuração 6 sem financiamento.

Configuração 6 com financiamento:

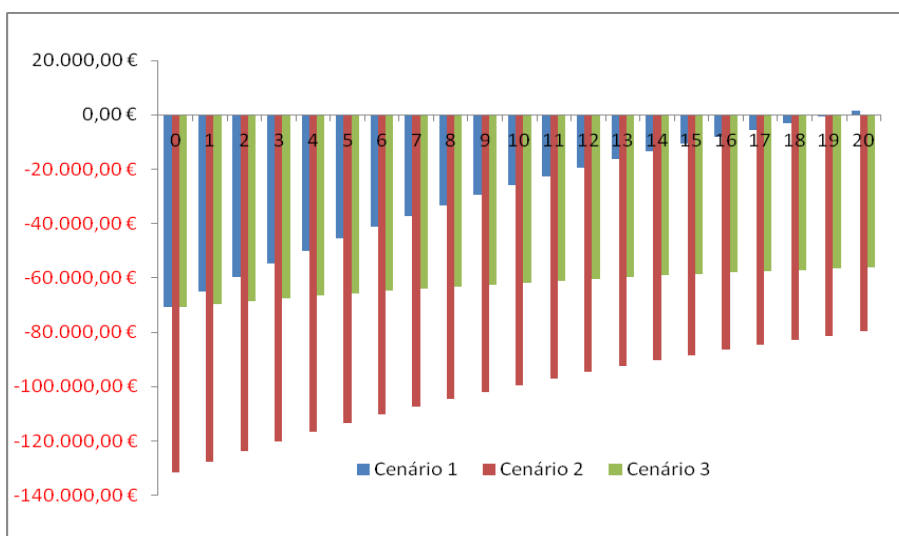


Gráfico 18- Balanço financeiro para a configuração 6 com financiamento.

Esta configuração, muito devido ao seu grande custo de investimento, não apresenta qualquer retorno do investimento para os 3 cenários considerados, se não existir qualquer tipo de financiamento (Gráfico 17). Considerando os 15 % de financiamento, o cenário 1 apresenta um VAL positivo, VAL= 1 408,04 €, mas apenas no final do ciclo de vida do projeto, o que leva a que esta configuração se torne praticamente inviável economicamente (Gráfico 18). Para os restantes cenários e identicamente ao que se observou nas anteriores configurações, não existe qualquer retorno do investimento.

Foi calculada uma TIR= 3,37% para esta configuração sem financiamento, por outro lado se fosse conseguido um financiamento a mesma teria uma TIR= 5,23%.

5.11 – Conclusão da Análise Económica para as Configurações Propostas

Abaixo é possível verificar as tabelas resumo (tabela 40 e 41), relativas à análise económica das configurações propostas, apresentando o investimento total, o VAL, a TIR e o *payback* para os 3 cenários propostos.

Tabela 40 – Conclusões da análise económica admitindo as configurações sem financiamento.

Configuração	Cenário	Investimento Total (€)	VAL (€)	TIR (%)	PAYBACK (anos)
1	Cenário 1	43 978,49 €	-11 141,06 €	1,79%	-
	Cenário 2	115 561,37 €	-63 848,93 €	-	-
	Cenário 3	-	-	-	-
2	Cenário 1	49 371,64 €	-8 714,35 €	2,82%	-
	Cenário 2	120 954,52 €	-69 242,08 €	-	-
	Cenário 3	-	-	-	-
3	Cenário 1	51 078,19 €	-1 763,18 €	4,59%	-
	Cenário 2	122 661,07€	-70 420,57 €	-	-
	Cenário 3	51 078,19 €	-46 733,09 €	-	-
4	Cenário 1	54 014,70 €	2 065,25 €	5,45%	19
	Cenário 2	125 597,58 €	-73 885,14 €	-	-
	Cenário 3	54 014,70 €	-50 197,66 €	-	-
5	Cenário 1	53 722,13 €	8 099,53 €	6,71%	17
	Cenário 2	125 305,01 €	-73 935,63 €	-	-
	Cenário 3	53 722,13 €	-44 926,38 €	-	-
6	Cenário 1	83 078,63 €	-11 053,22 €	3,37%	-
	Cenário 2	154 661,51 €	-102 945,47 €	-	-
	Cenário 3	83 078,63 €	-68 614,46 €	-	-

Tabela 41 – Conclusões da análise económica admitindo as configurações com financiamento.

Configuração	Cenário	Investimento Total (€)	VAL (€)	TIR (%)	PAYBACK (anos)
1	Cenário 1	37 381,72 €	-4 544,29 €	3,52%	-
	Cenário 2	98 227,16 €	-46 514,72 €	-	-
	Cenário 3	-	-	-	-
2	Cenário 1	41 965,89 €	-1 308,60 €	4,63%	-
	Cenário 2	102 811,34 €	-51 098,90 €	-	-
	Cenário 3	-	-	-	-
3	Cenário 1	43 416,46 €	5 819,34 €	6,55%	17
	Cenário 2	104 261,91 €	-52 100,62 €	-	-
	Cenário 3	43 416,46 €	-39 150,57 €	-	-
4	Cenário 1	45 912,50 €	10 167,45 €	7,49%	15
	Cenário 2	106 757,94 €	-42 095,45 €	-	-
	Cenário 3	45 912,50 €	-50 197,66 €	-	-
5	Cenário 1	45 663,81 €	16 209,31 €	8,87%	13
	Cenário 2	106 509,26 €	-55 088,42 €	-	-
	Cenário 3	45 663,81 €	-36 816,61 €	-	-
6	Cenário 1	70 616,84 €	1 408,04 €	5,23%	20
	Cenário 2	131462,28 €	-79 746,78 €	-	-
	Cenário 3	70 616,84 €	-56.153,21 €	-	-

Através da análise das tabelas acima, é possível concluir, desde logo, que o cenário 2, cenário em que é considerado o sistema de armazenamento, é inviável devido ao elevado custo do mesmo, para qualquer das configurações propostas.

No que toca ao cenário 3 discutido para as configurações 3, 4, 5 e 6, este também se demonstrou inviável devido ao baixo preço de venda do excedente de energia que é produzido, não conseguindo assim obter o retorno do investimento feito no período de vida do projeto.

O cenário 1 foi aquele que apresentou melhores resultados, com realce para a configuração 4 e 5, que foram as únicas que atingiram um VAL positivo considerando que o projeto não tinha qualquer financiamento. Sem financiamento foi obtido um VAL= 2065,25 € e VAL= 8099,53 € para as configurações 4 e 5 respetivamente, o que corresponde a um *payback* de 17 e 19 anos. Assumindo que o projeto tem um financiamento de 15% sobre o investimento total foi conseguido um VAL positivo em 4 das 6 configurações, sendo elas a configuração 3 com VAL= 5 819,34 € e *payback*= 17 anos, a configuração 4 com VAL= 10 167,45 € e *payback*=15 anos, a configuração 5 com VAL= 16 209,31 € e *payback*= 13 anos e por último a configuração 6 com VAL=1 408,04 € e *payback*= 20 anos.

Generalizando o que é demonstrado nas tabelas 40 e 41, o cenário 1 relativo à configuração 5 é aquele que apresenta melhores resultados do ponto de vista económico,

não devido ao seu menor custo de investimento, já que existem outras configurações mais em conta, mas devido a toda energia que esta configuração possibilita que seja vendida.

É preciso também ter em conta alguns aspetos, como por exemplo a taxa de atualização utilizada, sendo que foi assumida uma taxa de 5% podendo esta ser diferente da assumida obtendo assim diferentes valores de VAL para as diversas configurações. Outro aspeto que deve ser mencionado, prende-se com o financiamento considerado neste estudo, pois este valor pode ser maior ou menor do que os 15% utilizados para esta análise económica, ou na pior das hipóteses nem ser conseguido por parte do investidor do projeto. Nota também para o período de vida do projeto, o número de anos atribuído tendo por base o ciclo de vida das componentes, contudo uma boa operação e manutenção do sistema pode levar a que esse período seja superior, aumentando assim a rentabilidade do projeto.

Por fim, é de salientar que para as configurações propostas foi tido em conta principalmente a quantidade de energia produzida sem qualquer objetivo de encontrar a solução ótima deste projeto, existindo assim possibilidade de haver outras configurações mais satisfatórias em relação ao custo-benefício.

Capítulo VI – Dimensionamento do Sistema Híbrido com Recurso ao *Software*

O *software* utilizado para o dimensionamento do sistema híbrido será o HOMER, onde no subcapítulo 2.8.1 foi apresentado uma breve descrição do mesmo. Este *software* é visto como o indicado para a otimização e análise de sensibilidade em várias configurações de sistemas, sendo um dos mais utilizados para o dimensionamento de sistemas híbridos.

6.1 – Dados de Entrada no *Software*

Inicialmente procede-se à escolha das componentes do sistema. Como o sistema híbrido deste caso de estudo é composto por um aerogerador, por painéis solares e por um sistema de armazenamento a baterias, foram estas as componentes escolhidas. Posteriormente é possível inserir as características de todos, assim como do recurso solar, eólico e a temperatura média mensal do local em estudo. É necessário definir também as cargas energéticas do local em estudo.

Na figura 9 é possível visualizar o menu principal do HOMER.

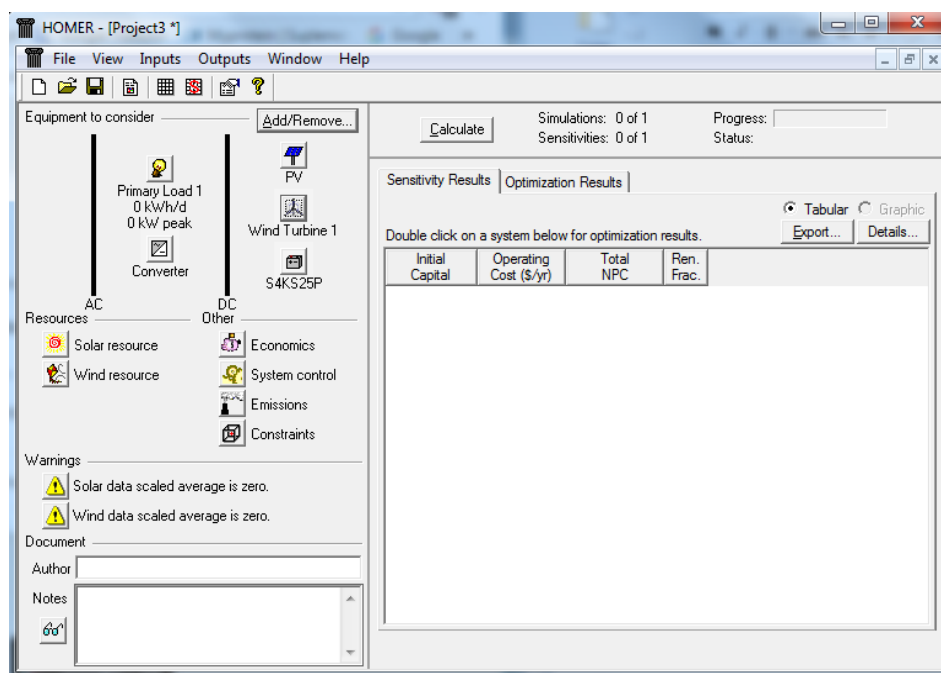


Figura 9 - Menu principal do *software* HOMER.

Devido à inexistência do diagrama de cargas do local, o consumo energético médio diário inserido no HOMER foi de 101,30 kWh/dia, obtida no subcapítulo 3.2.1 referente aos consumos da aldeia. Com o consumo diário inserido, o HOMER assumiu um pico de potência de 4,21 kW.

Em relação à escolha do sistema híbrido dimensionado no HOMER, apesar da configuração 5 ter sido aquela que, tendo em conta a análise económica apresentou

melhores resultados, optou-se por dimensionar o sistema da configuração 1 e configuração 2, já que os mesmos foram dimensionados analiticamente para suprir os consumos energéticos da Aldeia da Cuada, aproximadamente 36 973,12 kWh anuais. Por outro lado, a configuração 5 foi dimensionada sobretudo para conseguir uma maior venda de energia à rede pública, com uma produção de 60 000 kWh anuais. Assim, ao escolher as configurações 1 e 2 foi possível ter um meio de comparação entre o dimensionamento analítico e o dimensionamento através do HOMER, já que o objetivo de recorrer ao mesmo é conseguir ter a otimização de um sistema que supra as necessidades energéticas do local em estudo, permitindo assim saber se o dimensionamento analítico foi bem conseguido, procedendo à sua otimização.

6.1.1 – Dados de entrada do sistema híbrido (Configuração 1)

Na tabela 42 são apresentados os dados de entrada do sistema eólico no HOMER.

Tabela 42 – Dados de entrada do sistema eólico no HOMER (Configuração 1).

Modelo	<i>AELOS-H 10 kW</i>
Quantidade	1
Curva de potência	Gráfico 5
Custo Total (€)	41 378,49
Custo de substituição (€)	17 509,00
O&M (€/ano)	125
Anos de vida (anos)	20

Os dados de entrada do sistema fotovoltaico no HOMER estão expostos na tabela 43.

Tabela 43 – Dados de entrada do sistema fotovoltaico no HOMER (Configuração 1).

Modelo	<i>RECOM Black Panther</i>
Potência (W)	280
Custo/painel (€)	250
Custo de substituição (€)	250
O&M (€/ano)	125
Coefficiente temperatura de potência (%/°C)	-0,39
Temperatura nominal de operação da célula (°C)	45
Eficiência do painel (%)	17,7
Inclinação do painel (°)	39
Anos de vida (anos)	25

No que diz respeito às baterias, os seus dados de entrada podem ser consultados na tabela 44.

Tabela 44 – Dados de entrada do sistema de armazenamento no HOMER (Configuração1).

Modelo	12 Opzs 2170
Tensão nominal (V)	2
Capacidade (Ah)	2170
Custo/bateria	1330,45
Custo de substituição (€)	1330,45
O&M (€/ano)	250
Anos de vida (anos)	20

6.1.2 – Dados de entrada do sistema híbrido (Configuração 2)

Os dados de entrada do sistema eólico da configuração 2 no HOMER estão presentes na tabela 45.

Tabela 45 – Dados de entrada do sistema eólico no HOMER (Configuração 2).

Modelo	Evance R9000 5 kW
Quantidade	1
Curva de potência	Gráfico 4
Custo Total (€)	37 378,00
Custo de substituição (€)	12 268,00
O&M (€/ano)	125
Anos de vida (anos)	20

Na tabela 46 são apresentados os dados tidos em conta para a definição do sistema fotovoltaico da configuração 2 no HOMER.

Tabela 46 – Dados de entrada do sistema fotovoltaico no HOMER (Configuração 2).

Modelo	Soluxtec Das Modul
Potência (W)	300
Custo/painel (€)	270
Custo de substituição (€)	270
O&M (€/ano)	125
Coefficiente temperatura de potência (%/°C)	-0,39
Temperatura nominal de operação da célula (°C)	45
Eficiência do painel (%)	18,50
Inclinação do painel (°)	39
Anos de vida (anos)	25

Os dados de entrada do sistema de armazenamento foram iguais aos da configuração 1, já que como foi dito anteriormente o banco de baterias considerado foi o mesmo para ambas as configurações.

Tabela 47 – Dados de entrada do sistema de armazenamento no HOMER (Configuração 2).

Modelo	12 Opzs 2170
Tensão nominal (V)	2
Capacidade (Ah)	2170
Custo/bateria	1330,45
Custo de substituição (€)	1330,45
O&M (€/ano)	250
Anos de vida (anos)	20

6.2 – Dimensionamento do sistema híbrido

6.2.1 – Dimensionamento do sistema híbrido (Configuração 1)

A figura 10 apresenta-se a configuração do sistema híbrido com armazenamento no *software* HOMER.

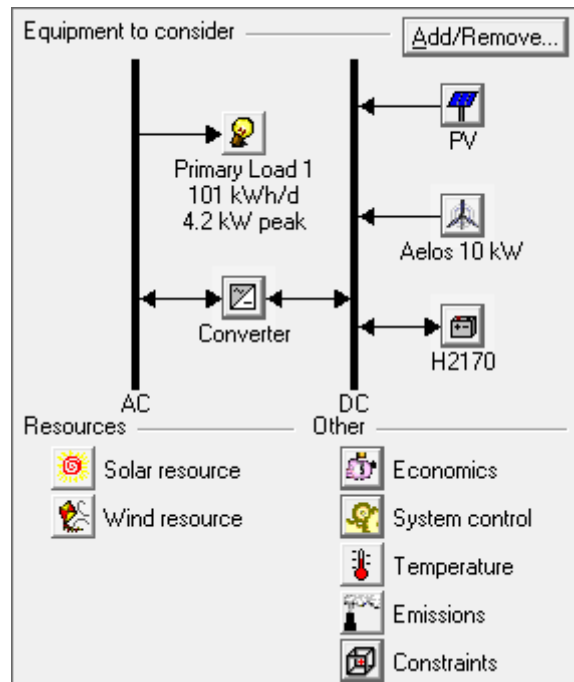


Figura 10 – Configuração do sistema híbrido com armazenamento (Configuração 1).

Após inseridos os dados de entrada de todos os componentes a equacionar no cálculo, o *software* procedeu à identificação das diversas propostas de sistemas (figura 11), bem com à sua otimização apresentando-se, essa proposta, na figura 12.

			PV (kW)	A10	H2170	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage	Batt. Lf. (yr)
			10	1	50	10.0	\$ 137,136	19,785	\$ 383,704	0.943	1.00	0.18	20.0
			10	1	50	12.0	\$ 137,540	19,785	\$ 384,107	0.944	1.00	0.18	20.0
			15	1	50	10.0	\$ 143,896	22,564	\$ 425,098	0.985	1.00	0.09	20.0
			15	1	50	12.0	\$ 144,300	22,564	\$ 425,501	0.986	1.00	0.09	20.0
			10	1	100	10.0	\$ 212,109	33,871	\$ 634,220	1.511	1.00	0.13	20.0
			10	1	100	12.0	\$ 212,513	33,871	\$ 634,623	1.512	1.00	0.13	20.0
			15	1	100	10.0	\$ 218,869	36,650	\$ 675,613	1.525	1.00	0.06	20.0
			15	1	100	12.0	\$ 219,273	36,650	\$ 676,017	1.526	1.00	0.06	20.0
			10	1	150	10.0	\$ 287,082	47,957	\$ 884,735	2.083	1.00	0.12	20.0
			10	1	150	12.0	\$ 287,486	47,957	\$ 885,139	2.084	1.00	0.12	20.0
			15	1	150	10.0	\$ 293,842	50,736	\$ 926,129	2.069	1.00	0.04	20.0
			15	1	150	12.0	\$ 294,246	50,736	\$ 926,533	2.070	1.00	0.04	20.0
			10	1	200	10.0	\$ 362,055	62,043	\$ 1,135,251	2.653	1.00	0.11	20.0
			10	1	200	12.0	\$ 362,459	62,043	\$ 1,135,655	2.654	1.00	0.11	20.0
			15	1	200	10.0	\$ 368,815	64,822	\$ 1,176,645	2.610	1.00	0.03	20.0
			15	1	200	12.0	\$ 369,219	64,822	\$ 1,177,048	2.611	1.00	0.03	20.0
			5	1	400	10.0	\$ 655,187	115,608	\$ 2,095,920	5.160	1.00	0.19	20.0
			5	1	400	12.0	\$ 655,591	115,608	\$ 2,096,324	5.161	1.00	0.19	20.0
			10	1	400	10.0	\$ 661,947	118,387	\$ 2,137,314	4.867	1.00	0.07	20.0
			10	1	400	12.0	\$ 662,351	118,387	\$ 2,137,717	4.868	1.00	0.07	20.0
			15	1	400	10.0	\$ 668,707	121,166	\$ 2,178,708	4.745	1.00	0.00	20.0
			15	1	400	12.0	\$ 669,111	121,166	\$ 2,179,111	4.746	1.00	0.00	20.0

Figura 11 – Propostas de sistemas obtidas para o sistema híbrido (Configuração 1).

Sensitivity Results		Optimization Results											
Double click on a system below for simulation results.													
<input checked="" type="radio"/> Categorized <input type="radio"/> Overall													
Export... Details...													
			PV (kW)	A10	H2170	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage	Batt. Lf. (yr)
			10	1	50	10.0	\$ 137,136	19,785	\$ 383,704	0.943	1.00	0.18	20.0

Figura 12 – Proposta de sistema otimizada obtida para o sistema híbrido (Configuração 1).

O desempenho energético da configuração proposta pelo software é mostrado na figura 13.

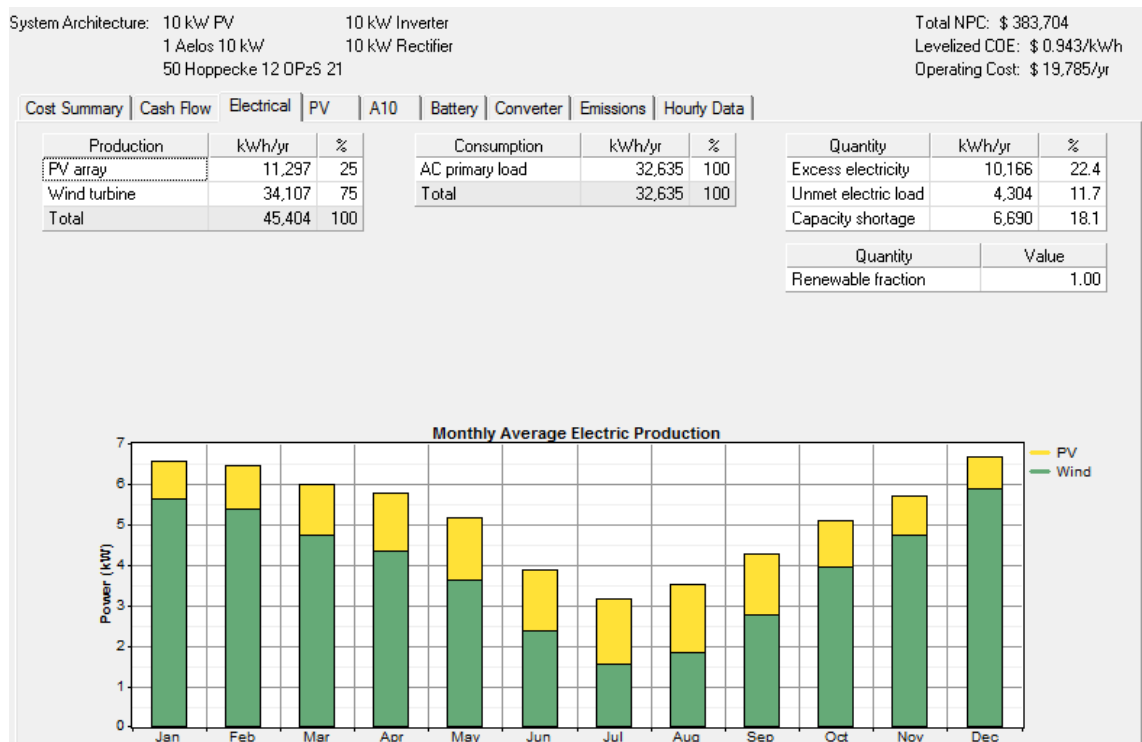


Figura 13 – Desempenho energético do sistema híbrido (Configuração 1).

Através da figura 13 visualiza-se que a maioria da energia elétrica produzida seria proveniente do aerogerador, produzindo cerca de 34 107 kWh/ano, o que corresponde a 75% da energia total produzida. Verifica-se também que esta configuração produziria mais energia do que as necessidades anuais da aldeia, produzindo no total 45 404 kWh, sendo o consumo energético anual de 32 635 kWh.

A partir da tabela 48 e 49 é possível ter a comparação entre o sistema dimensionado analiticamente e por recurso ao *software* HOMER.

Tabela 48 – Resultados obtidos do sistema dimensionado analiticamente (Configuração 1).

	Dimensionamento Analítico		
	<i>AELOS- H</i> 10kW	<i>RECOM Black</i> Panther 280	<i>OPzS 12 sun</i> Power V L 2170
Quantidade	1	6	88
Potência instalada (kW)	10	1,68	-
Energia produzida (kWh)	32 574,07	4 399,05	-
Energia total produzida (kWh/ano)		36 973,12	
Energia consumida (kWh/ano)		36 973,12	
Energia excedente (kWh)		-	
Investimento inicial (€)		115 561,37	

Tabela 49 – Resultados obtidos do sistema dimensionado com recurso ao HOMER (Configuração 1).

Dimensionamento no HOMER			
	AELOS- H 10kW	RECOM Black Panther 280	OPzS 12 sun Power V L 2170
Quantidade	1	?	50
Potência instalada (kW)	10	10	-
Energia produzida (kWh)	34 107	11 297	
Energia total produzida (kWh/ano)		45 404	
Energia consumida (kWh/ano)		32 635	
Energia excedente (kWh)		10 166	
Investimento inicial (€)		121 665,25	

Pode-se observar através das tabelas acima que, com a mesma potência (10kW) estima-se que o aerogerador produza valores de energia muito idênticos para ambos os dimensionamentos. No dimensionamento analítico foi obtido um valor de 32 574,07 kWh/ano e, a partir do HOMER, um valor de 34 107 kWh/ano. Quanto ao sistema fotovoltaico, no método analítico concluiu-se que a potência a instalar era de apenas 1,68 kW e no HOMER de 10kW o que representa uma diferença significativa. Esta diferença pode passar pelo facto dos cálculos referentes à quantidade de potência necessária a instalar de energia fotovoltaica no HOMER, ter em conta diversos fatores como o de redução de potência, assim como o coeficiente de potência de temperatura, o HOMER considera também parâmetros de relativa importância como a transmitância e a absorvância do módulo fotovoltaico, parâmetros estes que não foram considerados analiticamente. Outra das razões aparentes para tal discrepância de valores, prende-se com a determinação da radiação solar que incide no plano inclinado, em que o *software* recorre a cálculos de elevada complexidade baseado nos métodos de Duffie e Beckman (1991) como se pode observar no HOMER User Manual [45] e no dimensionamento analítico ter se recorrido a um método simplificado em que foi tido em conta essencialmente a latitude do local em estudo. No entanto, no HOMER a produção de energia foi mais do que a necessária para dar resposta aos consumos energéticos do local em estudo, o que pode significar alguma dessa diferença. No que se refere ao número de baterias, também foi verificada uma grande diferença, passando de 88 para 50 baterias, que poderá ser explicado pela menor quantidade de energia consumida ou pela maior quantidade de energia produzida no dimensionamento realizado no HOMER.

A nível do investimento inicial do projeto, foi determinado um valor de 115 561,37 € analiticamente e, segundo o *software*, o investimento seria de 121 665,25 €.

6.2.2 – Dimensionamento do sistema híbrido (Configuração 2)

A configuração 2 que foi projetada no HOMER pode ser observada na figura 14.

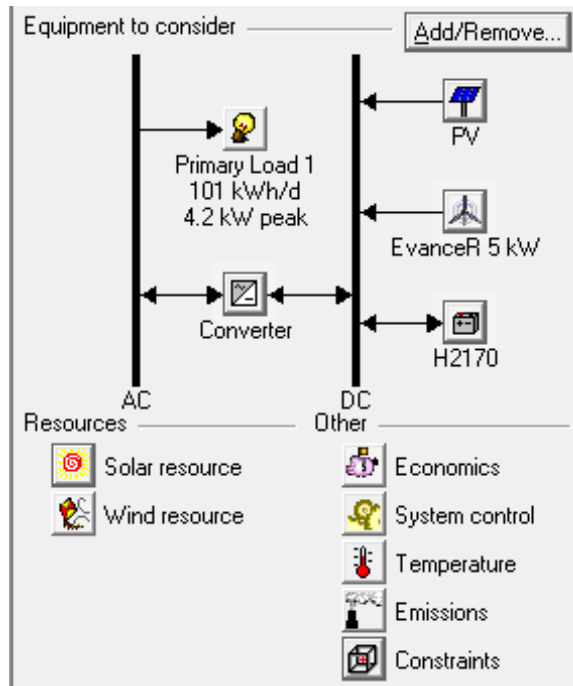


Figura 14 – Configuração do sistema híbrido com armazenamento (Configuração 2).

Foram obtidas diversas soluções de sistemas possíveis para o sistema híbrido em causa, algumas destas são mostradas na figura 15. Já na figura 16 podem-se visualizar as 2 combinações de sistemas ótimos.

	PV (kW)	EVA 5	H2170	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage	Batt. Lf. (yr)
	20	1	50	10.0	\$ 139,281	23,504	\$ 432,198	1.121	1.00	0.27	20.0
	20	1	50	12.0	\$ 139,684	23,504	\$ 432,601	1.122	1.00	0.27	20.0
	20	1	50	15.0	\$ 140,290	23,504	\$ 433,207	1.124	1.00	0.27	20.0
	20	1	100	10.0	\$ 214,231	37,590	\$ 682,690	1.738	1.00	0.24	20.0
	20	1	100	12.0	\$ 214,634	37,590	\$ 683,094	1.739	1.00	0.24	20.0
	20	1	100	15.0	\$ 215,240	37,590	\$ 683,699	1.740	1.00	0.24	20.0
	30		100	10.0	\$ 182,318	42,088	\$ 706,829	1.914	1.00	0.28	20.0
	30		100	12.0	\$ 182,722	42,088	\$ 707,233	1.915	1.00	0.28	20.0
	30		100	15.0	\$ 183,327	42,088	\$ 707,838	1.917	1.00	0.28	20.0
	25	1	100	10.0	\$ 219,297	39,910	\$ 716,661	1.650	1.00	0.09	20.0
	25	1	100	12.0	\$ 219,701	39,910	\$ 717,065	1.651	1.00	0.09	20.0
	25	1	100	15.0	\$ 220,306	39,910	\$ 717,670	1.652	1.00	0.09	20.0
	30	1	100	10.0	\$ 224,364	42,229	\$ 750,632	1.663	1.00	0.03	20.0
	30	1	100	12.0	\$ 224,768	42,229	\$ 751,036	1.664	1.00	0.03	20.0
	30	1	100	15.0	\$ 225,373	42,229	\$ 751,641	1.665	1.00	0.03	20.0
	20	1	150	10.0	\$ 289,181	51,676	\$ 933,183	2.351	1.00	0.23	20.0
	20	1	150	12.0	\$ 289,584	51,676	\$ 933,587	2.352	1.00	0.23	20.0
	20	1	150	15.0	\$ 290,190	51,676	\$ 934,192	2.354	1.00	0.23	20.0
	30		150	10.0	\$ 257,268	56,174	\$ 957,322	2.563	1.00	0.27	20.0
	30		150	12.0	\$ 257,672	56,174	\$ 957,725	2.564	1.00	0.27	20.0
	30		150	15.0	\$ 258,277	56,174	\$ 958,331	2.566	1.00	0.27	20.0
	25	1	150	10.0	\$ 294,247	53,996	\$ 967,154	2.180	1.00	0.06	20.0
	25	1	150	12.0	\$ 294,651	53,996	\$ 967,558	2.181	1.00	0.06	20.0
	25	1	150	15.0	\$ 295,256	53,996	\$ 968,163	2.182	1.00	0.06	20.0
	30	1	150	10.0	\$ 299,314	56,315	\$ 1,001,125	2.193	1.00	0.01	20.0
	30	1	150	12.0	\$ 299,718	56,315	\$ 1,001,528	2.194	1.00	0.01	20.0
	30	1	150	15.0	\$ 300,323	56,315	\$ 1,002,134	2.195	1.00	0.01	20.0

Figura 15 – Propostas de sistemas obtidas para o sistema híbrido (Configuração 2).

Sensitivity Results		Optimization Results									
Double click on a system below for simulation results.											
	PV (kW)	EVA 5	H2170	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage	Batt. Lf. (yr)
	20	1	50	10.0	\$ 139,281	23,504	\$ 432,198	1.121	1.00	0.27	20.0
	30		100	10.0	\$ 182,318	42,088	\$ 706,829	1.914	1.00	0.28	20.0

Figura 16 - Proposta de sistema otimizada obtida para o sistema híbrido (Configuração 2).

Como analiticamente a configuração 2 é composta pelo sistema produtor fotovoltaico e eólico, será mostrado o desempenho energético do sistema ótimo que possui estes 2 sistemas produtores (figura 17), deixando de parte o sistema que apenas possui o gerador fotovoltaico.

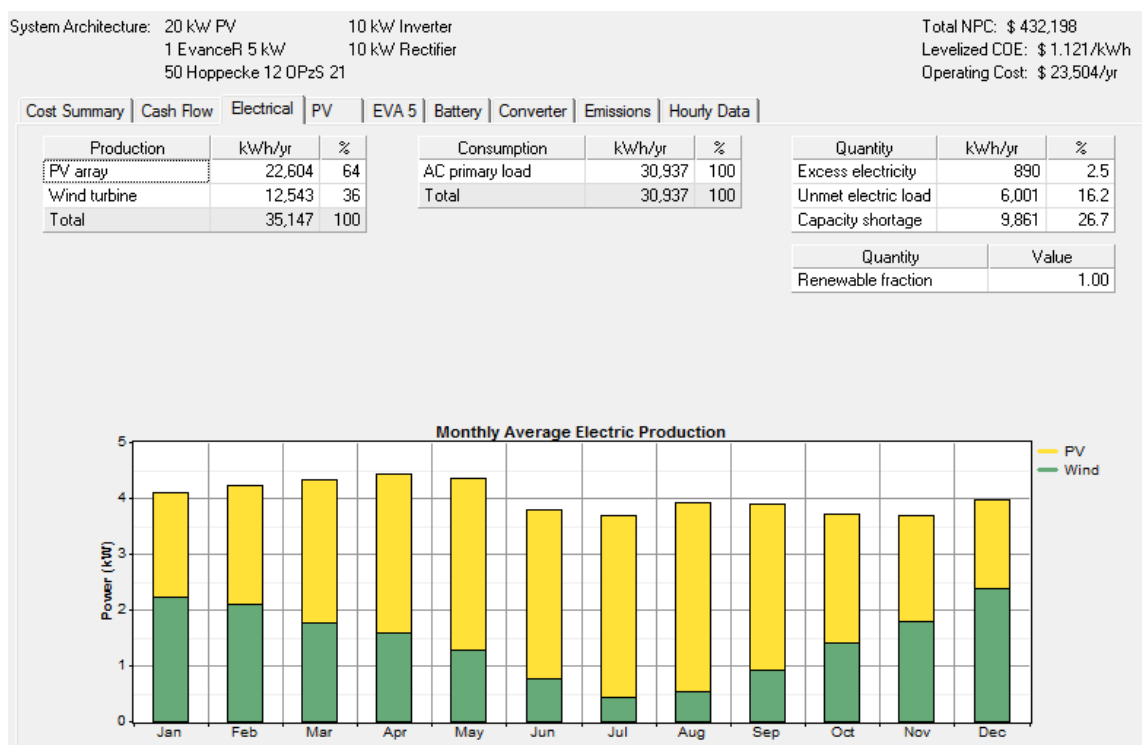


Figura 17 – Desempenho energético do sistema híbrido (Configuração 2).

Analisando a figura 17 verifica-se que neste dimensionamento, o sistema que mais energia produziria seria o sistema fotovoltaico com 22 604 kWh anuais equivalendo a 64% do total da energia produzida. Já em relação ao sistema eólico haveria a produção de 12 543 kWh/ano, o que corresponde a 36%. A produção anual de energia total, segundo o HOMER seria de 35 147 kWh e o consumo energético seria de 30 937 kWh. Com o sistema dimensionado em causa existiria 850 kWh/ano de energia excedente.

É possível efetuar uma comparação do sistema híbrido dimensionado analiticamente com o mesmo sistema dimensionado no HOMER recorrendo às tabelas 50 e 51.

Tabela 50 – Resultados obtidos do sistema dimensionado analiticamente (Configuração 2).

Dimensionamento Analítico			
	<i>Evance</i> <i>R9000 5 kW</i>	<i>Soluxtec Das</i> <i>Modul</i>	<i>OPzS 12 sun</i> <i>Power V L 2170</i>
Quantidade	1	33	88
Potência instalada (kW)	5	9,99	-
Energia produzida (kWh)	11 561,09	25 412,03	-
Energia total produzida (kWh/ano)		36 973,12	
Energia consumida (kWh/ano)		36 973,12	
Energia excedente (kWh)		-	
Investimento inicial (€)		120 954,52	

Tabela 51 – Resultados obtidos do sistema dimensionado com recurso ao HOMER (Configuração 2).

Dimensionamento no HOMER			
	<i>Evance</i> <i>R9000 5 kW</i>	<i>RECOM Black</i> <i>Panther 280</i>	<i>OPzS 12 sun</i> <i>Power V L 2170</i>
Quantidade	1	?	50
Potência instalada (kW)	5	20	-
Energia produzida (kWh)	12 543	22 604	
Energia total produzida (kWh/ano)		35 147	
Energia consumida (kWh/ano)		30 937	
Energia excedente (kWh)		890	
Investimento inicial (€)		123 776,97	

Como igualmente verificado para a configuração 1, através da comparação dos 2 tipos de dimensionamento, os valores de energia elétrica produzida pelo aerogerador seriam muito aproximados. Para a potência de 5 kW a produção de energia seria de 11 561,09 kWh/ano analiticamente e de 12 543 kWh/a com a utilização do *software*.

Para sistema fotovoltaico os resultados não foram tão bons, existindo uma diferença de 10 kW de potência a instalar. Enquanto que recorrendo ao método analítico seria necessário instalar apenas 10 kW de potência, no que se refere ao sistema fotovoltaico, já com base no HOMER este valor seria de 20 kW de potência, que poderá ter uma explicação idêntica à configuração 1.

O resultado do sistema de armazenamento acaba por ser igual ao da configuração 1, ou seja, com a utilização do *software* existiria a necessidade de menos 38 baterias, passando das 88 determinadas analiticamente para 50 baterias.

Quanto ao investimento inicial do sistema, existe pouco mais de 3 000 € de diferença. Foi calculado um investimento inicial de 120 954,52 € com o método analítico e de 123 776,97 € através do HOMER.

6.3 – Conclusões gerais

Com as 2 comparações efetuadas anteriormente, conclui-se que a grande diferença tanto para a configuração 1, como para a configuração 2 recorrendo aos 2 métodos de dimensionamento (analítico e *software* HOMER), seria a potência a instalar do sistema fotovoltaico. Outra diferença a ter em conta é o número de baterias necessárias, em que no HOMER é obtido um número substancialmente mais baixo, passando das 88 para 50 baterias.

Por outro lado, no que diz respeito ao sistema eólico obteve-se ótimos resultados tendo em conta a comparação efetuada, conseguindo-se tanto para o aerogerador utilizado na configuração 1, como para a configuração 2, uma produção de energia anual com valores muito idênticos entre o método analítico e por recurso ao HOMER. Para o investimento inicial do sistema híbrido, os valores foram igualmente satisfatórios não existindo grandes diferenças analiticamente e com o *software*.

Não foi realizado o dimensionamento do sistema híbrido sem armazenamento e com ligação à rede elétrica pública no *software*, já que através do método analítico o principal objetivo do sistema sem armazenamento e sem a produção de excedente de energia, como é o caso das 2 configurações analisadas, era a venda total de energia à rede e o HOMER não permite abordar este cenário.

PÁGINA EM BRANCO

Capítulo VII – Conclusão

O principal objetivo desta dissertação foi realizar uma visão abrangente sobre energias renováveis e a sua respetiva implementação em pequenos lugares com ou sem acesso à rede elétrica local, procedendo posteriormente ao dimensionamento de um sistema híbrido de energia na Aldeia da Cuada.

Na primeira parte desta dissertação são realçados alguns dos atuais sistemas produtores que existem e que possam ser capazes de iniciar a substituição dos combustíveis fósseis para fontes limpas de energia, sendo evidenciados alguns dos mesmos, como também alguns métodos de armazenamento ou outros modelos que possam contribuir para uma maior eficiência de tais tipos de sistemas. Foi também possível concluir que os sistemas de armazenamento desempenham um papel muito importante para sistema sem ligação à rede elétrica local, facilmente justificado por efetuar o importante aproveitamento do excesso de eletricidade produzida.

Numa segunda parte é realizado o dimensionamento de um sistema híbrido de energia para a Aldeia da Cuada composto por produção eólica, produção fotovoltaica e armazenamento de energia elétrica em baterias, procurando através da análise económica de diferentes configurações de sistemas perceber se a implementação de um sistema deste tipo seria viável para algum destes 3 tipos de cenários distintos, se o sistema fosse um sistema produtor autónomo, se tivesse como único objetivo a venda total de energia à rede e por último se pudesse suprir as necessidades energéticas da aldeia e permitir a venda do excedente de energia à rede pública.

Chegou-se a conclusão que um sistema de produção energética autónomo seria pouco viável devido ao alto custo do sistema de armazenamento, que significava mais de 50% do custo total de investimento. Para as configurações que permitiriam a venda do excedente de energia à rede os resultados apresentados a nível económico também se demonstraram insatisfatórios para um projeto com um alto custo de investimento como o apresentado nesta dissertação, já que o preço de venda do excedente à rede é muito reduzido. A venda total de energia à rede mostrou-se a alternativa mais rentável economicamente, no entanto é importante que para projetos privados com altos valores de investimento procure-se algum tipo de financiamento de forma a rentabilizar ainda mais o projeto.

Ainda em relação ao dimensionamento do sistema híbrido, foi usado o *software* HOMER de forma a poder estabelecer uma comparação com o dimensionamento analítico. Através do HOMER foi possível obter diversas propostas de sistemas, como também o sistema otimizado para a configuração proposta.

Por último, propõe-se em alguns trabalhos futuros, que tenham a intenção de conseguir o aumento da produção de energia renovável, que sejam analisados diferentes sistemas de produção de energia que estejam disponíveis para locais remotos, nomeadamente com recurso a simulações dinâmicas computacionais, por forma a

encontrar o menor custo com os sistemas necessários, combinada com a maior produção de energia renovável possível, para cumprir com todas as necessidades que estes locais possam apresentar.

Este tipo de sistemas após serem estudados com mais rigor, poderiam ser utilizados de forma mais regular em habitações, unidades hoteleiras, empresas, entre outros, reduzindo assim o custo das faturas de eletricidade.

Referências

- [1] Chauhan, A., & Saini, R. P. (2015). Renewable energy based off-grid rural electrification in Uttarakhand state of India: Technology options, modelling method, barriers and recommendations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 662–681.
- [2] Roy, A., Kedare, S. B., & Bandyopadhyay, S. (2014). Design and Optimization of Isolated Wind-Battery Systems Incorporating Multiple Wind Generators. *Wind Engineering*, 38(3), 311–336.
- [3] Nurunnabi Md., Roy N. K. (2015). Grid Connected Hybrid Power System Design Using HOMER. *3rd International Conference on Advances in Electrical Engineering*, 19–22.
- [4] Secretaria Regional do Ambiente e do Mar (2015). Plano de Gestão de Recursos Hídricos da ilha das Flores vol.8.
- [5] EDA, Eletricidade dos Açores, 2017 - <http://www.eda.pt/> (Acedido 10 Fevereiro 2017)
- [6] Diaz-Balteiro, L., González-Pachón, J., & Romero, C. (2016). Measuring systems sustainability with multi-criteria methods: A critical review. *European Journal of Operational Research*, 258(2), 607–616.
- [7] Schell, K. R., Claro, J., & Fischbeck, P. (2015). Geographic attribution of an electricity system renewable energy target: Local economic, social and environmental tradeoffs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 884–902.
- [8] Hussain, A., Arif, S. M., & Aslam, M. (2017). Emerging renewable and sustainable energy technologies: State of the art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 12–28.
- [9] Hossain, M. S., Madloul, N. A., Rahim, N. A., Selvaraj, J., Pandey, A. K., & Khan, A. F. (2016). Role of smart grid in renewable energy: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1168–1184.
- [10] Izadyar, N., Ong, H. C., Chong, W. T., & Leong, K. Y. (2016). Resource assessment of the renewable energy potential for a remote area: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 908–923.
- [11] APREN, 2017. Boletim das Energias Renováveis, Dezembro 2016.
- [12] EDA, 2017. Procura e Oferta de Energia Elétrica, Dezembro 2016.
- [13] APREN, 2017. Produção de eletricidade na Região Autónoma dos Açores por fonte em 2016.
- [14] Sigrist, L., Lobato, E., Rouco, L., Gazzino, M., & Cantu, M. (2017). Economic assessment of smart grid initiatives for island power systems. *Applied Energy*, 189, 403–415.

- [15] Neves, D., Brito, M. C., & Silva, C. A. (2016). Impact of solar and wind forecast uncertainties on demand response of isolated microgrids. *Renewable Energy*, 87, 1003–1015.
- [16] Fulzele, J. B., & Daigavane, M. B. (2016). Optimization of PV-wind Hybrid Renewable Energy System for Rural Electrification. *International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, ICETET, 2016–March*, 101–105.
- [17] Dawoud, S. M., Lin, X. (2015). Study of Hybrid PV-Wind Energy System to Isolated Micro-grid. *TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering*, 16(2), 221–231.
- [18] Atmospheric Science Data Center - <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi>
- [19] Notton, G., Diaf, S., & Stoyanov, L. (2011). Hybrid photovoltaic/wind energy systems for remote locations. *Energy Procedia*, 6, 666–677.
- [20] Kassem, A. M., Sayed, K., El-Zohri, E., & Abd El-Hamed, A. M. (2015). Sizing of Hybrid PV/Battery Power System in Sohag city. *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering Ver. II*, 10(6), 2278–2834.
- [21] Nurunnabi, Md., Roy, N. K. (2015). Grid Connected Hybrid Power System Design Using HOMER. *3rd International Conference on Advances in Electrical Engineering*, 19–22.
- [22] Rafeed Leon, H. M., Shoeb, M. A., Rahman, M. S., Ahmed, M. U., & Islam, M. S. (2016). Design and economic feasibility analysis of autonomous hybrid energy system for rural Bangladesh. *ICDRET 2016 - 4th International Conference on the Developments in Renewable Energy Technology*.
- [23] Nagaraj, R. (2012). Renewable energy based small hybrid power system for desalination applications in remote locations. *2012 IEEE 5th India International Conference on Power Electronics (IICPE)*, 1–5.
- [24] Kuang, Y., Zhang, Y., Zhou, B., Li, C., Cao, Y., Li, L., & Zeng, L. (2016). A review of renewable energy utilization in islands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 504–513.
- [25] Subtil Lacerda, J., & Van Den Bergh, J. C. J. M. (2016). Diversity in solar photovoltaic energy: Implications for innovation and policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 331–340.
- [26] 24 Hour Solar Store, Solar Power: The best things in life are free (2017). <http://www.24hoursolarstore.net/understanding-solar-equipment/difference-between-monocrystalline-polycrystalline-and-amorphous-thin-film-solar-cell/>. (Acedido 13 de Março 2017)

- [27] Smaoui, M., Abdelkafi, A., & Krichen, L. (2014). Sizing of a stand-alone hybrid system supplying a desalination unit. *STA 2014 - 15th International Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering*, 120, 820–824.
- [28] Kaabeche, A., Belhamel, M., & Ibtouen, R. (2011). Sizing optimization of grid-independent hybrid photovoltaic/wind power generation system. *Energy*, 36(2), 1214–1222.
- [29] Khatib, T., Mohamed, A., & Sopian, K. (2013). A review of photovoltaic systems size optimization techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 454–465.
- [30] Carneiro, Joaquim (2009). Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos (Sistemas ligados à rede e sistemas autónomos).
- [31] Castro, Rui M.G. (2005). Energias Renováveis e Produção Descentralizada. Introdução à Energia Eólica.
- [32] Yasar, D. (2012). Production, Conversion, Storage, Conservation, and Coupling, vol.1.
- [33] Allouhi, A., Zamzoum, O., Islam, M. R., Saidur, R., Kousksou, T., Jamil, A., & Derouich, A. (2017). Evaluation of wind energy potential in Morocco's coastal regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 311–324.
- [34] Alternative Energy Tutorial, Home of Alternative and Renewable Energy Tutorials, 2017. <http://www.alternative-energy-tutorials.com/wind-energy/wind-energy.html>. (Acedido a 13 de Março de 2017)
- [35] Neves, D., Silva, C. A., & Connors, S. (2014). Design and implementation of hybrid renewable energy systems on micro-communities: A review on case studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 935–946.
- [36] Sinha, S., & Chandel, S. S. (2015). Review of recent trends in optimization techniques for solar photovoltaic–wind based hybrid energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 755–769.
- [37] Mohammed, A., Pasupuleti, J., Khatib, T., & Elmenreich, W. (2015). A review of process and operational system control of hybrid photovoltaic/diesel generator systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 436–446.
- [38] Palizban, O., & Kauhaniemi, K. (2016). Energy storage systems in modern grids - Matrix of technologies and applications. *Advances in Life Course Research*, 6, 248–259.
- [39] Mahesh, A., & Sandhu, K. S. (2015). Hybrid wind/photovoltaic energy system developments: Critical review and findings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1135–1147.

- [40] Díaz-González, F., Sumper, A., Gomis-Bellmunt, O., & Villafáfila-Robles, R. (2012). A review of energy storage technologies for wind power applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 2154–2171.
- [41]- Oliveira, Mónica, Coelho Margarida (2017). Energy Transport & Storage. Solar/ Battery Backup System.
- [42] HOMER, 2017- <http://www.homerenergy.com/>. (Acedido 12 Março 2017)
- [43] Kumar, A. P. (2016). Analysis of Hybrid Systems : Software Tools, 3–6.
- [44] Sinha, S., & Chandel, S. S. (2014). Review of software tools for hybrid renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 192–205.
- [45] HOMER Energy (2016). HOMER Pro Version 3.7 User Manual.
- [46] RETScreen, 2017 - www.etscreen.net. (Acedido 12 Março 2017)
- [47] University of Massachusetts, Wind Energy Center, 2017 - <http://www.umass.edu/windenergy/research/topics/tools/software/hybrid2>. (Acedido 12 de Março 2017)
- [48] Decreto-Lei nº 153/2014, de 20 de Outubro, Diário da República.
- [49] Portaria n.º 15/2015 de 23 de janeiro, Diário da República.
- [50] Pina, A., Silva, C., & Ferrão, P. (2012). The impact of demand side management strategies in the penetration of renewable electricity. *Energy*, 41(1), 128–137.
- [51] Serviço Regional de Estatística dos Açores, 2017. Açores em números 2015.
- [52] Aquarius Viagens e Turismo, 2011 - <http://www.viagensaquarius.com/graficos/acoresh.jpg>. (Acedido 3 Março 2017)
- [53] Rodrigues, Gonçalo Correia da Fonseca (2014). Validação do modelo WRF na simulação do vento e precipitação na ilha das Flores, no contexto da produção de energia renovável.
- [54] WINDUP, Consultadoria Representações e Serviços Lda, 2017 - <http://www.windup.pt/index.aspx> / (Acedido 10 de Maio 2017)
- [55] Energias da Terra, 2017 - <http://energiasdaterra.com/> (Acedido 10 de Maio 2017)
- [56] SOLARIMPACT, Soluções em Energia Lda, 2017 - <https://loja.solarimpact.pt/> (Acedido 10 de Maio 2017)
- [57] FFSOLAR, Energias Renováveis Lda, 2017 - <http://www.ffiolar.com/> (Acedido 10 de Maio 2017)
- [58] Castro, Rui M.G. (2003). Energias Renováveis e Produção Descentralizada. Introdução à Avaliação Económica de Investimentos.

Anexos

Anexo A

Consumos energéticos da Aldeia da Cuada

	Equipamentos	Potencia		Horas de utilização	Consumo kWh/dia
Receção c/ 2 x wc's	PC/Fax/Impressora	200	w	10	2000
	TV	35	w	4	140
	Rádio	19	w	10	190
	Máquina de café	1000	w	0,25	250
	11 Lampadas (20W)	220	W	7	1540
	Total potencia instalada	1474	W	Total consumo	4120
		1,474	KW		4,12
Bar	Equipamentos	Potencia		Horas de utilização	Consumo kWh/dia
	Frigorifico 1	300	w	15	4500
	Frigorifico 2	300	w	15	4500
	Frigorifico 3	288	w	15	4320
	Maq. Lavar loiça	2000	w	1,5	3000
	Maq. Café	920	w	1	920
	Microondas	850	w	0,25	212,5
	Chaleira	1600	w	0,25	400
	Tostadeira	950	w	0,25	237,5
	Maq. Cerveja	220	w	1,5	330
	10 Lampadas LED (2W)	20	w	6	120
	Rádio	19	w	10	190
	Total potencia instalada	7467	W	Total consumo	18730
	7,467	KW		18,73	
Casas	Equipamentos	Potencia		Horas de utilização	Consumo kWh/dia
	Frigorifico	250	w	15	3750
	Microondas	700	w	0,25	175
	Maq. Café	1000	w	0,25	250
	Torradeira	950	w	0,25	237,5
	Rádio	19	w	2	38
	Placa cozinhar	2250	w	0,5	1125
	chaleira	1600	w	0,25	400
	Forno	1200	w	0,5	600
	Total	7969	W	Total	6575,5
				6,5755	
T1	6 lampadas(20 W)	120	w	6	720
T2	8lampadas (20 W)	160	w	6	960
T4	12 lampdas (20 W)	240	w	6	1440
T6	20lampadas (20 W)	400	w	6	2400
T1	1 Aquecedor	1500	w	2	3000
T2	2 Aquecedor	3000	w	2	6000
T4	4 Aquecedor	6000	w	2	12000
T6	6 Aquecedor	9000	w	2	18000

Potência instalada	Consumo	
	T1	T1 Inverno
9589	10295,5	7295,5
T2	T2 Inverno	T2 Verão
11129	13535,5	7535,5
T4	T4 Inverno	T4 Verão
14209	20015,5	8015,5
T6	T6 Inverno	T6 Verão
17369	26975,5	8975,5
Total 17 casas	Total 17 casas	Total 17 casas
186193	224103,5	128103,5
186,193	224,1035	128,1035

Casas	100% de ocupação	5% de ocupação
Total consumo Inverno (kWh/dia)	224,10	11,21
	100% de ocupação	90% de ocupação
Total consumo Verão (kWh/dia)	128,10	115,29315
Consumo médio dia(kWh/dia)	192,02	46,00

Equipamentos	Potencia		Horas de utilização	Consumo kWh/dia
2 Lampadas (20W)	40	W	2	80
Arca congeladora 1	130	W	15	1950
Arca congeladora 2	130	W	15	1950
Arca congeladora 3	160	W	15	2400
Total potencia instalada	460	W	Total consumo	6380
	0,46	kW		6,35

Equipamentos	Potencia		Horas de utilização	Consumo kWh/dia
Maq. Lavar1	1800	w	3	5400
Maq. Lavar2	1800	w	3	5400
Maq. Secar	2000	w	3	6000
Calandra	1500	w	1	1500
4 Lâmpadas (20 W)	80	w	4	320
Total potencia instalada	7180	W	Total consumo	18620
	7,18	kW		18,62

Equipamentos	Potencia		Horas de utilização	Consumo kWh/dia
17 Lampadas (40 W)	680	w	11	7480
Total	0,68	kW	Total consumo	7,48

Consumo final estimado da Aldeia da Cuada		
Aldeia	100% de ocupação	Ajuste de ocupação
Total consumo diário (kWh/dia)	247,32	101,30
Total consumo anual (kWh/ano)	90270,28	36973,12
Total potencia instalada (kW)		203,454

Anexo B

Características dos aerogeradores considerados para o estudo

Especificações

Arquitetura	Upwind, rotor com 3 pás, regulação automática
Potência Nominal	5kW contínua de 12m/s a 60m/s
Produção Anual de Energia	8.780kWh (Rendimento anual com velocidade média do vento de 5m/s (Em conformidade com a norma IEC)
Velocidade de Arranque	3m/s
Velocidade de Corte	Nenhuma. Geração contínua até à velocidade de sobrevivência
Velocidade de Sobrevivência	60m/s
Classe IEC	Classe II, de acordo com a IEC 61400
Sistema de Controlo	Pás de posicionamento reactivo (Reactive™ Pitch Control)
Diâmetro do Rotor	5,5m
Velocidade Nominal do Rotor	200rpm
Tipo de Pás	Perfil aerodinâmico, totalmente optimizado, garantindo o máximo rendimento e o mínimo ruído.
Material das Pás	Fibra de vidro reforçada, baixa reflexão, revestimentos UV e anti-erosão
Gerador	De magnetos permanentes de elevada eficiência, sem escovas, ligação directa.
Caixa de Velocidade	Não necessária (ver gerador)
Travões de Emergência	Automáticos, ElectroBrake™, patenteados (com controle manual para manutenção). Sem peças móveis.
Posicionamento	Leme e rotor passivos
Altura da Torre	10m, 12m, 15m e 18m
Tipos de Torre	Auto-sustentáveis, elevação hidráulica ou guincho
Tempo de Vida Útil	Mínimo 20 anos, com serviço de inspecções regulares
Fundação da Torre	Maciços ou sapatas de betão
Peso Total	325 Kg excluindo a torre
Ruído	53dB à distância de 25m e vento a 8 m/s, norma BWEA 45.5dB à distância de 60m e vento a 8 m/s, norma BWEA
Temperatura de Funcionamento	-20°C - +50°C
Garantia	5 anos (ver Evance Termos e Condições para mais detalhes)

Evance Wind Turbines Ltd
www.evancewind.com

Representante em Portugal:
www.windup.pt

Aeolos Wind Turbine 10kw Specification

Rated Power	10 kw
Maximum Output Power	13 kw
Generator	Direct-Drive Permanent Magnet Generator
Blade Quantity	3 Glass Fiber Blades
Rotor Blade Diameter	8 m (26.2 ft)
Start-up Wind Speed	3.0 m/s (6.7 mph)
Rated Wind Speed	10 m/s (22.3 mph)
Survival Wind Speed	45 m/s (100.7 mph)
Controller	PLC With Touch Screen
Safety System	Yaw Control, Electrical Brake & Hydraulic Brake
Turbine Weight	420 kg (925.9 lbs)
Noise	45 db(A) @ 5m/s
Temperature Range	-20°C to +50°C

Aeolos Wind Turbine 20kw Specification

Rated Power	20 kw
Maximum Output Power	25 kw
Generator	Direct-Drive Permanent Magnet Generator
Blade Quantity	3 Glass Fiber Blades
Rotor Blade Diameter	10.0 m (32.8ft)
Start-up Wind Speed	3.0 m/s (6.7 mph)
Rated Wind Speed	10 m/s (22.3 mph)
Survival Wind Speed	50 m/s (111.5 mph)
Controller	PLC With Touch Screen
Safety System	Yaw Control, Electrical Brake & Hydraulic Brake
Turbine Weight	960 kg (2112 lbs)
Noise	55 db(A) @ 7m/s
Temperature Range	-20°C to +50°C

ANEXO C

Distribuição de *Weibull*

Distribuição de *Weibull*

Velocidade média (m/s)	5,22
Número de horas por ano	8760
Desvio Padrão	2,36
Número da amostra	20
Parâmetro de escala (C)	5,890139252
Parâmetro de forma (k)	2,370848833

V(m/s)	Frequência de ocorrência	Horas por ano
0	0	0
1	0,034879257	305,54
2	0,084756702	742,47
3	0,130433846	1142,60
4	0,158809001	1391,17
5	0,163205514	1429,68
6	0,145222914	1272,15
7	0,113141527	991,12
8	0,077549033	679,33
9	0,046837401	410,30
10	0,024923785	218,33
11	0,011672217	102,25
12	0,004802541	42,07
13	0,001732511	15,18
14	0,000546748	4,79
15	0,000150581	1,32
16	3,61049E-05	0,32
17	7,51797E-06	0,07
18	1,35613E-06	0,01
19	2,11397E-07	0,00
20	2,84076E-08	0,00

Anexo D

Energia anual produzida pelos aerogeradores

Evance R9000 5 kW

Características			
Potência nominal (W)	5000		
Velocidade cut-in (m/s)	3		
Velocidade cut-out (m/s)	Nenhuma		
Produção Nominal (m/s)	12		
Diâmetro do rotor (metros)	5,5		

Evance R9000			
V(m/s)	Potência(W)	Energia produzida(Wh)	Energia (kWh)
0	0	0,00	0,00
1	0	0,00	0,00
2	0	0,00	0,00
3	0	0,00	0,00
4	555,56	772870,47	772,87
5	1111,11	1588533,67	1588,53
6	1666,67	2120254,55	2120,25
7	2222,22	2202488,39	2202,49
8	2777,78	1887026,48	1887,03
9	3333,33	1367652,12	1367,65
10	3888,89	849070,27	849,07
11	4444,44	454438,32	454,44
12	5000	210351,30	210,35
13	5000	75883,98	75,88
14	5000	23947,54	23,95
15	5000	6595,45	6,60
16	5000	1581,39	1,58
17	5000	329,29	0,33
18	5000	59,40	0,06
19	5000	9,26	0,01
20	5000	1,24	0,00
	Anual	11561093,13	11561,09

Aeolos-H 10 kW

Características			
Potência nominal (W)		10000	
Velocidade cut-in (m/s)		2,5	
Velocidade cut-out (m/s)		Nenhuma	
Produção Nominal (m/s)		10	
Diâmetro do rotor (metros)		7,5	

Aeolos 10 kW			
V(m/s)	Potência(W)	Energia produzida(Wh)	Energia (kWh)
0	0	0	0,00
1	0	0	0,00
2	0,00	0	0,00
3	666,67	761733,66	761,73
4	2000,00	2782333,71	2782,33
5	3333,33	4765601,02	4765,60
6	4666,67	5936712,74	5936,71
7	6000,00	5946718,66	5946,72
8	7333,33	4981749,91	4981,75
9	8666,67	3555895,51	3555,90
10	10000,00	2183323,55	2183,32
11	10000,00	1022486,22	1022,49
12	10000,00	420702,60	420,70
13	10000,00	151767,96	151,77
14	10000,00	47895,08	47,90
15	10000,00	13190,90	13,19
16	10000,00	3162,79	3,16
17	10000,00	658,57	0,66
18	10000,00	118,80	0,12
19	10000,00	18,52	0,02
20	10000,00	2,49	0,00
	Anual	32574072,67	32574,07

Aeolos-H 20 kW

Características			
Potência nominal (W)		20000	
Velocidade cut-in (m/s)		3	
Velocidade cut-out (m/s)		Nenhuma	
Produção Nominal (m/s)		10	
Diâmetro do rotor (metros)		10	

Aeolos 20kW			
V(m/s)	Potência(W)	Energia produzida(Wh)	Energia (kWh)
0	0	0	0,00
1	0	0	0,00
2	0,00	0	0,00
3	0,00	0,00	0,00
4	2857,14	3974762,44	3974,76
5	5714,29	8169601,74	8169,60
6	8571,43	10904166,25	10904,17
7	11428,57	11327083,15	11327,08
8	14285,71	9704707,62	9704,71
9	17142,86	7033639,47	7033,64
10	20000,00	4366647,10	4366,65
11	20000,00	2044972,44	2044,97
12	20000,00	841405,20	841,41
13	20000,00	303535,92	303,54
14	20000,00	95790,16	95,79
15	20000,00	26381,80	26,38
16	20000,00	6325,57	6,33
17	20000,00	1317,15	1,32
18	20000,00	237,59	0,24
19	20000,00	37,04	0,04
20	20000,00	4,98	0,00
	Anual	58800615,62	58800,62

Anexo E

Características dos inversores utilizados para o sistema eólico

Inversor *PVI-6000*

Technical data and types

Type code	PVI-6000-TL-OUTD-W
Input side	
Maximum absolute DC input voltage ($V_{max,abs}$)	600 V
Operating DC input voltage range ($V_{dcmin}...V_{dcmax}$)	50...580 V
DC input voltage range at P_{ac} ($V_{p,min}...V_{p,max}$)	180...530 V
Rated DC input voltage (V_{dc})	360 V
Dc power limitation	Linear derating from Max to Null [530V≤Vdcs580V]
Maximum DC input current ($I_{dc,max}$)	36 A
Maximum input short circuit current	44 A
DC connection type	Screw terminal block
Input protection	
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source
Input over voltage protection - varistor	4
Generator isolation control	According to local standard
Output side	
AC grid connection	Single phase
Rated AC power (P_{ac} @ $\cos\phi=1$)	6000 W
Maximum AC output power ($P_{ac,max}$ @ $\cos\phi=1$)	6000 W
Maximum apparent power (S_{max})	6670 VA
Rated grid AC voltage (V_{ac})	230 V
AC voltage range	180...264 V ⁽¹⁾
Maximum output AC current ($I_{ac,max}$)	30 A
Contributory fault current	40.0 A
Rated frequency (f_s)	50 Hz / 60 Hz
Frequency range ($f_{min}...f_{max}$)	47...53 Hz / 57...63 Hz ⁽²⁾
Nominal power factor and adjustable range	> 0.995, adj. ± 0.9 with $P_{ac}=6.0$ kW
Total harmonic distortion	< 3.5 %
AC connection type	Screw terminal block
Output protection	
Anti-islanding protection	According to local standard
Maximum AC overcurrent protection	40.0 A
Output over voltage protection - varistor	2 (L-N/L-PE)

Inversor PVI-12.5

Technical data and types

Type code	PVI-12.5-TL-OUTD-W
Input side	
Maximum absolute DC input voltage ($V_{max,abs}$)	900 V
Operating DC input voltage range ($V_{dc,min}...V_{dc,max}$)	130...850 V
DC input voltage range at P_{scr} ($V_{ip,min}...V_{ip,max}$)	360...750 V
Rated DC input voltage (V_{dc})	580 V
Dc power limitation	Power limit to 10 A for 100 VsVdcs200 V and 36 A for 201 VsVdcs360 V Linear derating from Max to Null [750VsVdcs850V]
Maximum DC input current ($I_{dc,max}$)	36 A
Maximum input short circuit current	44 A
DC connection type	Screw terminal block
Input protection	
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source
Input over voltage protection - varistor	4
Generator isolation control	According to local standard
Output side	
AC grid connection	Three phase 3W or 4W+PE
Rated AC power (P_{scr} @ $\cos\phi=1$)	12500 W
Maximum AC output power ($P_{ac,max}$ @ $\cos\phi=1$)	13800 W ⁽¹⁾
Maximum apparent power (S_{max})	13800 VA
Rated grid AC voltage (V_{ac})	400 V
AC voltage range	320...480 V ⁽¹⁾
Maximum output AC current ($I_{ac,max}$)	20 A
Contributory fault current	22.0 A
Rated frequency (f)	50 Hz / 60 Hz
Frequency range ($f_{min}...f_{max}$)	47...53 Hz / 57...63 Hz ⁽²⁾
Nominal power factor and adjustable range	> 0.995, adj. \pm 0.9 with $P_{scr}=12.5$ kW, \pm 0.8 with max 13.8 kVA
Total harmonic distortion	< 2%
AC connection type	Screw terminal block
Output protection	
Anti-islanding protection	According to local standard
Maximum AC overcurrent protection	22.0 A
Output over voltage protection - varistor	3 plus gas arrester

Inversor Trio-20.0

Technical data and types

Type code	TRIO-20.0-TL-OU-D-W	TRIO-27.6-TL-OU-D-W
Input side		
Maximum absolute DC input voltage ($V_{max,dc}$)	1000 V	
Operating DC Input voltage range ($V_{dcmin}...V_{dcmax}$)	190...950 V	
DC input voltage range at P_{scr} ($V_{sp,min}...V_{sp,max}$)	440...800 V	500...800 V
Rated DC input voltage (V_{dc})	620 V	
Dc power limitation	Linear derating from Max to Null [800Vsv/dcs950V]	
Maximum DC input current ($I_{dc,max}$)	50 A	64 A
Maximum input short circuit current	60 A	80 A
DC connection type	Screw terminal block	
Input protection		
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source	
Input over voltage protection - varistor	4	
Generator isolation control	According to local standard	
Output side		
AC grid connection	Three phase 3W or 4W+PE	
Rated AC power (P_{scr} @ $\cos\phi=1$)	20000 W	27600 W
Maximum AC output power ($P_{ac,max}$ @ $\cos\phi=1$)	22000 W ⁽¹⁾	30000 W ⁽¹⁾
Maximum apparent power (S_{max})	22200 VA	30000 VA
Rated grid AC voltage (V_{scr})	400 V	
AC voltage range	320...480 V ⁽¹⁾	
Maximum output AC current ($I_{ac,max}$)	33.0 A	45.0 A
Contributory fault current	35.0 A	46.0 A
Rated frequency (f_r)	50 Hz / 60 Hz	
Frequency range ($f_{min}...f_{max}$)	47...53 Hz / 57...63 Hz ⁽²⁾	
Nominal power factor and adjustable range	> 0.995, adj. \pm 0.9 with $P_{scr}=20.0$ kW, \pm 0.8 with max 22.2 kVA	> 0.995, adj. \pm 0.9 with $P_{scr}=27.6$ kW, \pm 0.8 with max 30 kVA
Total harmonic distortion	< 3%	
AC connection type	Screw terminal block	
Output protection		
Anti-islanding protection	According to local standard	
Maximum AC overcurrent protection	34.0 A	46.0 A
Output over voltage protection - varistor	4	4
Operating performance		
Maximum efficiency (η_{max})	98,2%	
Stand-by consumption	< 8 W	
Feed in power threshold	40 W	

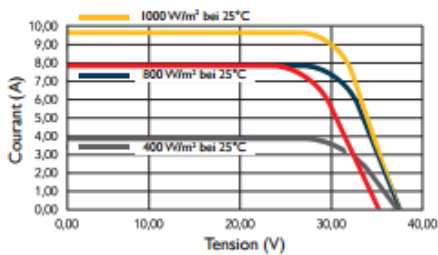
Anexo F

Características dos módulos fotovoltaicos selecionados.

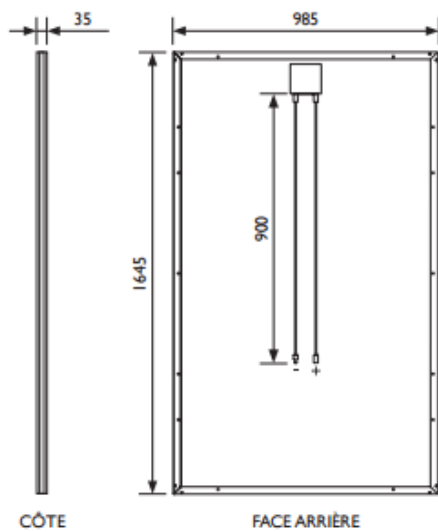
SOLUXTEC DAS MODUL

Mono Serie

I-V COURBES



DIMENSIONS MODULE



DIMENSIONS CADRE

PERFORMANCES ÉLECTRIQUES SOUS CONDITIONS STANDARDS, 1000 W/m², AM=1.5

Puissance maximale	Pmax	Wp	300
Tension en circuit ouvert	Voc	V	39,45
Courant de court circuit	Isc	A	9,90
Tension nominale	Vmpp	V	32,15
Courant nominal	Impp	A	9,35
Efficiencie	%		18,50

PERFORMANCES ÉLECTRIQUES SOUS NOCT, 800 W/m², AM=1.5, T=20°C

Puissance maximale	Pmax	Wp	220
Tension en circuit ouvert	Voc	V	36,25
Courant de court circuit	Isc	A	7,92
Tension nominale	Vmpp	V	29,40
Courant nominal	Impp	A	7,50

COEFFICIENTS DE TEMPÉRATURE

STC	25°
NOCT	45°
TC Isc	+0,042%/K
TC voc	-0,30%/K
TC Pmpp	-0,39%/K

COMPOSANTS

Nombre de cellules	60
Technologie silicium monocristallin	
Dimensions cellule	156 x 156 mm
Boîte de Jonction	IP 67, ventilée
Connecteurs	MC4
Verre tempé+structuré	
Épaisseur du verre	3,2 mm

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

Poids du Module	18 kg
Couleur noir / blanc	
Couleur du Cadre	noir / argent
Épaisseur totale	35 mm

CARACTÉRISTIQUES SYSTÈME

Tension maximale du système	1000Vdc
Classe de protection	classe A
Température de fonctionnement	-40 ... +80
Courant maximal inverse	16 A

MONO

RCM-xxx-6MB (xxx=250-280)

Electrical Characteristics

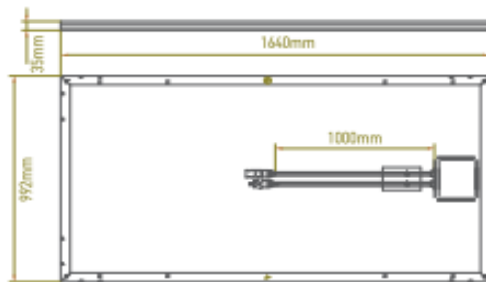
Rated Power:	250W	260W	270W	280W
Power Tolerance :	0%/+5W	0%/+5W	0%/+5W	0%/+5W
Max. Power Voltage (Vmp):	31.30V	31.70V	32.12V	32.50V
Max. Power Current (Imp):	8.09A	8.32A	8.45A	8.67A
Open Circuit Voltage (Voc):	37.92V	38.52V	38.76V	39.20V
Short Circuit Current (Isc):	8.51A	8.66A	8.78A	8.99A
Pmax (NOCT):	200.8W	208.8W	216.6W	223.9W
Module Efficiency	15,4%	16,0%	16,6%	17,7%
Max. Series Fuse:	15A	15A	15A	15A
Max. System Voltage:	1000V DC(IEC) / 1000V DC(UL)			

Tested at Standard Test Conditions. Measurement tolerances = 3%

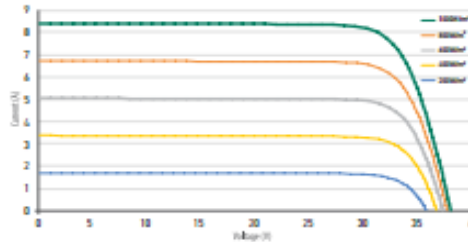
Mechanical Data

Dimensions	1640mm x 992mm x 35mm
Frame	Anodized aluminum
Weight	19 kgs
Front Glass	3.2 mm AR low iron tempered glass
Output Cables:	TUV (2Pfg1169:2007), UL 4703, UL44 4.0 mm ² (0.006 in ²), symmetrical lengths (-) 1000mm and (+) 1000 mm, MC4 type connectors

Dimensions



I-V Curve



The module relative power loss at low light irradiance of 200W/m² is less than 30.

Temperature Characteristics

Pmax Temperature Coefficient	-0.39% / °C
Voc Temperature Coefficient	-0.32% / °C
Isc Temperature Coefficient	+0.05% / °C
Operating Temperature	-40~ +85 °C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45 ± 2 °C

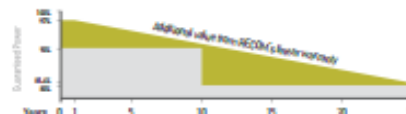
Packing Configuration

Container	20'GP	40'HC
Pieces per Pallet	29 or 30	29 or 30
Pallets per Container	12	28
Pieces per Container	348 or 360	812 or 840

Tests, Certifications and Warranties

Standard tests	UL1703, IEC 61215, IEC 61730
Quality tests	ISO 9001: 2008, ISO 14001: 2004, ISO17025: 2005
Certifications	Class C Fire Rating, conformity to CE, PV CYCLE, Salt Mist and Ammonia Corrosion
Extreme wind and snow loads testing	Module certified to withstand extreme wind (2400 Pascal) and snow loads (5400 Pascal)
Positive tolerance	Guaranteed positive tolerance of up to 5W
Junction Box	IP67 Rated, 3 diodes
Warranties	+ 10-year limited product warranty + 25-year transferable linear power output warranty

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY



Anexo G

Energia anual produzida pelos módulos fotovoltaicos

Variáveis constantes

Irradiação de referência (W/m ²)	1000
Temperatura de referência (°C)	25
Rendimento do inversor (%)	0,9
Perdas nas cablagens	0,97
Latitude do local (°)	39,004

Mês	Temperatura (°C)	Radiação Solar (kWh/m ² /dia)	Radiação no plano ótimo (kWh/m ² /dia)	Irradiação (W/m ² /dia)	Horas de sol/dia
Janeiro	13,8	1,69	2,11	88,080	1,694
Fevereiro	13,2	2,28	2,84	118,402	2,278
Março	14	3,22	4,02	167,496	3,222
Abril	14,6	4,22	5,27	219,477	4,222
Mai	16,4	5,06	6,31	262,795	5,056
Junho	18,6	5,25	6,55	272,903	5,250
Julho	21,1	5,64	7,03	293,118	5,639
Agosto	22	5,36	6,69	278,678	5,361
Setembro	20,8	4,06	5,06	210,814	4,056
Outubro	18,4	2,75	3,43	142,949	2,750
Novembro	16,4	1,86	2,32	96,743	1,861
Dezembro	14,8	1,47	1,84	76,528	1,472

RECOM Black panther

RECOM Black panther

Potencia (W)	280
Eficiencia (%)	17,7
NOCT (°C)	45
Tensao (V)	32,5
Corrente (A)	8,67
Area (m2)	1,63

RECOM Black panther					
Temperatura Operação (°C)	Fator correção de temperatura	Rendimento real	Potencia estimada (W/m2)	energia real/dia	Energia anual (kWh)
16,552	1,042	0,184	26,435	40,755	
16,900	1,040	0,184	35,476	73,400	
19,234	1,029	0,182	49,622	143,611	
21,459	1,018	0,180	64,319	241,279	
24,612	1,002	0,177	75,821	335,283	
27,128	0,989	0,175	77,748	352,548	
30,260	0,974	0,172	82,186	393,939	
30,709	0,971	0,172	77,957	354,444	
27,388	0,988	0,175	59,981	209,826	
22,867	1,011	0,179	41,602	100,942	
19,423	1,028	0,182	28,635	47,822	
17,192	1,039	0,184	22,897	30,578	
					734,13

Soluxtec Das Modul

Soluxtec Das Modul

Potencia (W)	300
Eficiencia (%)	18,5
NOCT (°C)	45
Tensao (V)	32,15
Corrente (A)	9,35
Area (m2)	1,62

Soluxtec Das Modul

Temperatura Operação (°C)	Fator correção de temperatura	Rendimento real	Potencia estimada (W/m2)	energia real/dia	Energia anual (kWh)
16,552	1,042	0,193	27,434	42,296	
16,900	1,040	0,192	36,817	76,176	
19,234	1,029	0,190	51,499	149,043	
21,459	1,018	0,188	66,752	250,404	
24,612	1,002	0,185	78,688	347,964	
27,128	0,989	0,183	80,689	365,882	
30,260	0,974	0,180	85,294	408,839	
30,709	0,971	0,180	80,906	367,850	
27,388	0,988	0,183	62,249	217,762	
22,867	1,011	0,187	43,176	104,760	
19,423	1,028	0,190	29,718	49,630	
17,192	1,039	0,192	23,763	31,734	
					761,90

Anexo H

Cálculos do sistema de armazenamento

	OPzS 8 sun power VL 1220	OPzS 12 sun power VL 2170	OPzS 18 sun power VL 3250
Capacidade da bateria (Ah)	1220	2170	3250
Capacidade do sistema (Ah)	189937,5	189937,5	189937,5
Número de baterias necessárias	156	88	59

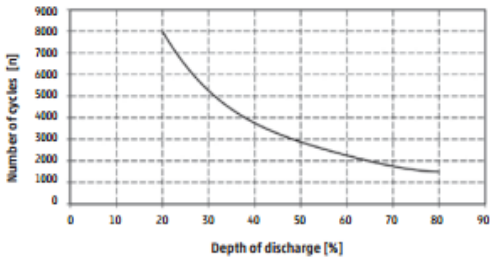
Anexo I

Características da bateria OPzS 12 Sun Power V L 2170

Series OPzS	$C_{100}/1.85\text{ V}$ Ah	$C_{50}/1.80\text{ V}$ Ah	$C_{24}/1.83\text{ V}$ Ah	$C_{10}/1.80\text{ V}$ Ah	$C_5/1.77\text{ V}$ Ah	max. Weight kg	max.** Length L mm	max.** Width W mm	max.** Height H mm	Fig.
4 sun power vl 280	280	265	245	213	182	17.1	105	208	420	A
5 sun power vl 350	350	330	307	266	227	20.7	126	208	420	A
6 sun power vl 420	420	395	370	320	273	24.6	147	208	420	A
5 sun power vl 520	520	490	454	390	345	29.1	126	208	535	A
6 sun power vl 620	620	585	542	468	414	34.1	147	208	535	A
7 sun power vl 730	730	685	634	546	483	39.2	168	208	535	A
6 sun power vl 910	910	860	797	686	590	46.1	147	208	710	A
7 sun power vl 1070	1070	1002	930	801	691	59.1	215	193	710	B
8 sun power vl 1220	1220	1145	1063	915	790	63.1	215	193	710	B
9 sun power vl 1370	1370	1283	1192	1026	887	72.4	215	235	710	B
10 sun power vl 1520	1520	1425	1325	1140	985	76.4	215	235	710	B
11 sun power vl 1670	1670	1572	1459	1256	1086	86.6	215	277	710	B
12 sun power vl 1820	1820	1715	1591	1370	1185	90.6	215	277	710	B
12 sun power vl 2170	2170	2010	1843	1610	1400	110.4	215	277	855	B
14 sun power vl 2540	2540	2349	2163	1881	1632	142.3	215	400	815	C
16 sun power vl 2900	2900	2685	2472	2150	1865	150.9	215	400	815	C
18 sun power vl 3250	3250	3015	2765	2412	2097	179.1	215	490	815	D
20 sun power vl 3610	3610	3350	3072	2680	2330	187.3	215	490	815	D
22 sun power vl 3980	3980	3685	3382	2952	2562	212.5	215	580	815	D
24 sun power vl 4340	4340	4020	3696	3220	2795	221.2	215	580	815	D
26 sun power vl 4700	4700	4355	4004	3488	3028	229.6	215	580	815	D

Service life in cycles and Depth of Discharge

C_{100} , C_{50} , C_{24} , C_{10} and C_5 = Capacity at 100 h, 50 h, 24 h, 10 h and 5 h discharge
 ** according to DIN 40736-1 data to be understood as maximum values



Anexo J

Características do inversor *Sunny Boy 1.5*

Technical Data	Sunny Boy 1.5	Sunny Boy 2.5
Input (DC)		
Max. DC power (@cos φ = 1)	1,600 W	2,650 W
Max. input voltage	600 V	600 V
MPP voltage range	160 V to 500 V	260 V to 500 V
Rated input voltage	360 V	360 V
Min. input voltage / initial input voltage	50 V / 80 V	50 V / 80 V
Max. input current	10 A	10 A
Max. input current per string	10 A	10 A
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	1 / 1	1 / 1
Output (AC)		
Rated power (at 230 V, 50 Hz)	1,500 W	2,500 W
Max. apparent AC power	1,500 VA	2,500 VA
Nominal AC voltage	220 V / 230 V / 240 V	220 V / 230 V / 240 V
Nominal AC voltage range	180 V to 280 V	180 V to 280 V
AC power frequency/range	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz to +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz to +5 Hz
Rated power frequency/rated grid voltage	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V
Max. output current	7 A	11 A
Power factor at rated power	1	1
Adjustable displacement power factor	0.8 overexcited to 0.8 underexcited	
Feed-in phases/connection phases	1 / 1	1 / 1
Efficiency		
Max. efficiency / European weighted efficiency	97.2 % / 96.1 %	97.2 % / 96.7 %
Protective Devices		
DC-side disconnection point	●	●
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●	● / ●
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated	● / ● / -	● / ● / -
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	●	●
Protection class (according to IEC 62103) / overvoltage category (according to IEC 60664-1)	I / III	I / III
Reverse current protection	Not required	Not required
General Data		
Dimensions (W / H / D)	460 / 357 / 122 mm (18.1 / 14.1 / 4.8 inches)	
Weight	9.2 kg (20.3 lbs)	
Operating temperature range	-40 °C to +60 °C (-40 °F to +140 °F)	
Noise emission, typical	<25 dB	<25 dB
Self-consumption (at night)	2.0 W	2.0 W
Topology	Transformerless	Transformerless
Cooling method	Convection	Convection
Degree of protection (according to IEC 60529)	IP65	IP65
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H	4K4H
Maximum permissible value for relative humidity (non-condensing)	100 %	100 %

Anexo K

Características do inversor *Sunny Tripower 10000TL-10*

Technical data	Sunny Tripower 10000TL	Sunny Tripower 12000TL	Sunny Tripower 15000TL	Sunny Tripower 17000TL
Input (DC)				
Max. DC power (@ $\cos \varphi = 1$)	10200 W	12250 W	15340 W	17410 W
Max. DC voltage	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V
MPP voltage range	320 V - 800 V	380 V - 800 V	360 V - 800 V	400 V - 800 V
DC nominal voltage	600 V	600 V	600 V	600V
Min. DC voltage / start voltage	150 V / 188 V	150 V / 188 V	150 V / 188 V	150 V / 188 V
Max. input current / per string	A: 22 A, B: 11 A / 33 A	A: 22 A, B: 11 A / 33 A	A: 33 A, B: 11 A / 33 A	A: 33 A, B: 11 A / 33 A
Number of MPP trackers / strings per MPP tracker	2 / A: 4, B: 1	2 / A: 4, B: 1	2 / A: 5, B: 1	2 / A: 5, B: 1
Output (AC)				
AC nominal power (@ 230 V, 50 Hz)	10000 W	12000 W	15000 W	17000 W
Max. AC apparent power	10000 VA	12000 VA	15000 VA	17000 VA
Nominal AC voltage; range	3 / N / PE, 230 V / 400 V; 160 V - 280 V			
AC grid frequency; range	50, 60 Hz; -6 Hz, +5 Hz	50, 60 Hz; -6 Hz, +5 Hz	50, 60 Hz; -6 Hz, +5 Hz	50, 60 Hz; -6 Hz, +5 Hz
Max. output current	16 A	19.2 A	24 A	24.6 A
Power factor ($\cos \varphi$)	0.8 leading ... 0.8 lagging			
Phase conductors / connection phases / power balancing	3 / 3 / -	3 / 3 / -	3 / 3 / -	3 / 3 / -
Efficiency				
Max. efficiency / Euro-eta	98.1 % / 97.7 %	98.1 % / 97.7 %	98.2 % / 97.8 %	98.2 % / 97.8 %
Protection devices				
DC reverse-polarity protection / reverse current protection	●/electronic	●/electronic	●/electronic	●/electronic
ESS switch-disconnector	●	●	●	●
AC short circuit protection	●	●	●	●
Ground fault monitoring	●	●	●	●
Grid monitoring (SMA Grid Guard)	●	●	●	●
Galvanically isolated / all-pole sensitive fault current monitoring unit	-/●	-/●	-/●	-/●
DC overvoltage protector type II	○	○	○	○
String failure detection	●	●	●	●
Protection class / overvoltage category	I / III	I / III	I / III	I / III
General data				
Dimensions (W / H / D) in mm	665 / 690 / 265	665 / 690 / 265	665 / 690 / 265	665 / 690 / 265
Weight	65 kg	65 kg	65 kg	65 kg
Operating temperature range	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Noise emission (typical)	www.SMA-Solar.com	www.SMA-Solar.com	www.SMA-Solar.com	www.SMA-Solar.com
Internal consumption (night)	1 W	1 W	1 W	1 W
Topology	transformerless	transformerless	transformerless	transformerless
Cooling concept	OptiCool	OptiCool	OptiCool	OptiCool
Electronics protection rating / connection area (as per IEC 60529)	IP65 / IP54	IP65 / IP54	IP65 / IP54	IP65 / IP54
Climatic category (per IEC 60721-3-4)	4K4H	4K4H	4K4H	4K4H

Anexo L

Características do inversor *Sunny Island 6.0H* e do inversor *Sunny Island 8.0H*

Technical Data	Sunny Island 4.4M ¹⁾	Sunny Island 6.0H	Sunny Island 8.0H
Operation on the utility grid or generator			
Rated grid voltage / AC voltage range	230 V / 172.5 V to 264.5 V		
Rated grid frequency / permitted frequency range	50 Hz / 40 Hz to 70 Hz		
Maximum AC current for increased self-consumption (grid operation)	14.5 A	20 A	26 A
Maximum AC power for increased self-consumption (grid operation)	3.3 kVA	4.6 kVA	6 kVA
Maximum AC input current	50 A	50 A	50 A
Maximum AC input power	11500 W	11500 W	11500 W
Stand-alone or emergency power operation			
Rated grid voltage / AC voltage range	230 V / 202 V to 253 V		
Rated frequency / frequency range (adjustable)	50 Hz / 45 Hz to 65 Hz		
Rated power (at Unom, from / 25°C / cos φ = 1)	3300 W	4600 W	6000 W
AC power at 25°C for 30 min / 5 min / 3 sec	4400 W / 4600 W / 5500 W	6000 W / 6800 W / 11000 W	8000 W / 9100 W / 11000 W
AC power at 45°C continuously	3000 W	3700 W	5430 W
Rated current / maximum output current (peak)	14.5 A / 60 A	20 A / 120 A	26 A / 120 A
Total harmonic distortion output voltage / power factor at rated power	< 4% / -1 to +1	< 4% / -1 to +1	< 4% / -1 to +1
Battery DC input			
Rated input voltage / DC voltage range	48 V / 41 V to 63 V	48 V / 41 V to 63 V	48 V / 41 V to 63 V
Maximum battery charging current / rated DC charging current / DC discharging current	75 A / 63 A / 75 A	110 A / 90 A / 103 A	140 A / 115 A / 130 A
Battery type / battery capacity (range)	Li-Ion ²⁾ , FLA, VRLA / 100 Ah to 10000 Ah (lead-acid) 50 Ah to 10000 Ah (Li-Ion)		
Charge control	IUoU charge procedure with automatic full charge and equalization charge		
Efficiency / self-consumption of the device			
Maximum efficiency	95.5%	95.8%	95.8%
No-load consumption / standby	18 W / 6.8 W	25.8 W / 6.5 W	25.8 W / 6.5 W
Protective devices (equipment)			
AC short-circuit / AC overload	● / ●		
DC reverse polarity protection / DC fuse	- / -		
Overtemperature / battery deep discharge	● / ●		
Overvoltage category as per IEC 60664-1	III		
General Data			
Dimensions (W / H / D)	467 mm / 612 mm / 242 mm (18.4 inches / 21.1 inches / 9.5 inches)		
Weight	44 kg (97 lbs)	63 kg (138.9 lbs)	63 kg (138.9 lbs)
Operating temperature range	-25°C to +60°C (-13°F to +14°F)		
Protection class in accordance with IEC 62103	I		
Climatic category as per IEC 60721	3K6		
Degree of protection according to IEC 60529	IP54		

Anexo M

Características do inversor *Sunny Tripower 15000TL-30*

Dados técnicos	Sunny Tripower 15000TL
Entrada (CC)	
Potência CC máx. (a $\cos \varphi = 1$) / potência atribuída CC	15330 W / 15330 W
Tensão máx. de entrada	1000 V
Intervalo de tensão MPP / tensão atribuída de entrada	240 V a 800 V / 600 V
Tensão mín. de entrada / tensão de entrada inicial	150 V / 188 V
Corrente máx. de entrada Entrada A / Entrada B	33 A / 33 A
Número de entradas MPP independentes / strings por entrada MPP	2 / A:3; B:3
Saída (CA)	
Potência atribuída (a 230 V, 50 Hz)	15000 W
Potência aparente CA máx.	15000 VA
Tensão nominal CA	3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V
Intervalo de tensão CA	180 V a 280 V
Frequência de rede CA / intervalo	50 Hz / 44 Hz a 55 Hz 60 Hz / 54 Hz a 65 Hz
Frequência de rede atribuída / tensão de rede atribuída	50 Hz / 230 V
Corrente máx. de saída / corrente atribuída de saída	29 A / 21,7 A
Factor de potência na potência atribuída / Factor de desfasamento ajustável	1 / 0 sobreexcitado a 0 subexcitado
THD	≤ 3%
Fases de injeção / fases de ligação	3 / 3
Rendimento	
Rendimento máx. / europeu	98,4% / 98,0%
Dispositivos de protecção	
Ponto de seccionamento no lado de entrada	●
Monitorização da ligação à terra / monitorização da rede	● / ●
Descarregador de sobretensões CC: SPD tipo II	○
Protecção contra inversão de polaridade CC / Resistência a curtos-circuitos CA / Galvanicamente separado	● / ● / -
Unidade de monitorização de corrente residual sensível a todas as correntes	●
Classe de protecção (conforme a IEC 62109-1) / categoria de sobretensão (conforme a IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II
Dados gerais	
Dimensões (L / A / P)	661 / 682 / 264 mm (26,0 / 26,9 / 10,4 inch)
Peso	61 kg (134,48 lb)
Gama de temperatura de serviço	-25 °C a +60 °C [-13 °F a +140 °F]
Emissões sonoras, típicas	51 dB(A)
Autoconsumo (noite)	1 W
Topologia / princípio de refrigeração	Sem transformador / OptiCool
Grau de protecção (conforme a IEC 60529)	IP65
Classe de condições ambientais (conforme a IEC 60721-3-4)	4K4H
Valor máximo admissível da humidade relativa (sem condensação)	100%

Anexo N

Análise económica das configurações propostas

Variáveis constantes

Taxa de atualização		
5%		
Anos do projeto		
20		
Tarifa referencia para venda total de energia		
0,095 €		
Gasto anual com eletricidade		
4.649,54 €		
	Tarifa para a venda do excedente de energia	
	OMI Emédio para 2015	50,43 € 0,0504 €
	OMI Emédio para 2016	39,44 € 0,0394 €
	OMI Emédio para 2017	52,76 € 0,0475 €
	R=Eexcedente*OMIE*0,9	

Análise económica configuração 1

Configuração 1	Custo do sistema	Energia produzida (kWh)	Energia Total (kWh)
Aerogerador AELOS- H 10 kW	41.378,49 €	32574,07	36973,12
Paineis ECOM Black Panther 280	2.600 €	4399,05	Energia possivel de venda (kWh)
Baterias	71.582,88 €	Nºpainéis	30368
Custos de O&M sem bat	250 €	6	TIR
Custos de O&M com bat	500 €		1,79%
Total sem baterias	43.978,49 €		TIR Financiamento
Total com baterias	115.561,37 €		3,52%
Financiamento	15%		
Total com Finan sem Baterias	37.381,72 €		
Total com Finan com Baterias	98.227,16 €		

Venda total de energia à rede elétrica

Configuração 1 VENDA TOTAL À REDE 36973,12 kWh/ano											
Ano	Energia/ano	Preço de venda	Lucro venda	O&M	Lucro líquido	Lucro líquido com taxa	VAL	VAL taxa	VAL com Finan	VAL Finan e Taxa	
0											
1	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	2509,49	-43.978,49 €	-43.978,49 €	-37.381,72 €	-37.381,72 €	
2	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	2389,99	-41.343,53 €	-41.469,00 €	-34.746,76 €	-34.872,23 €	
3	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	2276,18	-38.708,57 €	-39.079,02 €	-32.111,80 €	-32.482,24 €	
4	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	2167,79	-36.073,61 €	-36.802,84 €	-29.476,84 €	-30.206,07 €	
5	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	2064,56	-33.438,65 €	-34.635,05 €	-26.841,88 €	-28.038,28 €	
6	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	1966,25	-30.803,69 €	-32.570,49 €	-24.206,92 €	-25.973,72 €	
7	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	1872,62	-28.168,73 €	-30.604,24 €	-21.571,96 €	-24.007,47 €	
8	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	1783,44	-25.533,77 €	-28.731,63 €	-18.937,00 €	-22.134,85 €	
9	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	1698,52	-22.898,81 €	-26.948,18 €	-16.302,04 €	-20.351,41 €	
10	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	1617,64	-20.263,85 €	-25.249,66 €	-13.667,08 €	-18.652,89 €	
11	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	1540,61	-17.628,89 €	-23.632,03 €	-11.032,12 €	-17.035,25 €	
12	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	1467,24	-14.993,93 €	-22.091,42 €	-8.397,16 €	-15.494,65 €	
13	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	1397,38	-12.358,97 €	-20.624,18 €	-5.762,20 €	-14.027,40 €	
14	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	1330,83	-9.724,01 €	-19.226,80 €	-3.127,24 €	-12.630,03 €	
15	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	1267,46	-7.089,05 €	-17.895,97 €	-492,28 €	-11.299,19 €	
16	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	1207,11	-4.454,09 €	-16.628,51 €	2.142,68 €	-10.031,73 €	
17	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	1149,62	-1.819,13 €	-15.421,40 €	4.777,64 €	-8.824,63 €	
18	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	1094,88	815,83 €	-14.271,78 €	7.412,60 €	-7.675,00 €	
19	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	1042,74	3.450,79 €	-13.176,90 €	10.047,56 €	-6.580,12 €	
20	30368	0,095 €	2.884,96 €	-250 €	2.634,96 €	993,09	6.085,75 €	-12.134,15 €	12.682,52 €	-5.537,38 €	
							8.720,71 €	-11.141,06 €	15.317,48 €	-4.544,29 €	
							PAYBACK (anos)	16,7	-	14,2	-
VAL											

Sistema autônomo de energia

CONFIGURAÇÃO 1 SISTEMA COM ARMAZENAMENTO 36973,12 kWh/ano										
Ano	Energia/ano	O&M	Poupança	Fatura	Lucro líquido	Lucro líquido com taxa	VAL	VAL taxa	VAL com Finan	VAL Finan e Taxa
0							-115.561,37 €	-115.561,37 €	-98.227,16 €	-98.227,16 €
1	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3951,94	-111.411,83 €	-111.609,43 €	-94.077,625 €	-94.275,22 €
2	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3763,76	-107.262,29 €	-107.845,67 €	-89.928,085 €	-90.511,47 €
3	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3584,53	-103.112,75 €	-104.261,14 €	-85.778,545 €	-86.926,94 €
4	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3413,84	-98.963,21 €	-100.847,31 €	-81.629,005 €	-83.513,10 €
5	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3251,27	-94.813,67 €	-97.596,03 €	-77.479,465 €	-80.261,83 €
6	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3096,45	-90.664,13 €	-94.499,58 €	-73.329,925 €	-77.165,38 €
7	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2949,00	-86.514,59 €	-91.550,58 €	-69.180,385 €	-74.216,38 €
8	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2808,57	-82.365,05 €	-88.742,01 €	-65.030,845 €	-71.407,80 €
9	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2674,83	-78.215,51 €	-86.067,18 €	-60.881,305 €	-68.732,97 €
10	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2547,46	-74.065,97 €	-83.519,72 €	-56.731,765 €	-66.185,52 €
11	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2426,15	-69.916,43 €	-81.093,57 €	-52.582,225 €	-63.759,37 €
12	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2310,62	-65.766,89 €	-78.782,95 €	-48.432,685 €	-61.448,75 €
13	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2200,59	-61.617,35 €	-76.582,36 €	-44.283,145 €	-59.248,16 €
14	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2095,80	-57.467,81 €	-74.486,56 €	-40.133,605 €	-57.152,36 €
15	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1996,00	-53.318,27 €	-72.490,56 €	-35.984,065 €	-55.156,36 €
16	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1900,95	-49.168,73 €	-70.589,61 €	-31.834,525 €	-53.255,41 €
17	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1810,43	-45.019,19 €	-68.779,18 €	-27.684,985 €	-51.444,98 €
18	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1724,22	-40.869,65 €	-67.054,96 €	-23.535,445 €	-49.720,76 €
19	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1642,11	-36.720,11 €	-65.412,85 €	-19.385,905 €	-48.078,64 €
20	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1563,92	-32.570,57 €	-63.848,93 €	-15.236,365 €	-46.514,72 €
PAYBACK (anos)							-	-	-	-
										VAL

Análise económica configuração 2

Configuração 2	Custo do sistema	Energia produzida (kWh)	Energia Total (kWh)
Aerogerador Evance R9000	37.328,00 €	11561,09	36973,12
Paineis Soluxtec Das Modul	12.043,64 €	25412,03	Energia possivel de venda (kWh)
Baterias	71.582,88 €	Nºpainéis	39015,73
Custos de O&M sem bat	250 €	33	TIR
Custos de O&M com bat	500 €	-	2,82%
Total sem baterias	49.371,64 €	-	TIR Financiamento
Total com baterias	120.954,52 €	-	4,63%
Financiamento	15%		
Total com Finan sem Baterias	41.965,89 €		
Total com Finan com Baterias	102.811,34 €		

Venda total de energia à rede elétrica

CONFIGURAÇÃO 2 VENDA TOTAL À REDE 36973,12 kWh/ano										
Ano	Energia/ano	Preço de venda	Lucro venda	tos de O	Lucro líquido	Lucro líquido com taxa	VAL	VAL taxa	VAL Finan	VAL Finan e Taxa
0							-49.371,64 €	-49.371,64 €	-41.965,89 €	-41.965,89 €
1	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	3107,09	-46.109,19 €	-46.264,55 €	-38.703,45 €	-38.858,80 €
2	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	2959,14	-42.846,75 €	-43.305,41 €	-35.441,00 €	-35.899,67 €
3	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	2818,22	-39.584,30 €	-40.487,19 €	-32.178,55 €	-33.081,44 €
4	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	2684,02	-36.321,85 €	-37.803,17 €	-28.916,11 €	-30.397,42 €
5	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	2556,21	-33.059,41 €	-35.246,95 €	-25.653,66 €	-27.841,21 €
6	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	2434,49	-29.796,96 €	-32.812,47 €	-22.391,22 €	-25.406,72 €
7	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	2318,56	-26.534,52 €	-30.493,91 €	-19.128,77 €	-23.088,16 €
8	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	2208,15	-23.272,07 €	-28.285,75 €	-15.866,32 €	-20.880,01 €
9	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	2103,00	-20.009,62 €	-26.182,75 €	-12.603,88 €	-18.777,01 €
10	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	2002,86	-16.747,18 €	-24.179,89 €	-9.341,43 €	-16.774,15 €
11	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	1907,48	-13.484,73 €	-22.272,41 €	-6.078,98 €	-14.866,66 €
12	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	1816,65	-10.222,28 €	-20.455,76 €	-2.816,54 €	-13.050,01 €
13	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	1730,14	-6.959,84 €	-18.725,61 €	445,91 €	-11.319,87 €
14	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	1647,76	-3.697,39 €	-17.077,85 €	3.708,36 €	-9.672,11 €
15	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	1569,29	-434,94 €	-15.508,56 €	6.970,80 €	-8.102,82 €
16	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	1494,56	2.827,50 €	-14.014,00 €	10.233,25 €	-6.608,25 €
17	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	1423,39	6.089,95 €	-12.590,60 €	13.495,69 €	-5.184,86 €
18	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	1355,61	9.352,40 €	-11.234,99 €	16.758,14 €	-3.829,24 €
19	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	1291,06	12.614,84 €	-9.943,93 €	20.020,59 €	-2.538,18 €
20	36973,12	0,095 €	3.512,45 €	-250 €	3.262,45 €	1229,58	15.877,29 €	-8.714,35 €	23.283,03 €	-1.308,60 €
							PAYBACK (anos)	15,1	-	12,9
										VAL

Sistema autônomo de energia

CONFIGURAÇÃO 2 SISTEMA COM ARMAZENAMENTO 36973,12 kWh/ano										
Ano	Energia/ano	Costos de O&M	Poupança	Fatura	Lucro líquido	Lucro líquido com taxa	VAL	VAL taxa	VAL Finan	VAL Finan e Taxa
0							-120.954,52 €	-120.954,52 €	-102.811,34 €	-102.811,34 €
1	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3951,94	-116.804,98 €	-117.002,58 €	-98.661,802 €	-98.859,40 €
2	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3763,76	-112.655,44 €	-113.238,82 €	-94.512,262 €	-95.095,64 €
3	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3584,53	-108.505,90 €	-109.654,29 €	-90.362,722 €	-91.511,12 €
4	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3413,84	-104.356,36 €	-106.240,46 €	-86.213,182 €	-88.097,28 €
5	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3251,27	-100.206,82 €	-102.989,18 €	-82.063,642 €	-84.846,01 €
6	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3096,45	-96.057,28 €	-99.892,73 €	-77.914,102 €	-81.749,55 €
7	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2949,00	-91.907,74 €	-96.943,73 €	-73.764,562 €	-78.800,55 €
8	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2808,57	-87.758,20 €	-94.135,16 €	-69.615,022 €	-75.991,98 €
9	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2674,83	-83.608,66 €	-91.460,33 €	-65.465,482 €	-73.317,15 €
10	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2547,46	-79.459,12 €	-88.912,87 €	-61.315,942 €	-70.769,69 €
11	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2426,15	-75.309,58 €	-86.486,72 €	-57.166,402 €	-68.343,54 €
12	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2310,62	-71.160,04 €	-84.176,10 €	-53.016,862 €	-66.032,92 €
13	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2200,59	-67.010,50 €	-81.975,51 €	-48.867,322 €	-63.832,34 €
14	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2095,80	-62.860,96 €	-79.879,71 €	-44.717,782 €	-61.736,54 €
15	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1996,00	-58.711,42 €	-77.883,71 €	-40.568,242 €	-59.740,54 €
16	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1900,95	-54.561,88 €	-75.982,76 €	-36.418,702 €	-57.839,58 €
17	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1810,43	-50.412,34 €	-74.172,33 €	-32.269,162 €	-56.029,15 €
18	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1724,22	-46.262,80 €	-72.448,11 €	-28.119,622 €	-54.304,93 €
19	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1642,11	-42.113,26 €	-70.806,00 €	-23.970,082 €	-52.662,82 €
20	36973,12	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1563,92	-37.963,72 €	-69.242,08 €	-19.820,542 €	-51.098,90 €
PAYBACK (anos)							-	-	-	-

Análise económica configuração 3

Configuração 3	Custo do sistema	Energia produzida (kWh)	Energia Total (kWh)
Aerogerador AELOS- H 10 kW	41.378,49 €	32574,07	50000
Paineis Soluxtec Das Modul	9.699,70 €	17425,93	Energia Excedente(kWh)
Baterias	71.582,88 €	Nº paineis	13026,88
Custos de O&M sem bat	250 €	23	Energia possível de venda (kWh)
Custos de O&M com bat	500 €	-	43839,91
Total sem baterias	51.078,19 €	-	TIR
Total com baterias	122.661,07 €	-	4,59%
Financiamento	15%		TIR Financiamento
Total com Finan sem Baterias	43.416,46 €		6,55%
Total com Finan com Baterias	104.261,91 €		

Venda total de energia à rede elétrica

CONFIGURAÇÃO 3 VENDA TOTAL Á REDE 50000 kWh/ano											
Ano	Energia/ano	Preço de venda	Lucro venda	O&M	Lucro líquido	Lucro líquido com taxa	VAL	VAL taxa	VAL Finan	VAL Finan e Taxa	
0							-50.550,13 €	-50.550,13 €	-42.967,61 €	-42.967,61 €	
1	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	3728,37	-46.635,34 €	-46.821,76 €	-39.052,82 €	-39.239,24 €	
2	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	3550,83	-42.720,55 €	-43.270,93 €	-35.138,03 €	-35.688,41 €	
3	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	3381,74	-38.805,76 €	-39.889,18 €	-31.223,24 €	-32.306,66 €	
4	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	3220,71	-34.890,97 €	-36.668,47 €	-27.308,45 €	-29.085,95 €	
5	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	3067,34	-30.976,17 €	-33.601,13 €	-23.393,65 €	-26.018,61 €	
6	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	2921,28	-27.061,38 €	-30.679,86 €	-19.478,86 €	-23.097,34 €	
7	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	2782,17	-23.146,59 €	-27.897,69 €	-15.564,07 €	-20.315,17 €	
8	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	2649,68	-19.231,80 €	-25.248,00 €	-11.649,28 €	-17.665,48 €	
9	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	2523,51	-15.317,01 €	-22.724,49 €	-7.734,49 €	-15.141,97 €	
10	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	2403,34	-11.402,22 €	-20.321,15 €	-3.819,70 €	-12.738,63 €	
11	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	2288,90	-7.487,43 €	-18.032,25 €	95,09 €	-10.449,73 €	
12	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	2179,90	-3.572,64 €	-15.852,35 €	4.009,88 €	-8.269,83 €	
13	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	2076,10	342,16 €	-13.776,25 €	7.924,68 €	-6.193,73 €	
14	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	1977,24	4.256,95 €	-11.799,02 €	11.839,47 €	-4.216,50 €	
15	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	1883,08	8.171,74 €	-9.915,94 €	15.754,26 €	-2.333,42 €	
16	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	1793,41	12.086,53 €	-8.122,53 €	19.669,05 €	-540,01 €	
17	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	1708,01	16.001,32 €	-6.414,51 €	23.583,84 €	1.168,00 €	
18	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	1626,68	19.916,11 €	-4.787,84 €	27.498,63 €	2.794,68 €	
19	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	1549,22	23.830,90 €	-3.238,62 €	31.413,42 €	4.343,90 €	
20	43839,91	0,095 €	4.164,79 €	-250 €	3.914,79 €	1475,44	27.745,69 €	-1.763,18 €	35.328,21 €	5.819,34 €	
PAYBACK (anos)							12,9	-	11,0	16,5	
VAL											

Sistema autônomo de energia

CONFIGURAÇÃO 3 SISTEMA COM ARMAZENAMENTO 50000 kWh/ano										
Ano	Energia/ano	O&M	Poupança Fatura	Lucro líquido	Lucro líquido com taxa	VAL	VAL taxa	VAL Finan	VAL Finan e Taxa	VAL
0						-122.133,01 €	-122.133,01 €	-103.813,06 €	-103.813,06 €	
1	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3951,94	-117.983,47 €	-118.181,07 €	-99.663,519 €	-99.861,12 €	
2	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3763,76	-113.833,93 €	-114.417,31 €	-95.513,979 €	-96.097,36 €	
3	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3584,53	-109.684,39 €	-110.832,78 €	-91.364,439 €	-92.512,83 €	
4	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3413,84	-105.534,85 €	-107.418,95 €	-87.214,899 €	-89.099,00 €	
5	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3251,27	-101.385,31 €	-104.167,67 €	-83.065,359 €	-85.847,72 €	
6	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3096,45	-97.235,77 €	-101.071,22 €	-78.915,819 €	-82.751,27 €	
7	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2949,00	-93.086,23 €	-98.122,22 €	-74.766,279 €	-79.802,27 €	
8	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2808,57	-88.936,69 €	-95.313,65 €	-70.616,739 €	-76.993,70 €	
9	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2674,83	-84.787,15 €	-92.638,82 €	-66.467,199 €	-74.318,87 €	
10	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2547,46	-80.637,61 €	-90.091,36 €	-62.317,659 €	-71.771,41 €	
11	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2426,15	-76.488,07 €	-87.665,21 €	-58.168,119 €	-69.345,26 €	
12	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2310,62	-72.338,53 €	-85.354,59 €	-54.018,579 €	-67.034,64 €	
13	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2200,59	-68.188,99 €	-83.154,00 €	-49.869,039 €	-64.834,05 €	
14	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2095,80	-64.039,45 €	-81.058,20 €	-45.719,499 €	-62.738,25 €	
15	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1996,00	-59.889,91 €	-79.062,20 €	-41.569,959 €	-60.742,25 €	
16	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1900,95	-55.740,37 €	-77.161,25 €	-37.420,419 €	-58.841,30 €	
17	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1810,43	-51.590,83 €	-75.350,82 €	-33.270,879 €	-57.030,87 €	
18	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1724,22	-47.441,29 €	-73.626,60 €	-29.121,339 €	-55.306,65 €	
19	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1642,11	-43.291,75 €	-71.984,49 €	-24.971,799 €	-53.664,54 €	
20	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1563,92	-39.142,21 €	-70.420,57 €	-20.822,259 €	-52.100,62 €	
					PAYBACK (anos)	-	-	-	-	VAL
						-	-	-	-	-

Venda do excedente de energia à rede elétrica

CONFIGURAÇÃO 3 VENDA do excedente 50000 kWh/ano										
Ano	Energia/ano	Preço de venda	Lucro venda	O&M	Lucro líquido	Lucro líquido com taxa	VAL	VAL taxa	VAL Finan	VAL Finan e Taxa
0							-50.550,13 €	-50.550,13 €	-42.967,61 €	-42.967,61 €
1	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	291,70	-50.243,84 €	-50.258,43 €	-42.661,32 €	-42.675,91 €
2	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	277,81	-49.937,55 €	-49.980,61 €	-42.355,03 €	-42.398,09 €
3	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	264,58	-49.631,26 €	-49.716,03 €	-42.048,74 €	-42.133,51 €
4	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	251,99	-49.324,97 €	-49.464,04 €	-41.742,45 €	-41.881,52 €
5	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	239,99	-49.018,68 €	-49.224,06 €	-41.436,16 €	-41.641,54 €
6	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	228,56	-48.712,39 €	-48.995,50 €	-41.129,87 €	-41.412,98 €
7	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	217,67	-48.406,10 €	-48.777,82 €	-40.823,58 €	-41.195,31 €
8	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	207,31	-48.099,81 €	-48.570,52 €	-40.517,29 €	-40.988,00 €
9	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	197,44	-47.793,52 €	-48.373,08 €	-40.211,01 €	-40.790,56 €
10	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	188,04	-47.487,24 €	-48.185,04 €	-39.904,72 €	-40.602,52 €
11	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	179,08	-47.180,95 €	-48.005,96 €	-39.598,43 €	-40.423,44 €
12	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	170,55	-46.874,66 €	-47.835,41 €	-39.292,14 €	-40.252,89 €
13	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	162,43	-46.568,37 €	-47.672,98 €	-38.985,85 €	-40.090,46 €
14	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	154,70	-46.262,08 €	-47.518,28 €	-38.679,56 €	-39.935,76 €
15	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	147,33	-45.955,79 €	-47.370,95 €	-38.373,27 €	-39.788,43 €
16	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	140,31	-45.649,50 €	-47.230,64 €	-38.066,98 €	-39.648,12 €
17	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	133,63	-45.343,21 €	-47.097,00 €	-37.760,69 €	-39.514,48 €
18	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	127,27	-45.036,92 €	-46.969,73 €	-37.454,40 €	-39.387,21 €
19	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	121,21	-44.730,63 €	-46.848,52 €	-37.148,11 €	-39.266,00 €
20	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	115,44	-44.424,34 €	-46.733,09 €	-36.841,82 €	-39.150,57 €
PAYBACK (anos)							-	-	-	-
										VAL

Análise económica configuração 4

Configuração 4	Custo do sistema	Energia produzida (kWh)	Energia Total (kWh)
Aerogerador Evance R9000	37.328,00 €	11561,09	50000
RECOM Black panther	16.686,70 €	38438,91	Energia Excedente(kWh)
Baterias	71.582,88 €	Nº paineis	13026,88
Custos de O&M sem bat	250 €	52	Energia possível de venda (kWh)
Custos de O&M com bat	500 €	-	53840,65
Total sem baterias	54.014,70 €	-	TIR
Total com baterias	125.597,58 €	-	5,45%
Financiamento	15%		TIR Financiamento
Total com Finan sem Baterias	45.912,50 €		7,49%
Total com Finan com Baterias	106.757,94 €		

Venda total de energia à rede elétrica

CONFIGURAÇÃO 4 VENDA TOTAL Á REDE 50000 kWh/ano											
Ano	Energia/ano	Preço de venda	Lucro venda	O&M	Lucro líquido	Lucro líquido com taxa	VAL	VAL taxa	VAL Finan	VAL Finan e Taxa	
0							-54.014,70 €	-54.014,70 €	-45.912,50 €	-45.912,50 €	
1	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	4285,71	-49.514,70 €	-49.728,99 €	-41.412,50 €	-41.626,78 €	
2	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	4081,63	-45.014,70 €	-45.647,35 €	-36.912,50 €	-37.545,15 €	
3	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	3887,27	-40.514,70 €	-41.760,08 €	-32.412,50 €	-33.657,88 €	
4	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	3702,16	-36.014,70 €	-38.057,92 €	-27.912,50 €	-29.955,72 €	
5	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	3525,87	-31.514,70 €	-34.532,05 €	-23.412,50 €	-26.429,85 €	
6	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	3357,97	-27.014,70 €	-31.174,09 €	-18.912,50 €	-23.071,88 €	
7	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	3198,07	-22.514,70 €	-27.976,02 €	-14.412,50 €	-19.873,81 €	
8	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	3045,78	-18.014,70 €	-24.930,24 €	-9.912,50 €	-16.828,04 €	
9	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	2900,74	-13.514,70 €	-22.029,50 €	-5.412,50 €	-13.927,30 €	
10	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	2762,61	-9.014,70 €	-19.266,89 €	-912,49 €	-11.164,69 €	
11	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	2631,06	-4.514,70 €	-16.635,84 €	3.587,51 €	-8.533,63 €	
12	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	2505,77	-14,70 €	-14.130,07 €	8.087,51 €	-6.027,86 €	
13	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	2386,45	4.485,30 €	-11.743,62 €	12.587,51 €	-3.641,42 €	
14	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	2272,81	8.985,30 €	-9.470,82 €	17.087,51 €	-1.368,61 €	
15	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	2164,58	13.485,30 €	-7.306,24 €	21.587,51 €	795,97 €	
16	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	2061,50	17.985,30 €	-5.244,74 €	26.087,51 €	2.857,47 €	
17	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	1963,34	22.485,30 €	-3.281,40 €	30.587,51 €	4.820,80 €	
18	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	1869,84	26.985,30 €	-1.411,56 €	35.087,51 €	6.690,65 €	
19	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	1780,80	31.485,30 €	369,24 €	39.587,51 €	8.471,45 €	
20	50000,00	0,095 €	4.750,00 €	-250 €	4.500,00 €	1696,00	35.985,30 €	2.065,25 €	44.087,51 €	10.167,45 €	
PAYBACK (anos)							12,0	18,7	10,2	14,3	
VAL											

Sistema autónomo de energia

CONFIGURAÇÃO 4 Sistema com armazenamento 50000 kWh/ano										
Ano	Energia/ano	O&M	Poupança Fatura	Lucro líquido	Lucro líquido com taxa	VAL	VAL taxa	VAL Finan	VAL Finan e Taxa	VAL
0						-125.597,58 €	-125.597,58 €	-106.757,94 €	-106.757,94 €	
1	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3951,94	-121.448,04 €	-121.645,64 €	-102.608,403 €	-102.806,00 €	
2	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3763,76	-117.298,50 €	-117.881,88 €	-98.458,863 €	-99.042,25 €	
3	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3584,53	-113.148,96 €	-114.297,35 €	-94.309,323 €	-95.457,72 €	
4	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3413,84	-108.999,42 €	-110.883,52 €	-90.159,783 €	-92.043,88 €	
5	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3251,27	-104.849,88 €	-107.632,24 €	-86.010,243 €	-88.792,61 €	
6	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3096,45	-100.700,34 €	-104.535,79 €	-81.860,703 €	-85.696,16 €	
7	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2949,00	-96.550,80 €	-101.586,79 €	-77.711,163 €	-82.747,16 €	
8	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2808,57	-92.401,26 €	-98.778,22 €	-73.561,623 €	-79.938,58 €	
9	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2674,83	-88.251,72 €	-96.103,39 €	-69.412,083 €	-77.263,75 €	
10	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2547,46	-84.102,18 €	-93.555,93 €	-65.262,543 €	-74.716,30 €	
11	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2426,15	-79.952,64 €	-91.129,78 €	-61.113,003 €	-72.290,14 €	
12	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2310,62	-75.803,10 €	-88.819,16 €	-56.963,463 €	-69.979,53 €	
13	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2200,59	-71.653,56 €	-86.618,57 €	-52.813,923 €	-67.778,94 €	
14	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2095,80	-67.504,02 €	-84.522,77 €	-48.664,383 €	-65.683,14 €	
15	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1996,00	-63.354,48 €	-82.526,77 €	-44.514,843 €	-63.687,14 €	
16	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1900,95	-59.204,94 €	-80.625,82 €	-40.365,303 €	-61.786,18 €	
17	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1810,43	-55.055,40 €	-78.815,39 €	-36.215,763 €	-59.975,75 €	
18	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1724,22	-50.905,86 €	-77.091,17 €	-32.066,223 €	-58.251,53 €	
19	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1642,11	-46.756,32 €	-75.449,06 €	-27.916,683 €	-56.609,42 €	
20	50000	-500 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1563,92	-42.606,78 €	-73.885,14 €	-23.767,143 €	-55.045,50 €	
										PAYBACK (anos)
										-
										VAL

Venda do excedente de energia à rede elétrica

CONFIGURAÇÃO 5 VENDA DO EXCEDENTE 50000KWh/ano										
Ano	Energia/ano	Preço de venda	Lucro venda	O&M	Lucro líquido	Lucro líquido com taxa	VAL	VAL taxa	VAL Finan	VAL Finan e Taxa
0							-54.014,70 €	-54.014,70 €	-45.912,50 €	-45.912,50 €
1	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	291,70	-53.708,41 €	-53.723,00 €	-45.606,21 €	-45.620,79 €
2	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	277,81	-53.402,12 €	-53.445,18 €	-45.299,92 €	-45.342,98 €
3	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	264,58	-53.095,83 €	-53.180,60 €	-44.993,63 €	-45.078,39 €
4	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	251,99	-52.789,54 €	-52.928,61 €	-44.687,34 €	-44.826,41 €
5	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	239,99	-52.483,25 €	-52.688,63 €	-44.381,05 €	-44.586,42 €
6	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	228,56	-52.176,96 €	-52.460,07 €	-44.074,76 €	-44.357,86 €
7	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	217,67	-51.870,67 €	-52.242,39 €	-43.768,47 €	-44.140,19 €
8	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	207,31	-51.564,38 €	-52.035,09 €	-43.462,18 €	-43.932,88 €
9	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	197,44	-51.258,09 €	-51.837,65 €	-43.155,89 €	-43.735,44 €
10	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	188,04	-50.951,81 €	-51.649,61 €	-42.849,60 €	-43.547,41 €
11	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	179,08	-50.645,52 €	-51.470,53 €	-42.543,31 €	-43.368,33 €
12	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	170,55	-50.339,23 €	-51.299,98 €	-42.237,02 €	-43.197,77 €
13	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	162,43	-50.032,94 €	-51.137,55 €	-41.930,73 €	-43.035,34 €
14	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	154,70	-49.726,65 €	-50.982,85 €	-41.624,44 €	-42.880,65 €
15	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	147,33	-49.420,36 €	-50.835,52 €	-41.318,15 €	-42.733,32 €
16	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	140,31	-49.114,07 €	-50.695,21 €	-41.011,86 €	-42.593,00 €
17	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	133,63	-48.807,78 €	-50.561,57 €	-40.705,57 €	-42.459,37 €
18	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	127,27	-48.501,49 €	-50.434,30 €	-40.399,28 €	-42.332,10 €
19	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	121,21	-48.195,20 €	-50.313,09 €	-40.093,00 €	-42.210,89 €
20	13026,88	0,047 €	556,289 €	-250 €	306,29 €	115,44	-47.888,91 €	-50.197,66 €	-39.786,71 €	-42.095,45 €
PAYBACK (anos)							-	-	-	-
										VAL

Análise económica configuração 5

Configuração 5	Custo do sistema	Energia produzida (kWh)	Energia Total (kWh)
Aerogerador AELOS- H 10 kW	41.378,49 €	32574,07	60000
RECOM Black panther	12.343,64 €	27425,93	Energia Excedente(kWh)
Baterias	71.582,88 €	Nº paineis	23026,88
Custos de O&M sem bat	250 €	37	Energia possível de venda (kWh)
Custos de O&M com bat	500 €	10,36	55139,56
Total sem baterias	53.722,13 €	-	TIR
Total com baterias	125.305,01 €	-	6,71%
Financiamento	15%		TIR Financiamento
Total com Finan sem Baterias	45.663,81 €		8,87%
Total com Finan com Baterias	106.509,26 €		

Venda total de energia à rede elétrica

CONFIGURAÇÃO 5 VENDA TOTAL À REDE 60000 kWh/ano										
Ano	Energia/ano	Preço de venda	Lucro venda	O&M	Lucro líquido	Lucro líquido com taxa	VAL	VAL taxa	VAL Finan	VAL Finan e Taxa
0							-54.065,19 €	-54.065,19 €	-45.955,41 €	-45.955,41 €
1	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	4750,72	-49.076,93 €	-49.314,47 €	-40.967,15 €	-41.204,69 €
2	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	4524,50	-44.088,67 €	-44.789,97 €	-35.978,90 €	-36.680,19 €
3	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	4309,05	-39.100,42 €	-40.480,93 €	-30.990,64 €	-32.371,15 €
4	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	4103,85	-34.112,16 €	-36.377,07 €	-26.002,38 €	-28.267,29 €
5	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	3908,43	-29.123,90 €	-32.468,64 €	-21.014,12 €	-24.358,86 €
6	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	3722,32	-24.135,64 €	-28.746,33 €	-16.025,86 €	-20.636,55 €
7	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	3545,06	-19.147,38 €	-25.201,27 €	-11.037,60 €	-17.091,49 €
8	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	3376,25	-14.159,12 €	-21.825,02 €	-6.049,35 €	-13.715,24 €
9	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	3215,48	-9.170,87 €	-18.609,54 €	-1.061,09 €	-10.499,76 €
10	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	3062,36	-4.182,61 €	-15.547,18 €	3.927,17 €	-7.437,40 €
11	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	2916,53	805,65 €	-12.630,65 €	8.915,43 €	-4.520,87 €
12	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	2777,65	5.793,91 €	-9.853,00 €	13.903,69 €	-1.743,22 €
13	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	2645,38	10.782,17 €	-7.207,62 €	18.891,95 €	902,16 €
14	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	2519,41	15.770,43 €	-4.688,21 €	23.880,20 €	3.421,57 €
15	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	2399,44	20.758,68 €	-2.288,78 €	28.868,46 €	5.821,00 €
16	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	2285,18	25.746,94 €	-3,60 €	33.856,72 €	8.106,18 €
17	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	2176,36	30.735,20 €	2.172,76 €	38.844,98 €	10.282,54 €
18	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	2072,72	35.723,46 €	4.245,49 €	43.833,24 €	12.355,27 €
19	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	1974,02	40.711,72 €	6.219,51 €	48.821,49 €	14.329,29 €
20	55139,56	0,095 €	5.238,26 €	-250 €	4.988,26 €	1880,02	45.699,97 €	8.099,53 €	53.809,75 €	16.209,31 €
PAYBACK (anos)							10,8	16,4	9,2	12,1

Sistema autónomo de energia

CONFIGURAÇÃO 5 Sistema com armazenamento 60000 kWh/ano										
Ano	Energia/ano	O&M	Poupança	Fatura	Lucro líquido	Lucro líquido com taxa	VAL	VAL taxa	VAL Finan	VAL Finan e Taxa
0							-125.648,07 €	-125.648,07 €	-106.800,86 €	-106.800,86 €
1	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3951,94	-121.498,53 €	-121.696,13 €	-102.651,320 €	-102.848,92 €
2	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3763,76	-117.348,99 €	-117.932,37 €	-98.501,780 €	-99.085,16 €
3	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3584,53	-113.199,45 €	-114.347,84 €	-94.352,240 €	-95.500,63 €
4	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3413,84	-109.049,91 €	-110.934,01 €	-90.202,700 €	-92.086,80 €
5	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3251,27	-104.900,37 €	-107.682,73 €	-86.053,160 €	-88.835,52 €
6	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3096,45	-100.750,83 €	-104.586,28 €	-81.903,620 €	-85.739,07 €
7	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2949,00	-96.601,29 €	-101.637,28 €	-77.754,080 €	-82.790,07 €
8	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2808,57	-92.451,75 €	-98.828,71 €	-73.604,540 €	-79.981,50 €
9	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2674,83	-88.302,21 €	-96.153,88 €	-69.455,000 €	-77.306,67 €
10	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2547,46	-84.152,67 €	-93.606,42 €	-65.305,460 €	-74.759,21 €
11	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2426,15	-80.003,13 €	-91.180,27 €	-61.155,920 €	-72.333,06 €
12	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2310,62	-75.853,59 €	-88.869,65 €	-57.006,380 €	-70.022,44 €
13	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2200,59	-71.704,05 €	-86.669,06 €	-52.856,840 €	-67.821,85 €
14	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2095,80	-67.554,51 €	-84.573,26 €	-48.707,300 €	-65.726,05 €
15	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1996,00	-63.404,97 €	-82.577,26 €	-44.557,760 €	-63.730,05 €
16	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1900,95	-59.255,43 €	-80.676,31 €	-40.408,220 €	-61.829,10 €
17	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1810,43	-55.105,89 €	-78.865,88 €	-36.258,680 €	-60.018,67 €
18	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1724,22	-50.956,35 €	-77.141,66 €	-32.109,140 €	-58.294,45 €
19	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1642,11	-46.806,81 €	-75.499,55 €	-27.959,600 €	-56.652,34 €
20	50000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1563,92	-42.657,27 €	-73.935,63 €	-23.810,060 €	-55.088,42 €
PAYBACK (anos)							-	-	-	-
										VAL

Venda do excedente de energia à rede elétrica

CONFIGURAÇÃO 5 VENDA DO EXCEDENTE 60000 kWh/ano										
Ano	Energia/ano	Preço de venda	Lucro venda	O&M	Lucro líquido	Lucro líquido com taxa	VAL	VAL taxa	VAL Finan	VAL Finan e Taxa
0							-54.065,19 €	-54.065,19 €	-45.955,41 €	-45.955,41 €
1	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	698,40	-53.331,87 €	-53.366,79 €	-45.222,09 €	-45.257,01 €
2	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	665,14	-52.598,55 €	-52.701,64 €	-44.488,77 €	-44.591,87 €
3	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	633,47	-51.865,23 €	-52.068,17 €	-43.755,45 €	-43.958,40 €
4	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	603,31	-51.131,90 €	-51.464,87 €	-43.022,13 €	-43.355,09 €
5	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	574,58	-50.398,58 €	-50.890,29 €	-42.288,80 €	-42.780,51 €
6	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	547,22	-49.665,26 €	-50.343,08 €	-41.555,48 €	-42.233,30 €
7	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	521,16	-48.931,94 €	-49.821,92 €	-40.822,16 €	-41.712,14 €
8	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	496,34	-48.198,62 €	-49.325,58 €	-40.088,84 €	-41.215,80 €
9	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	472,71	-47.465,30 €	-48.852,87 €	-39.355,52 €	-40.743,09 €
10	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	450,20	-46.731,98 €	-48.402,68 €	-38.622,20 €	-40.292,90 €
11	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	428,76	-45.998,65 €	-47.973,92 €	-37.888,88 €	-39.864,14 €
12	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	408,34	-45.265,33 €	-47.565,58 €	-37.155,55 €	-39.455,80 €
13	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	388,90	-44.532,01 €	-47.176,68 €	-36.422,23 €	-39.066,90 €
14	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	370,38	-43.798,69 €	-46.806,30 €	-35.688,91 €	-38.696,53 €
15	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	352,74	-43.065,37 €	-46.453,56 €	-34.955,59 €	-38.343,79 €
16	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	335,94	-42.332,05 €	-46.117,62 €	-34.222,27 €	-38.007,84 €
17	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	319,95	-41.598,73 €	-45.797,68 €	-33.488,95 €	-37.687,90 €
18	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	304,71	-40.865,40 €	-45.492,97 €	-32.755,63 €	-37.383,19 €
19	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	290,20	-40.132,08 €	-45.202,76 €	-32.022,30 €	-37.092,99 €
20	23026,88	0,047 €	983,321 €	-250 €	733,32 €	276,38	-39.398,76 €	-44.926,38 €	-31.288,98 €	-36.816,61 €
PAYBACK (anos)							-	-	-	-

Análise económica configuração 6

Configuração 6	Custo do sistema	Energia produzida (kWh)	Energia Total (kWh)
Aerogerador AELOS- H 20kW	75.828,33 €	58800,62	70000
Soluxtec Das Modul	7.250,30 €	11199,38	Energia Excedente(kWh)
Baterias	71.582,88 €	Nº paineis	33026,88
Custos de O&M sem bat	250 €	15	Energia possível de venda (kWh)
Custos de O&M com bat	500 €	-	63465,44
Total sem baterias	83.078,63 €	-	TIR
Total com baterias	154.661,51 €	-	3,37%
Financiamento	15%		TIR Financiamento
Total com Finan sem Baterias	70.616,84 €		5,23%
Total com Finan com Baterias	131.462,28 €		

Venda total de energia à rede elétrica

CONFIGURAÇÃO 6 VENDA TOTAL À REDE 70000 kWh/ano										
Ano	Energia/ano	Preço de venda	Lucro venda	O&M	Lucro líquido	Lucro líquido com taxa	VAL	VAL taxa	VAL Finan	VAL Finan e Taxa
0							-83.075,03 €	-83.075,03 €	-70.613,78 €	-70.613,78 €
1	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	5504,02	-77.295,81 €	-77.571,01 €	-64.834,56 €	-65.109,76 €
2	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	5241,92	-71.516,60 €	-72.329,09 €	-59.055,34 €	-59.867,84 €
3	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	4992,30	-65.737,38 €	-67.336,79 €	-53.276,13 €	-54.875,54 €
4	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	4754,58	-59.958,16 €	-62.582,21 €	-47.496,91 €	-50.120,96 €
5	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	4528,17	-54.178,95 €	-58.054,05 €	-41.717,69 €	-45.592,79 €
6	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	4312,54	-48.399,73 €	-53.741,51 €	-35.938,48 €	-41.280,25 €
7	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	4107,18	-42.620,51 €	-49.634,33 €	-30.159,26 €	-37.173,07 €
8	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	3911,60	-36.841,30 €	-45.722,72 €	-24.380,04 €	-33.261,47 €
9	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	3725,33	-31.062,08 €	-41.997,39 €	-18.600,83 €	-29.536,14 €
10	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	3547,94	-25.282,86 €	-38.449,45 €	-12.821,61 €	-25.988,20 €
11	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	3378,99	-19.503,65 €	-35.070,46 €	-7.042,39 €	-22.609,21 €
12	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	3218,08	-13.724,43 €	-31.852,38 €	-1.263,18 €	-19.391,13 €
13	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	3064,84	-7.945,22 €	-28.787,54 €	4.516,04 €	-16.326,28 €
14	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	2918,90	-2.166,00 €	-25.868,64 €	10.295,26 €	-13.407,39 €
15	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	2779,90	3.613,22 €	-23.088,74 €	16.074,47 €	-10.627,48 €
16	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	2647,53	9.392,43 €	-20.441,21 €	21.853,69 €	-7.979,96 €
17	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	2521,45	15.171,65 €	-17.919,76 €	27.632,91 €	-5.458,51 €
18	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	2401,38	20.950,87 €	-15.518,38 €	33.412,12 €	-3.057,12 €
19	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	2287,03	26.730,08 €	-13.231,34 €	39.191,34 €	-770,09 €
20	63465,44	0,095 €	6.029,22 €	-250 €	5.779,22 €	2178,13	32.509,30 €	-11.053,22 €	44.970,55 €	1.408,04 €
PAYBACK (anos)							14,4	-	12,2	19,6
										VAL

Sistema autónomo de energia

CONFIGURAÇÃO 6 Sistema com armazenamento 70000 kWh/ano										
Ano	Energia/ano	O&M	Poupança	Fatura	Lucro líquido	Lucro líquido com taxa	VAL	VAL taxa	VAL Finan	VAL Finan e Taxa
0							-154.657,91 €	-154.657,91 €	-131.459,22 €	-131.459,22 €
1	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3951,94	-150.508,37 €	-150.705,97 €	-127.309,684 €	-127.507,28 €
2	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3763,76	-146.358,83 €	-146.942,21 €	-123.160,144 €	-123.743,53 €
3	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3584,53	-142.209,29 €	-143.357,68 €	-119.010,604 €	-120.159,00 €
4	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3413,84	-138.059,75 €	-139.943,85 €	-114.861,064 €	-116.745,16 €
5	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3251,27	-133.910,21 €	-136.692,57 €	-110.711,524 €	-113.493,89 €
6	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	3096,45	-129.760,67 €	-133.596,12 €	-106.561,984 €	-110.397,44 €
7	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2949,00	-125.611,13 €	-130.647,12 €	-102.412,444 €	-107.448,44 €
8	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2808,57	-121.461,59 €	-127.838,55 €	-98.262,904 €	-104.639,86 €
9	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2674,83	-117.312,05 €	-125.163,72 €	-94.113,364 €	-101.965,03 €
10	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2547,46	-113.162,51 €	-122.616,26 €	-89.963,824 €	-99.417,58 €
11	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2426,15	-109.012,97 €	-120.190,11 €	-85.814,284 €	-96.991,43 €
12	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2310,62	-104.863,43 €	-117.879,49 €	-81.664,744 €	-94.680,81 €
13	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2200,59	-100.713,89 €	-115.678,90 €	-77.515,204 €	-92.480,22 €
14	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	2095,80	-96.564,35 €	-113.583,10 €	-73.365,664 €	-90.384,42 €
15	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1996,00	-92.414,81 €	-111.587,10 €	-69.216,124 €	-88.388,42 €
16	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1900,95	-88.265,27 €	-109.686,15 €	-65.066,584 €	-86.487,47 €
17	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1810,43	-84.115,73 €	-107.875,72 €	-60.917,044 €	-84.677,03 €
18	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1724,22	-79.966,19 €	-106.151,50 €	-56.767,504 €	-82.952,82 €
19	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1642,11	-75.816,65 €	-104.509,39 €	-52.617,964 €	-81.310,70 €
20	70000	-500 €	4.649,540 €	4.649,540 €	4.149,540 €	1563,92	-71.667,11 €	-102.945,47 €	-48.468,424 €	-79.746,78 €
						PAYBACK (anos)	-	-	-	-
										VAL

Venda do excedente de energia à rede elétrica

CONFIGURAÇÃO 6 VENDA DO EXCEDENTE 70000kWh/ano										
Ano	Energia/ano	Preço de venda	Lucro venda	O&M	Lucro líquido	Lucro líquido com taxa	VAL	VAL taxa	VAL Finan	VAL Finan e Taxa
0							-83.075,03 €	-83.075,03 €	-70.613,78 €	-70.613,78 €
1	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	1105,10	-81.914,68 €	-81.969,93 €	-69.453,42 €	-69.508,68 €
2	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	1052,47	-80.754,32 €	-80.917,46 €	-68.293,07 €	-68.456,20 €
3	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	1002,36	-79.593,97 €	-79.915,10 €	-67.132,72 €	-67.453,85 €
4	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	954,63	-78.433,62 €	-78.960,47 €	-65.972,36 €	-66.499,22 €
5	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	909,17	-77.273,26 €	-78.051,31 €	-64.812,01 €	-65.590,05 €
6	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	865,87	-76.112,91 €	-77.185,43 €	-63.651,65 €	-64.724,18 €
7	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	824,64	-74.952,56 €	-76.360,79 €	-62.491,30 €	-63.899,54 €
8	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	785,37	-73.792,20 €	-75.575,42 €	-61.330,95 €	-63.114,16 €
9	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	747,97	-72.631,85 €	-74.827,44 €	-60.170,59 €	-62.366,19 €
10	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	712,36	-71.471,50 €	-74.115,09 €	-59.010,24 €	-61.653,83 €
11	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	678,43	-70.311,14 €	-73.436,65 €	-57.849,89 €	-60.975,40 €
12	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	646,13	-69.150,79 €	-72.790,53 €	-56.689,53 €	-60.329,27 €
13	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	615,36	-67.990,43 €	-72.175,17 €	-55.529,18 €	-59.713,91 €
14	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	586,06	-66.830,08 €	-71.589,11 €	-54.368,83 €	-59.127,85 €
15	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	558,15	-65.669,73 €	-71.030,96 €	-53.208,47 €	-58.569,70 €
16	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	531,57	-64.509,37 €	-70.499,39 €	-52.048,12 €	-58.038,13 €
17	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	506,26	-63.349,02 €	-69.993,13 €	-50.887,77 €	-57.531,87 €
18	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	482,15	-62.188,67 €	-69.510,98 €	-49.727,41 €	-57.049,72 €
19	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	459,19	-61.028,31 €	-69.051,79 €	-48.567,06 €	-56.590,53 €
20	33026,88	0,047 €	1.410,353 €	-250 €	1.160,35 €	437,33	-59.867,96 €	-68.614,46 €	-47.406,71 €	-56.153,21 €
PAYBACK (anos)							-	-	-	-
							VAL			