



INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA
Instituto Superior De Engenharia De Coimbra

Estudo de Sistemas de Produção Fotovoltaica
- Estágio na SUNENERGY

Relatório de Estágio para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Eletrotécnica

Autor

Pedro José Marques Toscano

Orientação

Doutor Adelino Jorge Coelho Pereira

Doutora Rita Manuela da Fonseca Monteiro Pereira

Coimbra, julho de 2019



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica

Estudo de Sistemas de Produção Fotovoltaica

-Estágio na SUNENERGY

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Área de Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de Energia

Autor

Pedro José Marques Toscano

Orientadores

Doutor Adelino Jorge Coelho Pereira

Professor do Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Doutora Rita Manuela da Fonseca Monteiro Pereira

Professora do Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Supervisor

Engenheiro Paulino Oliveira

NRG – Sistemas de Energia Renováveis, Lda (SunEnergy)

Coimbra, julho de 2019

“Estamos a destruir o planeta e o egoísmo de cada geração não se preocupa em perguntar como é que vão viver os que virão depois. A única coisa que importa é o triunfo do agora. É a isto que eu chamo a ‘cegueira da razão’.”

José Saramago

Agradecimentos

Se é verdade que o homem primeiro tropeça e só depois caminha com segurança, também é verdade que para que ele possa caminhar com determinação e autoconfiança necessitará da ajuda de todos aqueles que, direta ou indiretamente, o influenciarão e ajudarão ao longo do seu percurso de vida.

Nesta etapa final de mais um ciclo da minha vida, não poderia, por isso, esquecer-me de agradecer a todos aqueles que sempre me apoiaram, os meus pais, a minha irmã e os professores que me ajudaram a compreender que a perseverança e o trabalho são fatores essenciais para o crescimento do ser humano enquanto pessoa. Quero também agradecer à equipa de trabalho da *SunEnergy*®, particularmente ao Dr. Raul Santos e ao engenheiro Paulino Oliveira, meu supervisor na empresa, o apoio, bem como o incentivo e disponibilidade que sempre demonstraram, por acreditarem que vale a pena abrir uma porta aos jovens que queiram desenvolver as competências adquiridas ao longo da sua formação académica.

Gostaria ainda de deixar uma palavra de gratidão aos meus orientadores de estágio, professor Adelino Pereira e professora Rita Pereira, pela oportunidade que me ofereceram ao propor a *SunEnergy*® como uma das empresas possíveis para a realização do estágio, mas também pelo apoio, disponibilidade e sugestões que me ajudaram a concretizar este projeto.

A todos agradeço por me ampararem nos meus “tropeções” e me ajudarem a ver o caminho por onde quero seguir!

RESUMO

O presente relatório de estágio surge no âmbito da unidade curricular “Estágio”, inserida no mestrado em Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

Este trabalho visa apresentar o processo concretizado durante o estágio na empresa NRG – Sistemas de Energias Renováveis, Lda, que decorreu de fevereiro a novembro de 2018, salientando-se os benefícios que a energia solar oferece. Considerando os vários projetos realizados ao longo do estágio, serão apresentados dois casos de estudo e a descrição do processo de aquisição de um sistema fotovoltaico.

Será demonstrado todo o processo que engloba a aquisição de uma solução fotovoltaica, desde o primeiro contacto com o possível cliente até ao momento em que é feita a adjudicação do contrato. De seguida, é apresentado um caso de estudo referente ao Parque Tecnológico Biocant, onde será exposto um caso mais técnico que abordará o estudo feito para as cinco instalações do referido parque, dando-se particular enfoque aos resultados de um dos edifícios, onde será apresentado o funcionamento de vários *software* utilizados. O caso de estudo final diz respeito ao tema das manutenções, nomeadamente, como são realizadas e exemplos específicos que ocorreram durante o estágio.

Neste trabalho, é também referenciada a legislação que regulamenta estes sistemas e que comprova a evolução que este tipo de energias tem sofrido, desde a sua génese até aos dias de hoje.

A NRG – Sistemas de Energias Renováveis, Lda enquadra-se perfeitamente nesta filosofia de desenvolvimento energético, procurando oferecer a melhor solução ao nível das energias renováveis, seja o consumidor final um particular ou uma empresa.

O estágio foi direcionado para sistemas solares fotovoltaicos para produção de energia elétrica, sendo os sistemas que têm uma maior procura, pelas vantagens que trazem ao consumidor. Ao conseguir produzir energia para consumo próprio, o consumidor obtém um bom retorno, em termos de investimento.

Palavras-chave: energia elétrica; energias renováveis; energia solar; planeta autossustentável; sistemas solares fotovoltaicos.

ABSTRACT

This internship final report comes within the framework of the curricular unit “Internship” incorporated on the Master’s Degree in Electrical Engineering of the Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

This paper aims to present the process accomplished during the internship at the company NRG - Sistemas de Energias Renováveis, Lda, which took place from February to November 2018, highlighting the benefits that solar energy offers. Considering the various projects carried out during the internship, two case studies will be presented together with the description of the process of acquiring a photovoltaic system.

It will be demonstrated the whole process that involves the acquisition of a photovoltaic solution, from the first contact with the possible customer until the moment in which the contract is awarded. Next, a case study of Parque Tecnológico Biocant is presented, in which a more technical case will be shown. This will cover the study done for the five facilities of the park, giving particular attention to the results of one of the buildings, where the operation of various software programmes used will be demonstrated. The final case study concerns the subject of maintenance, namely how it is done and specific examples that occurred during the internship.

In this work, it is also referenced the legislation that both regulates these systems and demonstrates the evolution this type of energies has undergone, from its genesis until the present day.

NRG - Sistemas de Energias Renováveis, Lda fits perfectly within this philosophy of energy development, seeking to offer the best solution in terms of renewable energy, whether the final consumer is a private individual or a company.

The internship was directed to photovoltaic solar systems for the production of electric energy, the systems that have a greater demand for the advantages they bring to the consumer. By producing energy for his own consumption, the consumer gets a good return in terms of investment.

Keywords: electricity; photovoltaic solar systems; renewable energy; self-sustaining planet; solar energy.

Índice

RESUMO	v
ABSTRACT	vii
Índice	ix
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas	xvii
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Trabalhos executados durante o estágio	5
1.3 Objetivos	6
1.4 Organização do relatório de estágio	7
2. Empresa NRG – Sistemas de Energias Renováveis, Lda	9
2.1. Descrição Genérica da Empresa	9
2.2 Enquadramento Geográfico e divisões da <i>SunEnergy</i> ®	9
2.3 Mercados e áreas de negócio	12
2.4 Visão, valores e missão	13
2.5 Estrutura organizacional	14
3. Tecnologias de Sistemas Solares Fotovoltaicos	15
3.1 Energia Solar Fotovoltaica	15
3.1.1 Energia Solar Fotovoltaica em Portugal e na Europa	15
3.2 Sistema Solar Fotovoltaico	17
3.3 Célula fotovoltaica	18
3.3.1 Células monocristalinas	18
3.3.2 Células policristalinas	18
3.3.3 Células de película fina	19
3.3.4 Células PERC	20
3.3.5 Células <i>Half Cut</i>	21
3.3.6 Curvas características das células fotovoltaicas	22
3.4 – Tecnologia MPPT	25
3.5 Módulos Fotovoltaicos	26
3.5.1 Estrutura dos módulos Fotovoltaicos	26
3.6 Associação dos módulos fotovoltaicos	29
3.6.1 Associação dos módulos fotovoltaicos em série	29
3.6.2 Associação dos módulos fotovoltaicos em Paralelo	30

3.6.3 Associação Mista dos módulos fotovoltaicos.....	32
3.7 Efeitos de sombreamento nos módulos fotovoltaicos.....	33
3.7.1 – Efeito do sombreamento parcial no sistema fotovoltaico	33
3.8 Ranking da Bloomberg	36
3.9 Inversor.....	39
3.10 Baterias.....	42
3.11 Regulador de carga.....	43
4. Legislação Portuguesa para Sistemas Solares Fotovoltaicos	45
4.1 Enquadramento Legislativo.....	45
4.2 Decreto-Lei n.º 153/2014.....	47
4.2.1 Controlo prévio das Unidades de Produção.....	47
4.3 UPAC – Unidades de Produção para Autoconsumo.....	48
4.4 UPP – Unidade de Pequena Produção	50
4.5 SERUP – Sistema Eletrónico de Registo de Unidades de Produção	51
5. Descrição do processo para a aquisição de um sistema fotovoltaico.....	53
5.1 Contacto com o cliente.....	54
5.2 Visita ao local da instalação.....	55
5.3 Elaboração da proposta.....	57
5.3.1 Ficha de elementos e proposta orçamental - Capa.....	57
5.3.2 Dados da instalação e dados económicos	58
5.3.3 Produção estimada e retorno.....	59
5.3.4 Finalização da proposta	61
6. Caso de Estudo – Biocant	65
6.1 Enquadramento.....	65
6.2 Análise de Consumos e escolha de módulos fotovoltaicos e inversores	66
6.3 Configurações.....	68
6.4 Projeto em <i>SketchUp®</i> e <i>PV*SOL premium</i>	73
6.4.1 – Edifício PME – Simulação <i>Sketchup®</i>	74
6.4.2 – Edifício PME – Simulação <i>PV*Sol premium</i>	74
6.5 Resumo da simulação.....	79
7. Caso de Estudo – Manutenções	85
7.1 Verificar estado do inversor	85
7.2 Examinar dispositivos de proteção.....	86
7.3 Verificar estado dos módulos solares fotovoltaicos	86
7.4 Inspeccionar cablagem.....	87
7.5 Verificar bateria.....	88

7.6 Monitorização <i>Solar Log</i>	88
7.7 Substituição de um módulo fotovoltaico	91
7.8 Conclusões do caso de estudo	93
8. Conclusões.....	95
Referências.....	99
Anexo A – Relatório PVSOL do Biocant	103
Anexo B – <i>Datasheet</i> CanadianSolar KuPower CS3K-295P	121
Anexo C – <i>Datasheet</i> Fronius: Symo 15.0-3-M, Symo 17.5-3-M e Symo 20.2-3-M.	123
Anexo D – <i>Datasheet</i> Fronius Eco 27.0-3-S.....	125
Anexo E – <i>Datasheet</i> do Sistema <i>Solar Log</i>	127
Anexo F – <i>Datasheet</i> da Fronius Solar Battery.....	131
Anexo G – <i>Datasheet</i> do ITRON SL7000.....	133
Anexo H – Contrato tipo <i>SunEnergy</i> ®.....	137
Anexo I – <i>Datasheet</i> do Victron BlueSolar MPPT 100/50	139

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Balanço da Produção de Eletricidade em Portugal Continental (Apren, 2018 a)	2
Figura 1.2 - Evolução da Produção de Eletricidade da energia solar fotovoltaica Fonte em Portugal Continental (Apren, 2018 a)	3
Figura 1.3 - Evolução da Produção Elétrica através de energia solar fotovoltaica em Portugal Continental (Apren, 2018 a)	3
Figura 1.4 - Evolução da Potência Instalada nos Centros Eletroprodutores de Portugal Continental (Apren, 2018b)	4
Figura 1.5 -Gráfico da Evolução da potência instalada por energias renováveis, em GW, em Portugal, de 2009 a Outubro de 2018 (DGEG, 2018 a)	4
Figura 2.1 – Logotipo da SunEnergy® (SunEnergy, 2018)	9
Figura 2.2 – Localização Geográfica e Vista Aérea da Empresa.	9
Figura 2.3 - Receção/Entrada	10
Figura 2.4 – Expositor / Showroom	10
Figura 2.5 - Escritórios e Sala de Espera	11
Figura 2.6 - Sala de Reuniões	11
Figura 2.7 – Armazém	12
Figura 2.8 - Estrutura Organizacional da Empresa (SunEnergy, 2017)	14
Figura 3.1 - Distribuição da Radiação Solar na Europa e distribuição da radiação solar em Portugal (PVgis, 2017)	16
Figura 3.2 – Central Fotovoltaica de Serpa (Maso, 2007)	17
Figura 3.3 – Central Fotovoltaica da Amareleja (PortalEnergia,2008)	17
Figura 3.4 - Pannel com células monocristalinas (SolarReviews,2017)	18
Figura 3.5 - Pannel com células policristalinas (SolarReviews,2017)	19
Figura 3.6 - Painéis com células de película fina (Energyinformative, 2012 a)	19
Figura 3.7 - Representação de uma célula convencional PERC (SolarPowerWorld, 2016).....	20
Figura 3.8 - Representação de um pannel tradicional de 60 células (Brakels, 2018)	21
Figura 3.9 - Representação das células half cut (Brakels, 2018)	21
Figura 3.10 - Curvas I-V e P-V de um módulo fotovoltaico. A curva P-V é calculada a partir da curva I-V medida (Solmetric, 2011).	22
Figura 3.11 - O Fator de Forma, definido como a área cinza, ou $(I_{mp} \times V_{mp}) / (I_{sc} \times V_{oc})$, representa o quadrado da curva I-V (Solmetric, 2011)	24
Figura 3.12 - Exemplo de células com 2, 3, 4 e 5 busbars (powerfromsunlight, 2017 a)	26
Figura 3.13 - Constituição de um módulo fotovoltaico (powerfromsunlight, 2017 b)	27
Figura 3.14 - Moldura de alumínio anodizado	27
Figura 3.15 – Vidro Fotovoltaico ultra puro (Portalsolar, 2011)	27
Figura 3.16 - Material de encapsulamento (EVA) (sinovoltaics, 2011)	28
Figura 3.17 - Backsheet de um módulo fotovoltaico	28

Figura 3.18 - Caixa de junção elétrica de um módulo fotovoltaico	29
Figura 3.19 - Representação esquemática da associação em série de 3 módulos fotovoltaicos (eletricistaconsciente, 2017)	29
Figura 3.20 - Representação das curvas IV relativas à associação em série de dois módulos fotovoltaicos (eletricistaconsciente, 2017)	30
Figura 3.21 - Representação esquemática da associação em paralelo de módulos fotovoltaicos (eletricistaconsciente, 2017)	31
Figura 3.22 - Representação das curvas IV referentes à associação em paralelo de dois módulos fotovoltaicos (eletricistaconsciente, 2017)	31
Figura 3.23 – a) Representação esquemática da associação mista de n módulos fotovoltaicos, b) Representação das curvas IV relativas à associação mista de três módulos fotovoltaicos (Carneiro, 2010).	32
Figura 3.24 – Sistema fotovoltaico com e sem sombreamento consoante diferentes horas do dia. (SMA Solar Technology AG, 2018)	33
Figura 3.25 – Diagrama de Potência-Tensão do sistema fotovoltaico a 2 diferentes alturas do dia com e sem sombreamento (SMA Solar Technology AG, 2018)	34
Figura 3.26 – Progressão do MPP global ou local de um gerador parcial de um sistema fotovoltaico, com sombreamento (SMA Solar Technology AG, 2018)	34
Figura 3.27 - Representação esquemática de um sistema com vários módulos fotovoltaicos com díodos bypass (electronics-tutorials, 2018)	35
Figura 3.28 - Esquema em pirâmide representativo das diferenças das várias categorias dos módulos fotovoltaicos (Zeroth, 2018)	37
Figura 3.29 - Fabricantes de módulos que reúnem os critérios de Tier 1 da Bloomberg (powerinfotoday, 2018)	38
Figura 3.30 -Finalização da montagem de um Fronius Eco	39
Figura 3.31 - Sistema com ligação à rede (csenergiasolar, 2017)	40
Figura 3.32 - Sistema sem ligação à rede (energyinformative, 2012 b)	40
Figura 3.33 - Sistema híbrido (cleanenergyreviews, 2014)	41
Figura 3.34 - Exemplo de um inversor utilizado pela empresa: Solax mini 1.5.	41
Figura 3.35 - Bateria LG Chem RESU6.5	42
Figura 3.36 - Exemplo de um regulador de carga Victron BlueSolar MPPT 100/50	43
Figura 4.1 - Representação de um esquema de uma UPAC	49
Figura 4.2 – Representação de um esquema de uma UPP (edpdistribuicao, 2018)	50
Figura 5.1 – Kits de Autoconsumo Sunenergy para uma instalação monofásica (Sunenergy, 2018) ...	53
Figura 5.2 – Formulário para dimensionamento de sistema de autoconsumo fotovoltaico	56
Figura 5.3 – Capa tipo da proposta apresentada ao cliente	57
Figura 5.4 – Dados da instalação, económicos	58
Figura 5.5 – Dados com os componentes a utilizar na instalação	59
Figura 5.6 – Produção elétrica estimada (em kWh) segundo os dados de radiação solar.	59
Figura 5.7 – Produção elétrica estimada	60
Figura 5.8 – Estimativa mensal de poupança da instalação no 1º ano	60

Figura 5.9 – Estimativa do retorno da instalação e total de poupança em 25 anos	61
Figura 5.10 – Preços finais da proposta com e sem IVA	61
Figura 5.11 - Formulário do registo dos dados do produtor e da instalação para pedido de credenciais (DGEG, 2018 b)	62
Figura 5.12 - Formulário do registo dos dados a preencher no Registo UPAC (DGEG, 2018 b)	63
Figura 5.13 - Formulário da caracterização da UPAC (DGEG, 2018 b)	63
Figura 5.14 - Formulário da caracterização da Instalação de utilização da UPAC (DGEG, 2018 b) ...	64
Figura 6.1 – Desenho representativo dos edifícios estudados, elaborado no SketchUp®	68
Figura 6.2 - Configuração obtida no simulador Fronius Solar Configurator.	72
Figura 6.3 - Simulação do edifício PME e dos respetivos módulos fotovoltaicos, em estrutura triangular com bancada dupla, elaborado em Sketchup®	74
Figura 6.4 - Simulação do Edifício PME e dos respetivos módulos fotovoltaicos e inversores, elaborado em PV*SOL premium	75
Figura 6.5 – Esquema Elétrico de ligação no edifício PME e resultados do rendimento do sistema, elaborado em PV*SOL premium	76
Figura 6.6 – Análise financeira e configuração do sistema	77
Figura 6.7 – Área do módulo fotovoltaico	78
Figura 6.8 – Configuração do inversor	78
Figura 6.9 – Resultados da simulação	79
Figura 6.10 – Gráfico do fluxo de energia	80
Figura 6.11 – Análise Financeira	81
Figura 6.12 – Fluxo de caixa	82
Figura 6.13 – Gráfico do fluxo de caixa acumulado ao longo dos anos	82
Figura 7.1 – Um dos Inversores do Hotel MH Peniche	85
Figura 7.2 – Quadro de corrente contínua (QDC)	86
Figura 7.3 – Inspeção dos módulos fotovoltaicos do Hotel MH Peniche	87
Figura 7.4 – Fichas destruídas devido à forte salinidade presente na área.	87
Figura 7.5 – Outro exemplo da ação destrutiva do sal no sistema	88
Figura 7.6 – Equipamento “Solar Log”	89
Figura 7.7 – Atalho do site em sunenergy.pt para verificar a produção e consumo da instalação do Hotel MH Peniche	89
Figura 7.8 - Fluxo de energia verificado no site SolarLog	90
Figura 7.9 – Gráfico de rendimentos e consumos do Hotel MH Peniche em MWh	90
Figura 7.10 – Montagem da estrutura para o módulo fotovoltaico	91
Figura 7.11 – Finalização da instalação do novo módulo	91
Figura 7.12 – Inversores em funcionamento	92
Figura 7.13 – Visor de um dos inversores, onde se mostra que está ligado à rede, quanto está a produzir e qual a potência à saída do inversor	92
Figura A.1 - Logotipo do software PV*SOL premium	103

Figura A.2 – Capa do relatório obtida da simulação do Edifício Biotech em PV*SOL premium	104
Figura A.3 – Vista geral do projeto, dados do sistema fotovoltaico e esquema elétrico do edifício Biotech	106
Figura A.4 - Representação e simulação 3D do Edifício Biotech, elaborado em PV*SOL premium	107
Figura A.5 - Áreas do módulo fotovoltaico, elaborado em PV*SOL premium	108
Figura A.6 - Configuração do inversor	109
Figura A.7 – Análise Financeira do Edifício Biotech, elaborado em PV*SOL premium	110
Figura A.8 – Escolha da tarifa de consumo do Edifício Biotech	110
Figura A.9 – Resultados do Sistema Completo	111
Figura A.10 – Utilização da energia fotovoltaica	112
Figura A.11 - Evolução dos custos de energia	112
Figura A.12 - Simulação do edifício Biotech e dos respetivos módulos fotovoltaicos, em estrutura triangular, elaborado em Sketchup®	113
Figura A.13 - Simulação do Edifício Biotech e dos respetivos módulos fotovoltaicos e inversores, elaborado em PV*SOL premium	113
Figura A.14 - Simulação do edifício Biocant I e dos respetivos módulos fotovoltaicos, em estrutura coplanar, elaborado em Sketchup®	114
Figura A.15 – Resultados de rendimento do Edifício Biocant I elaborado em PV*SOL premium	114
Figura A.16 - Simulação do Edifício Biocant I e configuração dos respetivos módulos fotovoltaicos e inversores, elaborado em PV*SOL premium	115
Figura A.17 - Simulação do edifício Biocant III e dos respetivos módulos fotovoltaicos, em bancada tripla e em triângulo, elaborado em Sketchup®	116
Figura A.18 – Resultados de rendimento do Edifício Biocant III elaborado em PV*SOL premium	116
Figura A.19 - Simulação do Edifício Biocant III e configuração dos respetivos módulos fotovoltaicos e inversores, elaborado em PV*SOL premium	117
Figura A.20 - Simulação do edifício ABAP e dos respetivos módulos fotovoltaicos, em coplanar, elaborado em Sketchup®	118
Figura A.21 – Resultados de rendimento do Edifício ABAP elaborado em PV*SOL premium	118
Figura A.22 - Simulação do Edifício ABAP e configuração dos respetivos módulos fotovoltaicos e inversores, elaborado em PV*SOL premium	119

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 - Abreviaturas e Definições dos elementos das Curvas Características	23
Tabela 4.1 - Direção-Geral de Energia e Geologia, “Microprodução: despacho DGEG de 26 de dezembro de 2013,” pp. 2013–2014, 2013. (DGEG, 2013)	46
Tabela 6.1 - Consumo Total Anual dos edifícios do Biocant	66
Tabela 6.2 - Descrição da configuração dos equipamentos a utilizar nos edifícios do Biocant	67
Tabela 6.3 - Informação técnica dos módulos e inversores do Edifício PME	69
Tabela 6.4 - Configuração final das strings de todos os Edifícios do Biocant	73

Símbolos e abreviaturas

AC/DC - Corrente Alternada (do inglês, *Alternating Current*)/Corrente Contínua (do inglês, *Direct Current*);

A- Ampère;

AQS – Águas Quentes Sanitárias;

BT – Baixa Tensão;

CUR - Comercializador de último recurso;

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia;

E fornecida,m – Energia fornecida pela UPAC no mês “m” em kWh;

EVA - Acetato-vinilo de etileno (do inglês *Ethylene Vinyl Acetat*);

FER – Fontes de Energia Renováveis;

FF – Fator de Forma;

FV – Fotovoltaico;

G – Radiação solar incidente na célula por unidade de superfície, em Watts por metro quadrado (W/m^2);

GWh – Gigawatt hora;

GWh/ano – Gigawatt hora por ano;

I – Corrente em A;

I_{max. mppt} – Corrente máxima do MPPT do inversor (A);

IMP – Corrente máxima de funcionamento do módulo.;

I_{total} – Corrente total (A);

kW – Kilowatt;

kWh – Kilowatt-hora;

kWh/ano – Kilowatt-hora por ano;

kWp – Kilowatt-pico;

m – O mês a que se refere a contagem da EE fornecida à RESP;

MCP – Mera Comunicação Prévia;

MPP – Ponto de Potência Máxima (do inglês, *Maximum Power Point*);

MPPT – Ponto de Máxima Transferência de Potência (do inglês, *Maximum Power Point Tracking*);

MT – Média Tensão;

MW – Megawatt;

MWh – Megawatt-hora;

NIF/NIPC – Número de Identificação Fiscal/Número de Identificação de Pessoa Coletiva

N_{max,s} – Número máximo de módulos fotovoltaicos por *string*;

N_{mín,s} – Número mínimo de módulos fotovoltaicos por *string*;

NOCT – Nominal Operating Cell Temperature;

N_{p,max} – Número máximo de *strings* em paralelo por inversor;

OMIE – Operador do Mercado Ibérico de Energia;

OMIE,m – Valor resultante da média aritmética simples dos preços de fecho do Operador de Mercado Ibérico (OMIE) para Portugal (mercado diário), relativos ao mês “m”, em €/kWh;

P_{max} – Potência máxima que consegue ser gerada pela célula, em Watts (W);

P_{inc} – Potência da radiação incidente, em Watts (W);

P_{total} – Potência de pico total (W);

R_{UPAC,m} – Remuneração da EE fornecida à RESP no mês “m” em €;

SERUP – Sistema Eletrónico de Registo da UPAC e da UPP;

STC – *Standart Test Conditions*;

UP – Unidade de Produção;

UPAC – Unidades de Produção de Autoconsumo;

UPP – Unidades de Pequena Produção;

V – Volt;

V(inv.max) – Tensão máxima de funcionamento do inversor (V);

V(min.mppt) – Tensão mínima de funcionamento do inversor (V);

VA – Volt-ampère;

V_{mp(módulo a 70°C)} – Tensão máxima à temperatura de 70° (V);

V_n – Tensão em cada componenete (A);

W – Watt;

W_p – Watt-pico;

€/kWh – Euros por kilowatt-hora;

€/MWh – Euros por megawatt-hora;

η – Eficiência da conversão da radiação solar em energia elétrica, em percentagem (%)

1. Introdução

1.1 Enquadramento

Neste capítulo, será apresentado o tema a desenvolver “Estudo de Sistemas de Produção Fotovoltaica – Estágio na *SunEnergy®*”, os projetos elaborados durante o estágio, os objetivos que presidiram à escolha do mesmo e a estrutura do relatório.

Com este trabalho, pretende-se demonstrar como as energias renováveis podem contribuir para a sustentabilidade do planeta e para o desenvolvimento económico do país, gerando riqueza a partir de uma forte aposta no desenvolvimento de técnicas cada vez mais sofisticadas, que aliam a investigação à produção de materiais mais eficientes, no âmbito da produção energética.

As energias renováveis sempre acompanharam a evolução do ser humano, despertando neste a curiosidade para compreender o seu potencial energético, enquanto força geradora de progresso e de bem-estar, tornando-se essencial para garantir a sobrevivência da nossa espécie, desde os primórdios da humanidade até aos dias de hoje.

A produção de energia elétrica cresceu bastante ao longo dos tempos, o que aliado à explosão demográfica e à crise petrolífera de 1973 e incessante utilização dos recursos fósseis obrigou a procurar outras alternativas energéticas, de forma a minimizar os efeitos contraproducentes de uma exploração desenfreada desses recursos e evitar a possível escassez dos mesmos, num futuro mais ou menos próximo. Tendo em conta estes fatores, a aposta em fontes de energia renovável, teoricamente inesgotáveis e não poluentes, registaram um significativo crescimento, possibilitando um desenvolvimento sustentável. Assim, ao aproveitar as energias renováveis, o homem consegue poupar recursos naturais e diminuir o impacto ambiental associado, por exemplo, à extração desses recursos e ao seu transporte.

Hoje em dia, são cada vez mais aproveitadas as diversas fontes de energia renováveis, nomeadamente a energia eólica, hídrica, solar, geotérmica, das ondas e marés e biomassa. No decurso do estágio, os vários projetos realizados incidiram sobre a energia solar fotovoltaica.

Na última década, assistiu-se a um crescimento consideravelmente significativo do setor fotovoltaico, com os sistemas de microprodução e mini produção a terem um papel substancial desde o seu aparecimento até outubro de 2014, ano em que surgiram as Unidades de Pequena Produção (UPP) e as Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC).

Estas unidades, principalmente as UPAC, permitiram que qualquer consumidor de Energia Elétrica em Portugal pudesse produzir a sua própria energia com recurso a fontes de energia renovável. Tendo em conta que o preço da eletricidade tem vindo a aumentar progressivamente e que nada indique que essa tendência se venha a inverter no futuro, a opção que os sistemas de autoconsumo fotovoltaico trazem às empresas instaladoras e ao consumidor comum permite protegê-los de flutuações do preço da eletricidade, possibilitando que as empresas consigam

umentar a sua competitividade a longo prazo, tornando-as mais amigas do ambiente e permitindo não só que o consumidor comum reduza a sua fatura energética mensal, mas também a sua pegada ecológica, visto que os sistemas de autoconsumo são uma solução de poupança a nível particular bastante viável.

Em sentido inverso ao preço da eletricidade, o preço das células fotovoltaicas fica cada vez mais acessível, registando-se uma descida evidente do preço das mesmas. Uma boa alternativa ao sistema fotovoltaico convencional são as baterias de armazenamento de energia que permitem armazenar energia para sistemas sem ligação à rede ou minimizar o impacto na fatura, armazenando energia para usar, por exemplo, de noite.

Assim sendo, a energia solar fotovoltaica, como sistema descentralizado de produção de energia, oferece um conjunto de benefícios de relevo ao consumidor, podendo torná-lo autónomo, especialmente em Portugal, país com excelentes condições atmosféricas e geográficas. Estas condições despertam na população uma consciencialização cada vez maior para o aproveitamento dos recursos naturais, sobretudo no que toca ao setor energético.

A Figura 1.1 representa o Balanço da Produção de Eletricidade em Portugal Continental relativamente ao ano de 2018, onde se verifica que a produção de eletricidade a partir de energias renováveis (52,70%) ultrapassou a produção de eletricidade a partir de combustíveis fósseis (47,30%), o que comprova que Portugal é, cada vez mais, um exemplo significativo no que concerne à adoção de energias renováveis.

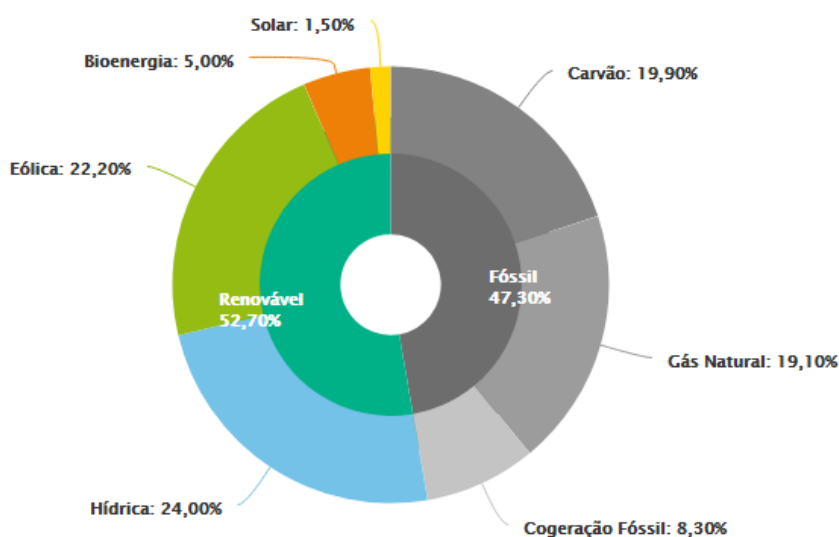


Figura 1.1 - Balanço da Produção de Eletricidade em Portugal Continental (Apren, 2018 a)

Analisando a Figura 1.2, constata-se a evolução da produção de eletricidade a partir da energia solar fotovoltaica em Portugal continental, no período de novembro de 2016 a novembro de 2018, verifica-se que a aposta no panorama nacional é significativa, atingindo um pico de produção no mês de agosto de 2018 de 97 GWh.

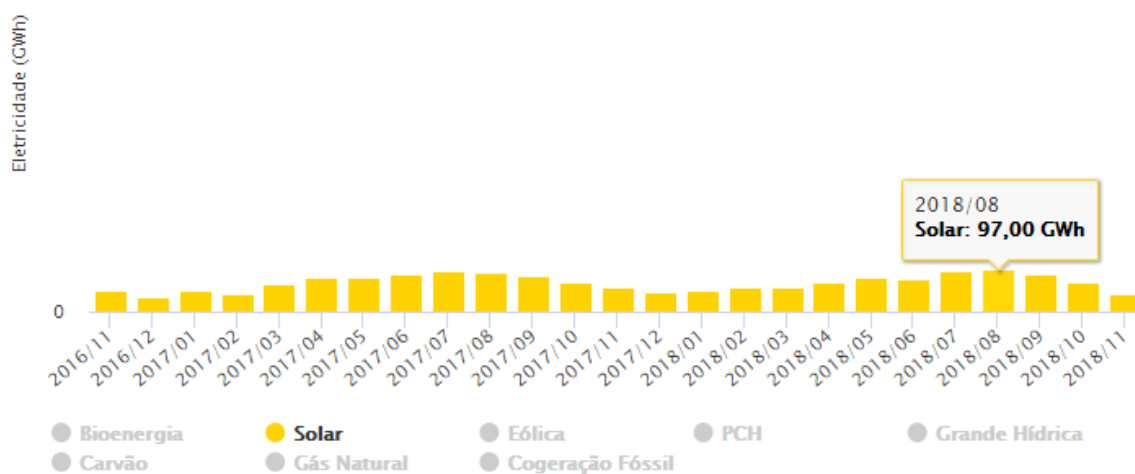


Figura 1.2 - Evolução da Produção de Elettricidade através de energia solar fotovoltaica em Portugal Continental (Apren,2018 a)

Ao analisar a Figura 1.3, rapidamente se percebe a evolução da produção de energia elétrica solar fotovoltaica ao longo dos anos, revelando-se esta determinante para a satisfação do consumidor em utilizar recursos endógenos e renováveis, atingindo os 0,83 TWh em 2017.

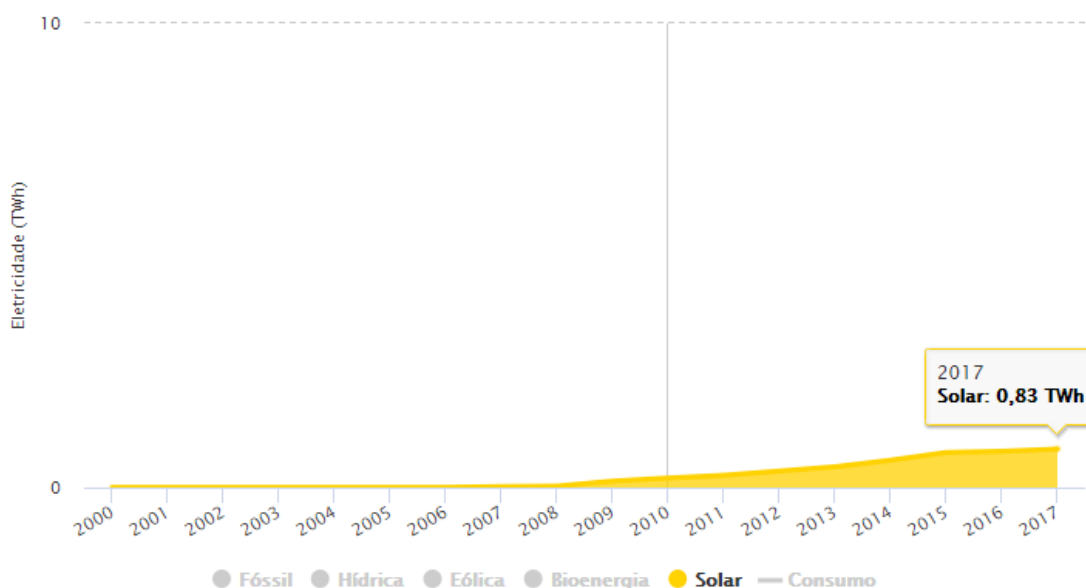


Figura 1.3 - Evolução da Produção Elétrica através de energia solar fotovoltaica em Portugal Continental (Apren,2018 a)

Pela análise do gráfico da Figura 1.4, verificam-se as várias mudanças ocorridas das principais fontes de abastecimento, há quase duas décadas.

Desde 2005 que se verifica um crescimento gradual da potência renovável instalada, com uma taxa de crescimento médio anual de 7%, enquanto a potência instalada fóssil tem vindo a reduzir desde 2011.

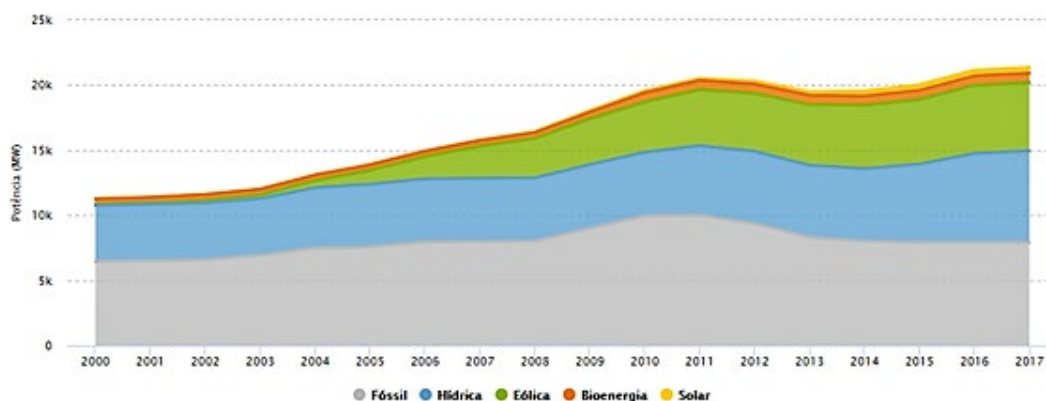


Figura 1.4 - Evolução da Potência Instalada nos Centros Electroprodutores de Portugal Continental (Apreen, 2018 b)

Pela análise da Figura 1.5, verifica-se que no período de 2009 a outubro de 2018, a energia que obteve um maior crescimento em potência instalada foi a hídrica, passando de 4,883 GW em 2009, para 7,108 GW em 2018, apresentando um crescimento de cerca de 2,2 GW. A energia eólica também apresentou um crescimento assinalável, atingindo um aumento de 3,654 GW em 2009 para 5,374 GW em 2018, o que representou um incremento de 1,81 GW. Contudo, em termos relativos, a energia que mais evoluiu foi a energia fotovoltaica, que apresentava 110 MW instalados em 2009 e que em 2018 apresentou uma potência instalada de 621 MW.

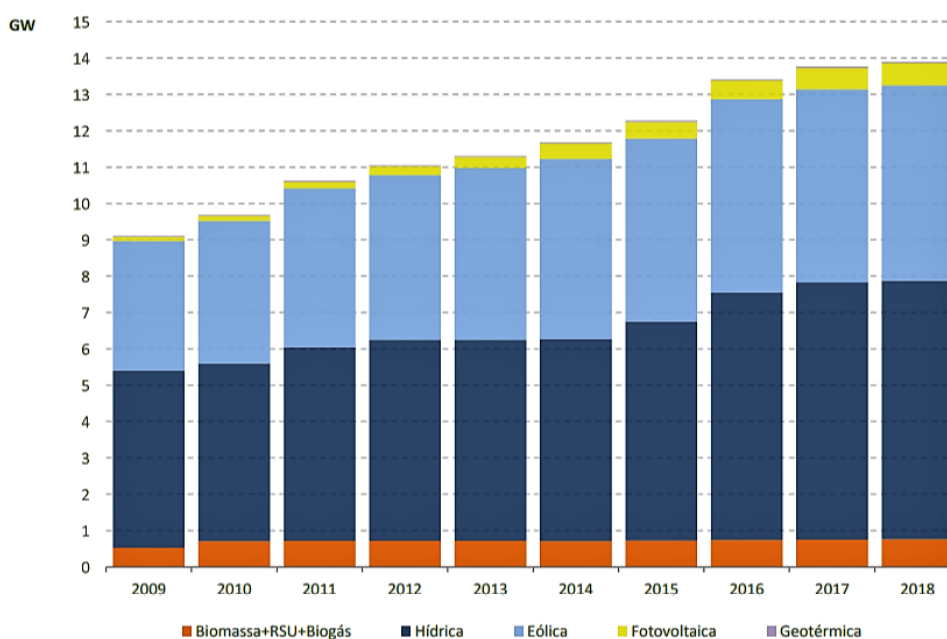


Figura 1.5 -Gráfico da Evolução da potência instalada por energias renováveis, em GW, em Portugal, de 2009 a Outubro de 2018 (DGEG, 2018 a)

Relativamente aos valores de potência instalada das restantes energias renováveis em outubro de 2018, estes eram de 580 MW em Biomassa, 89 MW em Resíduos Sólidos Urbanos, 91 MW em Biogás e 34 MW em Geotérmica, perfazendo um total de 13897 MW instalados (DGEG, 2018 a).

1.2 Trabalhos executados durante o estágio

Os sistemas solares fotovoltaicos foram o principal foco deste estágio, como tal, os trabalhos executados durante o mesmo incidiram principalmente sobre a implementação destes sistemas.

Foram abordadas várias situações, desde

mais simples de autoconsumo até propostas com potência instalada de 1 MW, participando ainda em deslocamentos ao terreno, para levantamento de locais de instalação de sistemas fotovoltaicos e algumas manutenções.

Os projetos desenvolvidos foram os seguintes:

- Projeto, análise de consumos e proposta para os cinco edifícios do Biocant;
- Estudos para os projetos ASA Congelados, armazéns Reis, Cosmenatura, Paul Stricker, Escola EB1 Cantanhede Sul, Newstamp, Lomboser, Muroplás, nuneX, Alcoleos, Lugrade&Nutriva, Tupai, Certoma, Concoating, Centro Cultural da Branca, Travocar, Indasa, Faurecia, Transoliveira, Hotel Atlântico Golfe, UARTRONICA, Habimóvel, Indústrias Metálicas Moura, Viviana Confecções, Value – Ceramic, Dancake, Laticínios BEL, Metalcertima, Norte Litoral, OGMA, Parmalat, Portalegredis, Leirimetal, Hospital Santa Casa da Misericórdia da Mealhada, BA Glass, Litocar : Cantanhede, Figueira da Foz, Guarda, Santa Maria da Feira e Santarém, Leclerc: Bobadela, Santa Maria da Feira e Cascais;
- Elaboração e execução de projetos de autoconsumos com valor de potência nominal igual ou inferior a 1500 W;
- Estudo para incremento de módulos fotovoltaicos nas Litocar de Oliveira do Hospital e Castelo Branco;
- Pesquisa dos componentes e projeto para um Outdoor.
- Participação em Manutenções de painéis fotovoltaicos.
- Área comercial, incluindo o primeiro contacto com o cliente, orçamentação, venda e instalação.

1.3 Objetivos

Os principais objetivos que levaram à realização deste estágio prendem-se, sobretudo, com questões de ordem prática, no sentido de poder aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo da formação académica, mas também alargar e consolidar esses conhecimentos, no âmbito de um ambiente em contexto de trabalho, em meio empresarial, com todas as valências próprias do seu funcionamento, incluindo a relação e a interação que se estabelecem entre os diferentes membros de uma equipa de trabalho.

O tema deste relatório, *Estudo de Sistemas de Produção Fotovoltaica*, encontrou na empresa SunEnergy® um terreno fértil para ser desenvolvido, tendo em conta que a grande aposta desta empresa são as energias renováveis, utilizando, sobretudo, tecnologia solar fotovoltaica, razão pela qual os projetos realizados foram, fundamentalmente, projetos de produção de energia solar fotovoltaica, nomeadamente de autoconsumo.

Em termos de objetivos, há a considerar também o estudo dos locais de implantação dos sistemas e a sua viabilidade, no sentido de se poder obter uma maior otimização dos mesmos, de modo a comprovar, no terreno, que a opção escolhida é, de facto, a melhor.

Em trabalhos desta natureza, é fundamental conhecer bem os equipamentos e os materiais a utilizar, de modo a se poder optar pela solução mais adequada, não deixando de ter em conta, obviamente, a vontade e o poder económico do cliente. Naturalmente, aqui, entra um outro objetivo que consiste na elaboração de orçamentos.

A realização destes projetos permitiu-me trabalhar e desenvolver determinadas ferramentas ao nível dos *software AutoCad*, *Sketchup®* e *PV*SOL premium* para o dimensionamento de sistemas solares fotovoltaicos e identificação das áreas mais indicadas para a instalação dos módulos fotovoltaicos.

Pretendeu-se ainda perceber a relação entre os consumos de energia elétrica numa instalação e o sistema fotovoltaico aplicado, bem como interpretar as respetivas curvas de consumo, através da análise de determinados dados como faturas de energia elétrica.

No caso de estudo do Biocant, pretendeu-se utilizar os *software SketchUp®* e *PV*SOL premium* para o dimensionamento, projeto e análise do retorno de investimento dos sistemas.

1.4 Organização do relatório de estágio

Este relatório está dividido em oito capítulos, como a seguir se apresenta:

Capítulo 1 - introdução ao relatório e respetiva contextualização, os objetivos, trabalhos executados ao longo do estágio e a forma como se encontra organizado;

Capítulo 2 – descrição da empresa onde foi realizado o estágio, forma como está organizada e como é constituída;

Capítulo 3 – apresentação das principais tecnologias utilizadas nos sistemas fotovoltaicos; conceitos teóricos relativos à história, evolução e compreensão das várias tecnologias e equipamentos existentes em sistemas solares fotovoltaicos;

Capítulo 4 – referência à legislação que regulamenta a implementação de sistemas solares fotovoltaicos e sumária descrição da sua evolução até aos nossos dias;

Capítulo 5 – descrição de todo o processo de aquisição de um *kit* de autoconsumo de 6 painéis;

Capítulo 6 – descrição de um caso de estudo de implementação de um sistema de autoconsumo efetuado no Biocant, em Cantanhede;

Capítulo 7 – descrição de um caso de estudo onde se relata o processo da realização de manutenções a sistemas solares fotovoltaicos, com alguns exemplos;

Capítulo 8 – apresentação das conclusões.

No final do trabalho, surgem as referências bibliográficas utilizadas neste relatório, assim como os anexos mencionados ao longo do mesmo.

2. Empresa NRG – Sistemas de Energias Renováveis, Lda

2.1. Descrição Genérica da Empresa

No presente capítulo, vão ser apresentados os aspetos essenciais relativamente à estrutura da empresa, bem como os mercados e áreas de negócio em que se incorpora.

A Empresa NRG – Sistemas de Energias Renováveis, Lda foi fundada em 2009, em Coimbra, onde presta e vende serviços na área das Energias Renováveis, representada pela marca *SunEnergy*®, especialista em sistemas de energias renováveis, tanto para sistemas domésticos como para sistemas industriais.

Esta empresa atua no mercado, respondendo a particulares, empresas e entidades públicas, operando atualmente na área de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos, desde o dimensionamento, projeto, instalação e manutenção, executando ainda a homologação dos sistemas mencionados (registo na DGEG).

O logotipo da *SunEnergy*® encontra-se representado na Figura 2.1 (SunEnergy, 2018).



Figura 2.1 – Logotipo da SunEnergy® (SunEnergy, 2018)

2.2 Enquadramento Geográfico e divisões da SunEnergy®

A sede da empresa encontra-se em Coimbra na Rua José Augusto Frutuoso, nº 6 Relvinha, como se pode observar na Figura 2.2.



Figura 2.2 – Localização Geográfica e Vista Aérea da Empresa.

De seguida, estão representadas algumas fotografias das principais divisões que constituem a empresa:

Na Figura 2.3 está representada a receção, que é a primeira impressão que se tem quando se entra na empresa.

- Receção



Figura 2.3 - Receção/Entrada

Passando a receção, o cliente é encaminhado para o *showroom*, onde poderá observar várias das soluções ao seu dispor, como se verifica na Figura 2.4.

- *Showroom*



Figura 2.4 – Expositor / Showroom

A zona dos escritórios está representada na Figura 2.5, onde se realiza o principal trabalho logístico, estando presentes o departamento de engenharia, contabilidade, arquitetura e comercial. Há ainda uma zona de conforto que pode funcionar como sala de espera de eventuais clientes para a sala de reuniões.

- Escritório



Figura 2.5 - Escritórios e Sala de Espera

A divisão representada na Figura 2.6 é utilizada para diversas atividades, como para reunir com clientes, apresentar palestras, discutir políticas da empresa, etc.

- Sala de Reuniões



Figura 2.6 - Sala de Reuniões

Nesta área representada pela Figura 2.7 está o armazém da empresa, com uma área de 233 m², com acesso para veículos pesados, zona de acondicionamento de mercadorias, serralharia e arrecadação, onde se dá a entrada/saída de material, se faz a gestão do *stock* dos equipamentos utilizados na empresa, havendo também um trabalho pré-obra (corte dos perfis onde assentam os painéis, cablagem de ligação, montagem de peças de encaixe, etc).

- Armazém



Figura 2.7 - Armazém

2.3 Mercados e áreas de negócio

O mercado das energias renováveis é um mercado em ascensão, devido ao *boom* de novas tecnologias que permitem reduzir significativamente a fatura elétrica mensal ou, simplesmente, pelo benéfico impacto ambiental que trazem ao nosso planeta. Este desenvolvimento suscitou o interesse dos consumidores e, como tal, aumentou o número de empresas de energias renováveis, contribuindo, em grande parte, para a grande procura e concorrência que existe atualmente na área, nomeadamente, em Portugal, país privilegiado, pela sua localização geográfica, para o aproveitamento dessas energias.

A *SunEnergy*® insere-se no mercado nacional, apresentando preços competitivos, profissionais experientes e multifacetados que respeitam as preferências de cada cliente. A sua forma de atuação, após contactar previamente o cliente, consiste em elaborar um estudo, de forma a analisar a instalação e fazer um levantamento das características do local, sendo que em alguns casos é mesmo realizado um projeto num ou em vários simuladores, de forma a analisar a opção mais recomendável para o cliente, minimizando os erros e apresentando um resultado final muito mais fidedigno.

Importa também referir o serviço de pós-venda da empresa, direcionado para a oferta de equipamentos, cabendo-lhe também prestar a devida assistência em caso de algum problema. A *SunEnergy*® preocupa-se em estar sempre na vanguarda das mais recentes novidades tecnológicas, apostando em soluções não só com créditos firmados, mas também em novas

apostas do mercado, de forma a manter-se atualizada. A empresa instala sistemas a nível particular e empresarial. Dentro do particular, oferece soluções na área de sistemas solares fotovoltaicos, nomeadamente de Unidades de Produção de Autoconsumo (UPAC) com ou sem armazenamento de baterias e Unidades de Pequena Produção (UPP), com venda de energia à rede e soluções de climatização, como Águas Quentes Sanitárias (AQS), aquecimento de piscinas e aquecimento central (Fontes de calor, como caldeiras a biomassa, salamandras e *pellets*, bombas de calor, recuperadores de calor e Sistemas de difusão como radiadores de parede, piso radiante, etc). No meio empresarial, oferece soluções para unidades de produção de autoconsumo com e sem armazenamento até 1000 kW, unidades de pequena produção com venda de energia à rede até 250 kW, sistemas elétricos autónomos, águas quentes e iluminação central (Sunenergy, 2018).

2.4 Visão, valores e missão

Qualquer empresa para ter sucesso deve ter, acima de tudo, visão, caso contrário, poderá estar condenada ao fracasso. Essa visão passa por uma série de estratégias que lhe permitem evidenciar-se relativamente a outras que com ela competem.

Assim, terá de estar na vanguarda, em termos de inovação, para se impor no mercado que pretende conquistar, isto é, terá de marcar a diferença. Essa diferença passará, obviamente, pela qualidade e *performance* dos produtos que coloca no mercado, mas também por uma série de interações que se estabelecem com outros agentes, que são fundamentais para consolidar o nome da empresa, a saber, técnicos qualificados, materiais de qualidade, fornecedores bem informados sobre as tendências do mercado e, obviamente, o cliente. Todas as empresas têm como objetivo principal, a satisfação dos seus clientes. Esta é a visão da *SunEnergy*®.

Uma empresa distingue-se de outra(s) pela sua forma de estar no mercado, regendo-se por um conjunto de valores que se traduzem na relação com os outros, quer dentro quer fora da empresa. A *SunEnergy*® caracteriza-se por ser uma empresa sustentável, alicerçada em valores como a honestidade, a responsabilidade social, a integridade, a inovação, o respeito, a criatividade, o rigor, o espírito de equipa, entre outros valores que procura transmitir a todos os que nela trabalham.

A missão desta empresa é apresentar os seus produtos no mercado, segundo uma lógica de competitividade e de inovação que permitem apresentar ao cliente não só um produto de qualidade, mas também de garantia da sustentabilidade do planeta.

2.5 Estrutura organizacional

Atualmente, a empresa é composta por nove delegações, situadas em Albufeira, Braga, Cascais, Coimbra, Mafra, Ponte de Sor, Santarém, Setúbal e Sesimbra.

A rede de centros *SunEnergy*®, especialista em instalações “chave na mão”, caracteriza-se pela proximidade com os seus clientes e pela capacidade de dar resposta a qualquer desafio, do mais simples ao mais complexo, possuindo nove centros estrategicamente localizados, de fácil acesso, e com uma imagem apelativa, concebidos para atender particulares, empresas e entidades públicas. Estes centros procuram apresentar a solução que melhor convém ao consumidor, com o melhor serviço pós-venda, sendo formados por uma equipa de profissionais com experiência, conhecedores da legislação nacional e dispostos a assessorar e participar na formação da comunidade sobre o novo modelo energético. Estas delegações fazem parte dos franchisados da empresa *SunEnergy*®, sediada em Coimbra, parceiras da NRG (empresa franchisadora), tendo o direito de explorar os seus produtos e serviços, bem como os seus métodos de gestão. Assim, a NRG consegue expandir a sua marca para todo o país, criando uma relação muito mais próxima com o cliente. Esta estratégia apresenta um baixo risco, visto que é o capital dos franchisados que lhes permite ter o seu próprio negócio.

Em termos de estrutura organizacional, como se pode visualizar na Figura 2.8, esta empresa é formada pela Direção Geral, órgão que tem como função a definição das estratégias a levar a cabo pela empresa e seu acompanhamento; um setor comercial, cujo gestor é responsável pela parte comercial de pré-venda e de pós-venda; um departamento de engenharia, constituído por um engenheiro mecânico, que projeta e apresenta soluções ao nível da energia solar térmica e da climatização e um engenheiro eletrotécnico, que projeta e apresenta soluções ao nível da energia fotovoltaica. Estes engenheiros orientam a equipa de instalação na execução das obras. Este departamento e o departamento comercial coordenam também o calendário de obras, acompanham a sua execução e a respetiva manutenção (SunEnergy, 2018).

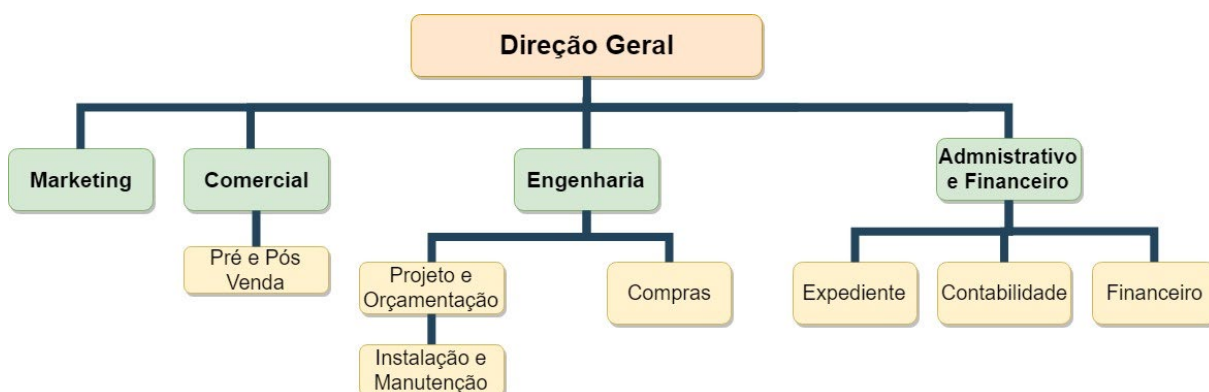


Figura 2.8 - Estrutura Organizacional da Empresa (SunEnergy, 2017)

Foi principalmente no departamento de engenharia, na área eletrotécnica, que foram desenvolvidos os projetos realizados durante o estágio, sob a orientação e supervisão do engenheiro responsável por este setor.

3. Tecnologias de Sistemas Solares Fotovoltaicos

3.1 Energia Solar Fotovoltaica

A forma como aproveitamos o sol, como fonte de energia sustentável e inesgotável é uma das melhores opções em termos de produção de energia, seja como fonte de luz ou de calor. Neste capítulo, será, portanto, desenvolvida a temática da energia solar fotovoltaica, descrevendo as tecnologias utilizadas atualmente e as soluções existentes no mercado.

O sol, para além de ser a maior energia renovável presente no nosso planeta, independente de recursos limitados, é também uma energia limpa, pelo que é naturalmente uma das principais energias renováveis para o aproveitamento de energia elétrica e térmica.

Os sistemas de energia solar fotovoltaica, através do uso de células fotovoltaicas, convertem diretamente a luz solar em eletricidade. Os sistemas de energia solar térmica convertem o calor oriundo da luz solar em energia térmica, podendo esta ser aproveitada, mais tarde, para produzir energia elétrica, através de turbinas.

Ambos os sistemas solares estão presentes na empresa, mas visto que o estágio consistiu sobretudo no estudo da energia solar fotovoltaica, apenas irá ser abordada essa vertente.

3.1.1 Energia Solar Fotovoltaica em Portugal e na Europa

A dependência energética em Portugal tem sofrido reduções desde 2005, contudo, ainda se nota uma elevada dependência energética relativamente aos combustíveis fósseis, principalmente devido à sua importação para o setor dos transportes e produção de energia elétrica. Estes combustíveis são os principais responsáveis pela emissão de Gases de Efeito de Estufa, motivo pelo qual é tão importante a implementação de sistemas de energia renovável, com baixos consumos e pouco poluentes, de forma a alterar o rumo que o uso destes recursos finitos acarretam.

Até 2020, Portugal tem como objetivo conseguir que 31% da energia consumida seja obtida através de fontes de energia renováveis. (Governo de Portugal, 2013).

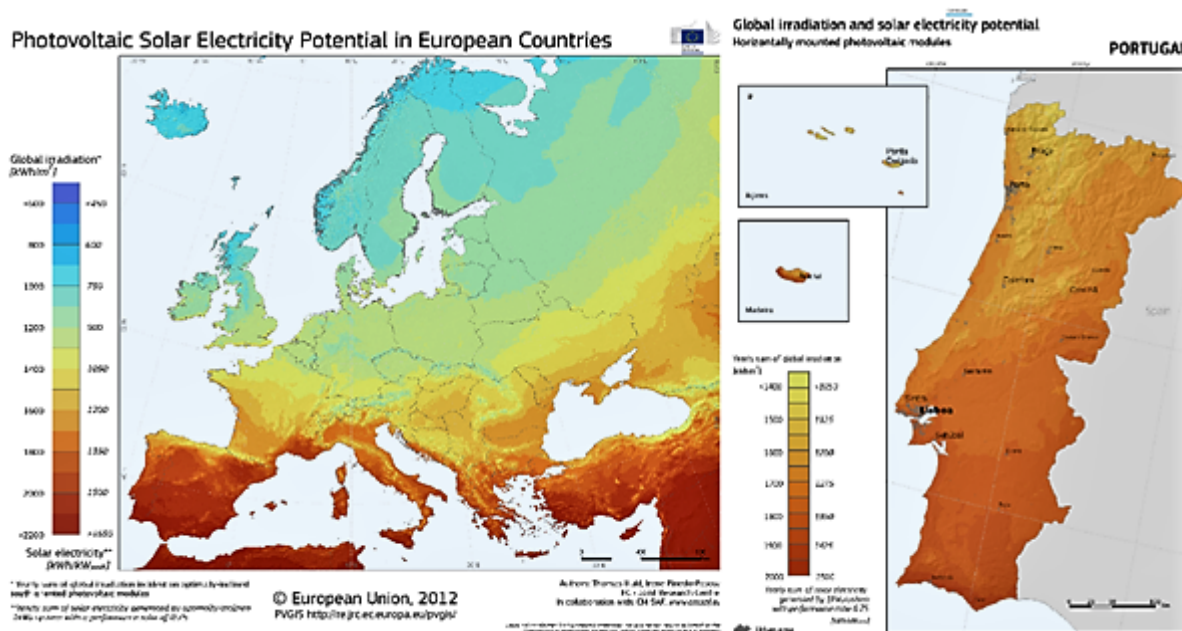


Figura 3.1 - Distribuição da Radiação Solar na Europa e distribuição da radiação solar em Portugal (PVGis, 2017)

A nível nacional, Portugal é um dos países da Europa com maior número de horas de sol (mais de 2300 horas/ano a norte e 3000 horas/ano a sul), como se comprova na Figura 3.1, contudo, comparativamente com a Alemanha, por exemplo, esta apresenta um número de horas consideravelmente inferior (1600 horas/ano) e um investimento bastante superior no setor fotovoltaico, o que demonstra bem o subaproveitamento de exploração desta tecnologia, em Portugal. É necessário, portanto, uma maior exploração destas fontes renováveis, especialmente na área fotovoltaica, de forma a diminuir a dependência de fontes de energia não renováveis.

Esta aposta trará inúmeras vantagens, não só a nível ambiental, como possibilitará também a redução da fatura energética mensal, permitindo um retorno financeiro num curto espaço de tempo, assegurando as necessidades atuais, sem comprometer as necessidades futuras.

Relativamente às grandes centrais, Portugal destacou-se no mercado fotovoltaico em março de 2007, ao inaugurar a maior central fotovoltaica do mundo, na altura, com 11 MW de capacidade instalados em Serpa, Beja (Figura 3.2) e, posteriormente, a central da Amareleja, também em Beja (Figura 3.3), com 45 MW, que entrou em funcionamento em março de 2008, gerando uma produção de 89 GWh/ano, tendo sido considerada de novo como a maior central do mundo (àquela data) (Inegi,2018).



Figura 3.2 Central Fotovoltaica de Serpa (Maso, 2007),



Figura 3.3 – Central Fotovoltaica da Amareleja (PortalEnergia,2008)

3.2 Sistema Solar Fotovoltaico

Um sistema solar fotovoltaico consiste, na sua forma mais elementar, na conversão de energia solar em energia elétrica.

Isto é possível, pois, após o painel receber exposição solar, é criada uma corrente elétrica, dando-se assim o chamado “efeito fotovoltaico” (Energy Education, 2018).

Por norma, cada painel produz uma quantidade reduzida de energia, pelo que costuma ser ligado a outros painéis para obter uma maior quantidade de energia. A eletricidade produzida pelo painel encontra-se sob a forma de corrente contínua. Contudo, tendo em conta que os aparelhos são projetados para funcionar na rede elétrica, a eletricidade terá de ser primeiro convertida de corrente contínua (DC) para corrente alternada (AC). Este processo é possível graças ao papel do inversor, cuja principal finalidade é converter a corrente contínua em alternada, permitindo que a corrente alternada seja então usada para alimentar aparelhos ou enviada para a rede.

Dependendo do sistema a instalar, são selecionados os devidos equipamentos, existindo soluções com ligação à rede elétrica e soluções para instalações isoladas.

Nos pontos 3.3, 3.4 e 3.5 são apresentados os equipamentos e tecnologias a utilizar nestes dois sistemas.

3.3 Célula fotovoltaica

Um painel solar fotovoltaico é composto por múltiplas células fotovoltaicas, que usam materiais semicondutores, de forma a converter a energia solar em energia elétrica.

Este tipo de células podem ser monocristalinas, policristalinas ou de película fina. Tradicionalmente, um painel fotovoltaico é constituído por 36, 60 ou 72 células interligadas em série (Portalsolar, 2018).

3.3.1 Células monocristalinas

Na Figura 3.4, podem ser observadas células monocristalinas, compostas por silício monocristalino. A sua produção é mais cara e complicada, tendo em conta o seu aprimorado e moroso método de fabrico, para obtenção da pretendida estrutura cristalina, mas que leva ao desperdício de grande parte do silício usado no seu processo.

Este tipo de células, apesar de aproveitarem melhor o espaço (por conseguirem atingir maiores potências, conseguem reduzir o número de painéis) e apresentarem as melhores taxas de eficiência, têm algumas desvantagens, nomeadamente, obter um baixo rendimento se o painel estiver parcialmente sujo, com neve ou, simplesmente, com sombra. Por norma, são consideradas uma opção mais *Premium* (Energyinformative, 2012 a).

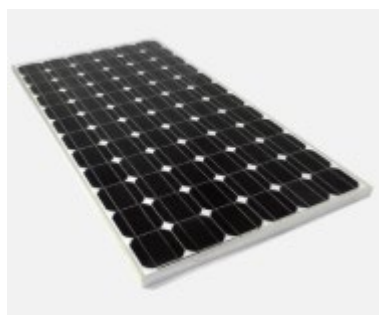


Figura 3.4 - Painel com células monocristalinas (SolarReviews,2017)

3.3.2 Células policristalinas

Na Figura 3.5, podem ser visualizadas células policristalinas, compostas por silício policristalino (p-Si). O processo de fabrico das células policristalinas é um processo mais simples e económico, desperdiçando muito menos silício no seu fabrico do que as células monocristalinas.

Como tal, as principais desvantagens deste tipo de células são terem uma pior taxa de eficiência relativamente às células monocristalinas e eventualmente ocuparem mais espaço (por não atingirem potências tão altas como as monocristalinas). Apesar disso, nem todos os painéis solares monocristalinos têm um desempenho superior aos policristalinos (Energyinformative, 2012 a).



Figura 3.5 - Painel com células policristalinas (SolarReviews,2017)

Tanto as células monocristalinas como as policristalinas são fisicamente rígidas, tendo em conta que se encontram encapsuladas em estruturas metálicas, sendo atualmente as mais utilizadas em sistemas de produção de energia fotovoltaica.

3.3.3 Células de película fina

As células de película fina representadas na Figura 3.6 são bastante simples e economicamente viáveis de produzir em massa, considerando o seu baixo custo, quando comparadas com as células solares de base cristalina. Para além desse fator, muitos clientes optam por esta opção, devido ao seu aspeto estético, pela sua aparência homogénea e flexibilidade. Têm também um bom desempenho, quando sujeitas a altas temperaturas e sombreamento.



Figura 3.6 - Painéis com células de película fina (Energyinformative, 2012 a)

Contudo, este tipo de painéis não provam ter grande utilidade numa situação residencial, pois exigem bastante espaço e tendem a degradar-se mais rapidamente que os painéis solares cristalinos, estando associados a uma garantia relativamente inferior. (Energyinformative, 2012 a).

3.3.4 Células PERC

As células *PERC* (do inglês, *Passivated Emitter Rear Cell*) têm-se destacado nos últimos anos por visarem obter um melhor aproveitamento na conversão de energia elétrica. Este aproveitamento é fruto de uma camada adicional na parte traseira da célula, inexistente nas demais células cristalinas padrão, que permitem captar melhor a luz que incide na superfície das células.

As células tradicionais levam a grandes perdas da radiação absorvida ou então, a radiação, em vez de sair da célula, é simplesmente absorvida pela camada inferior de alumínio, fazendo com que a temperatura global do sistema aumente consideravelmente (ao aumentar a temperatura da célula, aumenta a temperatura do módulo, diminuindo a sua eficácia), provocando, assim, um efeito nefasto em todo o sistema.

Já nas células *PERC*, esta situação não se verifica, uma vez que permite que a radiação recebida seja refletida pela camada dielétrica, passando novamente na parte emissora, aumentando assim a produção. Pode-se observar a representação desse processo em comparação com uma célula padrão na Figura 3.7 (SolarPowerWorld, 2016).

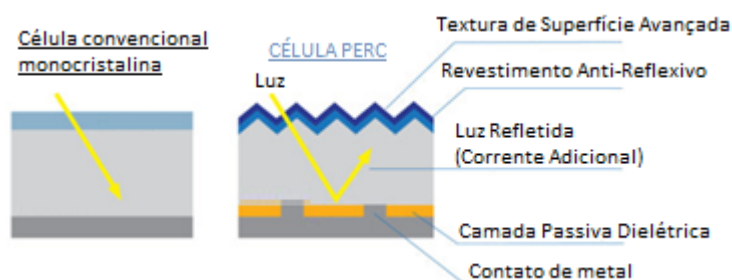


Figura 3.7 - Representação de uma célula convencional PERC (SolarPowerWorld, 2016)

O processo de criação das células *PERC* requer que esta camada adicional seja reflexiva e isolante, composta por material dielétrico passivo, sendo localizada entre a camada base de silício e a camada posterior de alumínio, apresentando pequenos orifícios criados a laser, que melhoram a captação de elétrons, impedindo-os de chegar à camada de alumínio para, desta forma, absorverem mais luz.

Este processo permite que as células atinjam uma maior produção com baixa irradiação, possuindo uma maior captação de comprimentos de onda em alturas enubladas ou durante o início e fim do dia.

Esta tecnologia permite obter uma maior produção com baixa irradiação, embora possuindo um menor coeficiente de temperatura. Consegue-se, assim, atingir potências superiores, o que possibilita a diminuição do número de módulos numa instalação, permitindo competir cada vez mais com os módulos tradicionais, já que o seu preço tem vindo a diminuir (Azom, 2017).

3.3.5 Células *Half Cut*

A tecnologia *Half Cut Cell*, ou células de meio corte, baseiam-se em cortar a célula ao meio, o que faz com que a corrente que passa nas células seja reduzida para metade, levando a que a tensão duplique e que a resistência passe a um quarto, diminuindo as perdas por efeito *joule*. Ou seja, passarão a existir dois painéis que, se forem ligados como um painel normal, terão a mesma corrente, com metade da resistência. Contudo, o número de ligações com a sua própria resistência também aumentará. Este processo de redução de perdas pode aumentar a produção do painel até cerca de 3%, diminuindo assim a temperatura operacional do painel, melhorando, consequentemente, o seu desempenho. Por norma, um painel solar possui 60 células solares de 0,5 V ligadas em série, o que daria um total de 30 V por painel, como se pode ver na Figura 3.8 (Brakels, 2018).

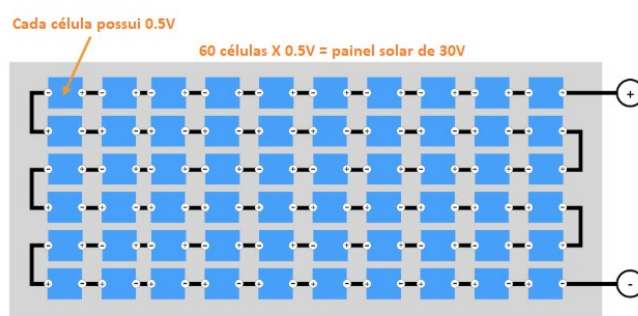


Figura 3.8 - Representação de um painel tradicional de 60 células (Brakels, 2018)

Se as células fossem simplesmente cortadas ao meio e interligadas como um painel solar padrão, estas iriam produzir metade da corrente e o dobro da tensão. Isto seria um problema, visto que afetaria o número de módulos que poderiam ser ligados por *string*, que passaria a metade.

Para que estes painéis operem como painéis padrão, são ligados dois blocos de 60 células em série, que operam a 30 V cada. Estes dois blocos de 30 V são depois ligados em paralelo. Desta forma, as tensões paralelas mantêm-se, permanecendo nos 30 V. Pode-se observar um esquema representativo deste sistema na Figura 3.9.

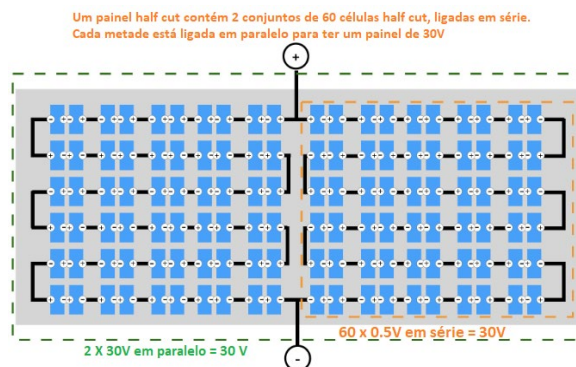


Figura 3.9 - Representação das células half cut (Brakels, 2018)

Se não houver qualquer tipo de sombras no local a instalar os painéis, a diferença entre este tipo de células e as mais tradicionais será muito reduzida, contudo, em caso de sombreamento, apenas metade da célula será atingida pela sombra, enquanto a outra metade continuará a funcionar, tornando o rendimento destes painéis superior, especialmente neste tipo de situações.

As principais desvantagens destes módulos são o facto de serem tendencialmente mais caros, visto tratarem-se de dois painéis, havendo o dobro da possibilidade de causar problemas.

3.3.6 Curvas características das células fotovoltaicas

De forma a dimensionar corretamente um sistema de produção de energia, é vital uma correta compreensão das curvas características das células fotovoltaicas.

A curva I-V (Corrente-Tensão) de uma *string* fotovoltaica demonstra a sua capacidade de conversão de energia nas condições existentes relacionadas maioritariamente com a variação da radiação solar G e a temperatura T a que as células estão sujeitas.

Tecnicamente, a curva representa as combinações da corrente e tensão nas quais a *string* pode trabalhar se a radiação solar incidente e a temperatura se mantiverem constantes.

A Figura 3.10 mostra uma curva I-V típica, bem como uma curva P-V e pontos importantes nessas curvas (Solmetric, 2011).

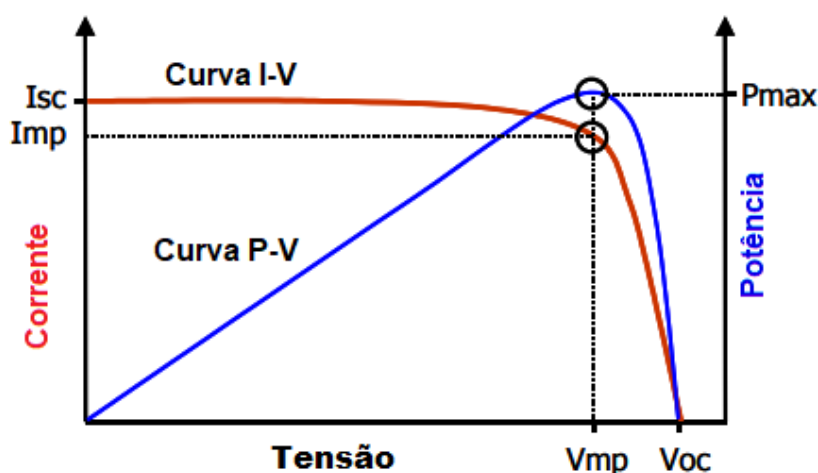


Figura 3.10 - Curvas I-V e P-V de um módulo fotovoltaico. A curva P-V é calculada a partir da curva I-V medida (Solmetric, 2011).

A tabela 3.1 contém uma descrição dos vários elementos relacionados com a curva característica. O Fator de Forma (FF) tem um papel importante, pois representa a qualidade das células no módulo. Quanto maior for o Fator de Forma, menores serão as perdas resistivas e quanto mais a curva característica I-V se assemelhar a um retângulo, melhor será a qualidade da célula. Apesar de fisicamente impossível, o módulo fotovoltaico ideal, produziria uma curva I-V perfeitamente retangular, que coincidiria com o ponto de potência máxima (I_{sc} , V_{oc}) para um Fator de Forma de 1, pelo que, quanto mais próximo estiver do valor unitário, melhor será a qualidade (Pinho e Galdino, 2014).

Tabela 3.1 - Abreviaturas e Definições dos elementos das Curvas Características

Abreviatura	Definição
I_{sc}	Corrente de curto-circuito, que representa o valor máximo de corrente sob determinadas condições de radiação e temperatura, quando a tensão e potência são nulas.
I_{mp}	Corrente máxima quando a célula atinge o ponto de potência máxima sob determinadas condições de radiação e temperatura.
V_{mp}	Tensão máxima quando a célula atinge o ponto de potência máxima, sob determinadas condições de radiação e temperatura
V_{oc}	Tensão em circuito aberto, que representa o valor máximo de tensão sob determinadas condições de radiação e temperatura.
P_{max} ou P_{mp}	Valor Máximo de Potência de Pico que a célula pode fornecer à carga, correspondendo ao ponto da curva no qual o produto da corrente pela tensão é máximo.
FF	Fator de Forma, que é um parâmetro que avalia a qualidade da célula, que é calculado pelo quociente entre a potência máxima ($V_{mp} * I_{mp}$) em relação ao produto da corrente de curto-circuito I_{sc} , com a tensão em curto-circuito V_{oc} : $\text{Fator de Forma (FF)} = \frac{V_{mp} * I_{mp}}{V_{oc} * I_{sc}}$

Na Figura 3.11 verifica-se que o Fator de Forma é determinado pela relação entre as duas áreas a cinzento, onde a primeira assume o valor MPP (definida pelo produto V_{mp} e I_{mp}). A segunda área resulta do valor do produto entre V_{oc} e I_{sc} . Comparando as duas, verifica-se que a área 1 preenche em parte a curva característica I-V e a área 2 está mais próxima do ideal.

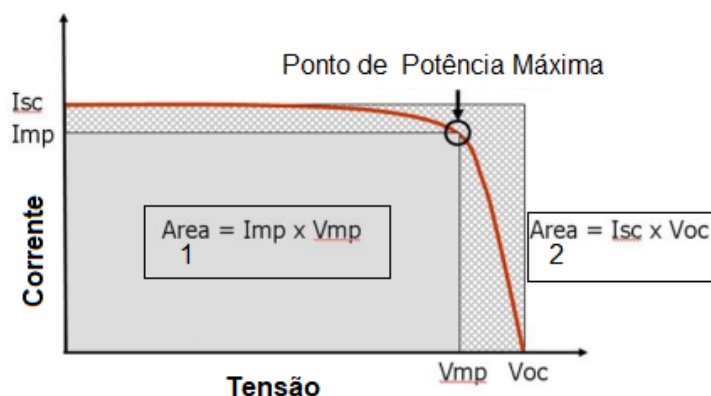


Figura 3.11 - O Fator de Forma, definido como a área cinza, ou $(I_{mp} \times V_{mp}) / (I_{sc} \times V_{oc})$, representa o quadrado da curva I-V (Solmetric, 2011).

Desta forma, pode-se calcular o Fator de Forma pela equação 3.1:

$$\text{Fator de Forma (FF)} = \frac{V_{mp} * I_{mp}}{V_{oc} * I_{sc}} \Leftrightarrow V_{oc} * I_{sc} * FF = V_{mp} * I_{mp} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow P_{mp} = V_{oc} * I_{sc} * ff \quad (3.1)$$

Determinando assim o valor do MPP, que nos permite verificar o rendimento em percentagem (%) da célula, sendo calculada através da equação 3.2:

$$\text{Rendimento } (\eta)(\%) = \frac{P_{max}}{P_{inc}} \times 100 = \frac{V_{oc} * I_{sc} * FF}{A * G} \times 100 \quad (3.2)$$

Onde,

P_{inc} – Potência da radiação incidente, em Watts (W)

η – Eficiência da conversão da radiação solar em energia elétrica, em percentagem (%)

P_{max} – Potência máxima que consegue ser gerada pela célula, em Watts (W)

A – Área da célula fotovoltaica, em metros quadrados (m^2)

G – Radiação solar incidente na célula por unidade de superfície, em Watts por metro quadrado (W/m^2)

3.4 – Tecnologia MPPT

Um sistema solar fotovoltaico é constituído por um conjunto de módulos que, por sua vez, são ligados a um inversor. Este inversor possui uma característica que se chama *MPPT* (do inglês *Maximum Power Point Tracking*), que lhe permite acompanhar constantemente o ponto de potência máxima, ajustando permanentemente as suas condições de funcionamento, conseguindo maximizar a potência gerada.

Todos os inversores ligados à rede elétrica usam a tecnologia *MPPT*, que determina o ponto máximo na curva I-V, consoante certas condições ambientais e operacionais.

Desta forma, e tendo em conta que as tensões e correntes provenientes do sistema nem sempre são as ideais, é possível otimizar os parâmetros ideais de funcionamento dos inversores, através da tecnologia *MPPT*.

A escolha do inversor ideal é fundamental para o sistema funcionar corretamente e deve ser escolhido consoante a potência máxima que o sistema fotovoltaico irá produzir. Para o inversor arrancar, ele necessita de uma tensão mínima de entrada em corrente contínua. Sabendo que a potência é o produto da tensão com a corrente, que estas estão dependentes da produção dos módulos fotovoltaicos (cujo funcionamento é afetado pela temperatura e radiação solar) e que o sistema terá de estar ligado em série / paralelo, a tensão mínima de entrada do inversor, por norma, varia entre os 75 a 600 V. Outro fator muito importante é a temperatura a que os módulos se encontram. As células fotovoltaicas estão sujeitas à radiação solar, o que aumenta substancialmente o seu aquecimento. Como os módulos são testados à temperatura de 25°C (STC), à medida que a temperatura aumenta, a sua corrente de saída cresce ligeiramente, enquanto a tensão de saída diminui. Para além disso, parte da radiação solar incidente não é absorvida e convertida em energia elétrica, mas sim dissipada sob a forma de calor, razão que leva a que a temperatura da célula fotovoltaica seja sempre superior à temperatura ambiente. Ou seja, apesar de parecer contraintuitivo, quanto menor for a temperatura (até certo ponto), melhor será o desempenho do sistema. Os módulos fotovoltaicos funcionam graças à captação de luz solar (e não de calor), pelo que se houver uma boa ventilação no sistema, isso irá permitir que haja um maior rendimento global da instalação.

É possível maximizar constantemente a produção de potência, graças à tecnologia *MPPT*, que trata de toda a regulação dos parâmetros do sistema fotovoltaico. Desta forma, garante-se que o sistema mantém a sua produção no seu máximo, mesmo com a variação da luz solar captada (krinatsolar, 2017 a).

3.5 Módulos Fotovoltaicos

3.5.1 Estrutura dos módulos Fotovoltaicos

Um módulo fotovoltaico é constituído por um conjunto de células que, após receberem resposta a qualquer fonte de luz (não apenas solar), convertem a energia proveniente da radiação solar em energia elétrica.

Uma das características que define o desempenho do módulo fotovoltaico é o número de barramentos por célula, chamados de *busbars*, que são fios condutores conectados em série, a fim de formar uma *string*. Quanto maior o número de *busbars*, maior será o desempenho da célula, visto que a resistência interna vai diminuir, devido à distância entre os *busbar*, gerando mais energia por metro quadrado e, conseqüentemente, uma maior eficiência da célula e dos módulos.

Na Figura 3.12 pode-se visualizar vários tipos de células com um diferente número de *busbars*.

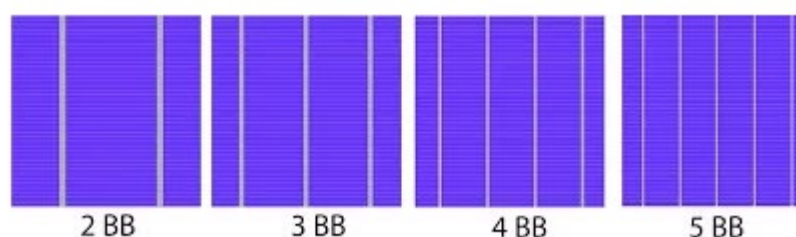


Figura 3.12 - Exemplo de células com 2, 3, 4 e 5 busbars (powerfromsunlight, 2017 a)

Quanto maior for o número de *busbars*, maior será o sombreamento da célula. O desempenho das células *multi busbar*, como as de 5 BB, será muito melhor do que as células convencionais de 2BB ou 3BB. Isto deve-se não só à redução de perdas devido à menor distância entre barramentos, mas também aos menores impactos com microfissuras, já que, por norma, estas fissuras ocorrem entre os barramentos, sendo o impacto das fissuras reduzido para fatias menores de células afetadas entre dois barramentos, aumentando assim a fiabilidade do módulo em células com um maior número de *busbars* (powerfromsunlight, 2017 a).

A partir da Figura 3.13 podem ser visualizados os vários componentes presentes na construção de um painel fotovoltaico, que se resumem à moldura, vidro temperado, materiais de encapsulamento, células fotovoltaicas, *backsheet* e caixa de junção elétrica:

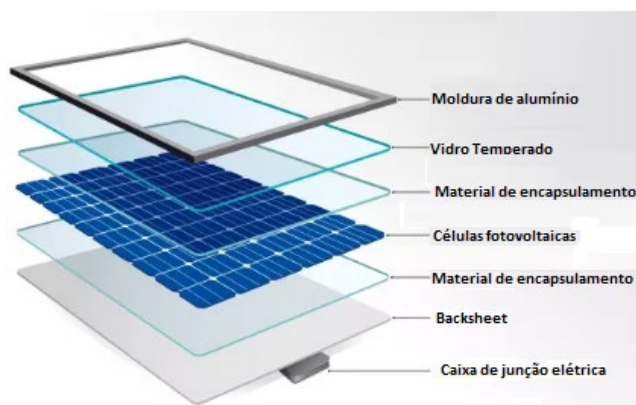


Figura 3.13 - Constituição de um módulo fotovoltaico (powerfromsunlight,2017 b)

- A moldura de alumínio (Figura 3.14) garante que o painel apresente uma boa robustez, de forma a garantir a sua integridade em qualquer eventualidade. Esta robustez é de extrema importância, seja para proteger o painel no momento da instalação, ou para evitar torções que venham a danificar as células. De forma a proteger a moldura contra a ferrugem e devido às condições adversas do meio ambiente a que os painéis são expostos, esta moldura tem de ser anodizada para que o seu tempo de vida útil seja longo, considerando que a maioria dos fabricantes anuncia 25 anos de garantia de vida. (CMFE, 2015).



Figura 3.14 - Moldura de alumínio anodizado

- O vidro fotovoltaico (Figura 3.15) é um vidro ultrapuro com baixo teor em ferro, concebido para permitir que passe o máximo de luz através dele e possua o mínimo de reflexão possível. Um vidro de boa qualidade significa uma melhor resistência às condições adversas do meio ambiente. (saveonpowersolar, 2018).



Figura 3.15 – Vidro Fotovoltaico ultra puro (Portalsolar, 2011)

- O Material de Encapsulamento (Figura 3.16), conhecido como EVA (Acetato-vinilo de etileno, do inglês *Ethylene Vinyl Acetate*) tem como principal função garantir que as células fiquem protegidas de fatores como o envelhecimento provocado pelos raios UV, temperaturas extremas e humidade, garantindo o isolamento em termos elétricos e que o máximo de luz visível alcance as células do módulo (sinovoltaics, 2011).

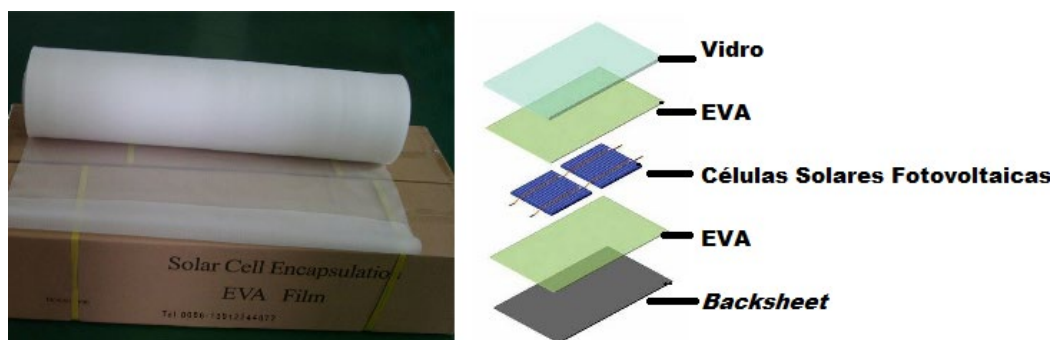


Figura 3.16 - Material de encapsulamento (EVA) (sinovoltaics, 2011)

- A *Backsheet* (Figura 3.17) é o material plástico branco que se situa na traseira do módulo fotovoltaico e tem como principal função proteger os componentes internos do painel solar, agindo como isolante elétrico. Tal como o vidro fotovoltaico, quanto maior for a qualidade da *backsheet*, melhor será o tempo de vida útil do módulo fotovoltaico, aumentando a probabilidade de cumprir a garantia de vida de 25 anos anunciada (solar mango, 2016).

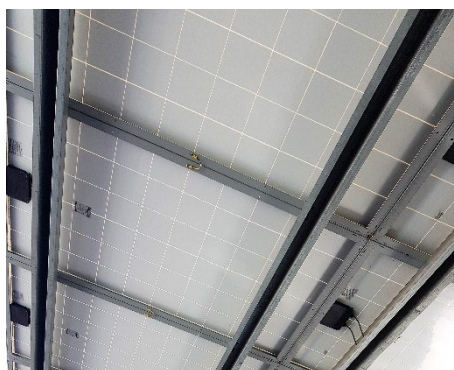


Figura 3.17 - Backsheet de um módulo fotovoltaico

- A Caixa de junção elétrica (Figura 3.18) é uma das partes fundamentais do módulo fotovoltaico, pois é nela que se ligam as *strings* eletricamente (onde se ligam os módulos em série), ficando colada na parte de trás do painel. Dentro dela estão os diodos *by-pass* que garantem a segurança e bom funcionamento do painel. As caixas de junção possuem dois conectores MC4 (um macho e uma fêmea) que permitem interligar os módulos na instalação. É conveniente que esta caixa tenha, pelo menos, um grau de proteção IP65, embora se recomende o IP67, de forma a evitar corrosões precocemente (solarpowerworldonline, 2017).



Figura 3.18 - Caixa de junção elétrica de um módulo fotovoltaico

3.6 Associação dos módulos fotovoltaicos

Há três formas de associar os módulos fotovoltaicos numa instalação: associação em série, associação em paralelo e associação mista.

3.6.1 Associação dos módulos fotovoltaicos em série

Para a associação de módulos em série, os valores de tensão serão elevados, mas o valor de corrente mantém-se. Nesta associação, o terminal positivo é ligado ao terminal negativo do módulo seguinte, como se verifica na Figura 3.19.

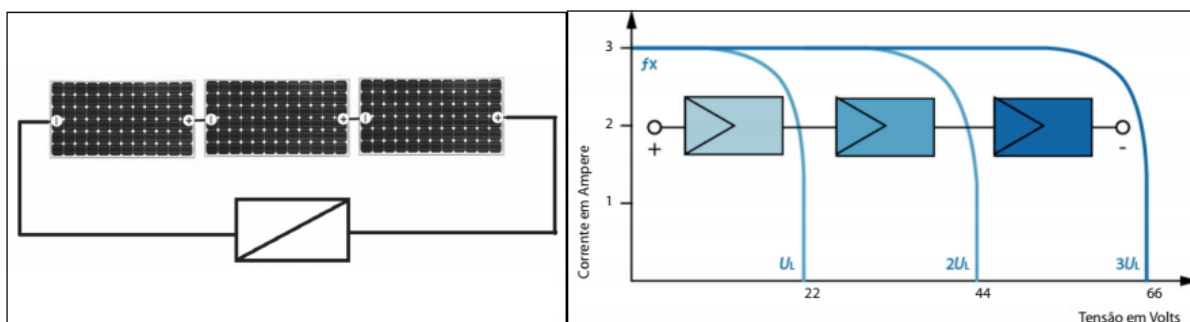


Figura 3.19 - Representação esquemática da associação em série de 3 módulos fotovoltaicos (eletricistaconsciente, 2017).

Ao associar os módulos em série, irá ser adicionada a tensão de cada módulo, levando ao aumento da tensão final do sistema, enquanto o valor de corrente se mantém igual.

Assim sendo, neste tipo de associações verificam-se as equações 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6:

$$V_{total} = V1 + V2 + \dots + Vn \quad (3.3)$$

$$I_{total} = I1 = I2 = \dots = In \quad (3.4)$$

$$P_{total} = P1 + P2 + \dots + Pn \quad (3.5)$$

$$P_{total} = V_{total} \times I_{total} \quad (3.6)$$

Onde,

V_{total} -Tensão total (V)

V_1, V_2, \dots, V_n – Tensão em cada componente (A)

I_{total} – Corrente total (A)

I_1, I_2, \dots, I_n -Corrente em cada componente (A)

P_{total} – Potência de pico total (W)

P_1, P_2, \dots, P_n – Potência em cada componente (W)

Na Figura 3.20, encontra-se a representação gráfica da curva característica de corrente-tensão relativamente à associação em série de dois módulos fotovoltaicos em condições STC. No primeiro gráfico onde estão dois módulos fotovoltaicos com as mesmas características, verifica-se que a corrente de curto-circuito dos dois módulos em série se mantém constante, enquanto a tensão de circuito aberto duplica. No segundo gráfico, é demonstrada a importância de ligar módulos com características semelhantes, visto que a associação de módulos com diferentes valores de corrente irá provocar uma redução de corrente em todos os outros módulos associados, diminuindo consideravelmente a energia produzida pelos módulos fotovoltaicos (eletricistaconsciente, 2017).

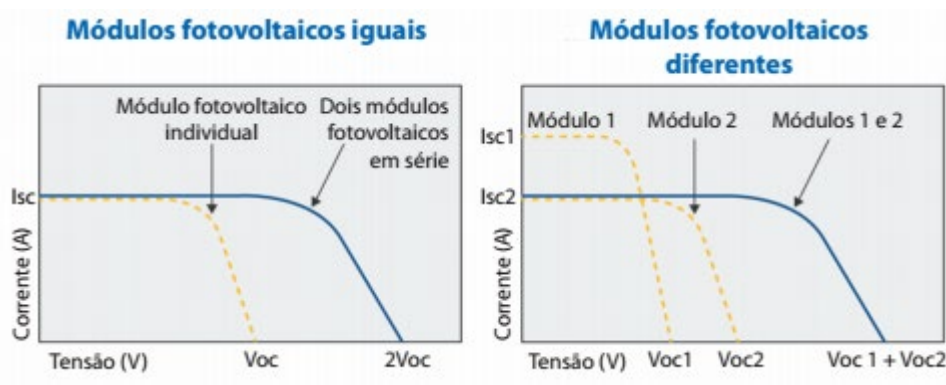


Figura 3.20 - Representação das curvas IV relativas à associação em série de dois módulos fotovoltaicos (eletricistaconsciente, 2017).

3.6.2 Associação dos módulos fotovoltaicos em Paralelo

Para a associação de módulos em paralelo, os valores de corrente serão elevados, mas o valor de tensão mantém-se, ou seja, o oposto da associação em série.

Nesta associação todos os terminais positivos estão interligados entre si, bem como todos os terminais negativos, como se verifica na Figura 3.21.

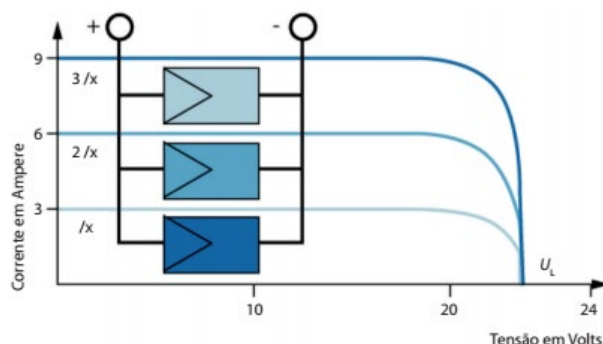


Figura 3.21 - Representação esquemática da associação em paralelo de módulos fotovoltaicos (eletricistaconsciente, 2017)

Ao associar os módulos em paralelo, a tensão em cada módulo irá manter-se, enquanto o valor de corrente de cada módulo será somado, o que levará a um aumento da corrente final do sistema. Assim sendo, neste tipo de associações e segundo as equações 3.7, 3.8, 3.9 e 3.10, verificam-se as seguintes condições:

$$V_{total} = V_1 = V_2 = \dots = V_n \quad (3.7)$$

$$I_{total} = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (3.8)$$

$$P_{total} = P_1 + P_2 + \dots + P_n \quad (3.9)$$

$$P_{total} = V_{total} \times I_{total} \quad (3.10)$$

Na Figura 3.22, encontra-se a representação gráfica da curva característica de corrente-tensão relativamente à associação em paralelo de dois módulos fotovoltaicos em condições STC, onde se verifica que a tensão de circuito aberto dos dois módulos em paralelo se mantém constante, enquanto a corrente de curto-circuito duplica (Carneiro, 2010).

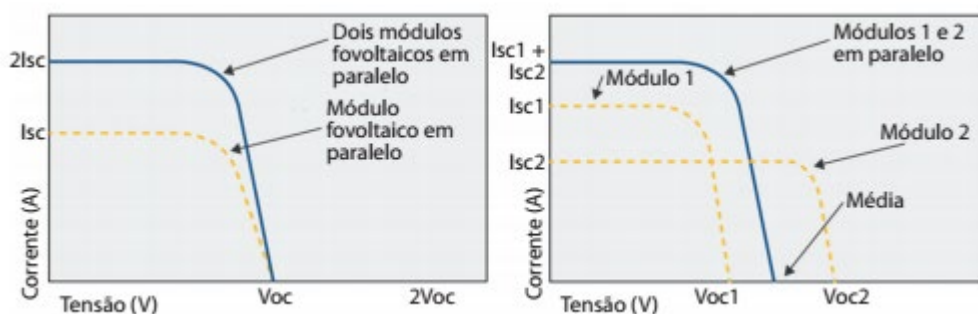


Figura 3.22 - Representação das curvas IV referentes à associação em paralelo de dois módulos fotovoltaicos (eletricistaconsciente, 2017)

3.6.3 Associação Mista dos módulos fotovoltaicos

Na associação de módulos mista (série e paralelo), os valores de tensão e corrente serão ambos elevados. Este tipo de sistema é muito usado em sistemas fotovoltaicos com ligação à rede, onde se ligam várias *strings* em paralelo (Figura 3.23).

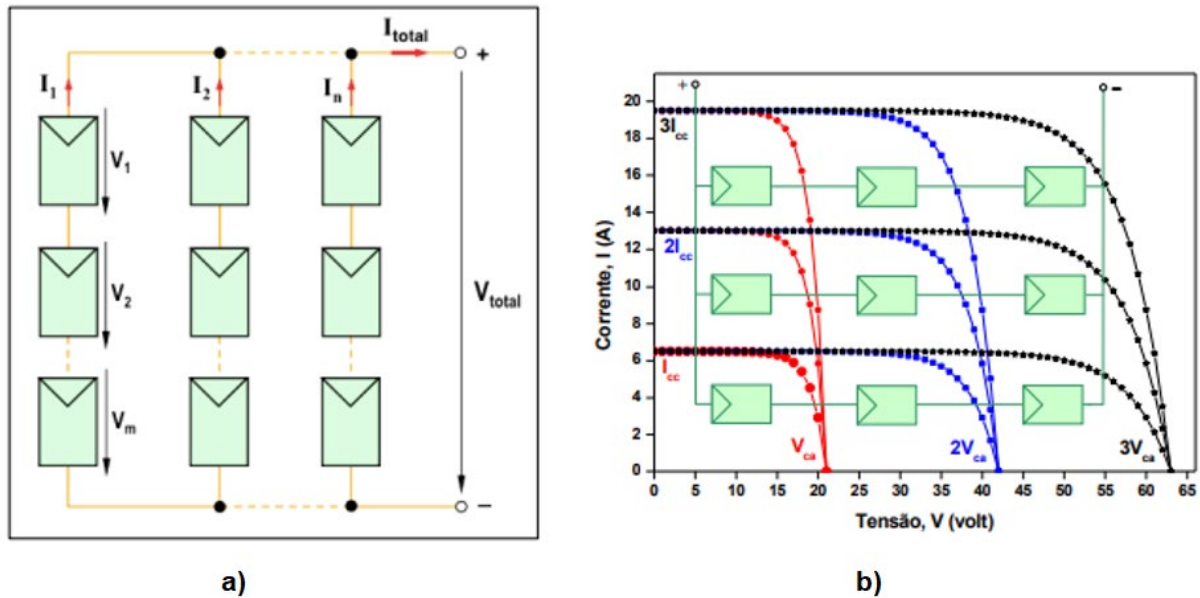


Figura 3.23 – a) Representação esquemática da associação mista de n módulos fotovoltaicos, b) Representação das curvas IV relativas à associação mista de três módulos fotovoltaicos (Carneiro, 2010).

Este sistema é composto pelas características das associações em série e paralelo dos módulos fotovoltaicos, conseguindo desta forma valores mais elevados de corrente e tensão.

Assumindo que a corrente I que atravessa cada fila de módulos é igual, n como o número de filas de módulos em paralelo, m como o número de módulos em série, pelas equações 3.11, 3.12, 3.13 e 3.14, podem ser estabelecidas as seguintes relações por análise da Figura 3.23:

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n \quad (3.11)$$

A corrente total é calculada da mesma forma:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \Rightarrow I_{total} = n * I \quad (3.12)$$

A queda de tensão V em cada módulo, por módulo, é também igual:

$$V = V_1 = V_2 = \dots = V_m \quad (3.13)$$

Assim, obtém-se a tensão total, desta forma:

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \Rightarrow V_{total} = m * V \quad (3.14)$$

3.7 Efeitos de sombreamento nos módulos fotovoltaicos

Uma das maiores preocupações na instalação dos módulos fotovoltaicos diz respeito ao local de instalação do sistema fotovoltaico e à quantidade de sombra que poderá afetar os módulos instalados. Desta forma, há que ter uma atenção especial aquando da projeção da instalação do sistema, de forma a evitar perdas desnecessárias no futuro.

Deve-se, sempre que possível, fazer uma visita ao local da instalação de forma a se avaliar todo e qualquer sombreamento que possa ocorrer nesse local, para procurar um local mais favorável, se tal acontecer. É importante minimizar as perdas para não comprometer a viabilidade do sistema solar fotovoltaico, não só no local de colocação dos módulos fotovoltaicos, para evitar que apanhem qualquer tipo de sombra, como na escolha do inversor mais indicado e os respetivos componentes do sistema. Só ao planear previamente a instalação, pesando todos os fatores que possam influenciar o rendimento do sistema, será possível tirar o maior partido da energia produzida pelos módulos fotovoltaicos.

3.7.1 – Efeito do sombreamento parcial no sistema fotovoltaico

No ponto 3.4 do capítulo 3, foi realçada a importância do papel que a característica MPPT possui no sistema solar fotovoltaico. Neste ponto, será abordada a influência que o sombreamento trará ao desempenho global do sistema.

Na Figura 3.24, verifica-se um exemplo do efeito de sombreamento nos módulos fotovoltaicos consoante a hora do dia. Na imagem à esquerda, grande parte dos módulos são afetados por sombreamento, ao passo que na Figura à direita não existe qualquer sombreamento. Na Figura 3.25, verificam-se os efeitos do sombreamento num diagrama de potência-tensão e como o seu rendimento é afetado.



Figura 3.24 – Sistema fotovoltaico com e sem sombreamento consoante diferentes horas do dia. (SMA Solar Technology AG, 2018).

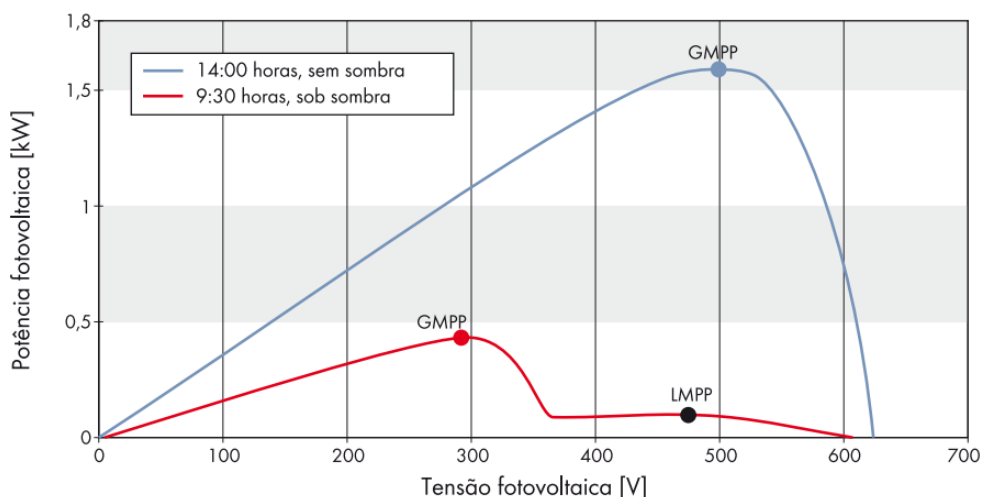


Figura 3.25 – Diagrama de Potência-Tensão do sistema fotovoltaico a 2 diferentes alturas do dia com e sem sombreamento (SMA Solar Technology AG, 2018).

Neste diagrama da Figura 3.25, verifica-se a diferença de produção do sistema com (linha vermelha) e sem (linha azul) sombra parcial. Quando o sistema apanha sombra, constata-se que a sua potência máxima é praticamente um terço de quando o sistema não apanha sombra, passando a possuir dois pontos MPP favoráveis - GMPP (Ponto de MPP Global) e LMPP (Ponto de MPP Local) – onde o inversor terá de optar em qual dos pontos irá funcionar. Na Figura 3.26, observa-se a progressão do MPP global e MPP local ao longo do dia.

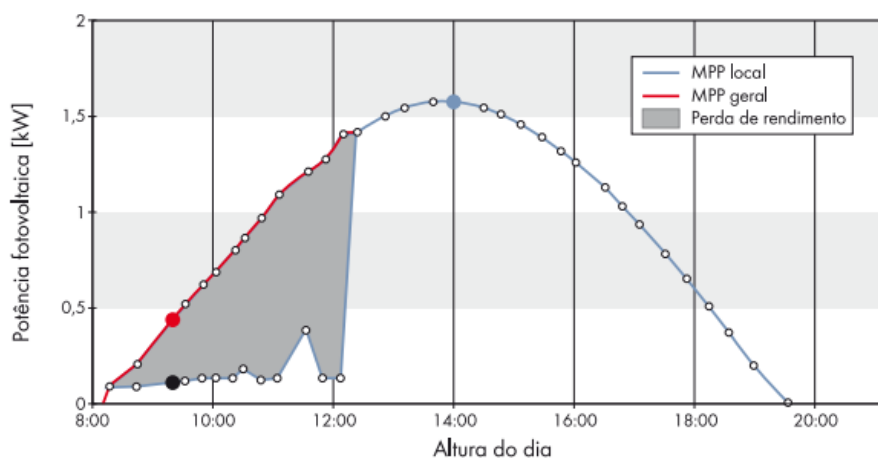


Figura 3.26 – Progressão do MPP global ou local de um gerador parcial de um sistema fotovoltaico, com sombreamento (SMA Solar Technology AG, 2018).

Por análise da Figura 3.26, vê-se a produção de energia fotovoltaica ao longo do dia, com sombreamento entre as 8 e as 12 horas. Durante essas horas observa-se a perda de rendimento (área cinzenta) que ocorreria se o inversor optasse pela configuração local ao invés da geral.

Assim sendo, torna-se necessário fazer o planeamento do sistema fotovoltaico, de forma a minimizar as perdas de rendimento causadas por sombreamento. Caso não seja possível evitar algum sombreamento no sistema fotovoltaico, deve ser verificado se, durante os períodos de radiação solar mais alta (a partir do meio dia, no Verão), não existe sombreamento no sistema e procurar que *strings* com sombreamento não estejam ligadas em paralelo com *strings* sem sombreamento, mas sim ligar um MPPT a cada *string* (através de vários micro inversores ou de inversores que suportem vários MPPTs) (SMA Solar Technology AG, 2018).

Por vezes, o sombreamento ocorre não por falha no dimensionamento, mas por outros fatores como dejetos de pássaros, poeiras de zonas industriais, nuvens e mesmo neve, que se poderá depositar sobre os módulos fotovoltaicos.

Com condições meteorológicas adversas, o consumidor não tem muitas alternativas para contrariar o rendimento dos módulos, mas, existindo fatores como poeiras e depósito de neves ou folhas, a acumulação desses detritos pode ser minimizada com um ângulo mínimo de inclinação, sendo facilmente removidos com a chuva, por exemplo. Em situações mais complicadas de remoção natural de sujidade, como dejetos de pássaros ou poluição do ar, o consumidor terá de limpar os módulos manualmente com regularidade, se a zona for propícia a tal, com a agravante de perder alguma percentagem da energia produzida.

Uma das maneiras de evitar, havendo sombreamento, que a radiação solar limite a corrente no conjunto de módulos associados em série, é a utilização de díodos *bypass* (Figura 3.27).

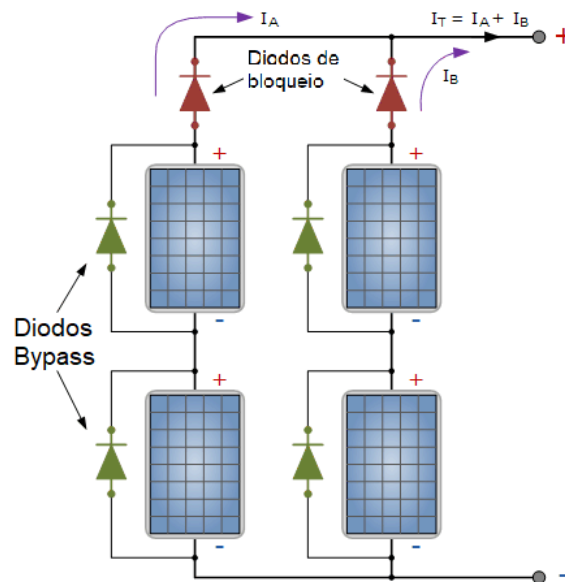


Figura 3.27 - Representação esquemática de um sistema com vários módulos fotovoltaicos com diodos bypass (electronics-tutorials, 2018)

Na Figura 3.27, observa-se o funcionamento de um sistema fotovoltaico interligado com vários díodos *bypass*. Os díodos *bypass* estão representados pela cor verde, em paralelo com cada módulo fotovoltaico para permitir que exista um caminho com uma baixa resistência, de forma a que tenham capacidade de conduzir em segurança a corrente de curto-circuito. Os díodos de cor vermelha denominam-se por díodos de bloqueio que, apesar de serem em tudo semelhantes aos díodos *bypass*, servem apenas para garantir que a corrente elétrica flua apenas numa direção, neste caso, para a saída do sistema. Estes díodos de bloqueio vão impedir que a corrente gerada pelos outros painéis em paralelo flua de volta, impedindo ainda o descarregamento de baterias carregadas durante a noite. São usados quando existem vários ramais paralelos ou quando há a possibilidade de sombreamento durante o dia (electronics-tutorials, 2018).

Um dos cuidados a ter para minimizar as perdas por sombreamento, principalmente em zonas propícias a efeitos de deposição de neve, trata-se da colocação de módulos na horizontal, ao invés da vertical. Esta solução revela-se muitas vezes eficiente, na medida em que com o módulo na horizontal, em caso de sombreamento, apenas uma das fileiras é afetada, enquanto as restantes continuam a produzir. Já a solução de colocar os módulos na vertical, levaria a que todas as filas de painéis ficassem sombreadas pela neve, aumentando consideravelmente as perdas totais do sistema (modernize, 2018).

3.8 Ranking da Bloomberg

A explosão do fabrico de painéis solares, principalmente por parte dos fabricantes chineses, que se caracterizavam por ter um custo de venda bastante reduzido, fez com que os fabricantes de painéis americanos e europeus se ressentissem, obrigando muitas fábricas a encerrar.

Isto levou a que houvesse um esforço internacional para produzir um sistema por níveis (ou *Tiers*, em inglês), de forma a que houvesse uma diferenciação dos produtores que invadiram o mercado.

Ao contrário do que muita gente pensa, esta classificação refere-se aos fabricantes dos painéis e não aos painéis em si. Por norma, este sistema é classificado por empresas de análise financeira e investimento que, em vez de testarem os painéis, se focam em retirar informações de bases de dados para determinar quais os fabricantes que possuem os melhores painéis para se investir. Há alguns fatores que podem fazer a diferença, como a capacidade de produção de um fabricante. Geralmente, um fabricante *Tier 1* corresponde a um dos maiores fabricantes do mundo, sendo os mais apropriados para ter como referência para grandes instalações, contudo, o facto de o fabricante ser *Tier 1*, não significa que seja uma garantia direta de qualidade, mas, sem dúvida que é um bom indicador disso (renewableenergyworld, 2016). Na Figura 3.28, é apresentado um esquema representativo das diferenças entre os vários níveis.

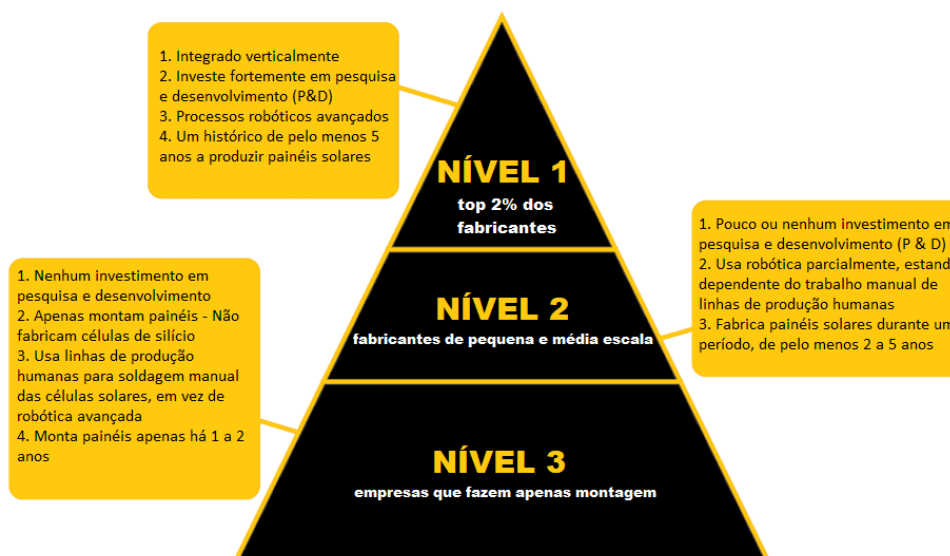


Figura 3.28 - Esquema em pirâmide representativo das diferenças das várias categorias dos módulos fotovoltaicos (Zeroth, 2018)

A análise da Figura 3.28 permite ter uma visão geral da classificação atribuída aos fabricantes de painéis solares:

- **Nível 1 (Corresponde ao topo de 2% dos fabricantes)**

São fabricantes **verticalmente integrados**, ou seja, constroem o painel de base, em vez de usarem produtos de outras empresas, conseguindo controlar todo o processo de produção. Por outro lado, **investem bastante** em pesquisa e desenvolvimento, de forma a inovar e melhorar continuamente os seus produtos.

Estes fabricantes utilizam **técnicas de fabrico altamente automatizadas**, elevando o nível de qualidade do produto, ao mesmo tempo que poupam tempo e dinheiro nos custos de fabrico.

Um dos requisitos fundamentais para serem considerados painéis de nível 1 é **produzirem painéis há pelo menos cinco anos**, o que mostra o empenho e compromisso da empresa relativamente ao seu futuro, aumentando a probabilidade dessa empresa continuar no mercado por mais de vinte anos.

- **Nível 2 (Corresponde a fabricantes de pequena e média escala)**

Estes fabricantes estão no meio-termo entre o nível 1 e 2 e correspondem a cerca de 8% do mercado. As principais diferenças entre o nível 1 e 2 são o facto de no nível 2 se situarem as empresas relativamente novas, que investem pouco no campo da pesquisa e desenvolvimento, e, por serem pouco automatizadas, aumentam o risco de falha. Muitos fabricantes nível 2 ambicionam chegar ao nível 1, mas, por norma, não possuem os recursos necessários para chegar a esse nível.

- **Nível 3 (Corresponde a fabricantes que apenas fazem montagem de painéis)**

Este tipo de fabricantes apenas efetua montagem de painéis, representando cerca de 90% do mercado e caracterizando-se por serem os que têm menos experiência, habitualmente. Estão limitados à montagem de painéis com componentes de outras empresas (não possuem investimento em pesquisa e desenvolvimento, contrastando com os outros dois níveis) e dependem quase exclusivamente de trabalho manual de linhas de produção. O risco de uma empresa deste nível fechar nos primeiros anos é um fator a ter em conta (solarchoice, 2017).

A *Bloomberg New Energy Finance* coloca regularmente listas trimestrais de fabricantes de módulos fotovoltaicos classificados como Nível 1. Embora este sistema de classificação se foque na situação financeira da empresa e não na qualidade dos módulos, é sempre um fator positivo a ter em conta.

A empresa *SunEnergy*® esforça-se por trabalhar sempre com marcas que estejam na vanguarda do mercado, usando, atualmente, três marcas de referência: *Canadian Solar*, *Jinko Solar* e *Risen*, três das principais marcas do último relatório *Tier 1* da *Bloomberg*, como se verifica na Figura 3.29.

Firm/brand	Annual in-house module capacity (MW/year)	Firm/brand	Annual in-house module capacity (MW/year)
Canadian Solar*	8,110	SunPower*	1,900
Trina Solar*	8,000	BYD*	1,700
Jinko Solar*	8,000	Changzhou Almaden	1,500
Hanwha Q Cells*	8,000	China Sunergy	1,450
JA Solar*	7,000	REC Group*	1,400
Risen	6,600	Adani/ Mundra*	1,200
Longi*	6,500	Akcome	1,000
GCL Systems*	5,400	ET Solar	1,000
Suntech/ Shunfeng*	3,300	Boviet*	700
Seraphim	3,000	Lightway Solar	660
Chint/ Astronergy*	2,500	Tata Solar Power	500
Znshine Solar	2,300	Waaree	500
First Solar*	2,200	Hansol Technics	480
Talesun	2,200	Heliene	250
Renesola	2,000	Sharp	210
Eging	2,000	Shinsung Solar	200
Phono Solar*	2,000	Swelect	110
		Total	93,870

Figura 3.29 - Fabricantes de módulos que reúnem os critérios de Tier 1 da Bloomberg (powerinfotoday, 2018)

3.9 Inversor

O inversor (ou inversor solar/fotovoltaico) é o equipamento que permite converter a energia elétrica gerada pelos módulos solares fotovoltaicos, de corrente contínua (DC) para corrente alternada (AC), para além de garantir a segurança do sistema e indicar a quantidade de energia produzida pelos painéis fotovoltaicos.

Por norma, os inversores DC/AC ou os microinversores são os dispositivos que se encontram à saída das *strings* dos módulos fotovoltaicos, configurados à potência nominal mais adequada do sistema.

Estes equipamentos têm um papel fundamental no sistema fotovoltaico, pois é graças a ele que após a conversão de corrente contínua para corrente alternada, se obtém as características da rede elétrica nacional, com uma tensão alternada na saída do inversor de 230 V entre a fase e o neutro e frequência de 50 Hz, para poder desta forma alimentar os equipamentos ou ajustar a frequência e o nível de tensão se estiver ligado à rede de distribuição. Na Figura 3.30 está representado um exemplo de um dos vários inversores que se utilizam na empresa.



Figura 3.30 -Finalização da montagem de um Fronius Eco

Dependendo da instalação a que o sistema fotovoltaico se destina, adota-se um tipo de inversor específico, consoante a sua finalidade. Os mais usuais são os inversores *grid-tie*, que se encontram ligados à rede e os inversores *off-grid*, que são concebidos para sistemas isolados. Existem ainda inversores híbridos, que podem funcionar com ou sem ligação à rede elétrica.

Os inversores *grid-tie* necessitam de ser alimentados pela rede elétrica para funcionar. No esquema da Figura 3.31, está representada uma típica instalação de autoconsumo com um inversor *grid-tie*. O inversor vai gerir toda a energia que vem dos módulos, injetando-a na rede da habitação que lhe está associada. Em caso de falha no fornecimento de energia pela rede, o inversor desliga-se, mesmo que possua um sistema de armazenamento de baterias (a menos que seja um inversor híbrido).



Figura 3.31 - Sistema com ligação à rede (csrenergiasolar, 2017)

Os inversores *off-grid*, como não possuem uma ligação à rede elétrica, necessitam de um sistema de armazenamento de baterias. Quando a energia produzida pelos módulos fotovoltaicos for superior à energia consumida, esse excedente de energia será enviado para as baterias, até que estas estejam totalmente carregadas. Assim que o sistema fotovoltaico parar de produzir energia (por exemplo durante a noite, com o tempo nublado, etc), a instalação será alimentada pelas baterias. Neste tipo de instalações, recomenda-se a utilização de um gerador auxiliar para garantir que, caso o sistema não seja suficiente para alimentar a instalação, possam existir outras fontes de energia. Na Figura 3.32, está representado o esquema de um sistema *off-grid*.

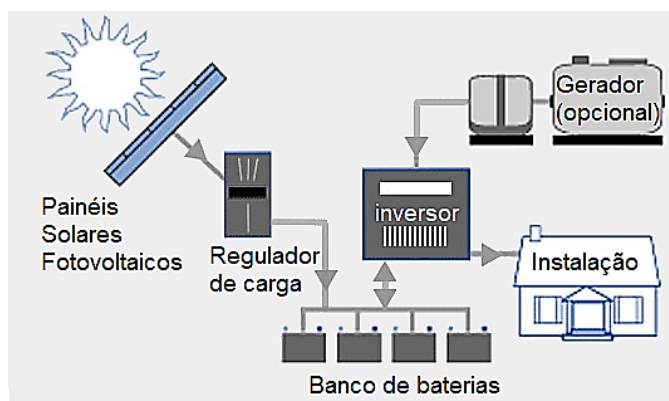


Figura 3.32 - Sistema sem ligação à rede (energyinformative, 2012 b)

Os inversores híbridos funcionam tanto com ligação à rede, como sem ela. Em caso de falha de energia, conseguem utilizar a energia armazenada nas baterias, graças a alguns equipamentos específicos, como um EPS (do inglês Emergency Power Supply) que, neste caso, atuaria como uma fonte de alimentação ininterrupta, onde iria utilizar parte da energia armazenada para alimentar sistemas de alarme, vigilância ou de iluminação, podendo também ser usado para alimentar outras cargas. A Figura 3.33 representa os principais elementos de um sistema fotovoltaico com um inversor híbrido.

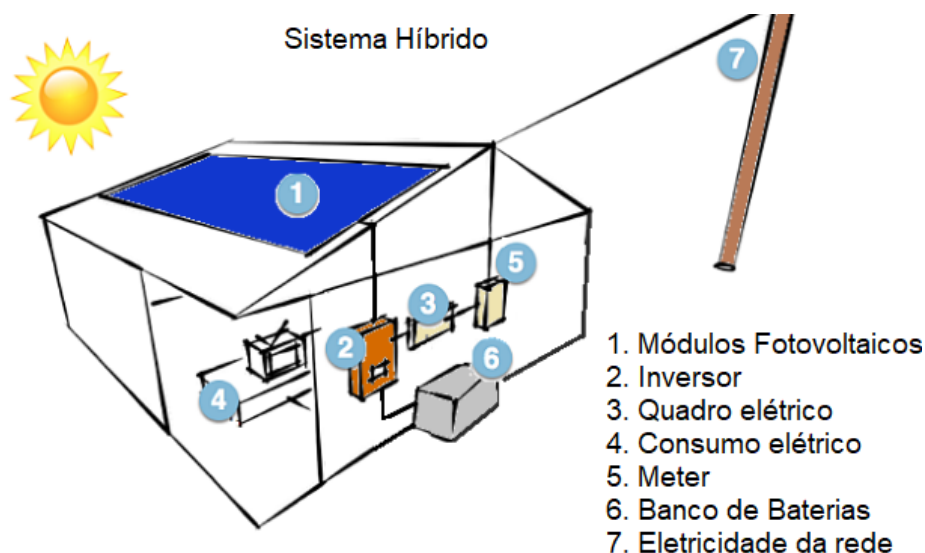


Figura 3.33 - Sistema híbrido (cleanenergyreviews, 2014)

Nas instalações mais pequenas, por norma, utilizam-se microinversores que, como são instalados individualmente em cada módulo, conseguem fazer uma monitorização individual de cada um e tendo em conta a relação custo-benefício, muitas vezes provam ser a melhor opção para o consumidor. A sua função é, tal como a dos inversores, cumprir todas as normas aquando da injeção da potência na rede, diferenciando-se apenas por atuar independentemente em cada módulo. Na Figura 3.34 está representado um dos inversores utilizados pela empresa.



Figura 3.34 - Exemplo de um inversor utilizado pela empresa: Solax mini 1.5.

3.10 Baterias

As baterias acumulam o excesso de energia produzido pelo sistema fotovoltaico sob a forma de corrente contínua, inclusive quando a produção é reduzida e armazena-a para que esta seja utilizada durante a noite, dias nublados ou quando não há outra fonte de energia disponível. Desta forma, o fornecimento de energia não estará em risco, salvaguardando os equipamentos abastecidos pelo funcionamento fotovoltaico.

Estes equipamentos são compostos por um conjunto de células que, através de um processo eletroquímico de oxidação, armazena energia elétrica sob a forma de energia química. Quando estão carregadas e é ligada a uma carga elétrica, ocorre o processo oposto, ou seja, a energia química armazenada na bateria é convertida em energia elétrica.

As baterias mais utilizadas são as de Lítio e Ácido-Chumbo, sendo que as baterias de Lítio, apesar do seu custo mais elevado, têm vindo a impor-se cada vez mais no mercado atual, com uma maior densidade de energia, melhor *performance*, aceitam grandes fluxos de descarga, maior armazenamento, melhor resistência ao calor, são mais amigas do ambiente e têm um tempo de vida útil consideravelmente superior (energysage, 2018).

Na Figura 3.35, está representado um exemplo de umas das baterias utilizadas na empresa.



Figura 3.35 - Bateria Fronius Solar Battery

A ficha técnica da bateria Fronius Solar Battery encontra-se no Anexo F.

3.11 Regulador de carga

O regulador de carga é instalado entre os módulos fotovoltaicos e as baterias, tendo como principal função regular a tensão das baterias, de forma a protegê-las contra sobrecargas e descargas profundas, monitorizando a instalação. A proteção contra sobrecargas garante que quando a bateria está com a carga máxima, esta não continue a receber carga proveniente dos painéis fotovoltaicos. A proteção contra descargas profundas permite evitar que se esgote na totalidade a carga da bateria, o que poderia conduzir a uma redução da sua capacidade de armazenamento e vida útil.

Na Figura 3.34, é possível ver o regulador de carga *Victron BlueSolar MPPT 100/50*, um dos reguladores de carga utilizados na empresa. A sua ficha técnica encontra-se no anexo I.



Figura 3.34 - Exemplo de um regulador de carga Victron BlueSolar MPPT 100/50 (victronenergy, 2018)

Este regulador controla a tensão e a corrente provenientes dos painéis solares que vão para a bateria. Existem dois tipos de regulador de carga, os reguladores PWM e MPPT.

Os reguladores de carga PWM são os mais comuns e os que apresentam um menor custo, por norma utilizados em painéis com uma tensão mais reduzida e em sistemas menos complexos. A tensão da bateria e a do regulador PWM precisam de ser iguais. Durante o carregamento da bateria, o regulador permite tanta corrente quanto o módulo fotovoltaico consiga gerar. Quando a bateria está praticamente carregada, o controlador alterna rapidamente a ligação entre as baterias e os módulos fotovoltaicos, ligando e desligando as baterias, mantendo a sua tensão constante (solareletric, 2018).

Os reguladores de carga MPPT conseguem funcionar com tensões diferentes entre módulos fotovoltaicos e baterias, ajustando constantemente os valores de tensão e corrente para obter o ponto de potência máxima possível nos módulos fotovoltaicos. Ou seja, se diminuir a tensão de saída dos módulos, o regulador vai aumentar proporcionalmente a corrente. Isto torna estes reguladores 20 a 30% mais eficientes. Estas vantagens têm um preço, o que torna o regulador de carga MPPT consideravelmente mais caro do que o regulador de carga PWM (phocos, 2015).

4. Legislação Portuguesa para Sistemas Solares Fotovoltaicos

Neste capítulo, proceder-se-á ao enquadramento legislativo dos sistemas solares fotovoltaicos, seguido de uma breve referência ao seu aparecimento e às alterações registadas até ao Decreto-Lei n.153 de 20 de outubro de 2014.

4.1 Enquadramento Legislativo

O Decreto-Lei n.º 189/88 de maio de 1988 veio, pela primeira vez, legislar a produção de energia elétrica em Portugal, tendo como objetivo incentivar ao recurso de fontes de energia renováveis e reduzir, deste modo, a dependência de Portugal, em termos de energia externa primária, ao mesmo tempo que permitia o aproveitamento dos resíduos industriais, agrícolas e urbanos, bem como a produção de eletricidade e calor em sistemas de cogeração.

Mais tarde, o Decreto-De-Lei n.º 68/2002 de março de 2002, com o aparecimento do Programa para a Eficiência Energética e Energias Renováveis, vem permitir a existência de uma atividade de energia elétrica em Baixa Tensão (BT) destinada essencialmente ao autoconsumo, podendo o excedente ser injetado na Rede Elétrica de Serviço Público (RESP). Contudo, a potência destinada à rede Pública não poderia ultrapassar os 150 kW e 50 % da energia elétrica produzida seria destinada ao autoconsumo ou então de terceiros para fins domésticos, comerciais, industriais ou de prestação de serviços (DL68/2002).

Deve-se reconhecer, no entanto, que se estava no início desta era tecnológica e, como tal, um investimento nesta área tornava-se demasiado dispendioso relativamente ao retorno esperado em termos de rendimento, que era, obviamente, ainda muito fraco, daí a pouca procura destas tecnologias.

Em Portugal, a energia fotovoltaica viria a registar um novo impulso com a publicação do Decreto-Lei n.º 363/2007, de 2 de novembro de 2007, que veio alterar o paradigma de distribuição de eletricidade no nosso país, com a introdução do sistema de microprodução, que permitia ao consumidor ser também produtor. Este não poderia, contudo, ultrapassar os 50% da potência contratada nem ter uma potência instalada superior a 3,68 kW, excetuando os condomínios que podiam atingir os 11,45 kW.

Com este Decreto-Lei, são introduzidos dois regimes de remuneração: o regime geral e o regime bonificado, com diferentes tarifas remuneratórias. O primeiro destinava-se à “generalidade das instalações”; o segundo era destinado, apenas, “às fontes renováveis de energia”, o que exigia a instalação de um sistema solar térmico de 2 m² de produção de Águas Quentes Sanitárias (AQS) ou caldeira a biomassa com produção anual equivalente, para além da microprodução. Caso não se realizasse nenhuma destas instalações, o preço de venda de energia seria igual ao da energia do tarifário aplicável ao “Comercializador de último recurso” (CUR).

Para o regime bonificado, a tarifa remuneratória era mais vantajosa, considerando que a tarifa de venda de eletricidade no regime geral era igual à tarifa de compra da energia aplicada pelo “Comercializador de Último Recurso” (CUR). Para os sistemas renováveis em regime bonificado, a tarifa aplicada em 2007 era de 650 €/MWh, diminuindo 5% por cada 10 MW instalado (DL363,2007).

Considerando que o Decreto-Lei anterior se destinava sobretudo aos pequenos consumidores, foi necessário criar um complemento para os grandes consumidores, o que aconteceu com a publicação do Decreto-Lei 34/2011 a 8 de Março de 2011 (que mais tarde sofreu alterações, a 19 de Fevereiro de 2013, pelo Decreto-Lei 25/2013), ficando, deste modo, abrangidos os grandes consumidores através da miniprodução, dividindo-se em três escalões: o primeiro teria de ter uma potência instalada inferior a 20 kW; o segundo teria de ter uma potência situada entre os 20 kW e 100 kW e o terceiro teria uma potência instalada entre 100 kW e 250 kW.

Segundo esta legislação, a potência de ligação da unidade teria de ser inferior a 50% da potência contratada no local e a energia consumida no local teria de ser pelo menos 50% da energia produzida, adotando os valores do ano transato como referência. A tarifa definida para as energias de microprodução era de 250 €/MWh, com uma diminuição anual de 7%. Contudo, bastava que a instalação apenas tivesse uma fonte renovável de produção de energia para se ter acesso a este regime bonificado (DL34,2011).

Como se pode observar através da tabela 4.1, entre 2008 e 2011, registou-se uma significativa adesão à micro e mini produção, o que pode ser justificado pelo alto valor da tarifa de remuneração por kWh.

Tabela 4.1 - Direção-Geral de Energia e Geologia, “Microprodução: despacho DGEG de 26 de dezembro de 2013,” pp. 2013–2014, 2013. (DGEG, 2013)

Ano	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Microgeração(€/kWh)	0,65	0,61	0,59	0,56	0,40	0,38	0,20	0,07
Minigerção(€/kWh)	-	-	-	-	0,25	0,22	0,15	0,11

Segundo a tabela 4.1, verifica-se uma descida do preço de venda do kWh ao longo dos últimos anos. Este dado, aliado à diminuição do custo dos sistemas fotovoltaicos, levou à criação de uma legislação que regulamentava o autoconsumo, pondo fim às tarifas subsidiadas e permitindo o consumo da energia produzida no local da instalação. Um novo diploma destinado às Unidades de Produção de Autoconsumo (UPAC) surge em 2014: o Decreto-Lei nº153, de 20 de outubro de 2014, que vem revogar os Decretos-Leis de 2007 e 2011. Este decreto teve uma boa adesão por parte dos consumidores, uma vez que uma tarifa bi-horária ou tri-horária seria vantajosa, tendo em conta que a energia seria produzida no período diurno, quando o preço da energia é mais elevado, o que viria a trazer vantagens relativamente aos sistemas de miniprodução e de microprodução. Além disso, foi ainda criado um regime jurídico único para as Unidade de Pequena Produção (UPP), que obriga a que toda a energia elétrica produzida

pelos recursos renováveis, seja vendida à RESP, sendo a tarifa atribuída com base num modelo de licitação, eliminando-se o regime remuneratório geral, previsto nos anteriores regimes jurídicos de miniprodução e microprodução (kinetics, 2018).

Os sistemas solares fotovoltaicos trouxeram várias soluções energéticas eficientes, melhores políticas energéticas e benefícios técnicos para a RESP, reduzindo as suas perdas, já que o sistema deve ser instalado junto ao local de consumo, bem como a otimização dos recursos endógenos.

4.2 Decreto-Lei n.º 153/2014

A 20 de Outubro de 2014, foi publicado o Decreto-Lei n.º153, que regulamenta o autoconsumo de energia elétrica com a possibilidade de ligação à RESP. Este elemento legislativo é aplicável a unidades de produção com potência instalada não superior a 1 MW, onde é estipulado o regime jurídico referente a dois tipos de unidades de produção: Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC) e Unidades de Pequena Produção (UPP). As UPAC consistem em produzir energia elétrica para autoconsumo no local da instalação, devendo, portanto, ter o sistema instalado junto do local de consumo. Esta Unidade de autoconsumo pode ser dividida em dois tipos de sistema:

- Ligados à rede (*on-grid*)
- Isolados da rede (*off-grid* ou “em ilha”).

Quanto às UPP, caracterizam-se por injetar na RESP toda a produção exercida pelos módulos fotovoltaicos, sem haver qualquer tipo de consumo (DL153,2014).

As Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC) e Unidades de Pequena Produção (UPP) são exploradas com mais detalhe nos pontos 4.3 e 4.4.

4.2.1 Controlo prévio das Unidades de Produção

Ainda segundo este Decreto-Lei, todos os consumidores têm a possibilidade de produzir a sua própria energia elétrica, impondo-se, contudo, algumas condições na instalação de uma UP, nomeadamente proceder ao registo prévio da sua unidade de produção e posterior obtenção de um certificado de exploração. Para além disso, as UPAC com ligação à RESP têm ainda de seguir um conjunto de normas consoante a sua potência instalada, nomeadamente:

- Potência não superior a 200 W – Isento de registo;
- Potência superior a 200 W e inferior a 1,5 kW – Mera Comunicação Prévia de Exploração;

- Potência igual ou superior a 1,5 kW e inferior a 1 MW – Controlo Prévio/Certificado de Exploração;
- Potência superior a 1 MW – Licença de Produção e de Exploração;

Para as UPAC “em ilha”, ou seja, sem ligação à RESP apenas é necessária uma Mera Comunicação Prévia de Exploração.

Se a potência instalada de uma UPAC ultrapassar 1 MW, é requerida uma licença de produção e a entrada em exploração, de licença de exploração.

O registo da unidade de produção é efetuado na plataforma do Sistema Eletrónico de Registo de Unidades de Produção (SERUP). Se um consumidor produzir eletricidade para autoconsumo em instalações com potência até 200 W, não há necessidade de comunicação prévia ao sistema eletrónico de registo (DL153,2014).

4.3 UPAC – Unidades de Produção para Autoconsumo

O objetivo de uma unidade de Produção para Autoconsumo é fornecer a maior parte da energia consumida, sendo uma das principais precauções a ter em conta no seu dimensionamento garantir que este se aproxime da energia consumida na instalação.

O excedente de energia produzido pode ser injetado na Rede Elétrica de Serviço Público (RESP) para venda, o que pressupõe um contrato de venda com o “Comercializador de Último Recurso” (CUR).

Pode-se calcular o valor de venda pela fórmula apresentada na equação 4.1:

$$R_{UPAC,m} = E_{fornecida} \times OMIE_m \times 0,9 \quad (4.1)$$

Onde:

$R_{UPAC,m}$ – Remuneração da EE fornecida à RESP no mês “m” em €;

$E_{fornecida,m}$ – Energia fornecida pela UPAC no mês “m” em kWh;

$OMIE,m$ – Valor resultante da média aritmética simples dos preços de fecho do Operador de Mercado Ibérico (OMIE) para Portugal (mercado diário), relativos ao mês “m”, em €/kWh;

“m” – O mês a que se refere a contagem da EE fornecida à RESP.

As características principais de uma UPAC são as seguintes:

- uma UPAC, com uma potência igual ou superior a 200 W, que não ultrapasse os 1,5 kW, apenas necessita de uma Mera Comunicação Prévia (MCP) da instalação. Se a potência ultrapassar os 1,5 kW e for inferior a 1 MW, carece de um registo prévio detalhado e da aquisição do respetivo certificado de exploração;
- a potência de ligação terá de ser igual ou inferior à potência contratada e a potência instalada não poderá ser duas vezes superior à potência de ligação à RESP;
- numa UPAC com uma potência superior a 1,5 kW é obrigatória a instalação de um contador de energia elétrica, equipado com *modem* GSM para emitir as leituras remotamente. A ficha técnica de um dos contadores utilizados na empresa pode ser consultada no anexo G.

Hoje em dia, os produtores em regime de UPAC não pagam a taxa de compensação mensal, valor que apenas surtirá efeito quando a potência instalada em UPAC atingir 1% da potência instalada do Sistema Elétrico Nacional (SEN). O Decreto-Lei n.º 153/2014 não prevê para já qualquer quota anual para este tipo de produção.

É obrigatório que todas as instalações tenham um seguro de responsabilidade civil, estando, por isso, sujeitas a inspeções periódicas, com o intuito de verificar se a potência instalada corresponde à que foi declarada no momento do registo. Estas inspeções realizam-se de dez em dez anos para potências entre 1,5 kW a 1 MW e de seis em seis anos para as restantes. Na Figura 4.1 está representado um esquema de uma UPAC com uma potência instalada igual ou inferior a 1,5 kW. A produção de energia é gerada nos módulos fotovoltaicos (número 1), sendo convertida de corrente contínua para corrente alternada no inversor (número 2), fazendo a contagem da produção de energia na UPAC através do contador UPAC (número 3) e, finalmente, a comunicação no contador bidirecional de energia (número 4) produzida pelo sistema e da energia consumida da RESP.

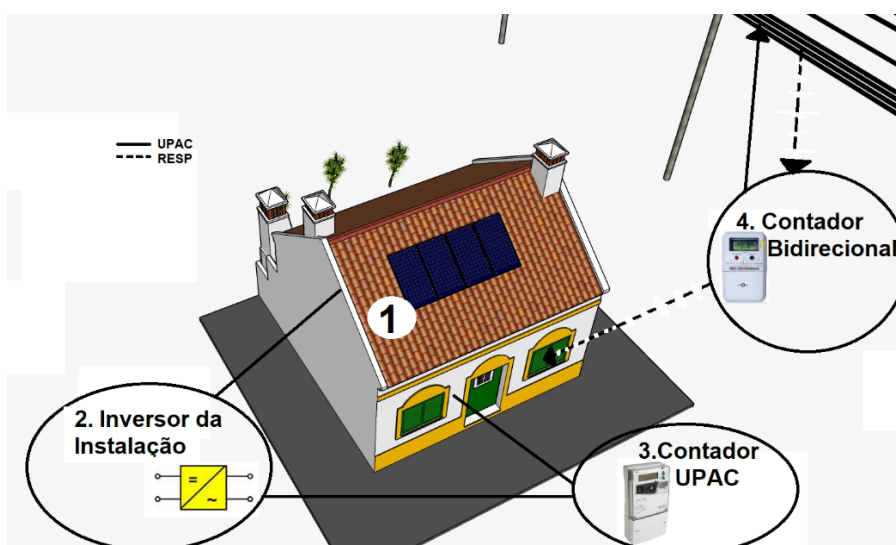


Figura 4.1 – Representação de um esquema de uma UPAC

4.4 UPP – Unidade de Pequena Produção

Uma Unidade de Pequena Produção é caracterizada por possuir uma potência instalada menor ou igual a 250 kW, não podendo esta ser superior a 100% do valor da potência contratada localmente. Por outro lado, a energia consumida no local da instalação da UPP tem de ser igual ou superior a 50% da energia produzida na respetiva unidade e a totalidade da energia produzida terá de ser obrigatoriamente injetada na RESP.

A potência de ligação total nacional possui a cada ano civil uma quota anual máxima de 20 MW (Pinto, 2015).

Dentro do regime remuneratório das UPP, pode-se dividi-las em três categorias:

- Categoria I – Instalação apenas de UPP – Tarifa 0,0949 €/kWh;
- Categoria II – Instalação de uma UPP, bem como a instalação de uma tomada elétrica para carregamento de veículos elétricos – Tarifa 0,1049 €/kWh;
- Categoria III – Instalação de uma UPP, bem como a instalação de coletores com o mínimo de 2 m² ou caldeira de biomassa com produção anual térmica equivalente – 0,0990 €/kWh [18].

Na Figura 4.2 está representado um esquema de uma UPP.

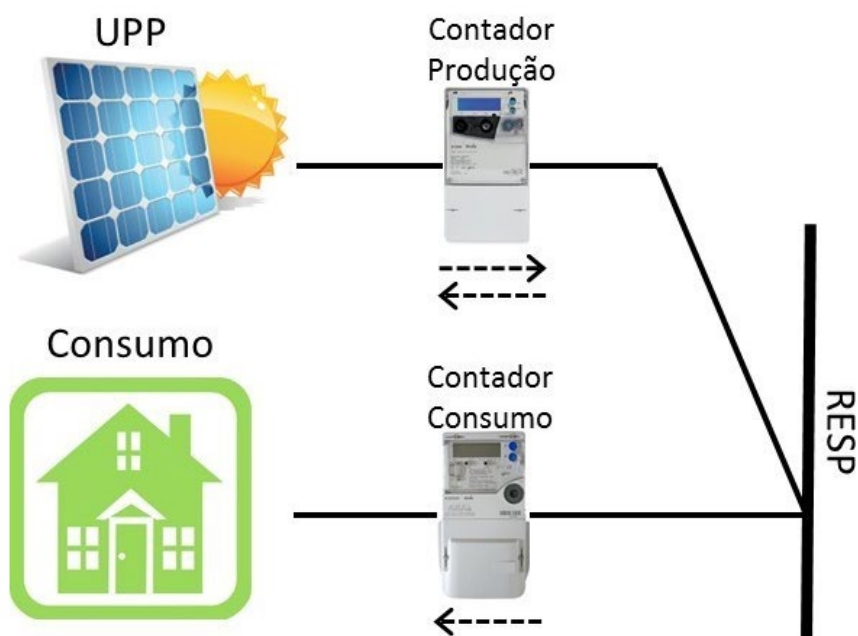


Figura 4.2 – Representação de um esquema de uma UPP (edpdistribuicao, 2018)

4.5 SERUP – Sistema Eletrónico de Registo de Unidades de Produção

O acesso à plataforma SERUP é feito no *website* da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), entidade responsável pela fiscalização das unidades de produção. Este organismo desempenha as seguintes funções: aprovação dos pedidos de registo, autorização da instalação, realização da inspeção, emissão do certificado de exploração e, ainda, quando requerido, apoia a celebração do contrato de venda com o “Consumidor de Último Recurso”.

No SERUP os registos encontram-se divididos em três categorias: MCP (Mera Comunicação Prévia), UPAC (Unidade de Produção para Autoconsumo) e UPP (Unidade de Pequena Produção). Todas elas poderão estar ligadas à RESP.

O licenciamento de uma UPAC com uma potência instalada, superior a 1,5 kW tem de obedecer aos seguintes passos:

1. registo do produtor e da UPAC;
2. pagamento da taxa de exploração, oscilando o valor das taxas entre 30 € a 750 € para instalações ligadas à RESP e 70 € a 500 € para instalação com injeção zero na rede;
3. aceitação do pedido por parte da DGEG;
4. instalação da unidade de produção (efetuada por uma entidade instaladora, com alvará de atividade no setor e um técnico responsável do setor da energia, devendo a empresa instaladora prestar todo o apoio no processo ao produtor);
5. pedido de inspeção e realização da mesma;
6. emissão do certificado de exploração caso a UPAC não necessite de reinspeção;
7. celebração do contrato de venda com o CUR, caso se aplique;
8. entrada em funcionamento da UPAC.

O mesmo se passa com as UPP, embora, neste caso, após o pagamento da taxa de exploração, o produtor esteja sujeito ao leilão de atribuição de potência e tarifa remuneratória correspondente (DGEG, 2018 b).

5. Descrição do processo para a aquisição de um sistema fotovoltaico

Existem diversas formas de entrar em contacto com a SunEnergy®, seja por *email*, telefone, visita às instalações, etc.

Dependendo do tipo de serviço pretendido pelo cliente, há uma variada gama de soluções adaptáveis para poder providenciar ao cliente o serviço mais adequado às suas necessidades. Contudo, as soluções mais solicitadas para o consumidor residencial comum tendiam a passar pela instalação de 4 a 6 painéis. Esta procura originou a criação de *kits* de autoconsumo para instalações monofásicas e trifásicas, com e sem baterias.

Na Figura 5.1, verifica-se um exemplo de um dos *kits* disponibilizados no *site* da SunEnergy®, para um autoconsumo sem baterias monofásico. Estes valores são para condições padrão, neste caso, considerando uma estrutura de suporte e fixação para telhado inclinado, pelo que os valores poderão variar ligeiramente consoante o tipo de instalação pretendida.

Kits de Autoconsumo Sunenergy		500W (2 painéis)	750W (3 painéis)	1000W (4 painéis)	1250W (5 painéis)	1500W (6 painéis)
PVP (IVA Incluído)		1,100.00€	1,500.00€	1,850.00€	2,150.00€	2,450.00€
Poupança estimada (anual)	Porto	188€	282€	376€	470€	564€
	Coimbra	190€	285€	379€	475€	570€
	Lisboa	197€	296€	394€	493€	592€
	Faro	214€	321€	428€	535€	642€

NOTAS:

PVP sujeito a alteração após análise da informação recolhida e eventual visita técnica

Oferta da garantia da instalação de 2 + 3 anos no valor de 150€.

Figura 5.1 – Kits de Autoconsumo Sunenergy para uma instalação monofásica (Sunenergy, 2018)

Todos os preços apresentados (preços de *kits* e todos os pedidos de cotação respondidos) são preços “chave na mão”, pelo que já inclui o preço de todos os equipamentos (como os módulos, inversores, cabos, quadros e acessórios), montagem e transporte incluídos no valor final da proposta. Todos os pedidos de cotação são avaliados individualmente e cotados consoante as condições e necessidades do utilizador. Os preços dos *kits* servem apenas como referência.

Esta descrição visa demonstrar o processo desde o primeiro contacto por parte do consumidor até ele se tornar cliente da empresa.

Visto que a opção do *kit* de 6 módulos é bastante solicitada, será apresentada essa solução como exemplo de um cliente que decidiu adquirir uma solução de autoconsumo de 6 módulos fotovoltaicos.

5.1 Contacto com o cliente

Como foi referido no início do capítulo 5, existem várias formas de contactar os serviços da empresa SunEnergy®. Um dos métodos mais comuns consiste no pedido de informações através de *email* que, dependendo do serviço desejado, será encaminhado para o departamento mais indicado.

Após ser atribuído o contacto a um dos vários funcionários da empresa, este entrará em contacto com o consumidor onde tentará obter várias informações relativas à instalação, a saber:

- Tipo de telhado - é importante saber o tipo de telha para adequar a melhor solução à instalação, visto que o custo de instalação irá variar consoante o tipo de telhado. Por exemplo, um telhado com inclinação e orientação a sul, por norma, necessitará de uma simples estrutura (se tiver condições para tal), onde serão colocados posteriormente os painéis. Se o telhado for plano terá um custo superior, tendo em conta que necessitará de mais componentes para dar a inclinação e orientação desejada aos módulos fotovoltaicos;
- Estrutura de suporte do telhado – esta componente revela-se fundamental para a instalação dos módulos fotovoltaicos. Uma boa estrutura de suporte do telhado, que permita bons pontos de fixação da estrutura a instalar para os módulos fotovoltaicos ajudará a reduzir bastante o risco de danos no sistema. Se a estrutura dos painéis for instalada numa estrutura de suporte do telhado instável, esta poderá danificar componentes essenciais do sistema, ou mesmo colapsar/desabar;
- Tipo de Instalação Monofásica ou Trifásica – Componente fundamental no dimensionamento do sistema, principalmente no que respeita à escolha do inversor;
- Obtenção de uma cópia de faturas de energia elétrica recentes – A obtenção de uma ou mais faturas de energia elétrica recentes permite analisar os consumos e perfis de consumo do utilizador. Esta análise permite ter uma maior noção do sistema a dimensionar;
- Perceber período dos consumos – É fundamental perceber o período dos consumos numa habitação. Apesar da fatura de energia elétrica permitir um maior discernimento dos consumos do utilizador, se este apenas tiver consumo no período noturno, não faria sentido a aquisição de módulos fotovoltaicos, tendo em conta que produzem durante o dia (a menos que se opte por uma solução com baterias, armazenando a energia no período diurno, para ser usada no período noturno). Nestes casos, recomenda-se que haja uma alocação de cargas para o período diurno (equipamentos com um consumo elevado, como máquinas de lavar ou bombas de água), de forma a justificar a instalação dos módulos fotovoltaicos para conseguir suportar parte do consumo do utilizador.

5.2 Visita ao local da instalação

Após a recolha dos dados fornecidos pelo utilizador, segue-se uma visita ao local da possível instalação dos módulos fotovoltaicos. Este contacto, além de aproximar a empresa e o potencial cliente (que associa assim “um rosto” ao serviço que pretende adquirir), serve para verificar se efetivamente existem condições para a instalação de módulos fotovoltaicos. Devem ainda ser confirmados alguns dados fornecidos (como o tipo de telha e a estrutura de suporte) e procurar pontos de injeção (por norma o quadro geral ou um quadro parcial) para ver o que será necessário perfurar para realizar as várias ligações que terão de ser feitas, estimar o comprimento necessário dos cabos, confirmar o tipo de instalação (monofásica/trifásica), etc.

Existe ainda um formulário a preencher quando é realizada uma visita ao local, onde se registam alguns dados importantes para a proposta final, como a morada do contacto, tipo de montagem dos módulos, desvio face ao sul, inclinação do telhado, sombreamento, entre outros. Esse formulário pode ser observado na Figura 5.2.

FORMULÁRIO PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO

1. DADOS DO CLIENTE

Nome:

Endereço de email: Telefone:

2. DADOS DA PROPOSTA

Referência da Proposta: Data:

Executivo comercial:

3. DADOS DO LOCAL DA INSTALAÇÃO

Morada:

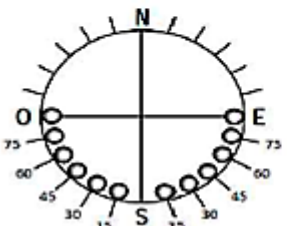
Localidade: Concelho:

4. TIPO DE MONTAGEM DOS MÓDULOS:

COBERTURA PLANA SEGUIDOR SOLAR OUTRA

TELHADO INCLINADO FACHADA

4.1 MONTAGEM DOS MÓDULOS NA COBERTURA



Inclinação cobertura: graus.

Desvio face ao Sul: graus.

Sombreamento:

Largura Útil da cobertura: m

Profundidade Útil da cobertura: m

Distância Solo/Módulos: m

Tipo de cobertura: (Deve indicar o tipo de telha/ material da cobertura e uma fotografia elucidativa das características da cobertura)

4.2 INSTALAÇÃO E MONTAGEM

Cópias das facturas relativas ao consumo eléctrico (pelo menos um ano): Sim Não

Distância entre os módulos fotovoltaicos e o inversor:

Distância entre o inversor e o contador:

Acessibilidade ao local de instalação:

Existência de Posto de Transformação: Sim Não

Existência plano de redução e racionalização de energia ou certificado energético: Sim Não

Obs.:

(Perspectiva do cliente em relação ao custos/rentabilidade do investimento)

Figura 5.2 – Formulário para dimensionamento de sistema de autoconsumo fotovoltaico

Após análise da instalação, o técnico deverá possuir um conjunto de elementos que permitam elaborar um orçamento detalhado ao cliente.

5.3 Elaboração da proposta

Com os dados recolhidos, procede-se então à elaboração do pedido de cotação por parte do utilizador.

Para facilitar a elaboração de propostas para os clientes, foram criadas várias fichas de elementos onde é possível adaptar o tipo de instalação às necessidades do cliente. Neste caso de estudo, será demonstrado um *kit* de autoconsumo para 6 módulos fotovoltaicos, como tal, a ficha de elementos escolhida para a proposta será a de um autoconsumo direcionado para clientes.

5.3.1 Ficha de elementos e proposta orçamental - Capa

Após recolhidas as várias informações, estas vão ser inseridas na ficha de elementos.

Aqui, são preenchidas várias informações como o número da proposta do cliente, o nome e morada do mesmo, o tipo de instalação e potência contratada, bem como o seu consumo anual. A capa apresentada na proposta ao cliente está representada na Figura 5.3.

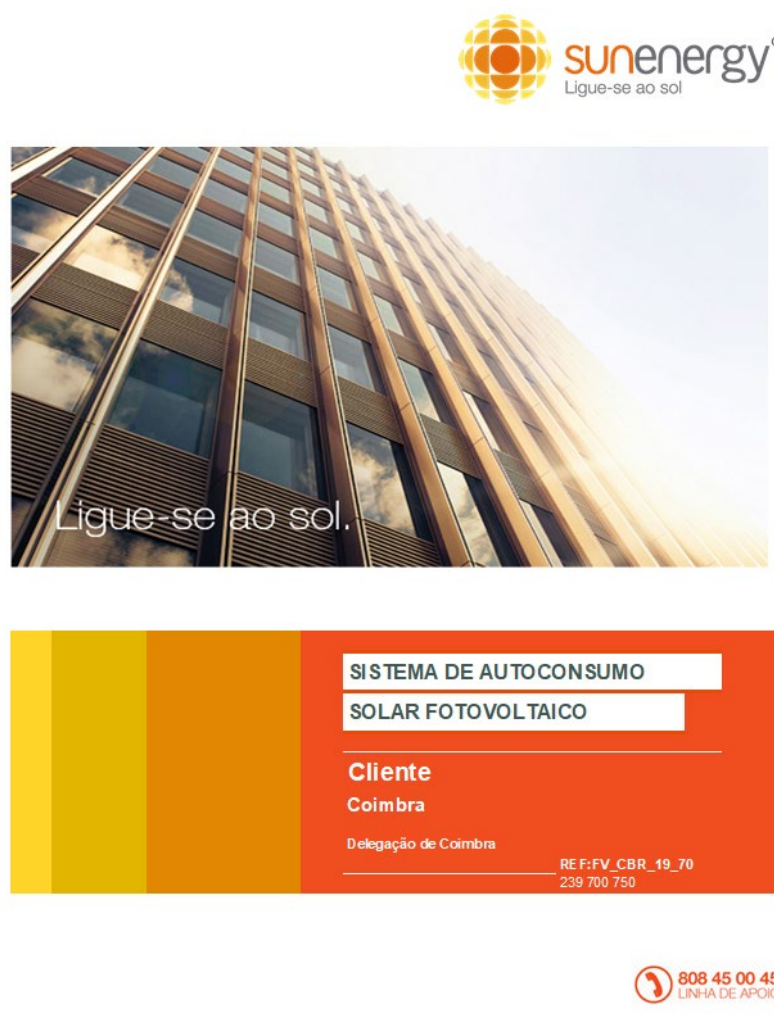


Figura 5.3 – Capa tipo da proposta apresentada ao cliente.

5.3.2 Dados da instalação e dados económicos

De seguida, são escolhidos os módulos fotovoltaicos a instalar. A escolha destes varia consoante os preços dos vários fornecedores ou com o *stock* disponível na altura. Todos os painéis utilizados são módulos de referência *Tier 1*, com créditos firmados na indústria há vários anos.

Como este caso de estudo se foca na venda de um *kit* de autoconsumo de seis módulos fotovoltaicos, proceder-se-á ao preenchimento de toda a informação respeitante aos equipamentos destinados à instalação, de forma a garantir o bom funcionamento do sistema.

Assim, como principais dados inseridos, os mais relevantes são os módulos fotovoltaicos, inversor(es), tipo de telhado, baterias (se for o caso) e respetivas garantias de *performance*, garantia dos módulos fotovoltaicos e inversores, orientação (desvio face ao sul), inclinação da instalação, consumo real anual, tipo de tarifa, potência contratada, se a instalação é monofásica ou trifásica e os respetivos custos (custo do Watt-pico (Wp), custo dos equipamentos e instalação). Após decidido o valor final da tarifa, podemos verificar o tempo de retorno que o sistema trará.

Na Figura 5.4, podemos verificar uma das páginas com a informação apresentada ao cliente na proposta orçamental, relativamente aos dados da instalação e aos dados económicos. Esta informação refere a potência nominal (ou de ligação) e de pico (ou instalada) do projeto, o valor final com IVA, preço do Watt-pico instalado e da tarifa de consumo, poupanças previstas e o retorno do investimento esperado.

DADOS DA INSTALAÇÃO	
NOME DO PROJETO	Cliente
LOCALIZAÇÃO	Coimbra
POTÊNCIA NOMINAL DO PROJETO	1 500 W
POTÊNCIA PICO DO PROJETO	1 620 Wp

DADOS ECONÓMICOS	
PREÇO FINAL (IVA incluído)	2 450.00 €
PREÇO wp INSTALADO	1.51 €
TARIFA DE CONSUMO (Ano 1)*	0.2032 €
POUPANÇA PREVISTA (Ano 1)	492.99 €
POUPANÇA PREVISTA 25 ANOS	17 973.00 €
RETORNO DO INVESTIMENTO	cinco anos

Figura 5.4 – Dados da instalação, económicos

Outra das informações presentes nesta proposta consta de um resumo dos principais equipamentos a instalar, podendo este ser observado na Figura 5.5. Neste resumo, constam seis módulos Jinko de 270 Wp, um inversor Solax com 1 MPPT de 1500 W, a estrutura da marca K2, um sistema de monitorização Efergy (para medir a produção dos módulos fotovoltaicos), entre outros componentes.

SISTEMA DE AUTOCONSUMO SUNENERGY	
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	6 módulos Jinko JKM 270P-60 270W
INVERSORES	1 Solax mini 1.5
ESTRUTURA	para telhado inclinado k2 systems
CONTAGEM	Não aplicável
MONITORIZAÇÃO	Efergy
CAIXAS E PROTECÇÕES	Caixa de corte AC com disjuntor diferencial
CABOS E ACESSÓRIOS	Cabo AC, cabo DC, fio de terra e ligadores diversos (machos e fêmeas)
DIVERSOS	Sinalética para a instalação, parafusos, buchas, etc.
OBRA CIVIL	A definir com o cliente.
BATERIAS	Não aplicável

Figura 5.5 – Dados com os componentes a utilizar na instalação.

5.3.3 Produção estimada e retorno

É ainda gerado um gráfico com os dados introduzidos com a produção elétrica prevista para a instalação. Neste gráfico foi considerado que o gerador fotovoltaico funcionará 1791 horas de Sol Pico por ano. O gráfico está representado na Figura 5.6.

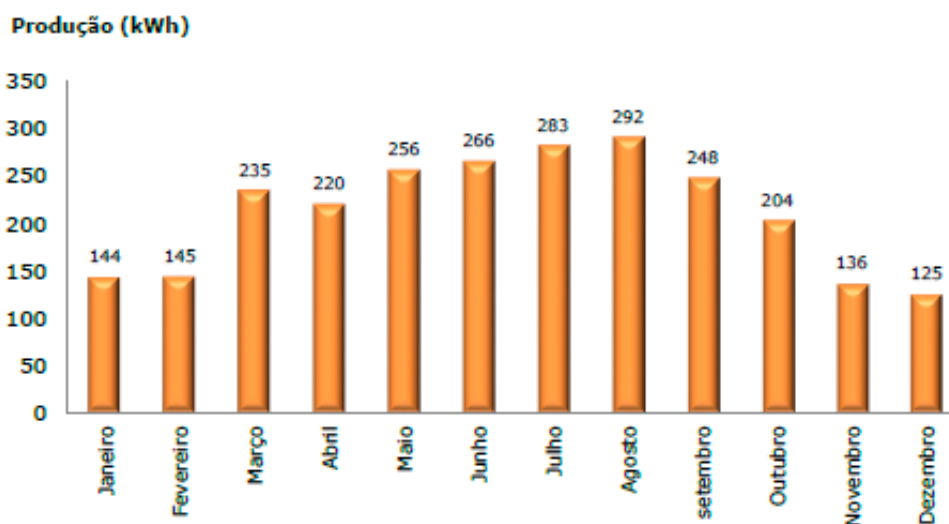


Figura 5.6 – Produção elétrica estimada (em kWh) segundo os dados de radiação solar.

Para o cliente ter uma melhor percepção da sua poupança, são ainda apresentados alguns dados relativamente à produção estimada e autoconsumo (Figura 5.7), um gráfico anual do retorno estimado (Figura 5.8) e dois gráficos que representam a estimativa de retorno anual e poupança da instalação em 25 anos (Figura 5.9).

Potência Pico projectada (Wp)	1620
Rendimento (<i>Performance Ratio</i>)	0.88
Produção anual estimada (kWh)	2 553.85
Ratio autoconsumo/consumo total	43.9%
Autoconsumo anual estimado (kWh)	2 426.16

Figura 5.7 – Produção elétrica estimada

Na Figura 5.7, são apresentados vários dados relativamente à instalação e desempenho esperados. A Potência Pico projetada (em Wp) traduz-se no valor da potência de pico que o sistema poderá atingir. Neste caso, como são propostos seis módulos fotovoltaicos de 270 Wp, a potência total será a soma dos seis, ou seja, 1620 Wp.

O Rendimento (ou *Performance Ratio*) trata-se de um coeficiente que permite calcular a produção de eletricidade. Nele, são consideradas as várias perdas energéticas que advêm do processo de transformação de energia solar em energia elétrica, perdas essas afetas ao inversor e cablagem do sistema. O somatório de todas essas perdas é então designado por *Performance Ratio*. Nesta proposta, o *Performance Ratio* foi de 88%. É ainda apresentada a produção anual estimada, o rácio de autoconsumo sobre o consumo total e o consumo anual estimado. Com estes dados será gerado o gráfico apresentado na Figura 5.8.

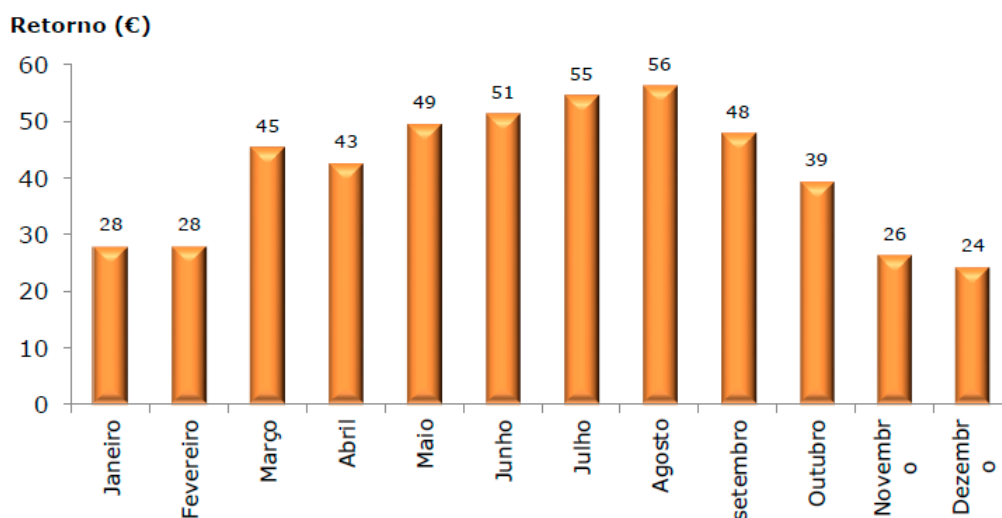


Figura 5.8 – Estimativa mensal de poupança da instalação no 1º ano

O gráfico representado na Figura 5.8 apresenta a poupança esperada para uma produção normal ao longo do ano. Contudo, há sempre diversos fatores que podem afetar esta estimativa, como as possíveis condições climáticas adversas, inflação, etc.

O valor esperado de poupança no primeiro ano desta instalação é de 492,99 € / ano.

Na Figura 5.9, são apresentados dois gráficos. No primeiro, está representada a estimativa de retorno anual da instalação em 25 anos, observando-se o ponto de *payback* do sistema à entrada do 5º ano. No segundo gráfico, esta curva representa a estimativa de poupança total acumulada ao fim de 25 anos.

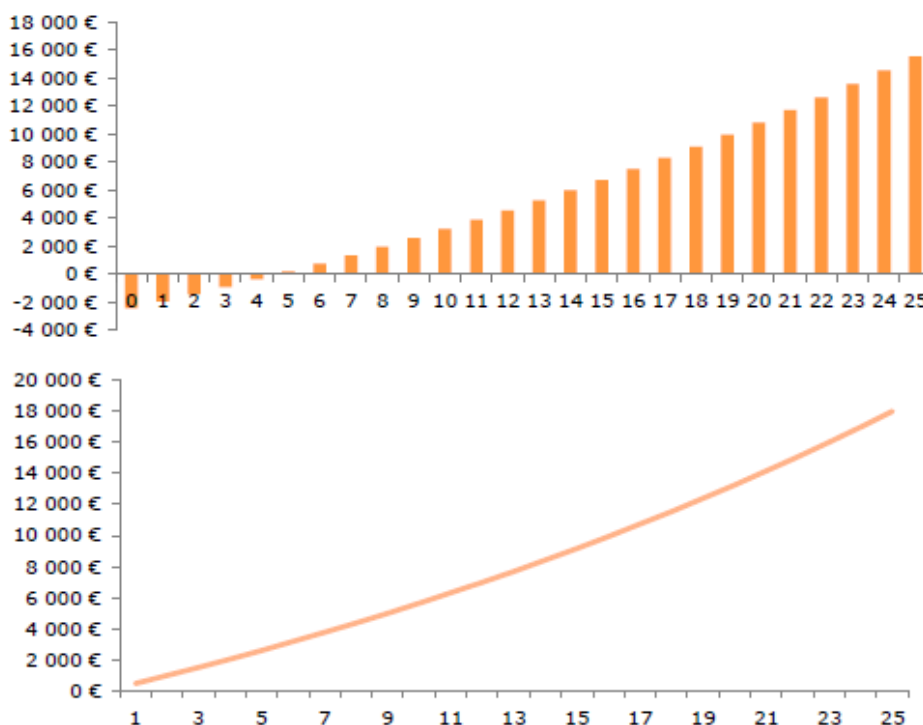


Figura 5.9 – Estimativa do retorno da instalação e total de poupança em 25 anos

5.3.4 Finalização da proposta

Por fim, é apresentado na proposta o valor final do sistema, como está representado na Figura 5.10.

PREÇO LÍQUIDO DO SIST. FOTOVOLTAICO (S/ IVA)	1 991.87 €
PREÇO FINAL DO SIST. FOTOVOLTAICO (C/23% IVA)	2 450.00 €

Figura 5.10 – Preços finais da proposta com e sem IVA.

Todas as propostas apresentadas na SunEnergy® são assinadas obrigatoriamente pelas pessoas competentes, sendo necessário assinaturas para a Revisão, Verificação e Validação do documento, antes de poder ser entregue ao cliente.

Após o cliente ter em sua posse a proposta, cabe-lhe decidir se avança ou não com a instalação do sistema.

Em caso afirmativo, é então assinado um contrato entre cliente e empresa, com todas as responsabilidades de parte a parte. Esse contrato pode ser consultado no anexo H.

Depois de assinado o contrato, o cliente possui várias formas de pagamento, sendo que, por norma, se opta por pagar 50% do valor final quando o projeto é adjudicado e os restantes 50% no fim do sistema estar concluído e a funcionar.

Após a conclusão deste processo, dá-se o registo do produtor e da instalação através do SERUP, na plataforma da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), sendo este procedimento necessário para solicitar as credencias que possibilitam o acesso à entrada na plataforma, onde se preenche um formulário com todos os dados relativos à instalação. Como se trata de uma instalação com uma potência nominal de 1500W, apenas será necessária uma mera comunicação prévia. Contudo, caso se pretenda vender o excedente de energia à rede elétrica, será necessário adquirir um contador de produção, proceder ao registo da UPAC, pagar a taxa estipulada e adquirir um certificado de exploração.

A Figura 5.11 representa o formulário a ser preenchido no *site* da DGEG para registar o produtor.

O formulário contém os seguintes campos:

- Nome / Denominação Social *
- NIF / NIPC *
- N.º CC ou EI e Data Emissão CC ou BI (com botão de calendário)
- Certidão de Registo Comercial (com botão "Procurar...")
- OU
- Código de Acesso
- Morada *
- Código Postal *
- E-mail *
- Telefone *

Um botão "Enviar" está localizado na base esquerda do formulário.

Figura 5.11 - Formulário do registo dos dados do produtor e da instalação para pedido de credenciais (DGEG, 2018 b).

Com este registo, serão enviadas as credenciais de acesso à entrada na plataforma para o *email* escolhido e com esses dados será possível preencher um novo formulário com as indicações necessárias relativamente à instalação.

As Figuras 5.12 e 5.13 representam as informações a preencher, após entrar no *site* com as credenciais recebidas.

Registo UPP | **Registo UPAC** | Mera comunicação prévia

Novo Registo UPAC
 Novo | Gravar | Imprimir | Vista | Refrescar

Nenhum registo na base de dados.

Registos UPAC registados
 Editar | Gravar | Pesquisar | Imprimir | Vista | Refrescar

N.º Pedido UPAC: Estado: **Recebido**

Data Submissão: Hora Submissão:

Pessoa de Contacto *

Telemóvel *

Pretende injetar energia na rede * Sim Não

Instalação de utilização ligada à rede * Sim Não

Potência Contratada * (kW / kVA)

Fonte primária:

Solar * Sim Não

Hídrica * Sim Não

Eólica * Sim Não

Biomassa * Sim Não

Biogás * Sim Não

Não Renovável * Sim Não

Pretende transacionar Garantias de Origem * Sim Não

Figura 5.12 - Formulário do registo dos dados a preencher no Registo UPAC (DGEG, 2018 b).

Caracterização da Unidade de Produção Autoconsumo | Caracterização da Instalação de utilização da UPAC

Pretende injetar energia na rede Sim Não

Potência Instalada (kW)

Potência Instalada * (kVA)

Fonte primária:

Solar * Sim Não (kW)

Hídrica * Sim Não (kW)

Eólica * Sim Não (kW)

Biomassa * Sim Não (kW)

Biogás * Sim Não (kW)

Não Renovável * Sim Não (kW)

Tipo de Tecnologia *

Morada da Unidade de Produção *

Código Postal * -

Informações complementares
 Produtor sujeito ao regime jurídico da contratação pública (nos termos do n.º 2 do art.º 15.º do DL 153/2014) ou sujeito a procedimentos especiais de que dependa a construção e exploração da UP, nomeadamente, quando a fonte a utilizar sejam recursos hídricos (nos termos do n.º 2 do art.º 15.º do DL 153/2014) ou em que a UP esteja localizada nas regiões autónomas dos Açores ou Madeira (nos termos do n.º 2 do art.º 15.º do DL 153/2014) *
 Sim Não

Localização da Unidade de Produção Autoconsumo *
 Continente Região Autónoma da Madeira Região Autónoma dos Açores

Figura 5.13 - Formulário da caracterização da UPAC (DGEG, 2018 b).

A Figura 5.14 representa a secção da caracterização da instalação de utilização da UPAC, onde estão representados os campos de *email* de registo, nome da instalação, NIF/NIPC, se possui uma ligação à rede, os níveis de tensão de alimentação e de contagem, bem como a potência contratada, comercializador e código de ponto de entrega.

The image shows a web form titled 'Caracterização da Instalação de utilização da UPAC'. The form contains the following fields and options:

- E-mail:** info@sunenergy.pt
- Nome / Denominação Social *:** [Redacted]
- NIF / NIPC *:** [Redacted]
- Instalação de utilização ligada à rede *:** Sim Não
- Nível de tensão de alimentação *:** MT
- Nível de tensão de contagem *:** BT
- Potência Contratada *:** [Redacted] (kW / kVA)
- Comercializador *:** Iberdrola Generación – E
- Código de Ponto de Entrega (CPE) *:** PT

Figura 5.14 - Formulário da caracterização da Instalação de utilização da UPAC (DGEG, 2018 b).

Findo o preenchimento do formulário, são pagas as taxas, segundo as indicações fornecidas pelo SERUP, sendo estas posteriormente validadas pela DGEG. Após validação das mesmas, para potências instaladas superiores a 1500 W, solicita-se o pedido de inspeção com base no registo submetido. Seguidamente, serão enviados o Termo de Responsabilidade e Ficha de Identificação da Instalação Elétrica a fim de se poder realizar a instalação do sistema no local. Por fim, certifica-se a Unidade de Produção, através do respetivo certificado de exploração, realizado entre o produtor e o comercializador de eletricidade.

A SunEnergy® responsabiliza-se por todo o processo de registo da instalação no portal do SERUP da DGEG.

Este capítulo visa demonstrar um pouco do processo e da experiência que o cliente tem desde o primeiro contacto até ao momento final da instalação do sistema.

As pessoas envolvidas em cada projeto, seja ele um *kit* de autoconsumo ou um projeto de centenas de kilowatts, visam dar toda a informação e acompanhamento ao potencial cliente, preocupando-se em informá-lo do estado do processo e elaborar uma proposta final muito bem estruturada.

6. Caso de Estudo – Biocant

Neste capítulo, será apresentado o caso de estudo do sistema fotovoltaico proposto para as instalações do Parque Tecnológico de Cantanhede - Biocant.

O motivo pelo qual foi escolhido o projeto do Biocant deve-se à sua complexidade e necessidade de priorizar os vários pormenores adjacentes à sua elaboração, sendo um projeto bastante interessante pela forma como levou à pesquisa de informação, de modo a poder oferecer a melhor solução possível ao cliente. Este estudo consiste em analisar os consumos da instalação, os *software* utilizados, as configurações propostas e os equipamentos a utilizar.

Tendo em conta que são cinco edifícios no total, apenas irão ser analisados mais detalhadamente, neste capítulo, dois dos edifícios, neste caso, o edifício Biotech nos pontos 6.2 e 6.3 (onde serão analisados os cálculos para a escolha do número de módulos e inversores, bem como as respetivas configurações) e o edifício PME, nos pontos 6.4 e 6.5 (cujo estudo incidirá predominantemente no uso dos *software SketchUp®* e o *PV*SOL premium*). Apesar de alguns dados fazerem referência à totalidade dos edifícios, os dados mais detalhados referentes a outros edifícios serão apresentados no anexo A.

6.1 Enquadramento

O projeto Biocant foi um dos vários projetos desenvolvidos durante o estágio, possuindo particular interesse por ser o único parque de biotecnologia em Portugal. Existem várias empresas sediadas no parque, representando cerca de 40% do total nacional de empresas de Biotecnologia, destacando-se a Criolestaminal, S.A - Criopreservação de Células Estaminais do Sangue do Cordão Umbilical - e a *Stab Vida* - empresa responsável pela sequenciação do primeiro genoma em Portugal (biocant, 2018).

Para elaborar este estudo de caso, foram usadas várias ferramentas, particularmente os *software SketchUp®* e o *PV*SOL premium*, que permitiram não só apresentar uma versão realista dos sistemas a instalar, como obter vários dados essenciais para a execução deste tipo de projeto.

O Biocant, sendo o primeiro parque de biotecnologia em Portugal, despertou desde logo o interesse da *SunEnergy®* em garantir a sua parceria, pelo que este estudo visa documentar todo o processo de desenvolvimento e análise, até à proposta final para garantir que o processo se concretize.

Este parque é constituído por cinco edifícios, nomeadamente o Biotech, PME, Biocant I, Biocant III e ABAP.

Devido ao elevado consumo global de todos os edifícios, houve a necessidade de o Biocant apostar na instalação de sistemas fotovoltaicos, pelo que a proposta contempla a instalação de painéis fotovoltaicos em todos os edifícios. Toda a proposta vai de encontro ao Decreto-Lei nº 153/2014 de 20 de outubro.

Assim, procedeu-se a uma análise e estudo do local onde se pretendia instalar o sistema fotovoltaico, com a maior exatidão possível, de forma a promover o melhor funcionamento do sistema, de forma a que a solução apresentada fosse a melhor não só a nível técnico, mas também a nível económico.

Deste modo, foi necessário fazer uma visita ao local, com o objetivo de avaliar quais as melhores áreas para instalar os painéis, para que a solução apresentada não ficasse limitada por questões de espaço ou sombreamento e se pudesse extrair o maior rendimento possível dos vários sistemas apresentados.

6.2 Análise de Consumos e escolha de módulos fotovoltaicos e inversores

A melhor forma de começar a projetar um sistema desta dimensão é pela análise de consumos da instalação, através de faturas ou de dados de consumo existentes. Esta análise permite-nos perceber o perfil de consumo da instalação, o que levará à escolha dos melhores equipamentos a utilizar.

Neste caso, como o Biocant possui cinco edifícios, foi necessário realizar um estudo individual para cada um deles (tabela 6.1).

Tabela 6.1 - Consumo Total Anual dos edifícios do Biocant

Edifício	Consumo total anual
Biotech	1 357 068 kWh
PME	311 244 kWh
Biocant I	165 684 kWh
Biocant III	496 464 kWh
ABAP	108 060 kWh

Estes consumos totais anuais são uma estimativa baseada nas várias faturas disponibilizadas pelo Biocant. Desta forma, após verificar o consumo base estimado para cada edifício, foi possível efetuar os cálculos necessários para dimensionar as propostas a partir desse valor.

Por exemplo, no edifício Biotech, foi indicado que a sua base de consumos seria de 75 kW. Como tal, foi escolhida uma potência nominal para a instalação de 81 kW, tendo sido sugeridos três inversores trifásicos *Fronius 27.0-3-S* (Anexo D), cada um de 27 kW e com uma entrada MPPT. Nesta situação, a potência nominal será um pouco superior aos 75 kW, ficando com uma potência nominal de 81 kW, de forma a consolidar o investimento, esperando que toda a produção seja absorvida. Ou seja, visto que é praticamente impossível que os painéis estejam a produzir sempre a 100%, deve-se sobredimensionar um pouco o sistema de forma a que este possa compensar o consumo atual da instalação.

Escolhidos os inversores, são, de seguida, selecionados os módulos fotovoltaicos. Neste caso, optou-se pelos módulos da *CanadianSolar KuPower CS3K-295P* (Anexo B), com uma potência nominal de 295 Wp, utilizando a tecnologia *Half-cut cell*, que lhe permite possuir o dobro das células dos painéis convencionais, neste caso, 120 células (2x(10x6)), com dez anos de garantia. Como foi evidenciado no ponto 3.4.4, do capítulo 3, a *CanadianSolar* é atualmente uma das principais marcas de referência a nível mundial, ocupando o primeiro lugar do ranking da *Bloomberg*. Os módulos *CanadianSolar KuPower CS3K-295P* foram propostos para todos os edifícios.

Relativamente aos restantes edifícios, usaram-se ainda os inversores Fronius Symo 15.0-3-M, Fronius Symo 17.5-3-M e Fronius Symo 20.2-3-M.

A configuração proposta, por edifício, está representada na tabela 6.2, referindo-se ao edifício em questão, bem como o número de painéis utilizados, a sua potência de pico em kWp, a sua potência nominal em kW e o inversor utilizado.

Tabela 6.2 - Descrição da configuração dos equipamentos a utilizar nos edifícios do Biocant.

Edifício	Nº de painéis de 295 Wp	Potência de pico	Potência Nominal	Inversor(es) utilizado(s)
Biotech	345	101,755 kWp	81 kW	3 x Fronius Eco 27.0-3-S
PME	62	18,29 kWp	15 kW	1 x Fronius Symo 15.0-3-M
Biocant I	168	49,65 kWp	40 kW	2 x Fronius Symo 20.2-3-M
Biocant III	72	21,24 kWp	17.5 kW	1 x Fronius Symo 17.5-3-M
ABAP	168	49,56 kWp	40 kW	2 x Fronius Symo 20.2-3-M
Total	744	240,495 kWp	193,5 kW	

Todos os inversores e módulos referidos foram selecionados não só por serem marcas com nome no mercado, mas também por serem marcas que a empresa usa bastante e com as quais está habituada a trabalhar, tanto ao nível de montagem como de suporte, revelando-se opções seguras e de qualidade. A estes fatores, podem-se acrescentar ainda as excelentes relações que a empresa mantém com os fornecedores do material mencionado. Na Figura 6.1, está representado um esboço realizado em *SketchUp*® com os vários edifícios estudados nas áreas propostas.

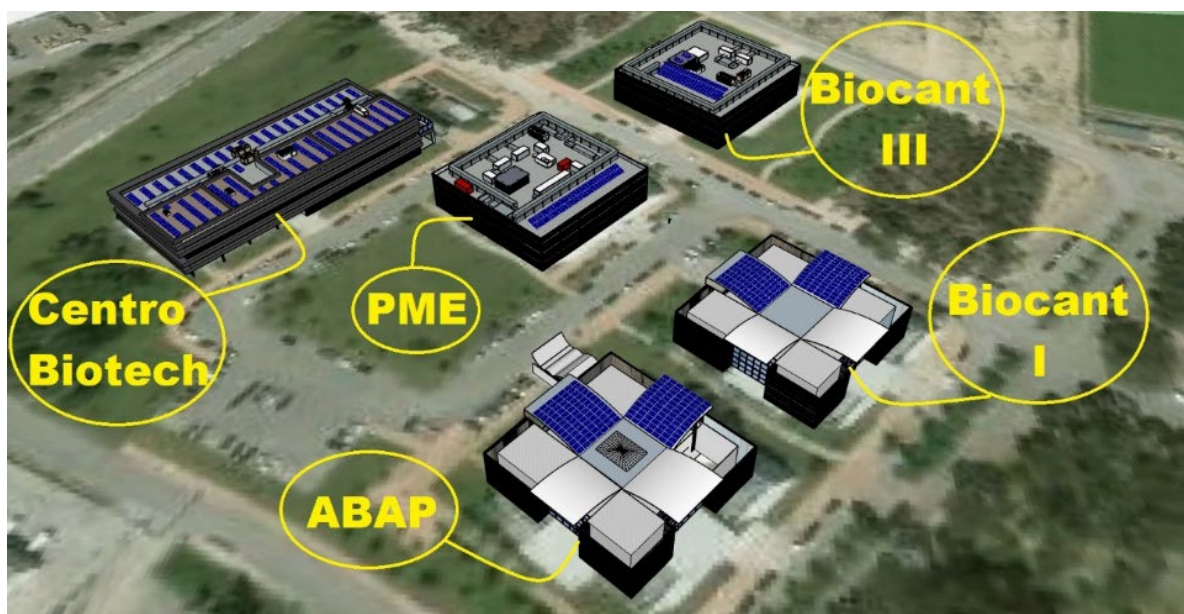


Figura 6.1 – Desenho representativo dos edifícios estudados, elaborado no SketchUp®

6.3 Configurações

Um dos cuidados a ter na configuração de um sistema fotovoltaico prende-se com as limitações do material escolhido. Desta forma, foi necessário consultar os *datasheet* dos módulos fotovoltaicos (Anexo B) dos inversores (Anexos C e D).

Os dados mais importantes no *datasheet* dos módulos fotovoltaicos são a sua potência elétrica de pico ($P_{max}(Wp)$), a tensão máxima de potência (V_{mp}), a tensão de circuito aberto, a corrente em máxima potência, a corrente de curto-circuito, a potência máxima e a eficiência, valores STC (do inglês *Standard Test Conditions*).

Contudo, não basta testar os módulos em condições de laboratório, pelo que existe ainda um outro modo para avaliar estes testes, neste caso, sob condições NOTC (do inglês, *Nominal Operating Cell Temperature*), ou seja, em condições de temperatura nominal de funcionamento. Esta destaca-se pelos módulos estarem sujeitos a temperaturas de 20°C, velocidades do vento de 1 m/s e radiação de 800 W/m^2 (krinatsolar, 2017 b).

De seguida, é demonstrado o cálculo que determina o número de módulos e *strings* para o edifício Biotech.

Pela análise da tabela 6.3, verificam-se algumas das especificações STC dos módulos e inversores usados neste dimensionamento.

Tabela 6.3 - Informação técnica dos módulos e inversores do Edifício Biotech

	Módulo fotovoltaico sob condições STC	Inversor	
		CanadianSolar de 295W (KuPower CS3K-295P)	Fronius Eco 27.0-3-S de 27 kW
P_{max}	295 Wp	P_{max}	27 kWp
V_{mp}	32,5 V	$P_{dc\ max}$	37,8 kWp
I_{MP}	9,08 A	$V(\min.\ mppt)$	580 V
V_{oc}	39,1 V	$V(inv.\ max)$	1000 V
I_{sc}	9,57 A	$I_{max.\ mppt}$	47,7 A
$\Delta(\frac{\%}{^{\circ}C})$	-0,29		

Estes valores permitem determinar os parâmetros considerados fundamentais no dimensionamento do sistema.

- Cálculo do número mínimo de módulos fotovoltaicos por *string*

Para encontrar o número mínimo de módulos fotovoltaicos por *string*, deverá determinar-se a tensão máxima (V_{mp}). Normalmente, através de um sistema de ventilação, os inversores impedem que a temperatura ultrapasse os 70°. Tendo em conta que a informação que consta no *datasheet* do módulo, nas condições STC, está a 25°, terá de se achar a diferença, ou seja, 70° C - 25° = 45°C, sabendo que $\Delta(\frac{\%}{^{\circ}C})$ é a variação da tensão em circuito aberto por cada 1°C a que o módulo está sujeito, através da equação 6.1. O resultado deverá ser sempre arredondado para o número inteiro seguinte.

$$V_{mp}(\text{Módulo a } 70^{\circ}\text{C}) = (1 + \frac{45^{\circ} * \Delta(\frac{\%}{^{\circ}C})}{100}) * V_{mp\ 25^{\circ}} \Leftrightarrow \quad (6.1)$$

$$\Leftrightarrow V_{mp}(\text{Módulo a } 70^{\circ}\text{C}) = (1 + \frac{45^{\circ} * (-0,29)}{100}) * 32,5 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_{mp}(\text{Módulo a } 70^{\circ}\text{C}) = 28,25875\ \text{V}$$

Assim, após obter a tensão máxima, é possível calcular o número mínimo de módulos fotovoltaicos por *string* através da equação 6.2.

$$N_{\text{mín},s} = \frac{V(\text{min.mppt})}{VMP(\text{Módulo a } 70^{\circ}\text{C})} \Leftrightarrow N_{\text{mín},s} = \frac{580}{28,25875} \Leftrightarrow \quad (6.2)$$

$$\Leftrightarrow N_{\text{mín},s} = 20,5246 \quad \Leftrightarrow 21 \text{ módulos.}$$

Onde:

$N_{\text{mín},s}$ – Número mínimo de módulos fotovoltaicos por *string*

$V(\text{min.mppt})$ – Tensão mínima de funcionamento do inversor (V)

V_{mp} (módulo a 70°C) – Tensão máxima à temperatura de 70° (V).

- Cálculo do número máximo de módulos fotovoltaicos por *string*

Para identificar o número máximo de módulos fotovoltaicos por *string*, é necessário determinar a tensão em circuito aberto do módulo à temperatura de -10°C ($V_{oc}(a -10^{\circ}\text{C})$). Uma vez mais, visto que a informação presente no *datasheet* dos módulos se refere a 25°C em condições STC, é necessário fazer a diferença: $-10^{\circ}\text{C} + (-25^{\circ}\text{C}) = -35^{\circ}\text{C}$. Assim, usa-se a equação 6.3 para o cálculo da tensão em circuito aberto para a temperatura de -10°C (PortalEnergia, 2014).

$$V_{oc}(a -10^{\circ}\text{C}) = \left(1 - \frac{35^{\circ} * \Delta(\frac{\%}{^{\circ}\text{C}})}{100}\right) * V_{oc} \Leftrightarrow V_{oc}(a -10^{\circ}\text{C}) = \left(1 - \frac{35^{\circ} * (-0,29)}{100}\right) * 39,1 \Leftrightarrow$$

$$V_{oc}(a -10^{\circ}\text{C}) = \left(1 - \frac{35^{\circ} * \Delta(\frac{\%}{^{\circ}\text{C}})}{100}\right) * V_{oc} \Leftrightarrow V_{oc}(a -10^{\circ}\text{C}) = 43,06865 \text{ V} \quad (6.3)$$

Com este valor, é possível calcular o número máximo de módulos fotovoltaicos por *string* pela equação 6.4.

$$N_{\text{max},s} = \frac{V(\text{inv.max.})}{V_{oc}(\text{Módulo a } -10^{\circ}\text{C})} = \frac{1000}{43,06865} = 23,2187 \quad \Leftrightarrow 23 \text{ módulos} \quad (6.4)$$

Onde,

$N_{\text{max},s}$ – Número máximo de módulos fotovoltaicos por *string*

$V(\text{inv.max.})$ – Tensão máxima de funcionamento do inversor (V)

- Cálculo do número máximo de *strings* em paralelo por inversor:

Com o objetivo de calcular o número de *strings* em paralelo que cada inversor pode suportar, aplica-se a equação 6.5. O valor final é arredondado para o número inteiro que o precede (PortalEnergia, 2014).

$$Np, max = \frac{Imax.mppt}{Imp} \Leftrightarrow Np, max = \frac{47,7}{9,08} = 5,25 \Rightarrow 5 \text{ strings.} \quad (6.5)$$

Onde:

Np, max – Número máximo de *strings* em paralelo por inversor

$Imax. mppt$ – Corrente máxima do MPPT do inversor (A)

IMP – Corrente máxima de funcionamento do módulo.

Assim sendo, sabe-se que terão de ser usados entre 21 a 23 módulos por *string* e que no máximo poderão ser usadas 5 *strings*. Desta forma, considerando a potência nominal que terá de ser aplicada, apenas existem três opções (considerando que a configuração de 22 módulos com 4 *strings* não atingiria a potência nominal pretendida):

- 22 módulos x 5 *strings* = 110 módulos
- 23 módulos x 5 *strings* = 115 módulos
- 23 módulos x 4 *strings* = 92 módulos

Considerando o número de módulos que podem ser escolhidos, deve-se determinar a potência de pico, que deverá ser sempre superior à potência nominal do inversor. Visto que a potência nominal do Biotech será de cerca de 81 kW, as três opções são viáveis, tendo em conta que:

- 110 módulos x 3 inversores = 330 módulos, com uma potência de pico de 101,775 kWp
- 115 módulos x 3 inversores = 345 módulos, com uma potência de pico de 101,775 kWp
- 92 módulos x 3 inversores = 276 módulos, com uma potência de pico de 81,420 kWp.

Habitualmente, e tendo em conta que se vão utilizar inversores *Fronius*, a marca disponibiliza um simulador que permite verificar as várias configurações disponíveis consoante os módulos escolhidos e respetivos inversores. Um exemplo desta simulação pode ser observado na Figura 6.2.

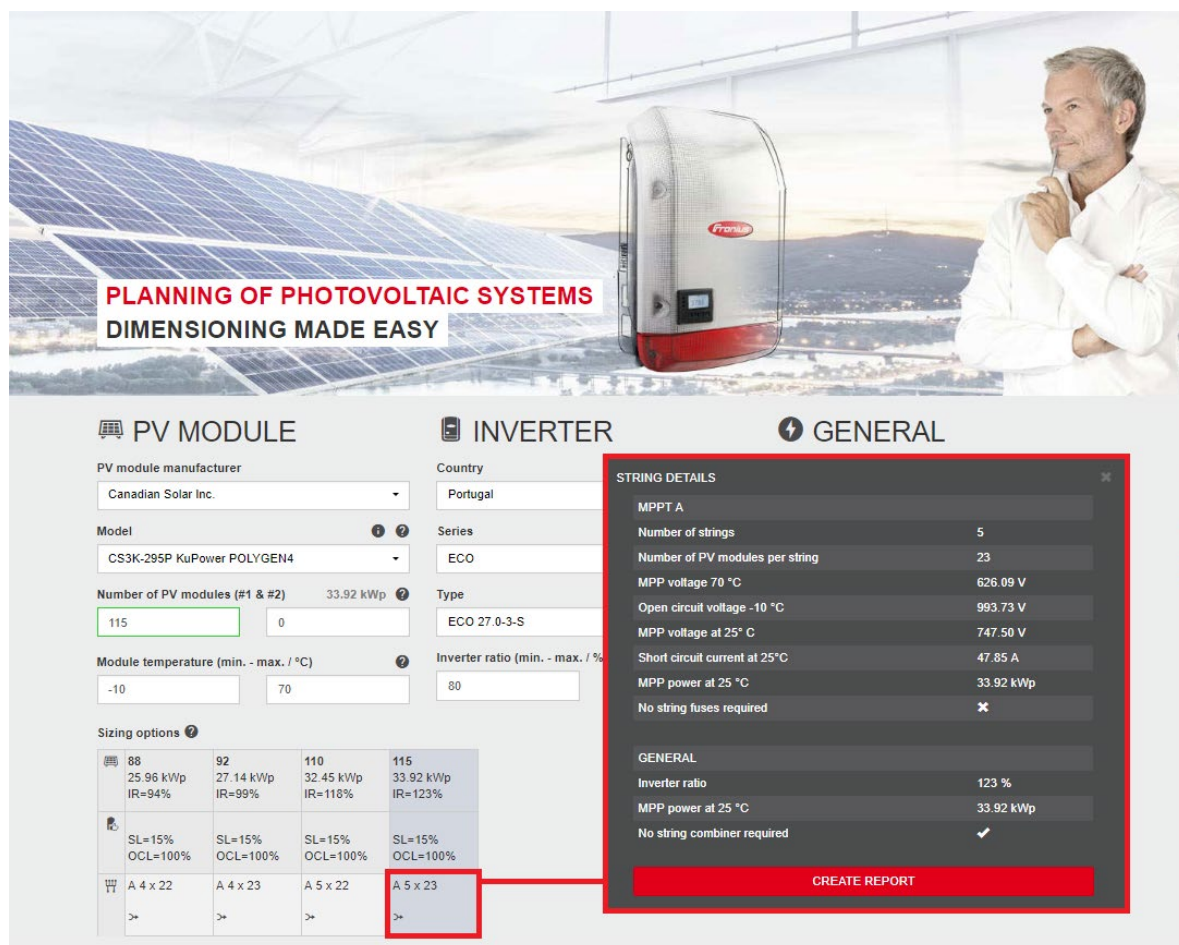


Figura 6.2 - Configuração obtida no simulador Fronius Solar Configurator.

Como se pode verificar na Figura 6.2, as quatro opções calculadas estão apresentadas no simulador. Tendo em conta as preferências do cliente, optou-se por oferecer a opção que contemplava mais módulos, dentro dos parâmetros estipulados. Desta forma, a configuração sugerida para o edifício Biotech foram 3 inversores *Fronius Eco 27.0-3-S* de 27 kW, com 5 *strings* por inversor, contendo cada *string*, 23 módulos fotovoltaicos *CanadianSolar KuPower CS3K-295*, de 295Wp, perfazendo um total de 345 módulos para este edifício.

Quanto aos restantes edifícios, pode-se verificar as respetivas configurações na tabela 6.4, juntamente com o edifício *Biotech*. Quanto à escolha da melhor configuração das *strings*: muitas vezes poderá existir mais do que uma opção viável, pelo que, normalmente, se escolhe a disposição dos módulos pelas várias *strings*, de forma a que o número seja igual (ou o mais próximo possível) em todas as *strings* do inversor. Isto vai não só equilibrar o sistema, mas também facilitar o processo de instalação no terreno.

Tabela 6.4 - Configuração final das strings de todos os Edifícios do Biocant

Edifício	Nº de painéis	Potência de pico	Potência Nominal	Inversor(es) utilizado(s)	Nº de inversores	Configuração das strings
Biotech	345	101,755 kWp	81 kW	Fronius Eco 27.0-3-S	3	MPPT:5x23
PME	62	18,29 kWp	15 kW	Fronius Symo 15.0-3-M	1	MPPT1: 2x15 MPPT2: 2x16
Biocant I	168	49,65 kWp	40 kW	Fronius Symo 20.2-3-M	2	MPPT1: 2x21 MPPT2: 2x21
Biocant III	72	21,24 kWp	17.5 kW	Fronius Symo 17.5-3-M	1	MPPT1: 2x18 MPPT2: 2x18
ABAP	168	49,56 kWp	40 kW	Fronius Symo 20.2-3-M	2	MPPT1: 2x21 MPPT2: 2x21

6.4 Projeto em SketchUp® e PV*SOL premium

Após todos os cálculos necessários, iniciou-se a simulação dos projetos em dois *software* com o intuito de apresentar os dados da forma mais precisa.

Desta forma, neste tipo de projetos são por norma utilizados estes dois programas:

- *SketchUp®* - quando se exigem simulações mais rigorosas ao nível das medidas dos edifícios, obstáculos, medida dos painéis e distância entre painéis, conseguindo ainda observar-se as sombras desenhadas de uma forma bastante exata. É um *software* mais gráfico, que nos permite ter uma real noção do espaço a ocupar.
- *PV*Sol premium* - quando não é necessário um rigor tão grande em termos de desenho, pois o principal intuito deste programa é gerar o relatório tendo em conta a sua extensa base de dados, que permite ir buscar determinadas informações, como dados da região em que se vai situar a instalação, dados meteorológicos, projeção de sombras, etc. Além disso, é um programa que recebe *updates* constantes, possuindo sempre os módulos fotovoltaicos e inversores atualizados, o que facilita imenso o tratamento da informação disponibilizada.

6.4.1 – Edifício PME – Simulação Sketchup®

Na Figura 6.3, pode observar-se a simulação do edifício PME em *SketchUp*®. Esta simulação permitiu um maior rigor em termos de ocupação de espaço e de sombras, possibilitando uma visualização do edifício mais agradável e completa nas apresentações.

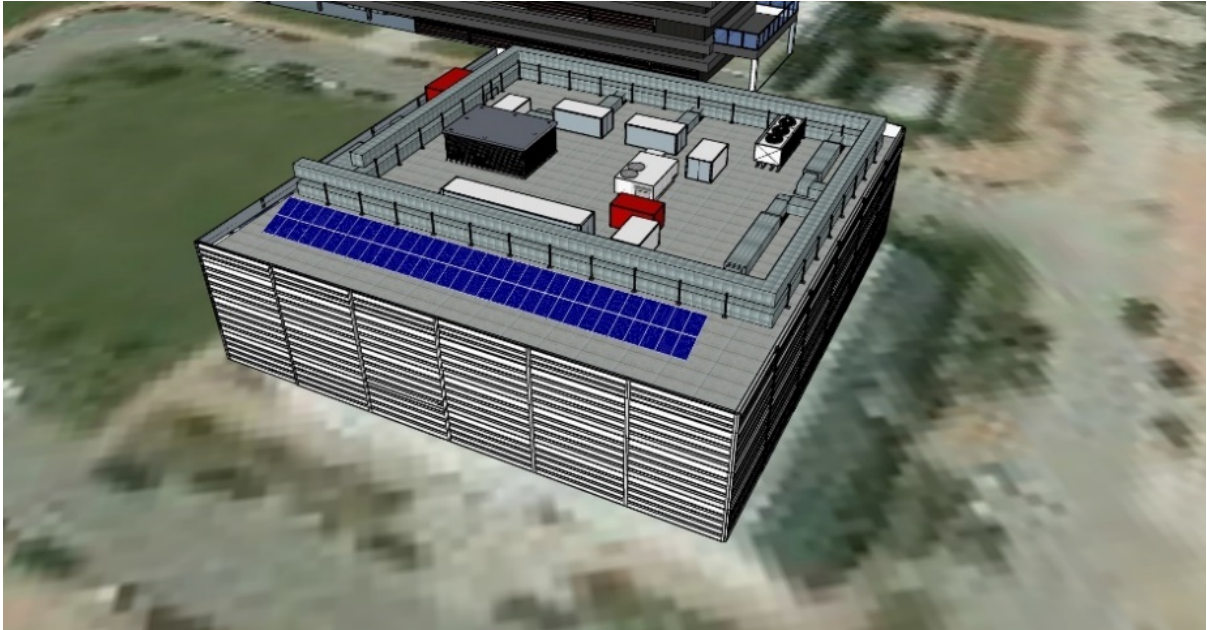


Figura 6.3 - Simulação do edifício PME e dos respetivos módulos fotovoltaicos, em estrutura triangular com bancada dupla, elaborado em Sketchup®

6.4.2 – Edifício PME – Simulação PV*Sol premium

De seguida serão analisados alguns dos resultados obtidos através da simulação no *software PV*Sol premium*.

Na Figura 6.4 é fornecida uma vista geral do projeto, onde se consegue ver um resumo muito simples da simulação feita. Neste caso, para além da potência de pico do sistema (neste caso, Potência do gerador fotovoltaico, de 18,29 kWp), é disponibilizada ainda a área ocupada pelos módulos fotovoltaicos (103 m^2), o número de módulos (62) e o número de inversores utilizados (1).

Vista geral do projeto



Figura: Imagem panorâmica, Modelagem 3D

Sistema fotovoltaico

3D, Sistema fv conectado à rede com consumo

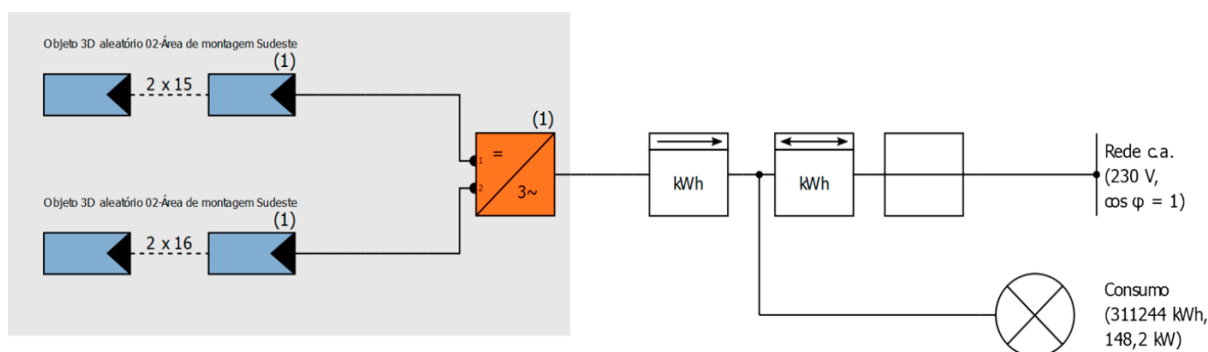
Dados climáticos	Cantanhede - Biocant, PRT (1991 - 2010)
Potência do gerador fotovoltaico	18,29 kWp
Area do gerador fotovoltaico	103,0 m ²
Quantidade de módulos	62
Quantidade de inversores	1

Figura 6.4 - Simulação do Edifício PME e dos respetivos módulos fotovoltaicos e inversores, elaborado em PV*SOL premium

Na Figura 6.5, observa-se, numa primeira instância, um esquema elétrico muito simples, onde estão representados, do lado esquerdo, os módulos fotovoltaicos (juntamente com as suas *strings*, ou seja, 2x15 e 2x16) que, por sua vez, vão ser ligados ao inversor escolhido (*Fronius Symo 15.0-3-M*). A este sistema está ainda ligado um primeiro medidor de injeção, que permite analisar o consumo do sistema e um medidor bidirecional, que possui um ponto de conexão entre o medidor bidirecional e a rede.

De seguida, é apresentada a informação relativa ao rendimento do sistema, onde se observa a energia esperada produzida anualmente (Energia do gerador fotovoltaico, 25 038 kWh), a percentagem e o valor de autoconsumo esperados (que é muito bom, já que é superior a 95%), o desempenho do sistema (82,7%) e as emissões de CO₂ evitadas anualmente (15 185 kg/ano).

Estes dados, juntamente com a economia de primeiro ano e o consumo real anual, são de extrema importância, pois serão usados posteriormente para completar a proposta final, da forma mais completa e clara possível.



O rendimento

O rendimento

Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	25.308 kWh
Autoconsumo direto	24.101 kWh
Injeção na rede	1.207 kWh
Limitação no ponto de injeção	0 kWh
Autoconsumo	95,2 %
Fração solar	7,7 %
Rendimento anual específico	1.383,73 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	82,7 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	0,0 %/Ano
Emissões de CO₂ evitadas	15.185 kg/ano

Figura 6.5 – Esquema Elétrico de ligação no edifício PME e resultados do rendimento do sistema, elaborado em PV*SOL premium

Na Figura 6.6, são expostos vários valores. O valor de investimento referenciado foi colocado posteriormente, após se pesarem todos os prós e contras e chegar a um valor, tendo em conta a simulação do PV*SOL premium e os materiais necessários, bem como custos de deslocação, instalação, etc. Como tal, o valor de investimento total foi de 17 000€, apresentando uma taxa interna de retorno de 26,99% e um *payback* de quatro anos. Os Custos de geração de energia referem-se ao valor monetário recebido pela venda do excedente produzido, que neste caso ronda os quatro cêntimos. De realçar ainda o consumo anual real representado na secção “Consumo” da Configuração do Sistema.

Análise financeira

Seus lucros

Investimento total	17.000,00 €
Taxa interna de retorno	26,99 %
Prazo de amortização	4,0 Anos
Custos de geração da energia	0,04 €/kWh
Balanço / Conceito de injeção	Injeção do excedente

Configuração do sistema

Vista geral

Dados do sistema

Tipo de sistema	3D, Sistema fv conectado à rede com consumo
Início da operação	26-02-2018

Dados climáticos

Local	Cantanhede - Biocant, PRT (1991 - 2010)
Resolução dos dados	1 h
Modelos de simulação utilizados:	
- Irradiação difusa no plano horizontal	Hofmann
- Irradiação sobre o plano inclinada	Hay & Davies

Consumo

Consumo total	311244 kWh
Curva de carga BDEW indústria (G1)	311244 kWh
Carga máxima	148,2 kW

Figura 6.6 – Análise financeira e configuração do sistema

Na Figura 6.7, está representada a área referente aos módulos fotovoltaicos, onde se pode verificar a quantidade e modelo dos módulos, a sua inclinação, orientação, tipo de montagem e área ocupada pelos módulos fotovoltaicos.

Na Figura 6.8, observam-se os dados relativos à configuração do inversor, bem como o seu fabricante e modelo, quantidade de inversores, fator de dimensionamento e configuração MPPT dos módulos fotovoltaicos. São ainda apresentados os valores introduzidos da “Rede c.a.”, onde se verifica o valor da tensão da rede entre fases e o neutro (230 V), o número de fases (3 fases) e o fator de potência com valor unitário.

Áreas do módulo

1. Área do módulo - Objeto 3D aleatório 02-Área de montagem Sudeste

Gerador fotovoltaico, 1. Área do módulo - Objeto 3D aleatório 02-Área de montagem Sudeste

Nome	Objeto 3D aleatório 02-Área de montagem Sudeste
Módulos fotovoltaicos	62 x KuPower CS3K-295P
Fabricante	Canadian Solar Inc.
Inclinação	30 °
Orientação	Sudeste 127 °
Situação de montagem	Montagem elevada - telhado
Área do gerador fotovoltaico	103,0 m ²

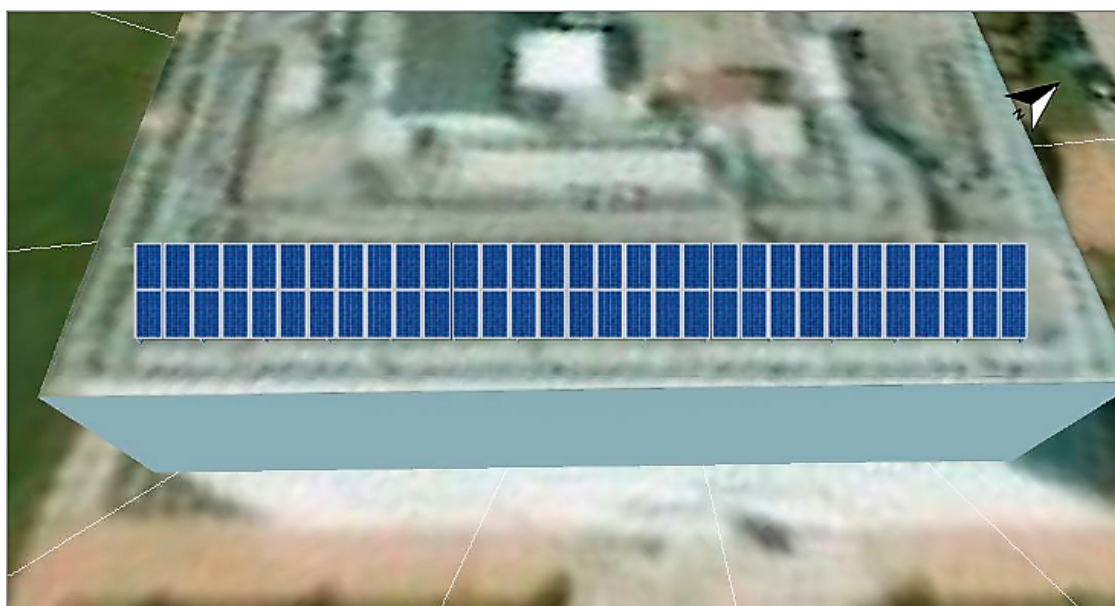


Figura 6.7 – Área do módulo fotovoltaico

Configuração do inversor

Configuração 1

Área do módulo	Objeto 3D aleatório 02-Área de montagem Sudeste
Inversor 1	
Fabricante	Fronius International
Modelo	FRONIUS Symo 15.0-3-M
Quantidade	1
Fator dimensionamento	121,9 %
Configuração	PMP 1: 2 x 15 PMP 2: 2 x 16

Rede c.a.

Rede c.a.

Quantidade de fases	3
Tensão da rede (monofásica)	230 V
Fator de potência (cos phi)	+/- 1

Figura 6.8 – Configuração do inversor

6.5 Resumo da simulação

O software PV*Sol premium fornece inúmeros dados de relevância na sua simulação. Irá ser feita uma análise aos resultados apresentados relativamente ao edifício PME, contudo poderão ser consultados mais alguns resultados relativamente aos outros edifícios no Anexo A.

Na Figura 6.9, podem ser observados os resultados da simulação. Estes resultados consistem num resumo que visa obter as principais conclusões relativas à simulação efetuada.

Pelos dados inseridos e simulados, obtém-se uma potência de pico de cerca de 18,3 kWp, com um rendimento anual específico de 1383,72 kWh/kWp. O rendimento anual específico (kWh/kWp) refere-se à quantidade de energia anual produzida em kWh (kilowatt-hora) por cada kWp (kilowatt-pico) instalado.

O desempenho do sistema é de 82,7%, possui um autoconsumo de 95,2%, sendo o consumo anual real de 311 244 kWh/Ano, como já foi referido no ponto 6.4.2, do capítulo 6.

Resultados da simulação

Resultados Sistema completo

Sistema fotovoltaico

Potência do gerador fotovoltaico	18,3 kWp
Rendimento anual específico	1.383,73 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	82,7 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	0,0 %/Ano
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	25.308 kWh/Ano
Autoconsumo	24.101 kWh/Ano
Injeção na rede	1.207 kWh/Ano
Limitação no ponto de injeção	0 kWh/Ano
Autoconsumo	95,2 %
Emissões de CO ₂ evitadas	15.185 kg/ano

Consumidores

Consumidores	311.244 kWh/Ano
Consumo em espera (Inversor)	10 kWh/Ano
Consumo total	311.254 kWh/Ano
coberto pelo sistema fv	24.101 kWh/Ano
coberto pela rede elétrica	287.153 kWh/Ano
Fração solar	7,7 %

Figura 6.9 – Resultados da simulação

Pela análise da Figura 6.10, é possível observar um gráfico fornecido pelo simulador, onde se verifica o fluxo de energia do sistema. Os dados evidenciados na Figura 6.9 são expostos sob a forma deste gráfico de fluxo de energia.

O sistema fotovoltaico gera 25 308 kWh/Ano para a instalação, no qual injeta 24 101 kWh/Ano para consumo da instalação e 1 207 kWh/Ano na rede elétrica nacional. Por sua vez, a rede elétrica fornece 287 153 kWh/ano para garantir, por sua vez, o fornecimento dos 311 244 kWh/Ano consumidos pela instalação.

Gráfico do fluxo de energia

Projeto: PME

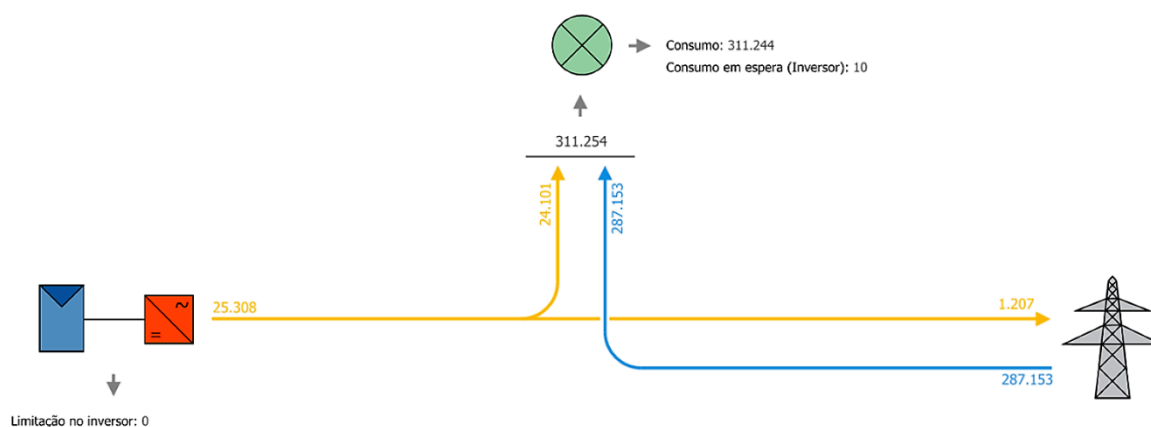


Figura 6.10 – Gráfico do fluxo de energia

Na Figura 6.11, estão representados os dados relativos à análise financeira, onde se verificam alguns parâmetros já observados no ponto 6.4.2, onde se confirmam alguns dados adicionais anteriormente colocados no simulador, mais especificamente, as tarifas calculadas através das faturas fornecidas pelo Biocant.

Na Figura 6.12, é apresentado o fluxo de caixa da instalação, onde se pode verificar a cronologia esperada desde o investimento inicial até ao ano 21. De referir que no início do 4º ano, já está recuperado o investimento inicial, tendo em conta que o *payback* esperado é de quatro anos, com uma poupança total no primeiro ano no valor de 4 125,61 €. Na Figura 6.13 pode-se observar esse mesmo fluxo sob a forma de gráfico.

PME



SUNENERGY

Análise financeira

Vista geral

Dados do sistema

Injeção na rede no primeiro ano (incl. degradação do módulo)	1.207 kWh/Ano
Potência do gerador fotovoltaico	18,3 kWp
Início da operação do sistema	26-02-2018
Prazo do projeto	20 Anos
Juro do capital	1 %

Parâmetros econômicos

Taxa interna de retorno	26,99 %
Fluxo de caixa acumulado	89.376,72 €
Prazo de amortização	4,0 Anos
Custos de geração da energia	0,04 €/kWh

Vista geral de pagamentos

Investimento específico	929,47 €/kWp
Custos de investimento	17.000,00 €
Pagamentos únicos	0,00 €
Subsídios	0,00 €
Custos anuais	0,00 €/Ano
Outros lucros ou economias	0,00 €/Ano

Remuneração e Economia

Remuneração total no primeiro ano	57,45 €/Ano
Economia no primeiro ano	4.125,61 €/Ano

Excedente EDP Blocant_PME - Remuneração Excedente

Validade	18-01-2018 - 17-01-2043
Tarifa de Injeção específica	0,047 €/kWh
Tarifa de injeção	57,45 €/Ano
Inflação da tarifa de injeção	3,00 %/Ano

Tarifa de consumo EDP_PME (EDP COMERCIAL)

Tarifa da energia Super vazio	0,09 €/kWh
Economia Super vazio	-0,07 €/Ano
Tarifa da energia Vazio Normal	0,09 €/kWh
Economia Vazio Normal	182,05 €/Ano
Tarifa da energia Cheias	0,14 €/kWh
Economia Cheias	643,28 €/Ano
Tarifa da energia Pontas	0,31 €/kWh
Economia Pontas	636,90 €/Ano
Tarifa da energia Super vazio	0,09 €/kWh
Economia Super vazio	-0,11 €/Ano
Tarifa da energia Vazio Normal	0,09 €/kWh
Economia Vazio Normal	314,29 €/Ano
Tarifa da energia Cheias	0,14 €/kWh
Economia Cheias	1.196,30 €/Ano
Tarifa da energia Pontas	0,31 €/kWh
Economia Pontas	1.152,79 €/Ano
Inflação da tarifa de energia	3 %/Ano

Figura 6.11 – Análise Financeira

Fluxo de caixa

Tabela Fluxo de Caixa

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Investimentos	-17.000,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Tarifa de injeção	56,59 €	58,03 €	59,21 €	60,40 €	61,62 €
Economia de energia	3.892,07 €	4.165,65 €	4.248,14 €	4.332,26 €	4.418,05 €
Fluxo de caixa anual	-13.051,34 €	4.223,68 €	4.307,34 €	4.392,66 €	4.479,67 €
Fluxo de caixa acumulado	-13.051,34 €	-8.827,66 €	-4.520,31 €	-127,65 €	4.352,02 €

	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Investimentos	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Tarifa de injeção	62,87 €	64,14 €	65,44 €	66,76 €	68,11 €
Economia de energia	4.505,53 €	4.594,75 €	4.685,74 €	4.778,52 €	4.873,15 €
Fluxo de caixa anual	4.568,40 €	4.658,89 €	4.751,17 €	4.845,28 €	4.941,26 €
Fluxo de caixa acumulado	8.920,43 €	13.579,32 €	18.330,49 €	23.175,77 €	28.117,03 €

	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15
Investimentos	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Tarifa de injeção	69,49 €	70,89 €	72,32 €	73,79 €	75,28 €
Economia de energia	4.969,64 €	5.068,05 €	5.168,41 €	5.270,76 €	5.375,13 €
Fluxo de caixa anual	5.039,13 €	5.138,95 €	5.240,74 €	5.344,54 €	5.450,41 €
Fluxo de caixa acumulado	33.156,16 €	38.295,11 €	43.535,84 €	48.880,38 €	54.330,79 €

	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
Investimentos	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Tarifa de injeção	76,80 €	78,35 €	79,94 €	81,55 €	83,20 €
Economia de energia	5.481,56 €	5.590,11 €	5.700,81 €	5.813,69 €	5.928,82 €
Fluxo de caixa anual	5.558,36 €	5.668,46 €	5.780,74 €	5.895,25 €	6.012,02 €
Fluxo de caixa acumulado	59.889,15 €	65.557,62 €	71.338,36 €	77.233,60 €	83.245,62 €

	Ano 21
Investimentos	0,00 €
Tarifa de injeção	84,88 €
Economia de energia	6.046,22 €
Fluxo de caixa anual	6.131,10 €
Fluxo de caixa acumulado	89.376,72 €

Figura 6.12 – Fluxo de caixa

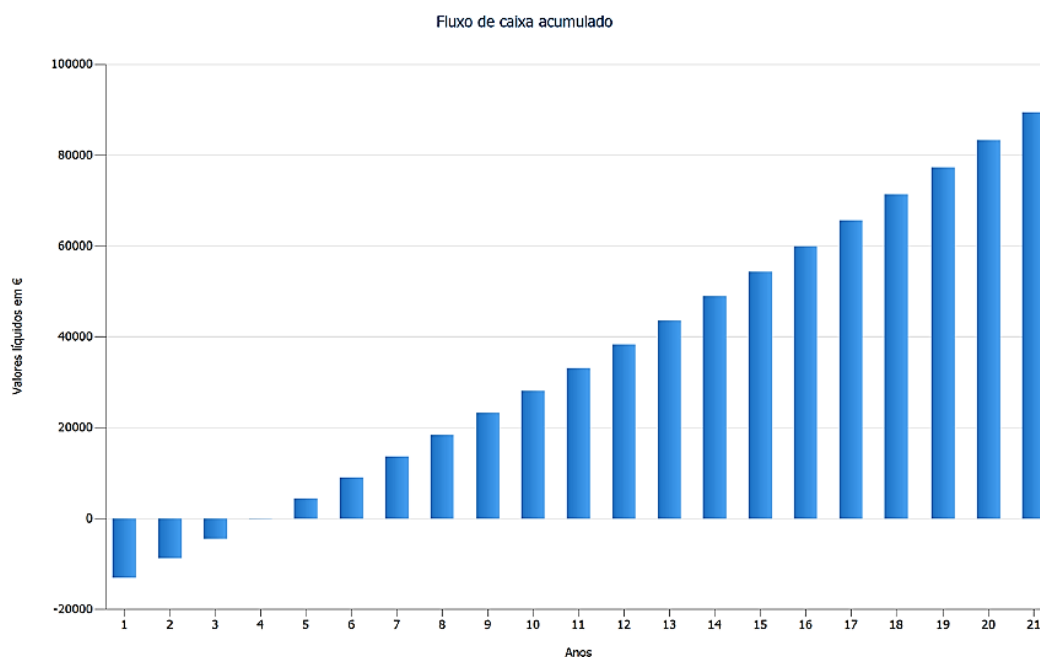


Figura 6.13 – Gráfico do fluxo de caixa acumulado ao longo dos anos

Este caso de estudo permitiu desenvolver novos conhecimentos no dimensionamento de um grande projeto e ganhar uma maior sensibilidade no que diz respeito à gestão de um projeto desta dimensão.

A realização deste tipo de projetos permite perceber a mais-valia de *software* como o *PV*SOL premium* e o *Sketchup*® e o porquê de tantas empresas pedirem a inclusão deste tipo de estudos na sua proposta, já que, ao invés de apenas apresentar ao cliente uma proposta com um valor e equipamentos a utilizar, possibilita uma perceção do sistema final muito próxima da realidade, mostrando um estudo aprofundado, com dados objetivos.

Com uma simples simulação, consegue-se reduzir significativamente a probabilidade de erro, permitindo que se ofereça uma solução muito mais realista, contribuindo não só para perceber o melhor sistema a aplicar, como para um melhor planeamento da futura obra, onde se destacam as funções que permitem ter a liberdade de posicionar os módulos fotovoltaicos na cobertura desejada, observar o sombreamento incidente ao longo de todo o ano e a configuração de *strings* do sistema fotovoltaico.

Apesar de, à primeira vista, não ser o *software* mais intuitivo, é de fácil aprendizagem, possuindo características que muitos outros *software* não possuem, com as suas atualizações regulares e poder de simulação assinalável, conseguindo realizar simulações em três dimensões até 10000 painéis. Para um número superior de painéis, é também possível realizar a simulação, mas sem o modelo 3D.

7. Caso de Estudo – Manutenções

Uma parte importante do funcionamento da empresa diz respeito às manutenções. As manutenções periódicas são a única forma de garantir o correto e contínuo funcionamento das instalações, visto que permite detetar falhas existentes, corrigi-las e aumentar assim a produção global do sistema.

Este caso de estudo focar-se-á nos métodos e cuidados a ter quando é necessário efetuar uma manutenção de um sistema solar fotovoltaico, registando-se vários exemplos de manutenção realizada no hotel *MH Peniche*, sendo também demonstrados alguns exemplos de outras instalações.

Quando se efetua uma manutenção, há um determinado conjunto de regras que se devem seguir na manutenção dos painéis fotovoltaicos, inversores, cabos e baterias (se for o caso), de modo a verificar se todos os equipamentos estão a funcionar corretamente, de forma a evitar problemas ou danos graves, que levem à perda de produção de energia.

7.1 Verificar estado do inversor

Deve-se começar por verificar o estado do inversor. Este deve estar livre de poeiras ou sujidades que levem a que haja qualquer quebra de produção, pois essas sujidades podem levar a uma má refrigeração do inversor. De seguida, verificam-se os dados fornecidos pelo inversor, onde se deteta se são coerentes ou não. Apesar de o inversor não necessitar de muita manutenção, é recomendado que se faça pelo menos uma vez por ano.

Na Figura 7.1 encontra-se um dos 8 inversores do Hotel MH Peniche, que não se encontrava a funcionar corretamente. Foi necessário, portanto, descobrir a origem do problema que estaria a prejudicar a instalação.



Figura 7.1 – Um dos Inversores do Hotel MH Peniche

7.2 Examinar dispositivos de proteção

Após a verificação do estado do inversor, testa-se o estado dos dispositivos de proteção, como os disjuntores, fusíveis e todos os dispositivos de proteção acessórios. Deve-se certificar que não existe qualquer sinal de descoloração por aquecimento, sobrecarga ou anomalias de curto-circuito nos conectores e terminais. Na Figura 7.2 verifica-se a abertura de um dos quadros de corrente contínua para fazer a verificação dos equipamentos de proteção (descarregadores de sobretensão, corta-circuitos porta-fusíveis e fusíveis DC). Apesar de esta zona ser muito propícia a um grande desgaste, devido à proximidade de fontes marítimas, nenhuma das proteções apresentava problemas e todos os fusíveis se encontravam funcionais.



Figura 7.2 – Quadro de corrente contínua (QDC)

7.3 Verificar estado dos módulos solares fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos, apesar de não exigirem uma grande manutenção, requerem alguns cuidados que contribuem para o seu melhor desempenho. Esses cuidados passam essencialmente por manter a frente do módulo limpa, de modo a que se evitem situações indesejáveis como acumulação de pó ou detritos, que prejudiquem o bom funcionamento do painel. Após essa verificação, mede-se a tensão dos painéis, para comprovar se estão de acordo com os resultados de produção esperados. São também verificadas as conexões elétricas entre painéis para confirmar que estão bem ajustadas e apertadas e que não apresentam sinais de oxidação. Na Figura 7.3 observa-se a inspeção meticulosa a que os painéis são sujeitos, procurando qualquer sinal que indique que o painel possa estar inutilizado. Apesar do desgaste de alguns painéis, devido à zona onde se encontra a instalação, estes não apresentavam na parte frontal do painel, nenhum dano visível que impedisse o seu bom funcionamento.



Figura 7.3 – Inspeção dos módulos fotovoltaicos do Hotel MH Peniche

7.4 Inspeccionar cablagem

Uma das partes essenciais para garantir o bom funcionamento do sistema fotovoltaico diz respeito à verificação dos cabos e das suas respetivas ligações. Assim, é feita uma inspeção em todos os conectores e terminais, bem como nas conexões de proteção “terra”, reapertando todos os pontos terminais, de forma a garantir que não exista nenhum mau contacto que leve, por exemplo, a um aumento de temperatura ou mesmo a um curto-circuito.

No caso específico do Hotel MH Peniche, foi neste sector que se encontrou o problema para o mau funcionamento da instalação. A forte salinidade presente nesta área danificou muitas das fichas MC4 que ficaram completamente inutilizadas, prejudicando explicitamente o sistema, podendo verificar-se o efeito devastador que o sal provoca nestes sistemas, nas Figuras 7.4 e 7.5.



Figura 7.4 – Fichas destruídas devido à forte salinidade presente na área.



Figura 7.5 – Outro exemplo da ação destrutiva do sal no sistema.

Após identificado este problema, desligou-se todo o sistema, de forma a que este não estivesse em tensão quando se procedeu à substituição das fichas danificadas.

Finda a substituição de todos os terminais danificados, foram efetuados testes para verificar se o sistema se encontrava a funcionar corretamente, concluindo a manutenção com todos os inversores funcionais e a produzir dentro dos conformes.

7.5 Verificar bateria

No caso específico do hotel *MH Peniche*, não está instalado nenhum sistema de armazenamento com baterias, contudo, em alguns casos, é necessário a instalação de um sistema com baterias. No caso dos sistemas sem ligação à rede, com baterias, é essencial realizar inspeções periódicas, tendo em conta que para além de se traduzir num investimento significativo, comparativamente com a aquisição dos módulos fotovoltaicos, em caso de falha, não terá ligação à rede para suportar os consumos do utilizador, arriscando-se este a ficar com uma instalação sem energia.

Nestes casos, terá de ser observado regularmente o nível de água em cada compartimento. Caso o nível de água seja reduzido, deverá adicionar-se água desmineralizada, para o estabilizar. Para além deste cuidado, é importante verificar se os terminais da bateria apresentam vestígios de corrosão ou se existe sulfatação (o que indicaria a presença de gás na bateria, levando a uma falha no sistema de carregamento).

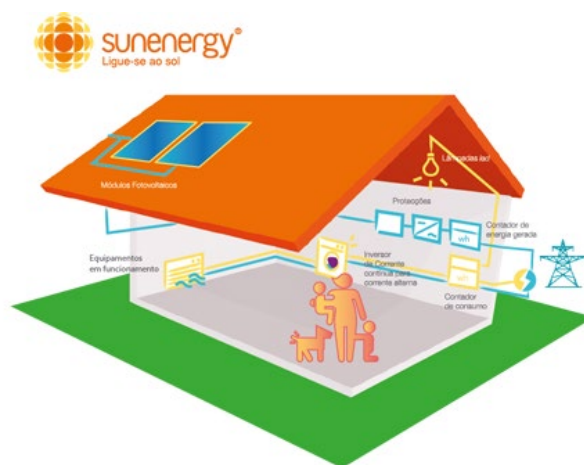
7.6 Monitorização Solar Log

Este Hotel está equipado com o sistema de monitorização “*Solar Log*” (Figura 7.6), onde é possível observar, em determinado momento, a produção real dos equipamentos, verificar os consumos do sistema, e mais alguns dados adicionais. A ficha técnica do equipamento *Solar Log* encontra-se disponível no anexo E.



Figura 7.6 – Equipamento “Solar Log”

No site da SunEnergy®, (Separador Particulares e autoconsumo) é ainda possível verificar a produção do sistema fotovoltaico do Hotel MH Peniche através do equipamento Solar Log” (Figura 7.7).



[Clique aqui](#) para ver em tempo real a produção e o consumo de uma instalação projetada e instalada pela Sunenergy no Hotel MH_Peniche.

Figura 7.7 – Atalho do site em sunenergy.pt para verificar a produção e consumo da instalação do Hotel MH Peniche.

Na Figura 7.8, observa-se o fluxo de energia em tempo real do Hotel MH Peniche. Neste gráfico, consta a produção dos módulos fotovoltaicos que, neste caso específico, estavam a produzir 122,9 kW. Como o consumo da instalação nesse momento era apenas de 119,13 kW, os módulos injetaram 3,77 kW de excedente na rede. Visto que este sistema não possui um sistema de armazenamento, não existe qualquer fornecimento de energia às baterias no esquema, daí o valor ser de 0 W.



Figura 7.8 - Fluxo de energia verificado no site SolarLog

Na Figura 7.9, verifica-se o gráfico de interação com o *software* da marca *Solar Log*, que nos mostra o rendimento e consumo da instalação, em MWh. A barra a amarelo representa o rendimento total do sistema, a barra a verde diz respeito ao valor do autoconsumo anual produzido pelo sistema e a barra a vermelho, o valor consumido pela rede elétrica.

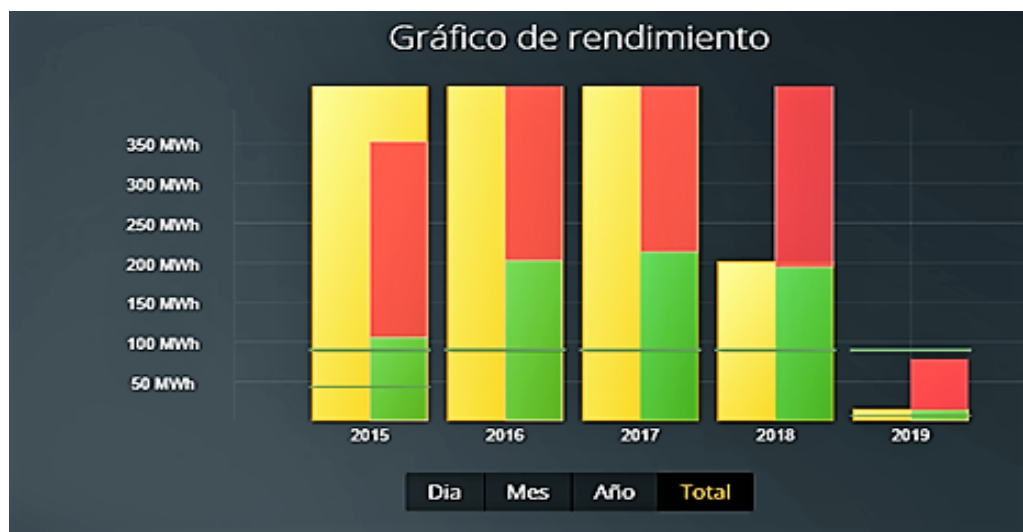


Figura 7.9 – Gráfico de rendimentos e consumos do Hotel MH Peniche em MWh.

7.7 Substituição de um módulo fotovoltaico

Por vezes, há a necessidade de se trocar módulos fotovoltaicos, seja porque houve algum problema com as suas ligações, que os tenham inutilizado, por já não se encontrarem em condições, devido a danos induzidos por condições atmosféricas muito adversas ou simplesmente porque se tenham estilhaçado, por algum motivo.

Desta forma, vai ser apresentado um simples exemplo de como proceder à troca de um módulo fotovoltaico num telhado em *sandwich*, com estrutura coplanar.

Antes de se começar o trabalho, há que ter o cuidado de desligar todo o sistema fotovoltaico nos quadros respetivos, de modo a que o sistema deixe de estar em tensão quando for realizada a intervenção.

Após este passo, são retiradas as ligações, estrutura e o respetivo módulo danificado, para se proceder à instalação do novo módulo. De seguida, é fixada a estrutura onde o módulo irá assentar. Neste caso, foi necessário proceder à remoção da estrutura antiga e instalação de uma nova, visto que a antiga se encontrava inutilizável. Pode-se observar na Figura 7.10 a instalação da estrutura.



Figura 7.10 – Montagem da estrutura para o módulo fotovoltaico.

Após efetuadas as devidas medições e instalada a estrutura corretamente, basta colocar o módulo, ligá-lo ao restante sistema e ter o cuidado de o fixar na estrutura de suporte para que não haja o risco de se mover. O resultado final observa-se na Figura 7.11.



Figura 7.11 – Finalização da instalação do novo módulo

Após a instalação do módulo, procede-se à verificação do sistema, para confirmar se tudo está a funcionar dentro da normalidade. São então efetuadas as respetivas ligações ao quadro elétrico e verificam-se os inversores (Figura 7.12) para assegurar que estão a funcionar corretamente, como se pode observar na Figura 7.13.



Figura 7.12 – Inversores em funcionamento



Figura 7.13 – Visor de um dos inversores, onde se mostra que está ligado à rede, quanto está a produzir e qual a potência à saída do inversor.

7.8 Conclusões do caso de estudo

Embora a empresa efetue este tipo de manutenções, o consumidor pode e deve ter alguns cuidados que previnam futuras falhas do sistema, tais como:

- Limpar periodicamente os módulos fotovoltaicos, de forma a que se evitem a deposição de poeiras, salitres, fezes de pássaro ou outros resíduos indesejáveis, tendo em conta que em caso de encobrimento parcial ou total do módulo, o rendimento de todo o sistema será afetado;
- Procurar pontos de calor excessivo no inversor, através da utilização de câmaras termográficas, desligá-lo e ligá-lo para garantir que ele reinicie corretamente;
- Verificar se todos os equipamentos se encontram devidamente vedados, tais como tampas de caixas, quadros e entradas de cabos e se as estruturas de suporte necessitam de algum ajuste (por exemplo, parafusos mal apertados);
- Verificar se todos os cabos se encontram em bom estado ou se algum está danificado. Em caso de encontrar alguma anomalia num cabo, é recomendado que se contacte um técnico qualificado, tendo em conta que há o risco de ocorrência de descargas.

A verificação frequente destes pontos ajuda a garantir o correto funcionamento do sistema e poupa bastante trabalho ao técnico, durante a manutenção.

8. Conclusões

O estágio curricular realizado na *SunEnergy*® marcou o início de um novo ciclo, de uma nova etapa na minha vida, pois considero que os conhecimentos adquiridos ao longo do estágio serão, sem dúvida, uma mais-valia para enfrentar outros desafios com mais confiança e determinação.

Qualquer experiência em contexto de trabalho é sempre enriquecedora, tanto em termos de complemento da formação académica, como de crescimento pessoal, uma vez que permite a aquisição e consolidação de todo um conjunto de competências que serão fundamentais no exercício de uma profissão.

Com efeito, a resolução de problemas em situação real, do dia a dia, permite conciliar as aprendizagens que vão sendo adquiridas durante o processo de estágio, com o suporte teórico obtido ao longo do percurso académico, conjugando, deste modo, as duas vertentes.

O facto de se pertencer a uma equipa, onde todos trabalham para um mesmo fim, desperta uma maior motivação para se enfrentar os obstáculos, contribuindo, assim, para a formação de uma consciência profissional que se pretende cada vez mais sólida. Só assim se alcançará o discernimento necessário para melhor se compreender o mercado de trabalho e os desafios que hoje se colocam a um engenheiro e às empresas onde presta serviço.

Sem dúvida que esta experiência de estágio foi enriquecedora, quer ao nível da aquisição de conhecimentos técnicos, quer da filosofia de trabalho subjacente a uma empresa deste tipo, sobretudo para quem, inicialmente, não sabia muito bem o que iria encontrar nem o que lhe seria exigido.

Por outro lado, este mundo das energias renováveis, visto do lado de dentro de uma empresa, desperta ainda mais o interesse e a curiosidade relativamente a estas novas formas de energia, o que contribui para desenvolver determinadas capacidades no âmbito da aplicação das mesmas, essencialmente da energia solar fotovoltaica, utilizada tanto a nível doméstico como industrial.

Todo o processo de funcionamento da empresa, desde o primeiro contacto com o cliente, passando pela parte comercial, até à instalação do sistema, obrigou a adquirir rapidamente novas aptidões, de forma a poder oferecer ao cliente a hipótese mais viável, ao nível da oferta existente. As dificuldades que surgiram, inicialmente, foram sendo ultrapassadas à medida que novos conhecimentos iam sendo adquiridos, convertendo-se em valências importantes para enfrentar outros desafios, a todos os níveis.

Para cada projeto foi concebido um estudo prévio dos respetivos consumos, a fim de se poder optar pela solução mais adequada, como ficou demonstrado no caso de estudo do Parque Tecnológico Biocant. Este projeto foi encarado como um grande desafio, no sentido em que

obrigou ao desenvolvimento de um trabalho ambicioso, mas aliciante sob o ponto de vista da sua conceção.

No que concerne ao trabalho de manutenção dos sistemas fotovoltaicos, salientam-se os procedimentos e as regras a seguir durante as diferentes fases do processo, com especial relevo para os cuidados a ter ao nível da proteção/ segurança pessoal dos técnicos que efetuam a referida manutenção, bem como da fiabilidade da sua intervenção no bom funcionamento dos sistemas.

No âmbito dos vários projetos executados, procedeu-se ao estudo dos locais das possíveis instalações, para posterior análise, bem como à orçamentação e seleção dos equipamentos mais adequados a cada situação.

Para a consecução dos projetos foram utilizados os *software AutoCad, Sketchup® e PV*Sol premium*, no que diz respeito ao dimensionamento de sistemas solares fotovoltaicos e indicação dos locais mais apropriados para a colocação dos respetivos módulos, tendo em conta as condições de sombreamento.

Procedeu-se, ainda, à análise de determinados dados como faturas de energia elétrica e curvas de consumo, tendo em vista a escolha da opção mais adequada, em termos de sistema a implementar e elaboraram-se propostas comerciais dos sistemas solares fotovoltaicos.

Grande parte da experiência adquirida neste estágio, quer dentro da empresa, ao nível do desenvolvimento dos trabalhos, supervisionados por pessoas com formação superior, quer no terreno, com acompanhamento de profissionais experientes, permitiu perceber as inúmeras variáveis que entram em jogo no mundo real do trabalho e que, conjugadas com os conhecimentos teóricos adquiridos em contexto académico, contribuem para uma avaliação mais sólida dos diferentes projetos. Cada caso é um caso, tal como cada cliente é um cliente e algo tão simples e linear como elaborar um orçamento pode ficar condicionado por variadíssimos fatores, como os preços praticados pelos fornecedores, a qualidade ou quantidade de equipamentos que se encontram à disposição ou, simplesmente, pela opinião ou preferência dos clientes. Apesar de se apresentar sempre a solução que, na ótica da empresa, melhor se adequa às necessidades do consumidor, o que prevalecerá, em última instância, será a vontade do cliente.

Contudo, seja qual for a decisão tomada, uma coisa é certa: existem sempre ganhos ambientais, e sempre que existem ganhos ambientais existem também ganhos económicos e sociais, pois, à partida, os projetos têm sempre subjacente uma lógica de poupança, bem como de melhoria da qualidade de vida das populações. Podemos então afirmar que, neste sentido, empresas como esta, que desenvolvem este tipo de projetos, são de uma importância crucial na defesa do meio ambiente. Para além disso, contribuem ainda para criar postos de trabalho, sobretudo ao nível de mão de obra especializada, diminuindo o desemprego e evitando, muitas das vezes, a

deslocação dessa mão de obra para outras regiões ou até para outros países que apostam mais fortemente nestas tecnologias.

Em suma, pode-se afirmar que este estágio foi uma etapa concluída com sucesso e que será de grande importância em termos de futuro profissional. Toda a experiência adquirida foi inegavelmente enriquecedora e bastante profícua, sob o ponto de vista das competências adquiridas, tendo em conta que foram alcançados todos os objetivos pretendidos com a execução desta vertente de estágio, tanto ao nível tecnológico, como no relacionamento com clientes, empresas e colegas no mercado de trabalho. É de salientar ainda o bom ambiente que reina diariamente neste local de trabalho, o que contribuiu para uma rápida integração e para um sentido de companheirismo admirável entre todos os trabalhadores da empresa.

Referências

- Apren. (2018 a). “Energias Renováveis – Produção. Obtido de Associação de Energias Renováveis”. Disponível em: <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao> [Consultado a: 10-dezembro-2018]
- Apren. (2018 b). “Energias Renováveis – Potência. Obtido de Associação de Energias Renováveis”. Disponível em: <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/potencia> [Consultado a: 10-dezembro-2018]
- Azom. (2017). “The Difference Between Standard and PERC Solar Cells”. Disponível em: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=16715> [Consultado a: 24-setembro-2018]
- Biocant. (2018). Disponível em: <https://www.biocant.pt/pt/> [Consultado a: 22-agosto-2018]
- Brakels. (2018). “Half Cut Solar Panels: Higher Efficiency & Better Shade Tolerance”. Disponível em: <https://www.solarquotes.com.au/blog/half-cut-solar-cells-panels/> [Consultado a: 25-setembro-2018]
- Carneiro, J. (2010). “ELECTROMAGNETISMO B - MÓDULOS FOTOVOLTAICOS - CARACTERÍSTICAS E ASSOCIAÇÕES”. Minho
- CMFE, (2015). “Research Progress of Border for Solar Photovoltaic Modules”
- Cleanenergyreviews. (2014). “The three main types of solar power systems”. Disponível em: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/2014/5/4/how-solar-works> [Consultado a: 02-outubro-2018]
- Csrenergiasolar. (2017). “Origem do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede”. Disponível em: <http://www.csrenergiasolar.com.br/blog/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede---sfcf-on-grid> [Consultado a: 12-outubro-2018]
- DGEG. (2013). Direção-Geral de Energia e Geologia, “Microprodução: despacho DGEG de 26 de dezembro de 2013,” pp. 2013–2014, 2013.
- DGEG. (2018 a). Estatísticas rápidas – nº 168 – outubro de 2018 – renováveis. Obtido em Direção Geral de Energia e Geologia: <http://www.dgeg.gov.pt/>
- DGEG. (2018 b). “DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia - Registo de Unidades de Produção (SERUP)”. Disponível em: <http://www.dgeg.gov.pt/> [Consultado a: 18-julho-2018]
- DL68/2002. (2002). Decreto-Lei nº68/2002. *Diário da República*, 2837-39.
- DL363,2007. Decreto-Lei nº363/2007. *Diário da República*, 7978-7984.
- DL34,2011. Decreto-Lei nº34/201. *Diário da República*, 1316-1325.
- DL153,2014. Decreto-Lei nº153/2014 de 20 de outubro – Nº 202 – 20 de outubro de 2014. *Diário da República*, 1ª série, 5298-5311.

Epdistribuição. (2018). “Unidades de Pequena Produção”. Disponível em: <https://www.edpdistribuicao.pt/pt-pt/unidades-de-pequena-producao> [Consultado a: 29-novembro-2018]

Eletricistaconsciente (2017). “Concepção, aplicação e funcionamento de módulos fotovoltaicos”. Disponível em: <http://www.eletricistaconsciente.com.br/pontue/fasciculos/2-celulas-e-modulos-fotovoltaicos/concepcao-aplicacao-e-funcionamento-de-modulos-fotovoltaicos/> [Consultado a: 26-novembro-2018]

Electronics-tutorials (2018). “Bypass Diodes in Solar Panels”. Disponível em: <https://www.electronics-tutorials.ws/diode/bypass-diodes.html> [Consultado a: 20-novembro-2018]

Energyinformative (2012 a). “Which Solar Panel Type is Best? Mono- vs. Polycrystalline vs. Thin Film”. Disponível em: <http://energyinformative.org/best-solar-panel-monocrystalline-polycrystalline-thin-film> [Consultado a: 21-setembro-2018]

Energyinformative (2012 b). “Grid tied, off grid and hybrid solar systems”. Disponível em: <https://energyinformative.org/grid-tied-off-grid-and-hybrid-solar-systems/> [Consultado a: 25-setembro-2018]

Energysage. (2018). “How to choose the best battery for a solar energy system”. Disponível em: <https://www.energysage.com/solar/solar-energy-storage/what-are-the-best-batteries-for-solar-panels/> [Consultado a: 21-setembro-2018]

Governo de Portugal. (2013). “Estratégia Europa 2020 Ponto de Situação das Metas em Portugal”, Disponível em: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/file_import/prgreg2013_portugal_pt_0.pdf [Consultado a: 14-outubro-2018]

Inegi, “Energias Endógenas de Portugal”. Disponível em: <http://e2p.inegi.up.pt/index.asp> [Consultado a: 12-setembro-2018]

Kinetics, c. (2018). Obtido de : <http://critical-kinetics.pt/Microproducao-Regime-Geral/regime2-geral-microproducao.html> [Consultado a: 12-setembro-2018]

krinatsolar, (2017 a). “MPPT ou Trilhador do Ponto de Potência Máxima”. Disponível em: <https://krinatsolar.com.br/mppt-ponto-de-potencia-maxima/> [Consultado a: 12-setembro-2018] [Consultado a: 22-novembro-2018]

Krinatsolar. (2017 b). “NOCT x STC: Entenda a diferença entre estas condições”. Disponível em: <https://krinatsolar.com.br/noct-x-stc-entenda-a-diferenca/> [Consultado a: 22-outubro-2018]

Maso. (2007). Obtido de Parque Fotovoltaico de Serpa em: http://www.c3p.org/Workshop%202007%20Documents/Piero%20Dal%20Maso_%20Serpa%20Solar%20Plant%20.pdf [Consultado a: 15-julho-2018]

Modernize. (2018). “*Horizontal vs Vertical Solar Panel Installation*”. Disponível em: <https://modernize.com/home-ideas/30073/horizontal-vs-vertical-solar-panel-installation> [Consultado a: 20-novembro-2018]

Phocos. (2015). “*Comparing PWM & MPPT Charge Controllers*”. Disponível em: <https://www.phocos.com/wp-content/uploads/2015/12/Guide-Comparing-PWM-MPPT-Charge-Controllers.pdf> [Consultado a: 24-setembro-2018]

Pinho, e Galdino, (2014). “*Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*”. Rio de Janeiro: CEPEL – CRESESB.

PortalEnergia. (2008) Obtido de PortalEnergia em: <https://www.portal-energia.com/a-maior-central-solar-do-mundo-no-alentejo/> [Consultado a: 18-outubro-2018]

PortalEnergia. (2014). “*Energia Fotovoltaica: manual sobre tecnologias, projeto e instalação*”.

Portalsolar. (2011). *Passo a Passo da Fabricação do Painel Solar*. Disponível de Portal solar em: <https://www.portalsolar.com.br/passo-a-passo-da-fabricacao-do-painel-solar.html> [Consultado a: 22-setembro-2018]

Portalsolar. (2018). “*Célula Fotovoltaica*” Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html> [Consultado a: 21-setembro-2018]

PVgis. (2017). “*PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM*”. Disponível em: <http://re.jrc.ec.europa.eu/> [Consultado a: 15-julho-2018]

Powerfromsunlight. (2017a). “*Why Is The Solar Panel Frame Important?*”. Disponível em: <https://www.powerfromsunlight.com/need-know-solar-cell-busbar-0bb-3bb-5bb/> [Consultado a: 22-setembro-2018]

Powerfromsunlight. (2017b). “*Why Is The Solar Panel Frame Important?*”. Disponível em: <https://www.powerfromsunlight.com/solar-panel-frame-important/> [Consultado a: 22-setembro-2018]

Powerinfotoday. (2018). “*LONGi Solar reinforces bankability with Bloomberg Tier 1 ranking*”. Disponível em: <http://www.powerinfotoday.com/Solar-Energy/longi-solar-reinforces-bankability-with-bloomberg-tier-1-ranking> [Consultado a: 11-novembro-2018]

Renewableenergyworld. (2016). “*Solar Panels Quality Pyramid. Tier 1,2 & 3*”. Disponível em: <https://www.renewableenergyworld.com/ugc/articles/2016/03/solar-panels-quality-pyramid-tier-12--3.html> [Consultado a: 11-novembro-2018]

Saveonpowersolar, (2018). “*PASSO A PASSO Fabricação do Painel Solar*”. Disponível em: <https://saveonpowersolar.com.br/passo-a-passo-fabricacao-de-painel-solar/> [Consultado a: 22-setembro-2018]

Sinergieae. (2014). “*Autoconsumo (UPAC)-DL153/2014*”. Disponível em: <http://www.sinergieae.com/upac/> [Consultado a: 22-setembro-2018]

Sinovoltaics, (2011). “*EVA (ethylene vinyl acetate) Film: composition and application*”.

Disponível em: <https://sinovoltaics.com/learning-center/materials/ethylene-vinyl-acetate-eva-film-composition-and-application/> [Consultado a: 22-setembro-2018]

SMA Solar Technology AG, (2018). “*Shade Management Efficient Operation of Partially Shaded PV Systems with OptiTrac Global Peak*”. [Consultado a: 28-outubro-2018]

Solarchoice. (2017). “*What is a “Tier 1” solar panel? Tier 2 or 3?*”. Disponível em: <https://www.solarchoice.net.au/blog/what-is-a-tier-1-solar-panel-tier-2-or-3/> [Consultado a: 11-novembro-2018]

Solarelectric. (2018). “*Solar Charge Controller Basics*”. Disponível em: <https://www.solar-electric.com/learning-center/batteries-and-charging/solar-charge-controller-basics.html> [Consultado a: 22-setembro-2018]

Solar mango, (2016). “*What is a Solar PV Backsheet? What are its Functions?*”. Disponível em: <http://www.solar mango.com/2016/08/07/solar-pv-backsheet-functions/> [Consultado a: 22-setembro-2018]

SolarPowerWorld). (2016). “*What is PERC? Why should you care?*” Disponível em: <https://www.solarpowerworldonline.com/2016/07/what-is-perc-why-should-you-care/> [Consultado a: 24-setembro-2018]

Solarpowerworldonline, (2017). “*The PV junction box: An overlooked, yet important part of a solar panel*”. Disponível em: <https://www.solarpowerworldonline.com/2017/05/pv-junction-box-overlooked-yet-important-part-solar-panel/> [Consultado a: 22-setembro-2018]

SolarReviews. (2017). “*Pros and Cons of Monocrystalline vs Polycrystalline solar panels*” Disponível em: <https://www.solarreviews.com/blog/pros-and-cons-of-monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels> [Consultado a: 21-setembro-2018]

Solmetric. (2011). “*Guide To Interpreting I-V Curve Measurements of PV Arrays*”. Disponível em: <http://resources.solmetric.com/get/Guide%20to%20Interpreting%20I-V%20Curves.pdf> [Consultado a: 17-outubro-2018]

SunEnergy. (2017). Manual de Franchising. Coimbra: SunEnergy.

SunEnergy. (2018). Obtido de <http://www.sunenergy.pt/>

Victronenergy. (2018). “*BlueSolar MPPT 100/30 e 100/50*”. Obtido em: <https://www.victronenergy.pt/solar-charge-controllers/mppt-100-30#pd-nav-image> [Consultado a: 11-outubro-2018]

Zeroth. (2018). “*WHAT DOES TIER 1, TIER 2 AND TIER 3 SOLAR PANELS MEAN?*”. Disponível em: <https://www.zeroth.co.za/what-does-tier-1-tier-2-and-tier-3-solar-panels-mean> [Consultado a: 11-novembro-2018]

Anexo A – Relatório PVSOL do Biocant

O software *PV*Sol premium* é uma ferramenta de trabalho muito completa, que permite utilizar dados bastante úteis graças à sua base de dados, que recebe *updates* muito regularmente. É também possível realizar estudos através de simulações 3D (ou 2D), tendo características muito específicas dos equipamentos e da localização da instalação a simular.

Na Figura A.1, encontra-se representado o logotipo do programa.



*Figura A.1 - Logotipo do software PV*Sol premium*

Desta forma, e tendo em conta que o relatório de simulação é consideravelmente extenso, apenas irão ser representados os principais pontos da simulação neste anexo.

Assim sendo, será apresentada a informação e descrição dos vários edifícios no seguimento deste Anexo A.

Na Figura A.2 está representada a capa obtida da simulação do Edifício Biotech. Os dados que nela aparecem são preenchidos na primeira página do simulador.



Centro Neurociencias Biologia Celular

Zona Industrial 1, Lt 8
Cantanhede
3060-197 Cantanhede

SUNENERGY
Rua José Augusto Frutuoso, 6
3025-029 Coimbra
I

Contacto:
Paulino Oliveira
Telefone: 808 450 045
E-mail: info@sunenergy.pt

N.º cliente: 8520
Nome do projeto: Biotech

28-11-2018

Seu sistema fotovoltaico de SUNENERGY

Endereço da instalação

Zona Industrial 1, Lt 8
Cantanhede
3060-197 Cantanhede



Descrição do projeto:
Projeto de Autoconsumo Instantâneo

*Figura A.2 – Capa do relatório obtida da simulação do Edifício Biotech em PV*SOL premium*

As páginas seguintes do relatório contêm simulações 3D em *SketchUp*® dos vários edifícios do Parque Tecnológico Biocant e informações relativas ao simulador *PV*Sol premium*, como o número de módulos, inversores, potência de pico, o esquema elétrico, a energia produzida anualmente, o autoconsumo direto, a percentagem de autoconsumo do sistema, entre outras informações.

Nas próximas páginas, serão analisados com mais detalhe, os pormenores do edifício Biotech, complementando o caso de estudo abordado no capítulo 6.

Os restantes edifícios serão também referidos, mas de forma mais simplificada.

No final deste anexo, está presente uma apreciação global de todos os edifícios, referente ao retorno esperado, bem como a economia prevista no primeiro ano.

De seguida, analisando a Figura A.4, observa-se a configuração dos módulos fotovoltaicos e dos inversores, com a representação 3D no simulador *PV*SOL premium*.

Como foi descrito no capítulo 6, foram sugeridos para o edifício Biotech, três inversores *Fronius* de 27 kW, isto para 345 módulos de 295Wp, o que totaliza uma potência de pico de 101,78 kWp.

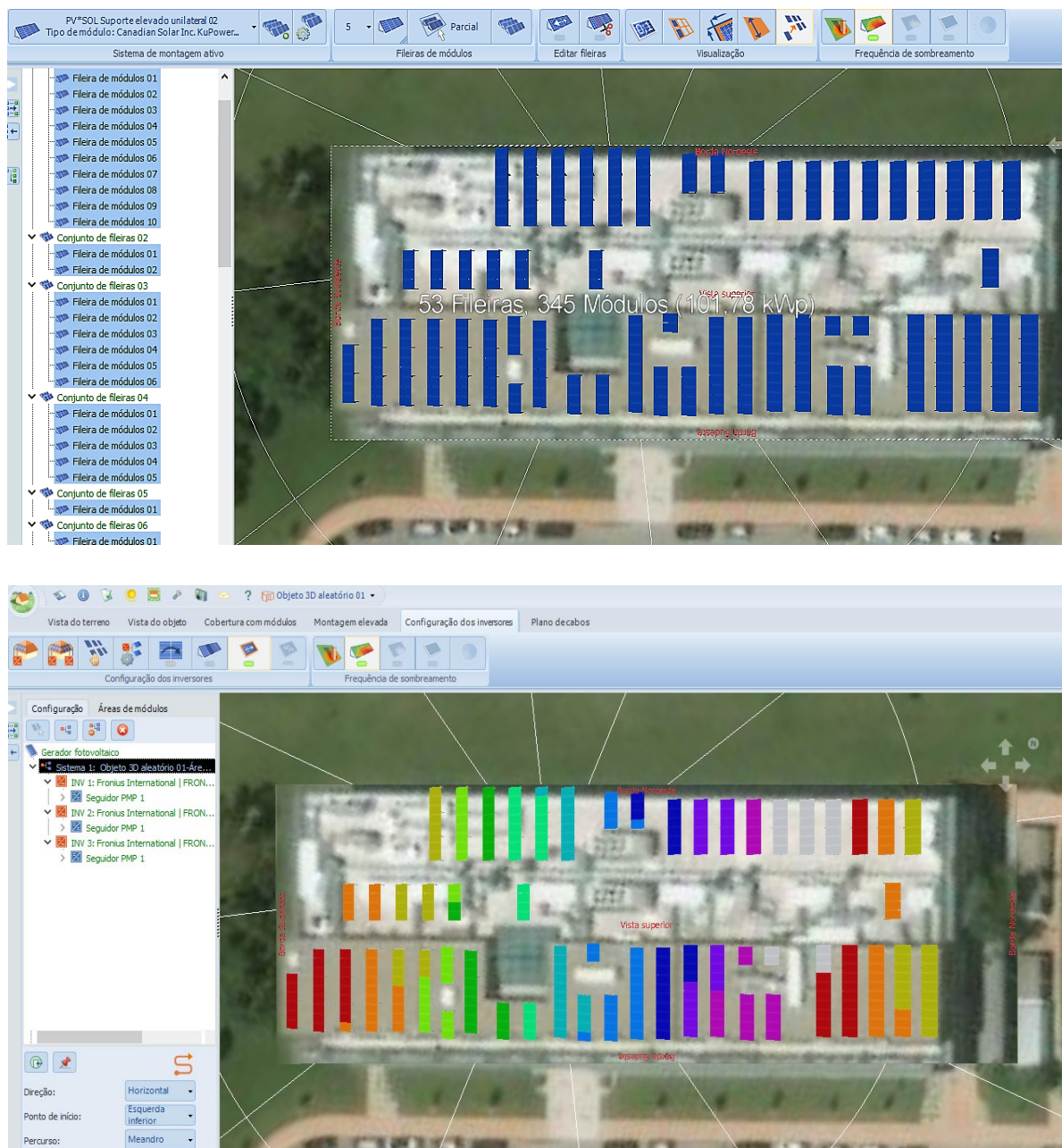


Figura A.4 - Representação e simulação 3D do Edifício Biotech, elaborado em *PV*SOL premium*

Na Figura A.5, encontra-se a informação relativamente ao módulo, bem como a sua inclinação, área ocupada, tipo de montagem e orientação.

Biotech



SUNENERGY

Áreas do módulo

1. Área do módulo - Objeto 3D aleatório 01-Área de montagem Sudeste

Gerador fotovoltaico, 1. Área do módulo - Objeto 3D aleatório 01-Área de montagem Sudeste

Nome	Objeto 3D aleatório 01-Área de montagem Sudeste
Módulos fotovoltaicos	345 x KuPower CS3K-295P
Fabricante	Canadian Solar Inc.
Inclinação	20 °
Orientação	Sudoeste 216 °
Situação de montagem	Montagem elevada - telhado
Area do gerador fotovoltaico	573,3 m ²



Figura: 1. Área do módulo - Objeto 3D aleatório 01-Área de montagem Sudeste

Figura A.5 - Áreas do módulo fotovoltaico, elaborado em PV*SOL premium

Na Figura A.6, é apresentada a informação relativamente ao inversor escolhido, bem como a quantidade de inversores e o número de módulos por *string*.

Biotech



SUNENERGY

Linha do horizonte, Modelagem 3D

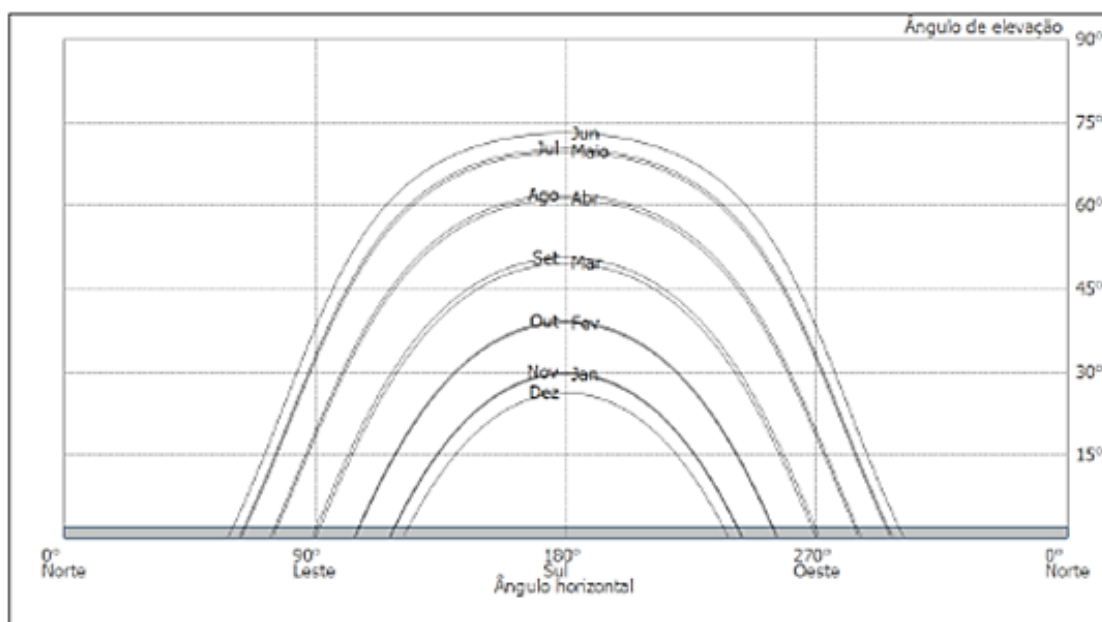


Figura: Horizonte (Modelagem 3D)

Configuração do inversor

Configuração 1

Área do módulo	Objeto 3D aleatório 01-Área de montagem Sudeste
Inversor 1	
Fabricante	Fronius International
Modelo	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Quantidade	3
Fator dimensionamento	125,6 %
Configuração	PMP 1: 5 x 23

Rede c.a.

Rede c.a.

Quantidade de fases	3
Tensão da rede (monofásica)	230 V
Fator de potência (cos phi)	+/- 1

Figura A.6 - Configuração do inversor

Avançando para a análise financeira, esta aba (Figura A.7) possui várias opções, onde se podem inserir custos de investimento, financiamento, tarifas dos vários períodos horários, preço de venda da eletricidade, etc. Na Figura A.8, está representada a secção que recebe os dados relativos às tarifas, com os vários períodos horários, fornecedor de energia, etc.

Análise financeira

Parâmetros para a análise financeira € Editar

Balanço / Conceito de injeção Injeção do excedente

Preço de venda da eletricidade 0,0470 €/kWh

Validade da tarifa de injeção =

Info	Nome da tarifa	Válido desde
	Excedente EDP Biotech - Remuneração Excedente	18/01/2018

Inflação da tarifa de injeção 3,0 %/Ano

Tarifa de consumo EDP COMERCIAL - Tarifa de consumo EDP_Biotech (Tipo de consumo: Comercial)

Inflação da tarifa de energia 3,0 %/Ano

Figura A.7 – Análise Financeira do Edifício Biotech, elaborado em PV*SOL premium

Tarifa de consumo

País Portugal

Local Cantanhede

Fornecedor de energia EDP COMERCIAL

Nome Tarifa de consumo EDP_Biotech

Tipo de consumo Residencial Comercial

Qtd mínima 0 €/Ano

Base de preço 0,0000 €/Mês

Quantidade de diferentes períodos de tarifas 8

Super vazio (1)	Vazio Normal (2)	Cheias (3)	Pontas (4)	Super vazio (5)	Vazio Normal (6)	Ch
A partir de (energia em kWh/ano)	Tarifa de energia [€/kWh]					
0,00	0,07090					

Com uma tarifa da energia dependente do consumo Tarifa de zona Tarifa escalonada

Quantidade de diferentes definições para períodos de tarifas 3

Atribuição de períodos de tarifas

	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab
Definição de períodos de tarifas	c	a	a	a	a	a	b

Definição de períodos de tarifas a	Definição de períodos de tarifas b	Definição de períodos de tarifas c	
Jan	2 2 1 1 1 1 2 3 3 4 4 4 3 3 3 3 3 3 4 4 4 3 3 3		
Fev	2 2 1 1 1 1 2 3 3 4 4 4 3 3 3 3 3 3 4 4 4 3 3 3		
Mar	2 2 1 1 1 1 2 3 3 4 4 4 3 3 3 3 3 3 4 4 4 3 3 3		
Abr	6 6 5 5 5 5 6 7 7 8 8 8 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7		
Mai	6 6 5 5 5 5 6 7 7 8 8 8 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7		
Jun	6 6 5 5 5 5 6 7 7 8 8 8 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7		
Jul	6 6 5 5 5 5 6 7 7 8 8 8 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7		
Ago	6 6 5 5 5 5 6 7 7 8 8 8 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7		
Set	6 6 5 5 5 5 6 7 7 8 8 8 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7		
Out	2 2 1 1 1 1 2 3 3 4 4 4 3 3 3 3 3 3 4 4 4 3 3 3		
Nov	2 2 1 1 1 1 2 3 3 4 4 4 3 3 3 3 3 3 4 4 4 3 3 3		
Dez	2 2 1 1 1 1 2 3 3 4 4 4 3 3 3 3 3 3 4 4 4 3 3 3		


Disponível

Figura A.8 – Escolha da tarifa de consumo do Edifício Biotech

Na Figura A.9, verificam-se os principais resultados da simulação, onde se identifica a potência de pico, o desempenho do sistema (70,4%), perdas por sombreamento, energia produzida anualmente e, principalmente, o autoconsumo do sistema que, neste caso, é de 91,6 %.

Biotech

SUNENERGY



Resultados da simulação

Resultados Sistema completo

Sistema fotovoltaico	
Potência do gerador fotovoltaico	101,8 kWp
Rendimento anual específico	1.271,84 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	70,4 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	14,9 %/Ano
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	
Autoconsumo	118.603 kWh/Ano
Injeção na rede	10.838 kWh/Ano
Limitação no ponto de injeção	0 kWh/Ano
Autoconsumo	91,6 %
Emissões de CO ₂ evitadas	77.665 kg/ano
Consumidores	
Consumidores	1.357.068 kWh/Ano
Consumo em espera (Inversor)	27 kWh/Ano
Consumo total	1.357.095 kWh/Ano
coberto pelo sistema fv	118.603 kWh/Ano
coberto pela rede elétrica	1.238.493 kWh/Ano
Fração solar	8,7 %

Figura A.9 – Resultados do Sistema Completo

Na Figura A.10, é apresentada a energia do gerador fotovoltaico em corrente alternada (a amarelo), o autoconsumo direto (a cinzento) e a injeção na rede (a azul). Na Figura A.11, é apresentado o gráfico da evolução dos custos de energia antes da instalação do sistema fotovoltaico (a azul) e depois da instalação do mesmo (a amarelo).

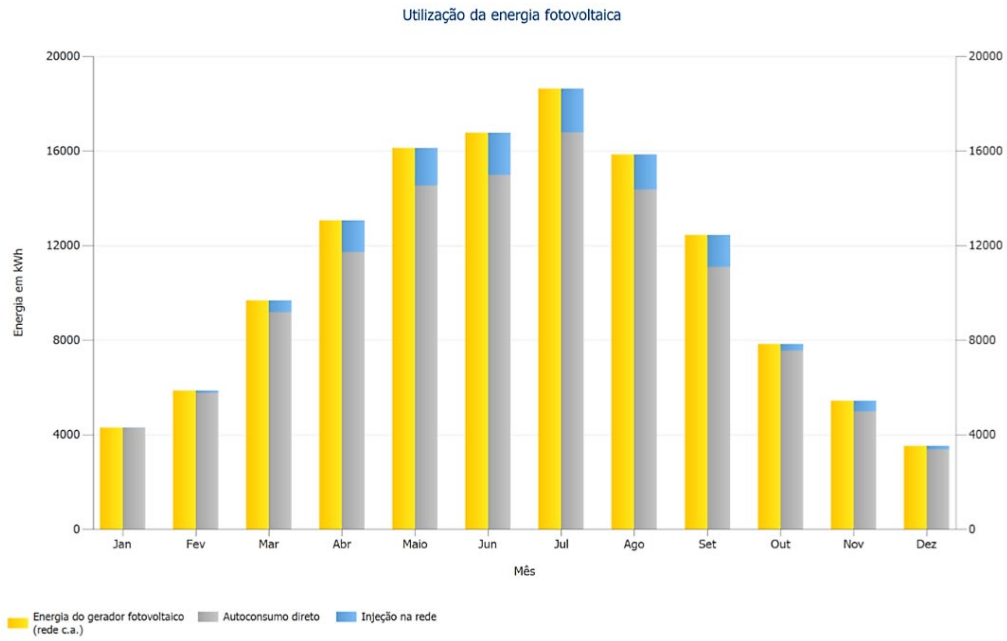


Figura A.10 – Utilização da energia fotovoltaica

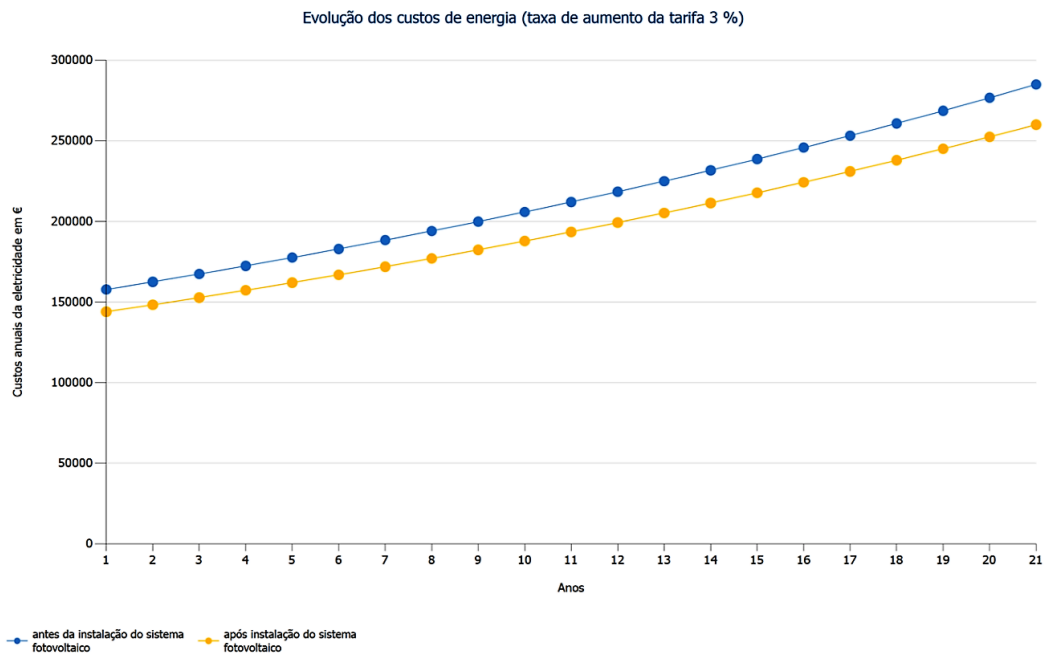


Figura A.11 - Evolução dos custos de energia

Na Figura A.12, verifica-se a simulação do edifício Biotech em *SketchUp*® que, sendo o edifício que possui uma maior área disponível, é também o que terá mais módulos. Na Figura A.13, verifica-se também o parâmetro de rendimento para o edifício projetado em *PV*SOL premium*, onde se observam alguns dados vitais do projeto.

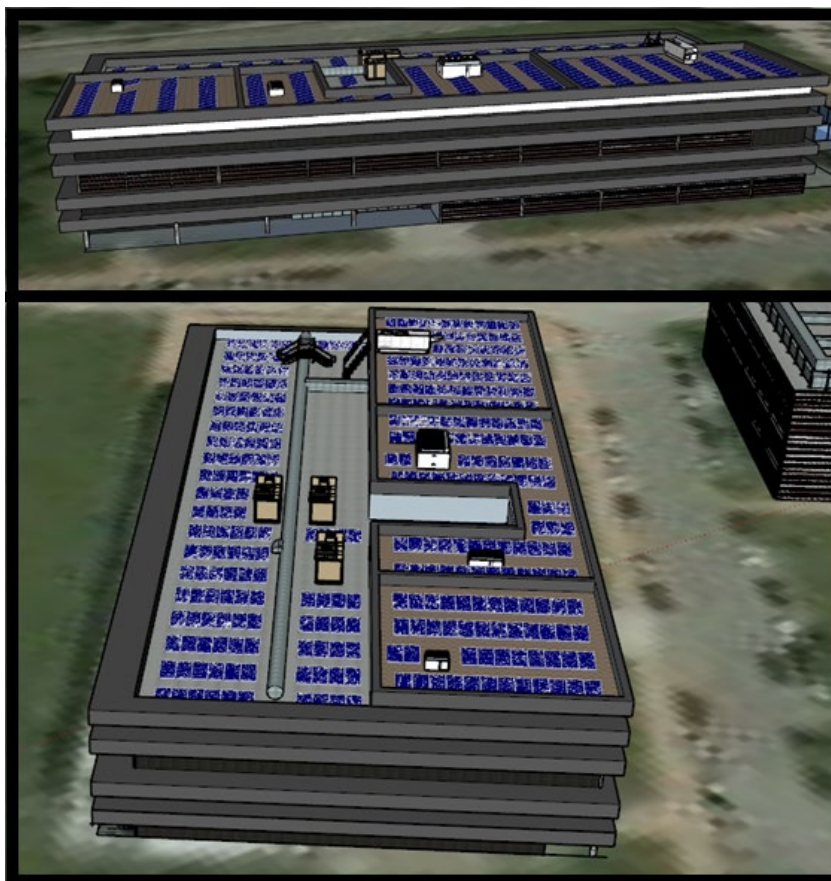


Figura A.12 - Simulação do edifício Biotech e dos respetivos módulos fotovoltaicos, em estrutura triangular, elaborado em *Sketchup*®

O rendimento

O rendimento

Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	129.442 kWh
Autoconsumo direto	118.603 kWh
Injeção na rede	10.838 kWh
Limitação no ponto de injeção	0 kWh
Autoconsumo	91,6 %
Fração solar	8,7 %
Rendimento anual específico	1.271,84 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	70,4 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	14,9 %/Ano
Emissões de CO ₂ evitadas	77.665 kg/ano

Figura A.13 - Simulação do Edifício Biotech e dos respetivos módulos fotovoltaicos e inversores, elaborado em *PV*SOL premium*

Na Figura A.14, verifica-se a simulação do edifício Biocant I em *SketchUp*®, na Figura A.15, visualizam-se os resultados de rendimento relativamente ao *PV*SOL premium*, e na Figura A.16, observa-se a vista geral do projeto e a configuração dos dois inversores.

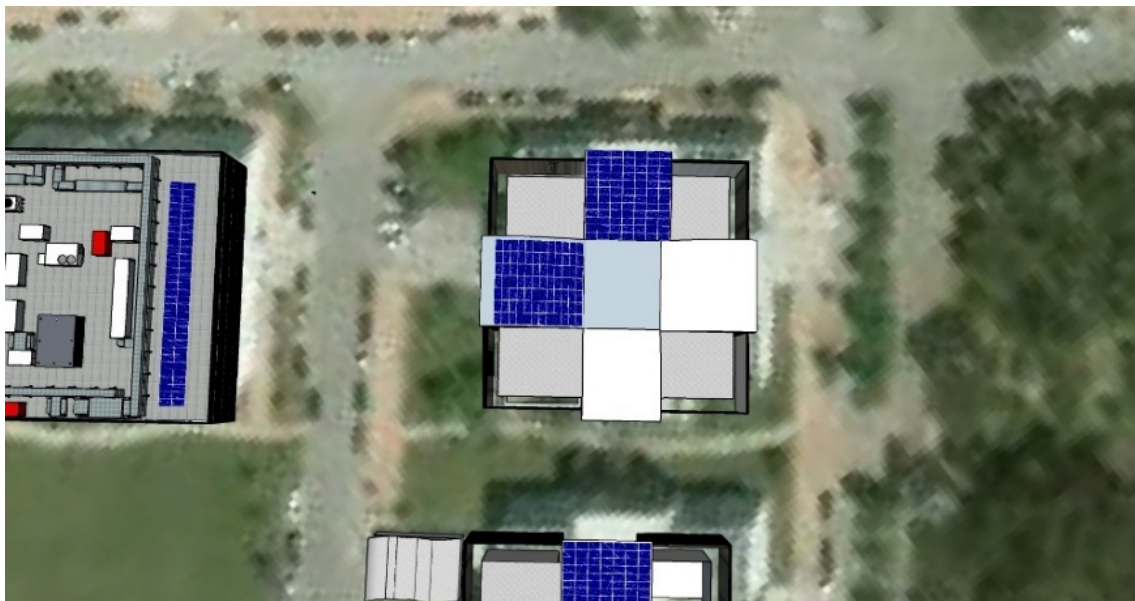


Figura A.14 - Simulação do edifício Biocant I e dos respetivos módulos fotovoltaicos, em estrutura coplanar, elaborado em *Sketchup*®

O rendimento

O rendimento

Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	68.315 kWh
Autoconsumo direto	53.922 kWh
Injeção na rede	14.394 kWh
Limitação no ponto de injeção	0 kWh
Autoconsumo	78,9 %
Fração solar	32,5 %
Rendimento anual específico	1.378,43 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	78,5 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	5,3 %/Ano
Emissões de CO ₂ evitadas	40.989 kg/ano

Figura A.15 – Resultados de rendimento do Edifício Biocant I elaborado em *PV*SOL premium*

Biocant_I



SUNENERGY

Vista geral do projeto



Figura: Imagem panorâmica, Modelagem 3D

Sistema fotovoltaico

3D, Sistema fv conectado à rede com consumo

Dados climáticos	Cantanhede - Biocant, PRT (1991 - 2010)
Potência do gerador fotovoltaico	49,56 kWp
Area do gerador fotovoltaico	279,1 m ²
Quantidade de módulos	168
Quantidade de inversores	2

Configuração do inversor

Configuração 1

Área do módulo	Arbitrary 3D Object 02-Área de montagem Sudoeste
Inversor 1	
Fabricante	Fronius International
Modelo	FRONIUS Symo 20.0-3-M
Quantidade	1
Fator dimensionamento	123,9 %
Configuração	PMP 1: 2 x 21 PMP 2: 2 x 21

Configuração 2

Área do módulo	Arbitrary 3D Object 03-Área de montagem Sudeste
Inversor 1	
Fabricante	Fronius International
Modelo	FRONIUS Symo 20.0-3-M
Quantidade	1
Fator dimensionamento	123,9 %
Configuração	PMP 1: 2 x 21 PMP 2: 2 x 21

Figura A.16 - Simulação do Edifício Biocant I e configuração dos respectivos módulos fotovoltaicos e inversores, elaborado em PV*SOL premium

Na Figura A.17, verifica-se a simulação do edifício Biocant III em *SketchUp*®; na Figura A.18, aparecem os resultados do rendimento relativamente ao *PV*Sol premium* e na Figura A.19, observa-se a vista geral do projeto e a configuração do inversor.

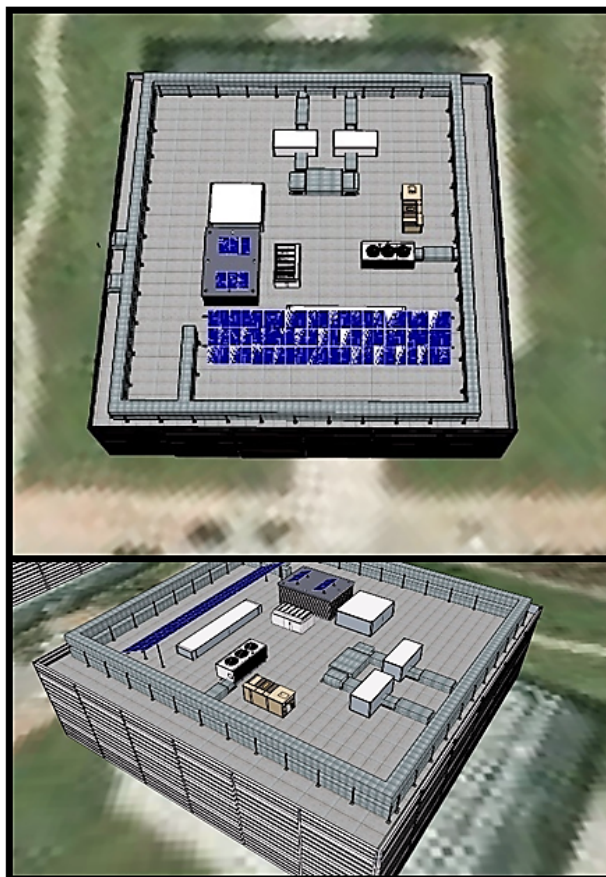


Figura A.17 - Simulação do edifício Biocant III e dos respetivos módulos fotovoltaicos, em bancada tripla e em triângulo, elaborado em *Sketchup*®

O rendimento

O rendimento

Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	31.452 kWh
Autoconsumo direto	30.697 kWh
Injeção na rede	756 kWh
Limitação no ponto de injeção	0 kWh
Autoconsumo	97,6 %
Fração solar	6,2 %
Rendimento anual específico	1.480,81 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	80,8 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	3,0 %/Ano
Emissões de CO ₂ evitadas	18.871 kg/ano

Figura A.18 – Resultados de rendimento do Edifício Biocant III elaborado em *PV*SOL premium*

Vista geral do projeto



Figura: Imagem panorâmica, Modelagem 3D

Sistema fotovoltaico

3D, Sistema fv conectado à rede com consumo

Dados climáticos	Cantanhede - Biocant, PRT (1991 - 2010)
Potência do gerador fotovoltaico	21,24 kWp
Área do gerador fotovoltaico	119,6 m ²
Quantidade de módulos	72
Quantidade de inversores	1

Configuração do inversor

Configuração 1

Área do módulo	Arbitrary 3D Object 01-Mounting Surface Southeast
Inversor 1	
Fabricante	Fronius International
Modelo	FRONIUS Symo 17.5-3-M
Quantidade	1
Fator dimensionamento	121,4 %
Configuração	PMP 1: 2 x 18 PMP 2: 2 x 18

Figura A.19 - Simulação do Edifício Biocant III e configuração dos respectivos módulos fotovoltaicos e inversores, elaborado em PV*SOL premium

Na Figura A.20, verifica-se a simulação do edifício ABAP em *SketchUp*®; na Figura A.21, surgem os resultados do rendimento relativamente ao *PV*Sol premium* e na Figura A.22, pode-se observar a vista geral do projeto e a configuração do inversor.

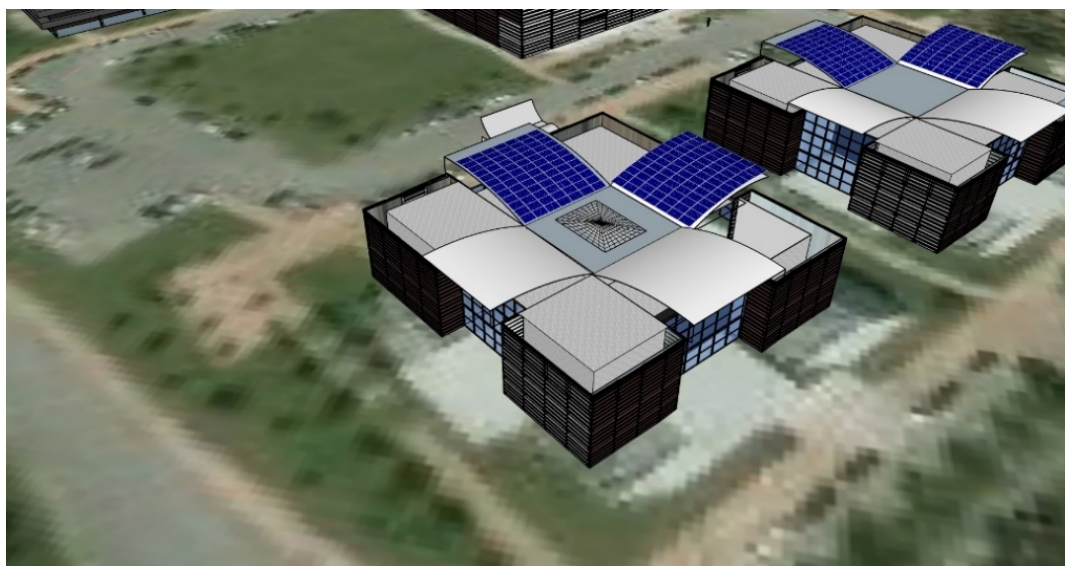


Figura A.20 - Simulação do edifício ABAP e dos respetivos módulos fotovoltaicos, em coplanar, elaborado em *Sketchup*®

O rendimento

O rendimento

Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	67.076 kWh
Autoconsumo direto	48.709 kWh
Injeção na rede	18.367 kWh
Limitação no ponto de injeção	0 kWh
Autoconsumo	72,6 %
Fração solar	45,1 %
Rendimento anual específico	1.353,43 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	77,7 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	6,6 %/Ano
Emissões de CO ₂ evitadas	40.245 kg/ano

Figura A.21 – Resultados de rendimento do Edifício ABAP elaborado em *PV*SOL premium*

ABAP



SUNENERGY

Vista geral do projeto

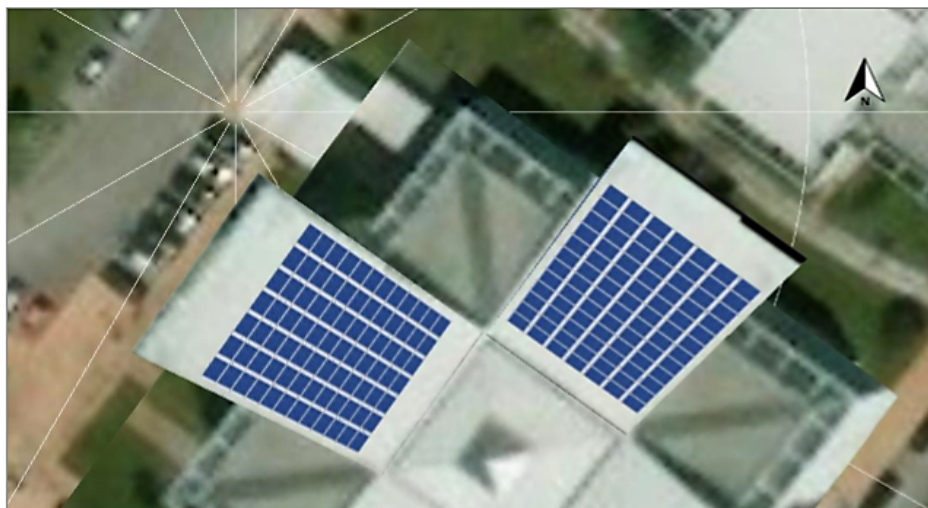


Figura: Imagem panorâmica, Modelagem 3D

Sistema fotovoltaico

3D, Sistema fv conectado à rede com consumo

Dados climáticos	Cantanhede, PRT (1991 - 2010)
Potência do gerador fotovoltaico	49,56 kWp
Área do gerador fotovoltaico	279,1 m ²
Quantidade de módulos	168
Quantidade de inversores	2

Configuração do inversor

Configuração 1

Área do módulo	Arbitrary 3D Object 02-Área de montagem Sudoeste
Inversor 1	
Fabricante	Fronius International
Modelo	FRONIUS Symo 20.0-3-M
Quantidade	1
Fator dimensionamento	123,9 %
Configuração	PMP 1: 2 x 21 PMP 2: 2 x 21

Configuração 2

Área do módulo	Arbitrary 3D Object 03-Área de montagem Sudeste
Inversor 1	
Fabricante	Fronius International
Modelo	FRONIUS Symo 20.0-3-M
Quantidade	1
Fator dimensionamento	123,9 %
Configuração	PMP 1: 2 x 21 PMP 2: 2 x 21

Figura A.22 - Simulação do Edifício ABAP e configuração dos respectivos módulos fotovoltaicos e inversores, elaborado em PV*SOL premium

Resultados do retorno e da poupança total no primeiro ano da simulação de todos os Edifícios

Desta forma, após analisar os resultados obtidos, são apresentados os valores esperados para a poupança total ao fim do primeiro ano e o retorno expectável.

- Biotech

O edifício Biotech terá um retorno equivalente a 4,8 anos, sendo a poupança total, no primeiro ano, no valor de 13 817,92 €.

- PME

O edifício PME terá um retorno equivalente a 4 anos, sendo a poupança total, no primeiro ano, no valor de 4 125,61 €.

- Biocant I

O edifício Biocant I terá um retorno equivalente a 3,5 anos, sendo a poupança total, no primeiro ano, no valor de 8 587,02 €.

- Biocant III

O edifício Biocant III terá um retorno equivalente a 4,3 anos, sendo a poupança total, no primeiro ano, no valor de 4 702, 19 €.

- ABAP

O edifício ABAP terá um retorno equivalente a 3,8 anos, sendo a poupança total, no primeiro ano, no valor de 7 795,38 €.

Anexo B – Datasheet CanadianSolar KuPower CS3K-295P



NEW

CanadianSolar

KuPower SUPER HIGH EFFICIENCY POLY^{GEN4} MODULE CS3K-285|290|295|300P

With Canadian Solar's industry leading poly-PERC cell technology and the innovative LIC (Low Internal Current) module technology, we are now able to offer our global customers high power poly modules up to 300 W.

The KuPower poly modules with a dimension of 1675 x 992 mm, close to our 60 cell modules, have the following unique features:

- **Higher** power classes for equivalent module sizes
- **High** module efficiency up to 18.05 %
- **LOW** hot spot temperature risk
- **LOW** temperature coefficient (Pmax): -0.38 % / °C
- **LOW** NMOT (Nominal Module Operating Temperature): 43 ± 2 °C



More power output thanks to
low NMOT: 43 ± 2 °C



Low power loss in cell
connection



Safer: lower hot spot
temperature



Heavy snow load up to 5400
Pa, wind load up to 2400 Pa*

25 years linear power output warranty

10 years product warranty on materials and workmanship

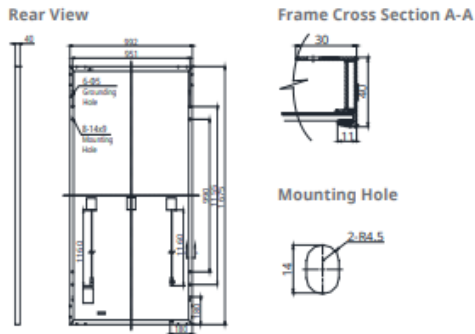
PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: 2005 & 2016; VDE / CE / UL 1703: CSA

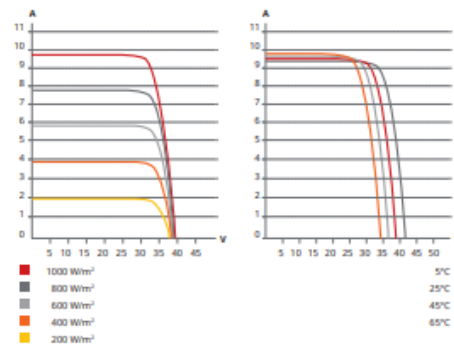


* For detailed information please refer to Installation Manual.
** Please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific product certificates applicable in your market.

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS3K-290P / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS3K	285P	290P	295P	300P
Nominal Max. Power (Pmax)	285 W	290 W	295 W	300 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	32.1 V	32.3 V	32.5 V	32.7 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.92 A	8.98 A	9.08 A	9.18 A
Open Circuit Voltage (Voc)	38.7 V	38.9 V	39.1 V	39.3 V
Short Circuit Current (Isc)	9.42 A	9.49 A	9.57 A	9.65 A
Module Efficiency	17.15%	17.45%	17.75%	18.05%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1000 V (IEC / UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	30 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5 W			

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 156.75 × 78.38 mm
Cell Arrangement	120 [2 × (10 × 6)]
Dimensions	1675 × 992 × 40 mm (65.9 × 39.1 × 1.57 in)
Weight	18.5 kg (40.8 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 diodes
Cable	4.0 mm ² & 12 AWG, 1160 mm (45.7 in)
Connector	T4 (IEC / UL)
Per Pallet	27 pieces
Per Container (40' HQ)	756 pieces

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS3K	285P	290P	295P	300P
Nominal Max. Power (Pmax)	210 W	214 W	218 W	222 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	29.3 V	29.5 V	29.7 V	29.8 V
Opt. Operating Current (Imp)	7.17 A	7.26 A	7.35 A	7.45 A
Open Circuit Voltage (Voc)	36.1 V	36.3 V	36.5 V	36.7 V
Short Circuit Current (Isc)	7.60 A	7.67 A	7.73 A	7.79 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.38 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.29 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	43±2 °C

PARTNER SECTION



The aforesaid datasheet only provides the general information on Canadian Solar products and, due to the on-going innovation and improvement, please always contact your local Canadian Solar sales representative for the updated information on specifications, key features and certification requirements of Canadian Solar products in your region.

Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CANADIAN SOLAR (USA) INC. August 2017 | All rights reserved | PV Module Product Datasheet V5.552_E1_NA
3000 Oak Road, Suite 400, Walnut Creek, CA 94597, USA | www.canadiansolar.com/na | sales.us@canadiansolar.com

Anexo C – Datasheet Fronius: Symo 15.0-3-M, Symo 17.5-3-M e Symo 20.2-3-M.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS SYMO

Maximum flexibility for the applications of tomorrow





SnapInverter technology



Integrated data communication



Dynamic Peak Manager



Smart Grid Ready



SuperFlex Design



Zero feed-in

With power categories ranging from 3.0 to 20.0 kW, the transformerless Fronius Symo is the three-phase inverter for systems of every size. Owing to the SuperFlex Design, the Fronius Symo is the perfect answer to irregularly shaped or multi-oriented roofs.

The standard interface to the internet via WLAN or Ethernet and the ease of integration of third-party components make the Fronius Symo one of the most communicative inverters on the market. Furthermore, the meter interface permits dynamic feed-in management and a clear visualisation of the consumption overview.

TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

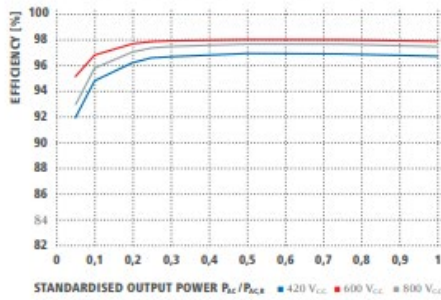
INPUT DATA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Number MPP trackers		1			2	
Max. input current ($I_{dc,max1}$ / $I_{dc,max2}$)		16.0 A			16.0 A / 16.0 A	
Max. array short circuit current (MPP / MPP ₂)		24.0 A			24.0 A / 24.0 A	
DC input voltage range ($U_{dc,min}$ - $U_{dc,max}$)				150 - 1000 V		
Feed-in start voltage ($U_{dc,start}$)				200 V		
Usable MPP voltage range				150 - 800 V		
Number of DC connections		3			2+2	
Max. PV generator output ($P_{dc,max}$)	6.0 kW _{peak}	7.4 kW _{peak}	9.0 kW _{peak}	6.0 kW _{peak}	7.4 kW _{peak}	9.0 kW _{peak}

OUTPUT DATA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
AC nominal output ($P_{ac,n}$)	3,000 W	3,700 W	4,500 W	3,000 W	3,700 W	4,500 W
Max. output power	3,000 VA	3,700 VA	4,500 VA	3,000 VA	3,700 VA	4,500 VA
AC output current ($I_{ac,nom}$)	4.3 A	5.3 A	6.5 A	4.3 A	5.3 A	6.5 A
Grid connection (voltage range)	3-NPE 400 V / 230 V or 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)					
Frequency (frequency range)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)					
Total harmonic distortion	+ 3 %					
Power factor (cos ϕ_{ac})	0.70 - 1 ind. / cap.					

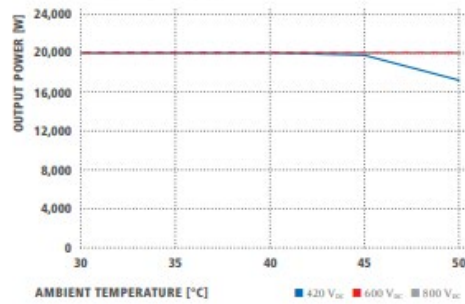
GENERAL DATA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Dimensions (height x width x depth)			645 x 431 x 204 mm			
Weight		16.0 kg			19.9 kg	
Degree of protection	IP 65					
Protection class	I					
Overvoltage category (DC / AC) ¹⁾	2 / 3					
Night time consumption	+ 1 W					
Inverter design	Transformerless					
Cooling	Regulated air cooling					
Installation	Indoor and outdoor installation					
Ambient temperature range	-25 - +60 °C					
Permitted humidity	0 - 100 %					
Max. altitude	2,000 m / 3,400 m (unrestricted / restricted voltage range)					
DC connection technology	3x DC+ and 3x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm ²⁾			4x DC+ and 4x DC- screw terminals 2.5 - 16mm ²⁾		
AC connection technology	5-pole AC screw terminals 2.5 - 16 mm ²⁾			5-pole AC screw terminals 2.5 - 16mm ²⁾		
Certificates and compliance with standards	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777 ³⁾ , CEI 0-21 ⁴⁾ , NRS 097					

¹⁾ This applies to Fronius Symo 3.0-3-M, 3.7-3-M and 4.5-3-M. ²⁾ According to IEC 62109-1.
³⁾ 16 mm²⁾ without wire end ferrules. Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at www.fronius.com.

FRONIUS SYMO 20.0-3-M EFFICIENCY CURVE



FRONIUS SYMO 20.0-3-M TEMPERATURE DERATING



TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

EFFICIENCY	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Max. efficiency		98.0 %		98.1 %	
European efficiency (η _{EU})	97.4 %	97.6 %	97.8 %	97.8 %	97.9 %
MPP adaptation efficiency			> 99.9 %		

PROTECTIVE DEVICES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
DC insulation measurement			Yes		
Overload behaviour			Operating point shift, power limitation		
DC disconnect			Yes		
Reverse polarity protection			Yes		

INTERFACES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
WLAN / Ethernet LAN			Fronius Solarweb, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)		
6 inputs and 4 digital inputs/outputs			Interface to ripple control receiver		
USB (A socket) ¹⁾			Datalogging, inverter update via USB flash drive		
2x RS422 (RJ45-socket) ¹⁾			Fronius Solar Net		
Signalling output ¹⁾			Energy management (potential-free relay output)		
Datalogger and Webserver			Included		
External input ¹⁾			50-Meter Interface / Input for overvoltage protection		
RS485			Modbus RTU SunSpec or meter connection		

¹⁾ Also available in the light version.
Further information and technical data can be found at www.fronius.com.

Data and images are subject to the current state of technology at the time of printing. Subject to modifications. All illustrations are without guarantee as to their content. Liability excluded. Copyright © 2017 Fronius AG. All rights reserved.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

THREE BUSINESS UNITS, ONE GOAL: TO SET THE STANDARD THROUGH TECHNOLOGICAL ADVANCEMENT.

What began in 1945 as a one-man operation now sets technological standards in the fields of welding technology, photovoltaics and battery charging. Today, the company has around 3,800 employees worldwide and 1,242 patents for product development show the innovative spirit within the company. Sustainable development means for us to implement environmentally relevant and social aspects equally with economic factors. Our goal has remained constant throughout: to be the innovation leader.

Further information about all Fronius products and our global sales partners and representatives can be found at www.fronius.com v08 Aug 2017 EN

Fronius India Private Limited
GAT no 312, Nanekarwadi
Chakan, Taluka - Khed District
Pune 410501
India
pv-sales.india@fronius.com
www.fronius.in

Fronius Australia Pty Ltd.
90-92 Lambeck Drive
Tullamarine VIC 3043
Australia
pv-sales-australia@fronius.com
www.fronius.com.au

Fronius UK Limited
Maidstone Road, Kingston
Milton Keynes, MK10 0BD
United Kingdom
pv-sales-uk@fronius.com
www.fronius.co.uk

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

MJA00021EN v20 Apr 2018 ml7

Anexo D – Datasheet Fronius Eco 27.0-3-S


/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging




FRONIUS ECO

The compact project inverter for maximum yields





SnapInverter
Technology




Integrated data
communication



Dynamic Peak
Manager



Smart Grid
Ready



Zero feed-in

The three-phase Fronius Eco in power categories 25.0 and 27.0 kW perfectly meets all the requirements of large-scale installations. Thanks to its light weight and SnapInverter mounting system, this transformerless device can be installed quickly and easily either indoors or outdoors.

This inverter range is setting new standards with its IP 66 protection class. Furthermore, thanks to its integrated double fuse holders and optional overvoltage protection, string collection boxes are no longer necessary.

TECHNICAL DATA FRONIUS ECO

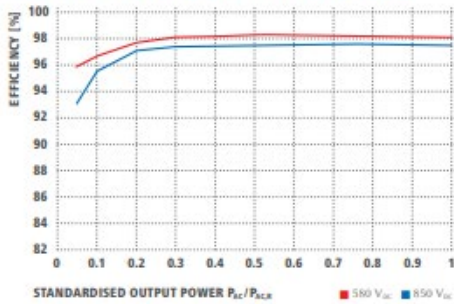
INPUT DATA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Number of MPP trackers		1
Max. input current (I _{dc,max})	44.2 A	47.7 A
Max. array short circuit current		71.6 A
DC input voltage range (U _{dc,min} / U _{dc,max})		580 - 1,000 V
Feed-in start voltage (U _{dc,start})		650 V
Usable MPP voltage range		580 - 850 V
Number of DC connections		6
Max. PV generator output (P _{dc,max})		37.8 kW _{peak}

OUTPUT DATA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
AC nominal output (P _{ac,n})	25,000 W	27,000 W
Max. output power	25,000 VA	27,000 VA
AC output current (I _{ac,max})	37.9 A / 36.2 A	40.9 A / 39.1 A
Grid connection (voltage range)	3-NPE 380 V / 220 V or 3-NPE 400 V / 230 V (+20 % / -30 %)	
Frequency (frequency range)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)	
Total harmonic distortion	< 2.0 %	
Power factor (cos φ _{ac})	0 - 1 ind. / cap.	

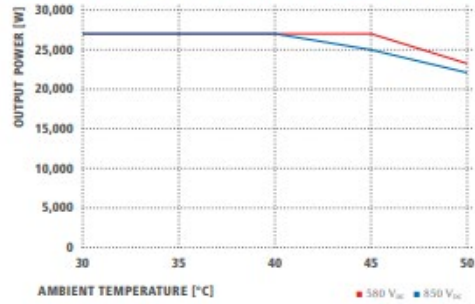
GENERAL DATA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Dimensions (height x width x depth)	725 x 510 x 225 mm	
Weight	35.7 kg	
Degree of protection	IP 66	
Protection class	I	
Overvoltage category (DC / AC) ¹⁾	2 / 3	
Night-time consumption	< 1 W	
Inverter concept	Transformerless	
Cooling	Regulated air cooling	
Installation	Indoor and outdoor installation	
Ambient temperature range	-25 - +60 °C	
Permitted humidity	0 to 100 %	
Max. altitude	2,000 m	
DC connection technology	6x DC+ and 6x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm ²	
AC connection technology	5-pole AC screw terminals 2.5 - 16 mm ²	
Certificates and compliance with standards	OVE / ONORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CEI 06-190, G59/3, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21	

¹⁾ According to IEC 62109-1. DIN rail for optional type 1 + 2 or type 2 surge protection device available.
Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at www.fronius.com.

FRONIUS ECO 27.0-3-S EFFICIENCY CURVE



FRONIUS ECO 27.0-3-S TEMPERATURE DERATING



TECHNICAL DATA FRONIUS ECO

	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
EFFICIENCY		
Max. efficiency	98.2 %	98.5 %
European efficiency (in EU)	98.0 %	98.0 %
MPP adaptation efficiency	~ 99.9 %	
PROTECTION DEVICES		
DC insulation measurement		Yes
Overload behavior	Operating point shift, power limitation	
DC disconnecter		Yes
Integrated string fuse holders ¹⁾		Yes
Reverse polarity protection		Yes
INTERFACES		
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar web, Modbus TCP StartSpec, Fronius Solar API (JSON)	
6 inputs and 4 digital inputs/outputs	Interface to ripple control receiver	
USB (A socket) ²⁾	Datalogging, inverter update via USB flash drive	
2x RS422 (RJ45 socket) ²⁾	Fronius Solar Net	
Signalling output ²⁾	Energy management (floating relay output)	
Datalogger and Webserver	Included	
External input ²⁾	50 meter connection / Evaluation of overvoltage protection	
RS485	Modbus RTU StartSpec or meter connection	

¹⁾Optionally fitted with 6 fuses 15 A / 1,000 V on the plus side. ²⁾ Also available in the light version. Further information and technical data can be found at www.fronius.com.

Text and images are subject to our current state of technology at the time of printing. Subject to modifications. All information is without guarantee in spite of careful editing. Liability excluded. Copyright © 2011 Fronius®. All rights reserved.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

THREE BUSINESS UNITS, ONE GOAL: TO SET THE STANDARD THROUGH TECHNOLOGICAL ADVANCEMENT.

What began in 1945 as a one-man operation now sets technological standards in the fields of welding technology, photovoltaics and battery charging. Today, the company has around 3,800 employees worldwide and 1,242 patents for product development show the innovative spirit within the company. Sustainable development means for us to implement environmentally relevant and social aspects equally with economic factors. Our goal has remained constant throughout: to be the innovation leader.

Further information about all Fronius products and our global sales partners and representatives can be found at www.fronius.com

v05 Aug 2017 EN

Fronius India Private Limited
GAT no 312, Nanekarwadi
Chakan, Taluka - Khed District
Pune 410501
India
pv-sales-india@fronius.com
www.fronius.in

Fronius Australia Pty Ltd.
90-92 Lambeck Drive
Tullamarine VIC 3043
Australia
pv-sales-australia@fronius.com
www.fronius.com.au

Fronius UK Limited
Maidstone Road, Kingston
Milton Keynes, MK10 0BD
United Kingdom
pv-sales-uk@fronius.com
www.fronius.co.uk

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

M06.0103.EN v1.3 Apr 2018 en17

Anexo E – Datasheet do Sistema Solar Log



Maximum plant size 2000 kWp

Optional Powermanagement
and cos phi control

Color TFT-Touch-Display and LCD-
Status-Display for displaying gra-
phics and operation

Monitor central inverters and SCBs



Options	Standard	PM+
	●	●
Article number	255592	255594



Solar-Log 2000

For Solar Power Stations and Large-Scale PV Plants

Functions

Feed-In Management

The Solar-Log 2000 is equipped with all of the functions needed for feed-in management. This includes solutions for active and reactive power control as well as response signals for the grid control center.

Self-Consumption

The Solar-Log 2000 offers the option to measure the amount of self-produced power consumed and to present it graphically via the Solar-Log WEB Enerest™. An additional power meter serves as a consumption meter.

Solar-Log 2000 Alarm Function

The external alarm can be used to provide anti-theft protection to protect the system from burglars.

Direct Marketing

In Germany since 01 January 2016, PV plants with an installed output of more than 100 kWp are required to participate in direct marketing. Solare Datensysteme GmbH offers the Solar-Log 1900 as technical solution for all direct marketers.

Display Option

TFT-Touch-Display and access to Solar-Log™

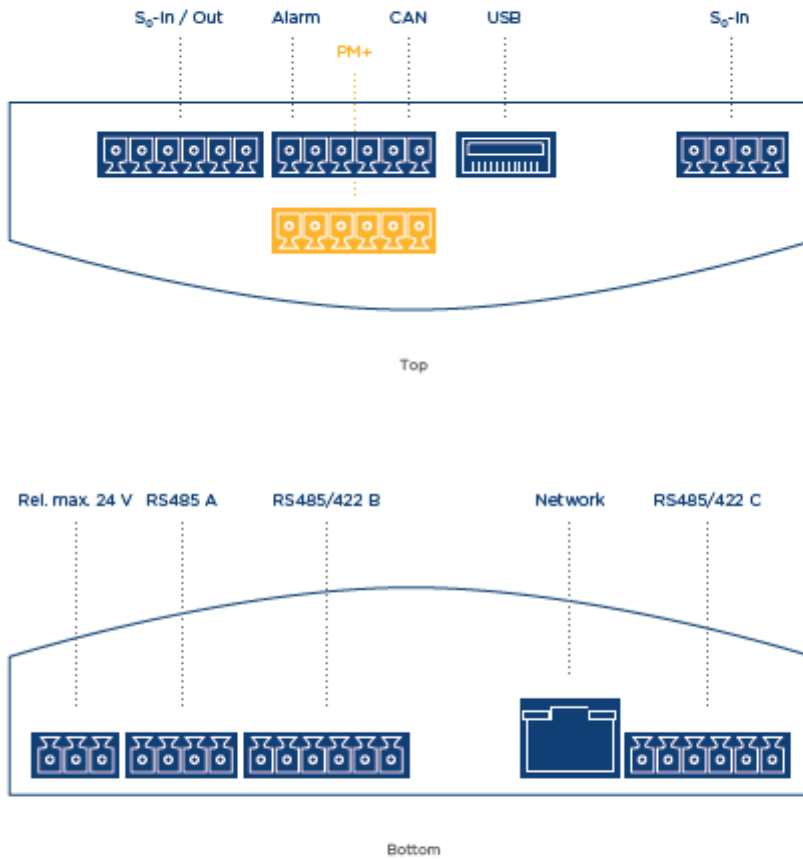
The Solar-Log™ can be operated from a computer with a web browser or directly via the device's TFT-Touch-Display.

Licenses

Detailed information on the direct marketing and feed-in management licenses, FTP and SCB licenses as well as the advanced options of the Solar-Log™ are described on page 95 and 96 in our portfolio.

Solar-Log 2000 PM+

Interfaces



Inverters

A maximum of 100 inverters (just one manufacturer per bus), maximum plant size 2000 kWp.

Interfaces

The interfaces can be used to connect inverters and components such as the Utility Meter, Pyranometer and SCBs. The Solar-Log 2000 Standard and Solar-Log 2000 PM+ have two RS485/RS422 interfaces and one RS485 interface.

Anexo F – Datasheet da Fronius Solar Battery

TECHNICAL DATA FRONIUS SOLAR BATTERY

The Fronius Solar Battery is a perfect example of high-performance lithium iron phosphate technology. A long service life, short charging times and high depth of discharge are therefore guaranteed.



ELECTRICAL PARAMETERS	BATTERY 4.5	BATTERY 6.0	BATTERY 7.5	BATTERY 9.0	BATTERY 10.5	BATTERY 12.0
Usable capacity ¹⁾	3.6 kWh	4.8 kWh	6.0 kWh	7.2 kWh	8.4 kWh	9.6 kWh
Cycle stability	8,000 ²⁾					
Voltage range	120 - 170 V	160 - 230 V	200 - 290 V	240 - 345 V	280 - 400 V	320 - 460 V
Nominal charging power	2,400 W	3,200 W	4,000 W	4,800 W	5,600 W	6,400 W
Nominal discharge power	2,400 W	3,200 W	4,000 W	4,800 W	5,600 W	6,400 W
Max. charging current	16 A					
Max. discharge current	16 A					

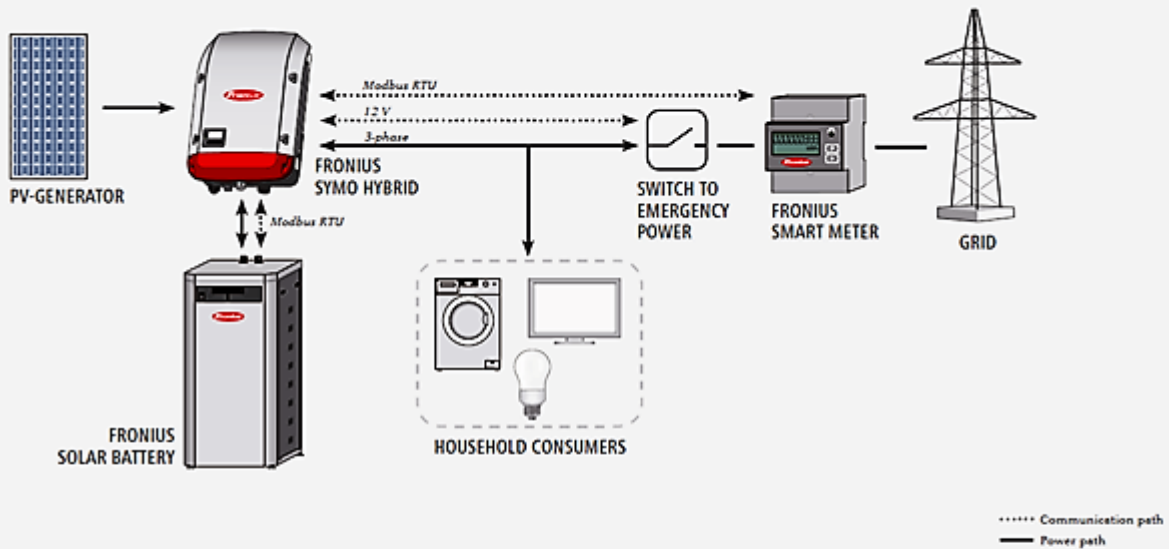
GENERAL DATA	BATTERY 4.5	BATTERY 6.0	BATTERY 7.5	BATTERY 9.0	BATTERY 10.5	BATTERY 12.0
Battery technology	LiFePO ₄					
Dimensions (height x width x depth)	955 x 570 x 611 mm					
Weight	91 kg	105 kg	125 kg	142 kg	159 kg	176 kg
Degree of protection	IP 20					
Protection class	I					
Installation type	Indoor installation					
Ambient temperature range	5 - 35°C					
Permitted humidity	0 - 95 %					
DC connection technology	Screw terminals 2.5 - 16 mm ²					
Calendar service life	> 20 Years ³⁾					
Certificates and compliance with standards	IEC/EN 62133; EN 61000-6-2:2005, EN 61000-6-3:2007 + A1:2011, EN 62311:2008, FCC Part 15 Subpart B:2012 ClassB, UN 38.3					

INTERFACES	BATTERY 4.5	BATTERY 6.0	BATTERY 7.5	BATTERY 9.0	BATTERY 10.5	BATTERY 12.0
Connection to inverter	Modbus RTU (RS485)					

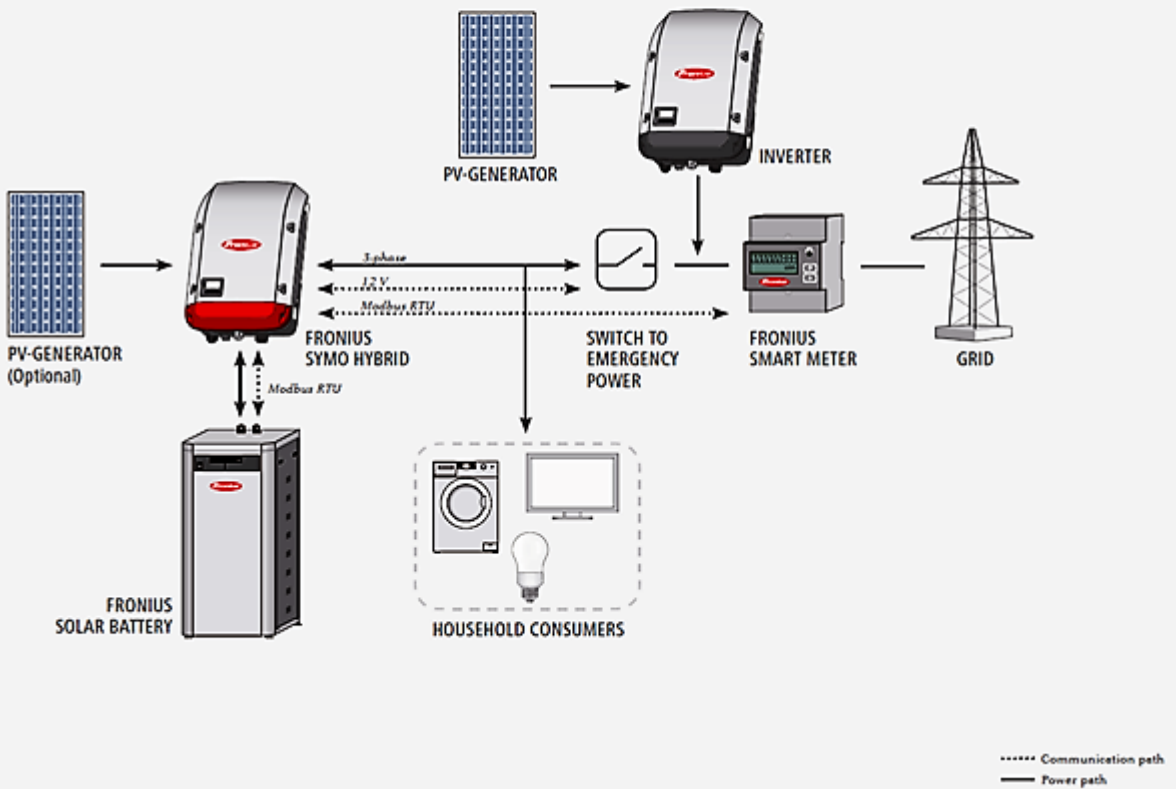
¹⁾ Up to 7% of the capacity are allocated for protecting the battery against deep discharge.

²⁾ At 23°C ambient temperature.

CONFIGURATION DIAGRAM DC-COUPLING



CONFIGURATION DIAGRAM DC- & AC-COUPLING



Anexo G – Datasheet do ITRON SL7000

Electricity

Itron

Knowledge to Shape Your Future



SL7000 SMART

Contador de Electricidade Comercial & Industrial



Os contadores SL 7000 suportam as novas necessidades emergentes da liberalização e concorrência do mercado da electricidade bem como da contagem clássica.

Smart

Conforme com as normas IEC, estes contadores incluem inúmeras capacidades inovadoras. Eles permitem o registo múltiplo de perfis de carga juntamente com comunicação local e remota em várias linhas.

Flexíveis

Concebidos para ligação directa ou por transformador, os contadores SL7000 usam uma arquitectura escalonável que os torna apropriados para uso em redes de distribuição e transporte de electricidade existentes ou novas.

Ampla Gama de Aplicações

Graças a uma fonte de alimentação auto-ajustável e a uma extremamente ampla gama

de medição, um só tipo de contador pode ser usado através de uma variedade de aplicações - desde grandes instalações comerciais a subestações.

> Aplicações Comerciais e Industriais

Características de somatório e entradas multi-energia reduzem a necessidade de concentradores de dados adicionais. Linhas de comunicação separadas para a Utility e Cliente, fornecem um elo mais próximo e valor acrescentado ao fornecedor de electricidade.

> Aplicações em Subestações

Precisão e linearidade garantem alta qualidade dos dados de facturação. Valores instantâneos para uma variedade de grandezas servem como base para monitorização da rede. Adicionalmente, canais de comunicação simultâneos permitem que diferentes departamentos usem a instalação.

Electricity

> Aplicações Comerciais & Industriais



> Aplicações em Subestações



Valor acrescentado

Através da aplicação da mais recente geração metrológica e tecnológica de comunicação, os contadores SL7000 trazem significativos benefícios para as Utilities e igualmente para os utilizadores finais, acrescentando valor a cada aspecto do processo de contagem.

Benefícios da Utility

- > Custos de Inventário Reduzidos
Graças a uma ampla gama de medição e fonte de alimentação auto-ajustável, os utilizadores industriais e comerciais só necessitam de um tipo de contador para vários tipos de instalações.
- > Custos Reduzidos de Recolha de Dados
Os ciclos de leitura são minimizados, através do armazenamento de todos os dados de facturação, sendo que as poderosas capacidades de comunicação permitem o baixo custo de leitura remota do contador. Conformidade com as mais recentes normas IEC de comunicações garante que os contadores sejam facilmente integrados em sistemas standard de recolha de dados.
- > Perdas Não-técnicas Reduzidas
Características múltiplas de segurança protegem de problemas técnicos que sejam introduzidos por intervenção humana.
- > Monitorização de Rede
Os nossos contadores permitem a monitorização da actual condição da rede, incluindo registo de anomalias como eventos isolados ou em arquivo contínuo. Esta característica pode ser usada para impedir e reparar problemas da rede.
- > Actualizações de Características
Os contadores SL7000 incluem um motor de actualização para aperfeiçoamento da funcionalidade. Os custos de actualização podem ser mantidos a um mínimo através da reutilização de equipamento existente.
- > Resistência a Condições Adversas
Os nossos contadores são concebidos e testados para suportarem condições ambientais severas, tais como perturbações electromagnéticas e variações das condições da rede.

Benefícios do Utilizador Final

- > Monitorização da Alimentação
Podem ser definidos parâmetros de qualidade de tensão e a alimentação monitorizada. Estes dados podem ser usados para fins de verificação quando a qualidade é um parâmetro do contrato.
- > Monitorização da Alimentação
Podem ser definidos parâmetros de qualidade de tensão e a alimentação monitorizada. Estes dados podem ser usados para fins de verificação quando a qualidade é um parâmetro do contrato.
- > Característica de Consumo em Excesso
Os contadores SL7000 podem monitorizar o consumo face a limites configuráveis e podem activar contactos se os limites de consumo forem excedidos.

Características Chave

Multi-Energia

- > Medição interna de potência activa, reactiva e aparente em cada sentido, e separadamente por fase
- > Quatro entradas de impulsos fornecem informação adicional de contagem (versões com linhas de I/O).

Perfis de Carga

Podem armazenar até oito canais de perfil de carga para várias quantidades base.

Multi-Tarifa

- > Facturação multi-tarifa para energia e ponta.
- > Dez grandezas base podem ser submetidas para facturação.
- > Disponíveis 32 registos de tarifa de energia e 24 registos de tarifa de ponta.
- > Comutação de tarifa desempenhada principalmente por relógio interno, mas pode ser influenciada externamente (versões com linhas I/O).

Qualidade de Tensão

Processamento dos níveis da tensão, para se desenvolver uma análise detalhada das flutuações da tensão fornecida.

Comunicação

- > Até três canais de comunicação dependendo da versão do contador.
- > Dois canais podem ser usados simultaneamente.
- > Portas de leitura local e remota.
- > Modem de telefone externo pode ser fornecido a partir do contador.
- > Conforme DLMS-Cosem.



> Série SL7000 Meter

- Versão base sem linhas eléctricas de I/O.
- Versão intermédia com conjunto limitado de linhas eléctricas de I/O.
- Versão alargada com capacidades de I/O alargadas.

Em todas as versões estão disponíveis várias configurações.



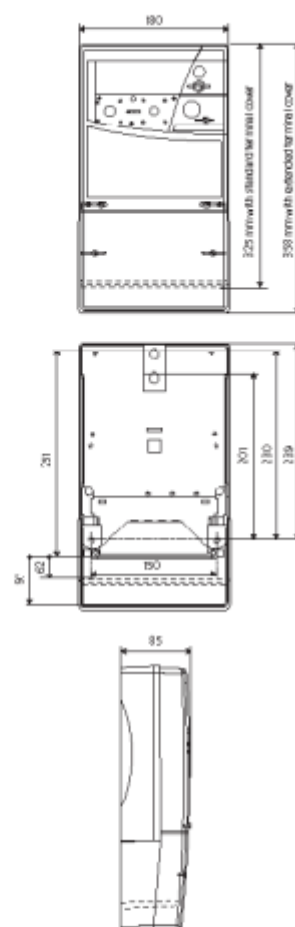
Dados Técnicos

Valores Nominais	Tensão:	3*57.7/100V até 3*277V/480V auto ajustável
	Corrente:	In 5A, Imáx 120A
	Ligação a TI:	Ib 1A, Imáx 10A
Tipos de Ligação	Ligação directa:	Contador de 4 fios, completamente operacional com Ligação de 3 fios neutro
	Ligação a TI e TT:	Ligações configuráveis a 3 e 4 fios
Precisão	Ligação directa:	Classe 1 (IEC 61036)
	Ligação Transf:	Classe 0.2 até Classe 0.5s (IEC 60687)
	Energia reactiva:	Classe 0.5s (IEC 60687) & Classe 1 (IEC 61036) Classe 1 ou Classe 2 (IEC 1268)
Frequência	50 / 60 Hz	
Gama de Temperatura	-40°C a +70°C	
Normas	Plena conformidade com IEC 61036, IEC 60687 e normas da marca CE (mecânicas, climáticas, eléctricas, electromecânicas, metrologicas)	
Comunicações	Porta IR (IEC 61107), RS232C opcional e/ou RS485. DLMS-Cosem Protocolo (IEC 62056)	

Acessórios

Comunicações	Modem de telefone externo Cabos para dispositivos externos de comunicação Dispositivo de leitura IR para ligação a PC
Configuração/Calibração	Software do Cliente para monitorização de consumo e produção Software da Utility para configuração Software do Utility para calibração
Ferramentas de Instalação	Eliquetas de razão de transformação Conjunto de selagem
Documentação	Certificado de teste Guia do Utilizador Manual de Instalação

> Dimensões



Anexo H – Contrato tipo SunEnergy®



CONTRATO DE FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA AUTOCONSUMO

ENTRE:

_____, com o número de identificação fiscal _____ e
residência em _____, doravante designado de **CLIENTE**.

E

NRG – Sistemas de Energias Renováveis, Lda, sociedade por quotas, com sede na Rua José Augusto Frutuoso, lote 8, n.º 6, Relvinha, Coimbra, matriculada na Conservatória do Registo Comercial de Aveiro com o número único de matrícula e de pessoa coletiva 509220401, neste ato representada por Raul Miguel Gonçalves Morais dos Santos, portador do Cartão de Cidadão n.º 10763446 e do número de identificação fiscal n.º 209956020 que outorga na qualidade de Gerente e com poderes para o ato, doravante designado de **SUNENERGY**.

As partes acordam de boa-fé no presente **CONTRATO DE FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE AUTOCONSUMO** sujeito às cláusulas seguintes:

1. O objecto deste **CONTRATO** consiste na venda e instalação por parte da **SUNENERGY** ao **CLIENTE**, de todo o equipamento que compõe a instalação de ____ kW de potência pico-
2. É da responsabilidade exclusiva do **CLIENTE**, não se encontrando, em qualquer caso, incluídos na obra ou por qualquer forma devidos pela **SUNENERGY** ao abrigo deste **CONTRATO**, o pagamento (à entidade legalmente designada para o efeito) das taxas de licenciamento da instalação de autoconsumo fotovoltaica proposta, caso existam, assim como a realização das obras necessárias de adaptação e segurança do local que não estejam incluídas na instalação;
3. O **PREÇO TOTAL** dos serviços objeto do presente **CONTRATO** é de _____ € (_____ euros), acrescido de IVA à taxa legal em vigor à data da fatura (na presente data de 23%), o que perfaz a quantia de _____ € (_____ euros); de acordo com o seguinte calendário de pagamento:
 - a) ____% do valor final (_____ €, IVA incluído) no momento da assinatura do presente **CONTRATO**, de forma a adjudicar o serviço e os equipamentos propostos.
 - b) ____% do valor final (_____ €, IVA incluído) aquando da conclusão da execução do projeto.
4. O equipamento objeto deste **CONTRATO** encontra-se coberto pelas garantias outorgadas pelos respetivos fabricantes. A **SUNENERGY** obriga-se a entregar o equipamento em perfeito estado de conservação e funcionamento e a conceder ao **CLIENTE** 2 anos de garantia relativa à instalação dos equipamentos.
5. Em caso de incumprimento do **CLIENTE**, a **SUNENERGY** reserva o direito de resolver unilateralmente o presente **CONTRATO** e de recuperar os equipamentos entretanto instalados. Neste caso, o **CLIENTE** perderá, de forma inequívoca, qualquer montante adiantado até ao momento e compromete-se, por força do presente **CONTRATO**, a não reclamar, em caso algum, a restituição desse valor.
6. As partes, com renúncia expressa a qualquer outro, para qualquer questão emergente da interpretação e cumprimento do presente **CONTRATO**, acordam submeter-se ao foro da comarca de Coimbra.

Assinado em Coimbra, no dia ____/____/____ em duplicado. Cada uma das partes ficará com a posse de um exemplar.

O **CLIENTE**,

Pela NRG, Lda (SUNENERGY),

(Raul Santos)

Anexo I – Datasheet do Victron BlueSolar MPPT 100/50

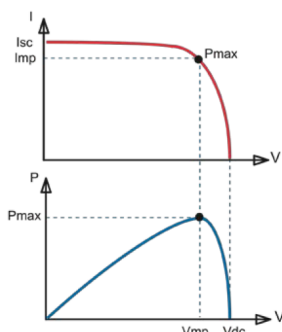


Controladores de carga BlueSolar MPPT 100/30 & 100/50

www.victronenergy.com



Solar Charge Controller
MPPT 100/50



Localização do Ponto de Potência Máxima

Curva superior:

Corrente de saída (I) de um painel solar em função da tensão de saída (V). O ponto de potência máxima (MPP) é o ponto P_{máx.} ao longo da curva em que I x V do produto atinge o pico.

Curva inferior:

Potência de saída $P = I \times V$ em função da tensão de saída. Ao utilizar um controlador PWM (não MPPT), a tensão de saída do painel solar será praticamente igual à tensão da bateria e menor que a V_{mp} .

Localização do Ponto de Potência Máxima (MPPT) Ultrarrápida

Especialmente com céu nublado, em que a intensidade luminosa varia continuamente, o controlador MPPT ultrarrápido melhora a recolha de energia até 30 %, em comparação com os controladores de carga PWM, e até 10 %, em comparação com os controladores MPPT mais lentos.

Deteção avançada do Ponto de Potência Máxima em condições de sombreamento parcial

Quando ocorre sombreamento parcial, podem existir dois ou mais pontos de potência máxima na curva de tensão-potência.

Os MPPT convencionais tendem a bloquear num MPP local e que pode não ser ótimo.

O algoritmo inovador do BlueSolar vai maximizar sempre a recolha de energia ao bloquear o MPP ótimo.

Eficiência de conversão superior

Sem ventoinha de ventilação Eficácia máxima superior a 98 %. Corrente de saída completa até 40 °C (104 °F).

Algoritmo de carga flexível

Algoritmo de carga completamente programável (consulte a página de *software* no nosso *site*) e oito algoritmos programados pré-programados, selecionáveis com um botão rotativo (mais informação no manual).

Proteção eletrónica externa

Proteção contra sobreaquecimento e descarga de potência com alta temperatura.

Proteção de curto-circuito PV e de polaridade inversa PV.

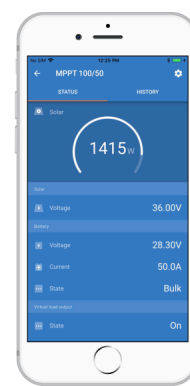
Proteção de corrente inversa PV.

Sensor de temperatura interno

Compensa as variações nas tensões de carga lenta e de absorção devido a temperatura.

Opções de visualização da informação em tempo real

- ColorControl **GX** ou outros dispositivos GX: consulte os documentos Venus no nosso *site*.
- Um *smartphone* ou outro dispositivo compatível com *Bluetooth*: necessário *dongle* VE.Direct Bluetooth Smart.



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 100/30	MPPT 100/50
Tensão da bateria	12V / 24V Auto Select	
Corrente de carga nominal	30A	50A
Potência PV nominal, 12V 1 a,b)	440W	700W
Potência PV nominal, 24V 1 a,b)	880W	1400W
Tensão de circuito aberto PV máxima	100V	100V
Max. PV corrente de curto-circuito 2)	35A	60A
Eficácia máxima	98%	98%
Autoconsumo	12V: 30 mA	24V: 20 mA
Tensão de carga em absorção	Configuração por defeito 14,4V / 28,8V	
Tensão de carga em carga lenta	Configuração por defeito 13,8V / 27,6V	
Algoritmo de carga	adaptativo multifase	
Compensação da temperatura	-16 mV / °C e -32 mV / °C, respetivamente.	
Proteção	Polaridade inversa bateria (fusível) Polaridade invertida PV Curto-circuito de saída Temperatura excessiva	
Temperatura de funcionamento	-30°C a +60°C (saída nominal completa até 40°C)	
Humidade	95%, sem condensação	
Porta de comunicação de dados	VE.Direct Consulte o livro branco sobre comunicação de dados no nosso <i>site</i>	
CAIXA		
Cor	Azul (RAL 5012)	
Terminais de potência	13mm ² / AWG6	
Classe de proteção	IP43 (electronic components), IP22 (connection area)	
Peso	1,3kg	1,3kg
Dimensões (a x l x p)	130 x 186 x 70mm	130 x 186 x 70mm
NORMA		
Segurança	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2	
1a) Em caso de ligação de mais energia PV, o controlador vai limitar a energia de entrada.		
1b) A tensão PV deve ultrapassar a Vbat em + 5V para que o controlador arranque. Portanto, a tensão mínima PV é Vbat + 1 V.		
2) Um gerador fotovoltaico com uma corrente de curto-circuito superior pode danificar o controlador.		