

Estudo de Soluções Tecnológicas para a Produção de Energia Elétrica na Agroindústria – Estágio na empresa CRITICAL KINETICS

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

Autora

Ana Sofia Ferreira Amado de Oliveira

Orientadores

Doutor Adelino Jorge Coelho Pereira

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

Doutora Rita Manuela Fonseca Monteiro Pereira

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

Supervisor

Engenheiro Hugo Ricardo Barbosa Maganão

CRITICAL KINETICS

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Coimbra, maio, 2017

AGRADECIMENTOS

Quero aqui expressar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que, de uma forma direta ou indireta contribuíram para me ajudar na concretização deste trabalho. Este foi um processo solitário que ainda assim, teve o contributo de várias pessoas, tanto pela paciência que tiveram comigo como pelo incentivo que me forneceram para continuar.

Assim, quero agradecer aos professores Adelino Pereira e Rita Pereira, pela orientação e conselhos prestados ao longo da realização deste trabalho.

Ao Engenheiro Hugo Barbosa, sócio-gerente da CRITICAL KINETICS, pela oportunidade de realização deste estágio.

Ao Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, pelas condições proporcionadas ao longo de todo o meu percurso académico.

Aos Engenheiros Rui Santos, Carlos Pereira, Fábio Moreira, Edgar Vieira, Sérgio Godinho, Paulo Tristão e Paula Marques, por toda a ajuda e companheirismo prestados ao longo do estágio.

À Juliana Mendes e Beatriz Lopes, pelas palavras de motivação e pelo incentivo prestado ao longo deste trajeto.

Aos meus amigos, pela compreensão demonstrada ao longo deste período, pois nem sempre foi fácil dedicar-lhes o meu tempo.

Ao Filipe Braz, pelo apoio e ajuda que dedicou, e que foi fundamental para a concretização deste trabalho.

Aos meus pais e irmã, o meu profundo e sentido agradecimento, por toda a motivação e apoio.

Quero agradecer especialmente ao meu namorado, pelo apoio e compreensão, pois sempre me acompanhou e encorajou nos bons e nos maus momentos.

A todas estas pessoas, muito obrigada!

Ana Sofia Oliveira

RESUMO

O presente relatório de estágio tem como objetivo a descrição das atividades realizadas durante o período de estágio na empresa CRITICAL KINETICS UNIPessoal, LDA, localizada na cidade de Torres Novas, Santarém.

A CRITICAL KINETICS é uma empresa que opera na área das energias renováveis, com especial foco no autoconsumo fotovoltaico e bombagem solar.

Ao longo do relatório são apresentadas e descritas as atividades desenvolvidas ao longo do estágio, que vão de encontro com a utilização das energias renováveis no setor agroindustrial, com ênfase nos sistemas fotovoltaicos, dimensionamento de um sistema de autoconsumo fotovoltaico e bombagem solar. Foi também desenvolvido um breve estudo sobre sistemas híbridos e sobre biogás na produção de energia.

Numa primeira fase, foi necessário receber formação na área do autoconsumo fotovoltaico para estar perfeitamente sintonizada com o trabalho realizado pela empresa. Numa segunda fase, foi realizada uma pesquisa sobre a tecnologia existente no setor agroindustrial, por forma a reestruturar a oferta comercial da CRITICAL KINETICS direcionada à agroindústria. No seguimento desta pesquisa, foi iniciada a elaboração de um catálogo geral com uma breve descrição das tecnologias, com o objetivo de fazerem parte da oferta comercial da empresa. Foi também organizado um congresso nacional de tecnologia no setor agroindustrial, cujo objetivo seria envolver o maior número de tecnologia existente nas diversas áreas do setor e dá-las a conhecer ao público interessado no setor. Esta atividade funcionou como uma estratégia de marketing para a CRITICAL KINETICS.

Durante os primeiros meses do estágio foram também elaboradas candidaturas ao programa de incentivos “PORTUGAL 2020”. Na fase final do estágio, houve a oportunidade de ter um breve contacto com a comercializadora de energia “Energia Simples”. Nesta fase, iniciou-se um processo de parceria entre a CRITICAL KINETICS e a “Energia Simples”, que consistia em alguns colaboradores da CRITICAL KINETICS angariarem clientes que mudassem para a comercializadora “Energia Simples”.

Palavras-chave: Autoconsumo; Biogás; Energias Renováveis; Setor Agroindustrial; Sistemas Fotovoltaicos; Sistemas Híbridos.

ABSTRACT

This internship report aims to describe the activities performed during the training period in the company CRITICAL KINETICS UNIPessoal, LDA, located in the city of Torres Novas, Santarém.

CRITICAL KINETICS is a company that operates in the area of renewable energy, with special focus on photovoltaic self-consumption and solar pumping.

Throughout this report are presented and described the activities developed along the internship, related to the use of renewable energy in the agribusiness sector, with emphasis on photovoltaic systems and design of a photovoltaic self-consumption system and solar pumping. A brief study on hybrid systems and on biogas in energy production was also developed.

Initially, it was necessary to receive training in the area of photovoltaic self-consumption to be perfectly attuned to the work done by the company. In a second phase, it was conducted a study about the existing technology in the agribusiness sector, in order to restructure the commercial offer that CRITICAL KINETICS directed to the agribusiness. Succeeding this study, we designed a general catalog with a brief description of gathered technologies, in order for that to be part of the commercial offer of the company. Following this study, a national technology conference in the agribusiness sector was organized, which purpose would be to involve the largest number of existing technology in several areas of the sector and present them to the public with an interest in this area. This activity acted as a marketing strategy for the CRITICAL KINETICS.

During the first months of internship were also prepared applications to the incentive program "PORTUGAL 2020". In the final phase of the internship, there was the opportunity to have a brief contact with the energy trader "Simple Energy". At this stage, began a process of partnership between CRITICAL KINETICS and Simple Energy, which consisted on some employees of CRITICAL KINETICS collecting customers who would switch to the trader Simple Energy.

Key-words: Agribusiness Sector; Biogas; Hybrid Systems; Photovoltaic Systems; Renewable Energy; Self-Consumption.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABELAS	xiii
SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS.....	xv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Estrutura do relatório	4
2 ENQUADRAMENTO GERAL.....	5
2.1 <i>Apresentação da CRITICAL KINETICS</i>	5
2.1.1 Áreas de negócio principais	5
3 APLICAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO SETOR AGROINDUSTRIAL.....	7
3.1 Enquadramento	7
3.2 Do efeito fotovoltaico à célula fotovoltaica	8
3.2.1 Tipos de células fotovoltaicas	10
3.3 Componentes principais de um sistema fotovoltaico	13
3.3.1 Módulo Fotovoltaico	13
3.3.2 Gerador Fotovoltaico	13
3.3.3 Bateria	14
3.3.4 Regulador de Carga	16
3.3.5 Inversor.....	17
3.4 Caracterização dos sistemas fotovoltaicos	18
3.4.1 Sistemas isolados.....	18
3.4.2 Sistemas ligados à rede de distribuição.....	19
3.5 Ações de formação – Curso Intensivo em Autoconsumo Fotovoltaico.....	19
3.6 Exemplo de dimensionamento de um sistema fotovoltaico	22

3.6.1	Proposta comercial de um sistema de autoconsumo fotovoltaico	23
3.7	Bombagem solar.....	36
3.7.1	Exemplo de uma proposta comercial de um sistema de bombagem solar.....	38
3.8	Sistemas híbridos – eólico/fotovoltaico/ <i>diesel</i>	45
3.8.1	Energia Eólica.....	47
4	BIOGÁS NA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	51
4.1	Enquadramento	51
4.2	Produção e utilização do biogás.....	52
4.2.1	Fatores que influenciam a produção de biogás.....	53
4.3	Biodigestores	54
4.3.1	Modelo Indiano	55
4.3.2	Modelo Chinês.....	56
4.3.3	Modelo Batelada	57
4.3.4	Modelo Canadense.....	58
4.4	Conversão energética do biogás	59
4.4.1	Turbinas a gás	59
4.4.2	Motores de combustão interna	61
4.5	Geração de energia elétrica com biogás na suinicultura – Caso Prático.....	61
5	OUTRAS ATIVIDADES REALIZADAS DURANTE O ESTÁGIO	65
5.1	Candidaturas ao PORTUGAL2020	65
5.2	AGROTECNOLÓGICA 2016 – Congresso Nacional de Tecnologia no Setor Agroindustrial 66	
5.3	Catálogo geral da oferta comercial.....	78
5.4	Energia Simples – Comercialização de energia elétrica	80
5.4.1	Eletricidade em Portugal – Mercado Liberalizado	80
5.4.2	Tarifas da Energia Simples.....	82
5.4.3	Contacto com potenciais clientes	84
6	Conclusões	87
	Referências.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mapa de radiação solar na Europa (Portal das Energias Renováveis, 2016)	2
Figura 1.2 - Distribuição do uso do solo em Portugal Continental em 2010 (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, 2013)	2
Figura 1.3 – Percentagem de energia final consumida, em 2012, por setor de atividade (DGEG, 2012)	3
Figura 2.1 - Logotipo da CRITICAL KINETICS	5
Figura 2.2 – Logotipo da AGROTECNOLOGICA	6
Figura 3.1 – Rede cristalina de silício dopada com fósforo (P) (Martínez, 2015)	9
Figura 3.2 – Rede cristalina de silício dopada com boro (B) (Martínez, 2015)	10
Figura 3.3 – Células e módulos fotovoltaicos: a) Silício monocristalino; b) Silício policristalino; c) Silício amorfo; Adaptado de (enersave, 2016)	11
Figura 3.4 - Número de ciclos vs. Profundidade de descarga (25 °C) (EnerSys, 2014)	15
Figura 3.5 – Curva característica I-V de um painel fotovoltaico (Rosendo, 2010a)	17
Figura 3.6 - Calendário 2016 do Curso Intensivo em Autoconsumo Fotovoltaico	20
Figura 3.7 – Modelo 3D da instalação elaborado no SketchUp®	24
Figura 3.8 – Sombreamento ao início da manhã no dia mais longo do ano	24
Figura 3.9 - Sombreamento a meio do dia no dia mais longo do ano	25
Figura 3.10 - Sombreamento ao fim da tarde no dia mais longo do ano	25
Figura 3.11 - Sombreamento ao início da manhã no dia mais curto do ano	25
Figura 3.12 - Sombreamento a meio do dia no dia mais curto do ano	26
Figura 3.13 - Sombreamento ao fim da tarde no dia mais curto do ano	26
Figura 3.14 - Interface do PVsyst® onde é definida a orientação dos módulos fotovoltaicos	30
Figura 3.15 – Interface do PVsyst® onde se define o tipo de módulos fotovoltaicos e inversores	31
Figura 3.16 – Interface do PVsyst® onde é possível observar o esquema de ligações do sistema	32
Figura 3.17 – Interface parcial do PVsyst® onde são apresentados os resultados após a simulação	32
Figura 3.18 – Produção anual normalizada, em kWh/kWp/dia, considerando as perdas do sistema fotovoltaico	33
Figura 3.19 - Desempenho do sistema fotovoltaico ao longo do ano	34
Figura 3.20 – Curvas características I-V em função da temperatura (Morais, 2009)	34
Figura 3.21 – Distribuição de custos do sistema de autoconsumo fotovoltaico	35
Figura 3.22 – Balanço financeiro (€) em função dos anos seguintes à instalação do sistema fotovoltaico	36
Figura 3.23 – Esquema de um sistema de bombagem solar para irrigação (SASenergia, 2016)	37

Figura 3.24 – Traçado de um esquema de bombagem solar com bomba submersível.....	39
Figura 3.25 – Bomba submersível PS600 C-SJ5-8 (Lorentz, 2016).....	40
Figura 3.26 – Solução de dimensionamento do sistema de bombagem solar, fornecida pelo <i>software</i> LORENTZ COMPASS®	41
Figura 3.27 – <i>Well Probe</i> (Lorentz, 2016)	42
Figura 3.28 – <i>Surge Protector</i> (Lorentz, 2016).....	42
Figura 3.29 – <i>PV Disconnect 440-40-1</i> (Lorentz, 2016).....	42
Figura 3.30 – Equipamentos que compõem um sistema de bombagem solar submersível	43
Figura 3.31 – Distribuição de custos do sistema de bombagem solar.....	44
Figura 3.32 – Esquema de um sistema híbrido fotovoltaico-eólico-diesel	46
Figura 3.33 – Aerogerador de eixo horizontal (Duarte, 2010).....	48
Figura 3.34 – Aerogerador de eixo vertical (Especificações de projeto, 2012).....	48
Figura 3.35 – Constituição de uma turbina eólica de eixo horizontal, baseado em (Aerogerador de eixo horizontal, 2016)	49
Figura 4.1 – Representação tridimensional em corte de um biodigestor indiano (Palhaci, et al., 2002)	55
Figura 4.2 – Representação tridimensional em corte de um biodigestor de modelo chinês (Palhaci, et al., 2002).....	56
Figura 4.3 – Representação tridimensional em corte de um biodigestor de modelo batelada (Palhaci, et al., 2002).....	57
Figura 4.4 – Representação de um biodigestor modelo canadense (Frigo, et al., 2015)	58
Figura 4.5 – Biodigestor modelo canadense numa propriedade agroindustrial (Nazareno, 2012).....	58
Figura 4.6 – Processo real de combustão interna, numa turbina a gás de ciclo aberto (Nascimento, et al., 2006).....	59
Figura 4.7 – Processo de transferência de calor, numa turbina a gás de ciclo fechado (Nascimento, et al., 2006).....	60
Figura 4.8 – Biodigestor modelo canadense localizado na propriedade da unidade produtora de leitões (Alves, et al., 2010).....	62
Figura 4.9 – Balão de armazenamento de biogás (Alves, et al., 2010)	62
Figura 5.1 – Folha de condições e modalidades de participação no elenco de oradores, patrocinadores e parceiros	70
Figura 5.2 – Versão final do cartaz da AGROTECNOLÓGICA 2016	71
Figura 5.3 – Cartaz representativo do que seria a AGRO B2B	72
Figura 5.4 – Publicação da revista AGROTEC para divulgar a AGROTECNOLÓGICA 2016 (AGROTEC, 2016).....	73
Figura 5.5 – Publicação da revista “abolsamia” para divulgar a AGROTECNOLÓGICA 2016 (Abolsamia, 2016).....	74
Figura 5.6 - <i>Roll-up</i> de apresentação da AGROTECNOLÓGICA 2016 e AGRO B2B	75
Figura 5.7 – Parte do espaço onde se realizou a AGRO B2B	76

Figura 5.8 – Parte do espaço de receção e <i>coffe-break</i> dos participantes	76
Figura 5.9 – “Biostasia”: <i>stand</i> presente no espaço de <i>coffe-break</i>	77
Figura 5.10 – Auditório da Escola Superior Agrária de Santarém durante a AGROTECNOLÓGICA 2016	77
Figura 5.11 – Cartaz da oferta comercial da AGROTECNOLÓGICA (AGROTECNOLÓGICA, 2016b)	78
Figura 5.12 – Ilustração da localização dos artigos relativos à oferta comercial da AGROTECNOLÓGICA.....	79
Figura 5.13 – Logotipo da comercializadora de energia “Energia Simples” (Energia Simples, 2014) .	80
Figura 5.14 – Sessões diárias de negociação do mercado intradiários (ERSE, 2016)	82
Figura 5.15 – Planos tarifários existentes para o setor doméstico e de serviços a funcionar a BTN...	83
Figura 5.16 – Planos tarifários existentes para o setor empresarial a funcionar a BTN, BTE ou MT ..	83

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Cálculo aproximado do número de ciclos de funcionamento de uma bateria para 25-30 anos de vida útil de um sistema fotovoltaico.....	16
Tabela 3.2 – Resumo das características do módulo fotovoltaico <i>REC 250PE</i>	27
Tabela 3.3 – Resumo de características do inversor <i>Fronius International Symo 15.0-3-M</i> (Fronius International, 2016)	28
Tabela 3.4 – Equipamentos do sistema fotovoltaico.....	35

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

A – Ampère;

Ah – Ampère-hora;

a-SI – Silício amorfo;

AC – Corrente Alternada, do inglês “*Alternating Current*”;

AQS – Águas Quentes Sanitárias;

BTN – Baixa Tensão Normal;

BTE – Baixa Tensão Especial;

CIAF – Curso Intensivo em Autoconsumo Fotovoltaico;

CNAF – Congresso Nacional de Autoconsumo Fotovoltaico;

CUR – Comercializador de Último Recurso;

CdTe – Telureto de cádmio;

CIS – Disseleneto de cobre índio;

DC – Corrente Contínua, do inglês “*Direct Current*”;

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia;

DGERT – Direção Geral do Emprego e das Relações de Trabalho;

ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos;

FV – Fotovoltaico;

Hz – Hertz;

kW – kilowatt;

kWh – kilowatt-hora;

kWp – kilowatt-pico;

MIBEL – Mercado Ibérico de Eletricidade;

MPP – Ponto de Máxima Potência, do inglês “*Maximum Power Point*”;

MPPT – Seguidor do Ponto de Máxima Potência, do inglês “*Maximum Power Point Tracker*”;

MT – Média Tensão;

OMIE – Operador do Mercado Ibérico de Espanha;

OMIP – Operador do Mercado Ibérico de Portugal;

PDR – Programa de Desenvolvimento Rural;

PIB – Produto Interno Bruto;

REN – Redes Energéticas Nacionais;

RESP – Rede Elétrica de Serviço Público;

STC – *Standard Test Conditions*;

Si – Silício;

UPP – Unidades de Pequena Produção;

UPAC – Unidades de Produção para Autoconsumo;

V – Volt;

VRI – *Variable Rate Irrigation*;

W – Watt;

Wp – Watt-pico;

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Neste capítulo é feita uma apresentação da temática abordada ao longo do presente relatório de estágio e dos objetivos inerentes à sua realização. No final do capítulo apresenta-se a estrutura e organização deste relatório.

A energia tem sido sempre essencial em todos os setores e a indústria é um dos setores de maior consumo de energia. Na agricultura, a fonte primária de energia é o sol. E é a partir do sol que a energia surge, naturalmente, quando se dá o processo da fotossíntese. Sendo assim, porque não usufruir deste recurso tão primário, para produzir energia? Tratando-se de uma fonte de energia “limpa”, torna mais sustentável o setor agrícola e industrial que, com a revolução industrial se tornou cada vez mais dependente de combustíveis fósseis para a produção de fertilizantes industriais (Junior & Bueno, 2015), para as máquinas agrícolas e para o processamento, embalagem e transporte do produto final (GRACE Communications Foundation, 2016).

O aumento das concentrações de gases de efeito de estufa na atmosfera e o aquecimento global, levam a que sejam implementadas estratégias que permitam atenuar as consequências tanto para o planeta como para a humanidade. A utilização de recursos renováveis para produzir energia é a principal medida para combater os problemas associados à utilização de combustíveis fósseis (Nunes, 2014).

As energias renováveis no setor agroindustrial têm um papel fundamental na produção de energia e a quantidade de energia proveniente do sol que atinge o planeta Terra, é enorme. Portugal é um dos países da Europa com maior incidência solar, como se pode visualizar no mapa da figura 1.1 (Portal das Energias Renováveis, 2016), e possui uma área agrícola relativamente considerável, cerca de 24% como se pode observar no gráfico da figura 1.2 (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, 2013), e por isso, o sol é um recurso que deve ser aproveitado.

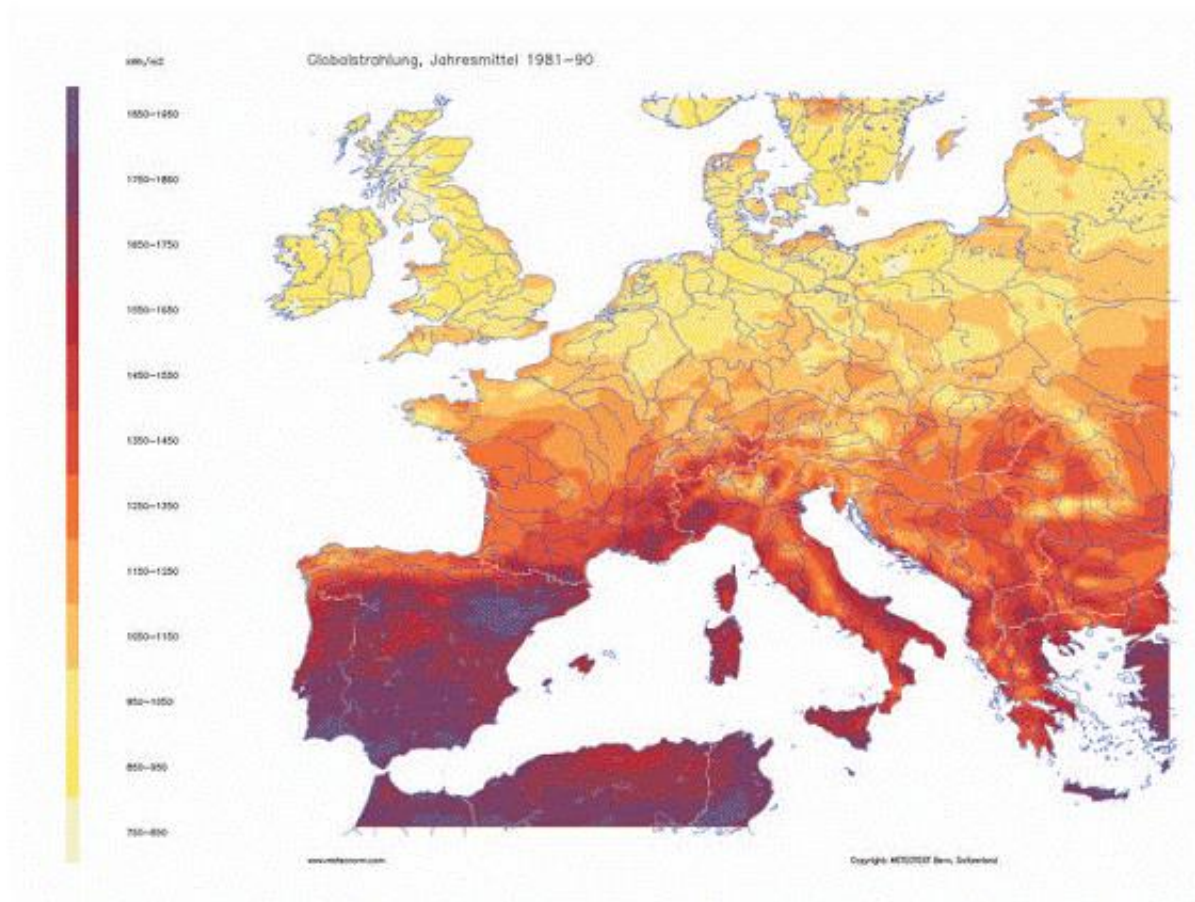


Figura 1.1 - Mapa de radiação solar na Europa (Portal das Energias Renováveis, 2016)

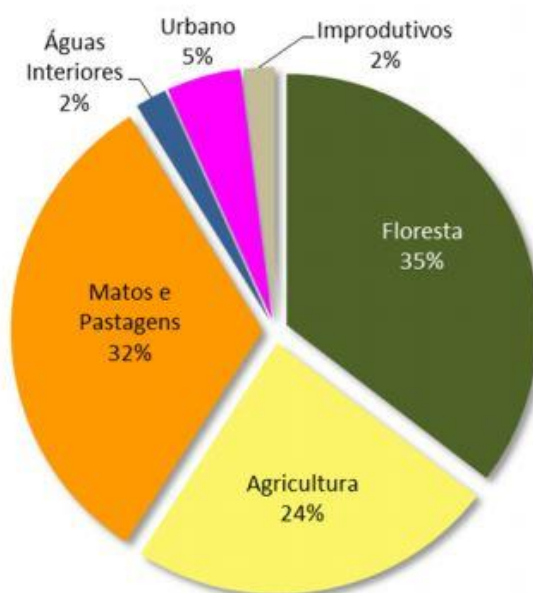


Figura 1.2 - Distribuição do uso do solo em Portugal Continental em 2010 (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, 2013)

Como se pode observar no gráfico da figura 1.3, e segundo dados de 2012 da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), o setor agroindustrial, constituído pela indústria e agricultura e pescas, engloba mais de um terço da energia consumida em Portugal (DGEG, 2012).

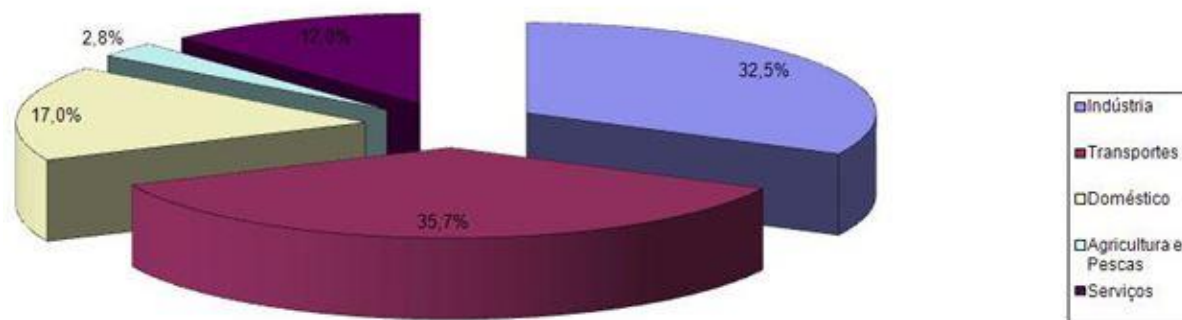


Figura 1.3 – Percentagem de energia final consumida, em 2012, por setor de atividade (DGEG, 2012)

Estes dados reforçam a ideia da importância da utilização de fontes de energias renováveis para produzir energia elétrica, uma vez que Portugal deve cumprir as metas nacionais definidas no Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis, para 2020 (PNAER 2020). Para Portugal, é definida a meta global de 35 % de eletricidade de base renovável, sendo que os setores prioritários para introdução de fontes de energia renovável são respetivamente os setores de aquecimento e arrefecimento, eletricidade e transporte (ADENE, 2013).

Além das metas estabelecidas, existem planos de incentivo à investigação, inovação e desenvolvimento de projetos que visem o uso sustentável e eficiente dos recursos naturais.

1.2 Objetivos

O intuito principal da realização do estágio curricular foi a possibilidade de ficar a conhecer mais de perto o mercado de trabalho e as realidades de uma empresa, mas sobretudo enriquecer conhecimentos sobre sistemas fotovoltaicos.

Inicialmente foi necessário conhecer a empresa e as suas principais áreas de intervenção. Após isso, tornaram-se objetivos de trabalho as seguintes atividades: realização do Curso Intensivo em Autoconsumo Fotovoltaico, ministrado pela CRITICAL KINETICS; aprender a elaborar modelos 3D através do SketchUp® para análise de integração arquitetónica; aprender a dimensionar sistemas fotovoltaicos com recurso ao PVsyst®; dar apoio na instrução de

candidaturas a projetos co-financiados, como candidaturas ao PORTUGAL 2020; organização de conteúdos do departamento AGRO CK, para posteriormente ser registado como uma empresa, designada por AGROTECNOLÓGICA; apoio na implementação de estratégias de posicionamento comercial.

1.3 Estrutura do relatório

O presente Relatório de Estágio está dividido em seis capítulos, tal como se sintetiza seguidamente:

- O primeiro capítulo contém a introdução ao relatório de estágio, o enquadramento, e os objetivos a atingir;
- O segundo capítulo contém a apresentação da CRITICAL KINETICS, empresa onde foi realizado o estágio, e as suas principais áreas de negócio;
- O terceiro capítulo aborda a utilização de sistemas fotovoltaicos na agroindústria, bem como os seus principais componentes, e um exemplo prático de dimensionamento de um sistema fotovoltaico para autoconsumo. Ainda neste capítulo é abordado o conceito de bombagem solar e os sistemas híbridos para produção de energia elétrica;
- O quarto capítulo aborda a utilização do biogás na produção de energia;
- O quinto capítulo descreve outras atividades realizadas ao longo do estágio, tais como: o apoio à elaboração de candidaturas ao PORTUGAL 2020, a organização da AGROTECNOLÓGICA 2016 – Congresso Nacional de Tecnologia no Setor Agroindustrial, a construção de um catálogo geral da oferta comercial da empresa AGROTECNOLÓGICA e o apoio à comercializadora de energia “Energia Simples” na angariação de novos clientes;
- O sexto capítulo apresenta as conclusões;
- O final deste trabalho é constituído pelas referências bibliográficas.

2 ENQUADRAMENTO GERAL

2.1 Apresentação da CRITICAL KINETICS

A CRITICAL KINETICS, logotipo representado na figura 2.1 (CRITICAL KINETICS, 2011), é uma empresa que atua na área das energias renováveis, com maior incidência no autoconsumo fotovoltaico. Foi fundada em maio de 2011 pelo atual sócio-gerente, Engenheiro Hugo Barbosa, proprietário de 100 % do capital da empresa.

A empresa está sediada em Torres Novas, Santarém.



Figura 2.1 - Logotipo da CRITICAL KINETICS

2.1.1 Áreas de negócio principais

A CRITICAL KINETICS está dividida em diversos departamentos de negócio, onde se destacam os seguintes:

SMART PV – departamento responsável pela realização de todo o tipo de serviços relacionados com o autoconsumo fotovoltaico, tais como: autoconsumo fotovoltaico; sistemas que combinam fotovoltaico com Águas Quentes Sanitárias (AQS); sistemas fotovoltaicos isolados; sistemas de bombagem solar; sistemas solares para recirculação de água de piscinas; coberturas fotovoltaicas para parques de estacionamento; comercialização de equipamentos de monitorização e sistemas fotovoltaicos (CRITICAL KINETICS, 2011).

CK SOLAR ACADEMY – departamento de formação da CRITICAL KINETICS, onde são lecionados diversos cursos de formação na área da energia solar, sendo que, o que possui mais destaque é o Curso Intensivo em Autoconsumo Fotovoltaico (CIAF) (CRITICAL KINETICS, 2011).

AGRO CK – departamento direcionado às áreas de negócio relacionadas com o setor agroindustrial. A AGRO CK foi entretanto registada como empresa, denominando-se atualmente como AGROTECNOLÓGICA (CRITICAL KINETICS, 2016).

A AGROTECNOLÓGICA é agora uma empresa que visa levar ao setor agroindustrial, a tecnologia existente mais avançada a nível mundial. Desta forma, pretende intensificar de forma sustentável este setor, que opera em grande escala em Portugal.

Esta nova empresa funciona atualmente nas instalações onde está sediada a CRITICAL KINETICS, e surgiu daquilo que inicialmente era um departamento que funcionava há cerca de 3 anos, com o objetivo de dar apoio tecnológico à agricultura e indústria associada.

A empresa AGROTECNOLÓGICA (AGROTECNOLÓGICA, 2016a), logotipo representado na figura 2.2, atua nas seguintes áreas:

- Programa de Desenvolvimento Rural (PDR) 2020;
- Iluminação eficiente;
- Eficiência energética;
- Energias renováveis;
- Agricultura de precisão;
- Bombagem solar, rega e tratamento de água;
- Climatização e refrigeração.



Figura 2.2 – Logotipo da AGROTECNOLÓGICA

3 APLICAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO SETOR AGROINDUSTRIAL

3.1 Enquadramento

Este capítulo aborda a utilidade dos sistemas fotovoltaicos aplicados ao setor agroindustrial.

Com a atual situação económica que se vive em Portugal, os profissionais de todos os setores apresentam-se mais sensíveis para as questões relacionadas com a eficiência energética. O setor agrícola e industrial não está excluído, e os profissionais deste setor cada vez mais procuram soluções que permitam reduzir a fatura de eletricidade. Soluções estas, que pretendem fornecer as mesmas condições de funcionamento a um custo mais reduzido.

Portugal é um país com excelentes condições climáticas, e no setor agroindustrial as energias renováveis podem trazer grandes benefícios em diversas aplicações, desde reduzir os custos de produção até aumentar a competitividade (AGROTEC, 2015).

Os sistemas fotovoltaicos apresentam-se muito vantajosos face ao atual custo da eletricidade fornecida pela rede elétrica, na medida que o custo da eletricidade fornecida por um sistema fotovoltaico resulta de um investimento inicial, enquanto o custo da eletricidade fornecida pela rede elétrica é um custo mensal. Depois de recuperado o investimento associado à instalação dos sistemas fotovoltaicos, deixa de existir um custo de eletricidade, ou caso exista, esse custo nunca será tão elevado quanto seria, se fosse necessário ir buscar toda a energia à rede elétrica. Além da vantagem económica, é de salientar também a vantagem ambiental, já que é uma energia “limpa” que não emite gases que contribuem para o efeito de estufa (AGROTEC, 2015).

A utilização de painéis solares fotovoltaicos pode ser utilizada em sistemas de bombagem de água para regar culturas sendo que, a água bombeada durante o dia pode ser armazenada num reservatório, numa zona mais elevada do campo, e assim, é possível utilizar essa água para rega quando já não há sol. Para além da bombagem solar, os painéis fotovoltaicos podem ser aplicados em sistemas autónomos, independentes da rede elétrica, para produzir eletricidade em zonas muito afastadas da rede (Union of Concerned Scientists, 2016).

Os sistemas de autoconsumo fotovoltaico são o principal foco de atividade da CRITICAL KINETICS. Autoconsumo designa-se pelo termo produtor-consumidor (do inglês, *Producer +*

Consumer = “*Prosumer*”). Tal como o nome indica, autoconsumo traduz-se na utilização da energia produzida, para consumo próprio (CRITICAL KINETICS, 2014). Mais concretamente, e segundo o *Decreto Lei 153/2014 de 20 de outubro*, o autoconsumo é uma atividade de produção distribuída de energia elétrica, a partir de fontes renováveis (sol, no caso do autoconsumo fotovoltaico), através de unidades de miniprodução e microprodução. No caso do autoconsumo, a energia produzida é injetada de preferência na instalação de consumo, ou seja a energia é produzida e consumida na instalação associada à unidade de produção. A Unidade de Produção para Autoconsumo (UPAC) deve ser dimensionada de forma a garantir que a energia produzida e a energia consumida na instalação se aproximem, por forma a evitar o máximo de injeção na rede. Caso surjam eventualmente excessos de produção, estes podem ser entregues à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP). A energia fornecida à RESP, pelo produtor, é remunerada a um preço 10 % inferior ao do valor de mercado. A injeção de energia na RESP implica a instalação de sistemas de telecontagem, bem como a celebração de um contrato de compra e venda da eletricidade produzida e não consumida com o Comercializador de Último Recurso (CUR). Os produtores ficam também sujeitos ao pagamento de uma compensação mensal fixa pelas unidades de produção para autoconsumo e à contratação de um seguro de responsabilidade civil para a reparação de danos corporais ou materiais causados a terceiros (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, 2014).

Sendo Portugal, um dos países europeus com maior incidência solar (Portal das Energias Renováveis, 2016), este recurso deve ser aproveitado da melhor forma. Aplicá-lo no setor agroindustrial, onde existem inúmeras aplicações é, com certeza vantajoso.

3.2 Do efeito fotovoltaico à célula fotovoltaica

Em 1839, Edmond Becquerel descobriu o que se chama de efeito fotovoltaico. Este fenómeno consiste no aparecimento de uma diferença de potencial nas extremidades de uma estrutura de material semicondutor, quando este é exposto à presença de luz solar (Debastiani, 2013). Este fenómeno é portanto responsável pela transformação de energia solar em energia elétrica.

A transformação da energia solar em energia elétrica ocorre nas células fotovoltaicas. Estas são normalmente formadas por sólidos cristalinos que permitem uma boa condução elétrica. Os

materiais cristalinos caracterizam-se por serem constituídos por duas bandas de energia, cuja função é a passagem de elétrons entre a banda de valência e a banda de condução.

O material cristalino mais utilizado na construção de células fotovoltaicas é o Silício (Si), e as que mais se destacam no mercado são as células de silício monocristalino, silício policristalino ou de silício amorfo.

O silício é o cristal mais utilizado porque para além de ser o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, os átomos deste são compostos por quatro elétrons, que ao se ligarem aos átomos vizinhos, formam uma rede cristalina.

Para melhorar as características condutoras do silício, este é dopado com impurezas do tipo *n* (dopante doador) e do tipo *p* (dopante recetor).

Se à rede cristalina de silício se adicionar fósforo (átomo composto por cinco elétrons), esta fica com um elétron em excesso (figura 3.1), cuja ligação ao átomo é fraca. Desta forma, este elétron a mais vai deslocar-se para uma banda de condução. Assim, o fósforo é um dopante do tipo *n* (Marques, 2011).

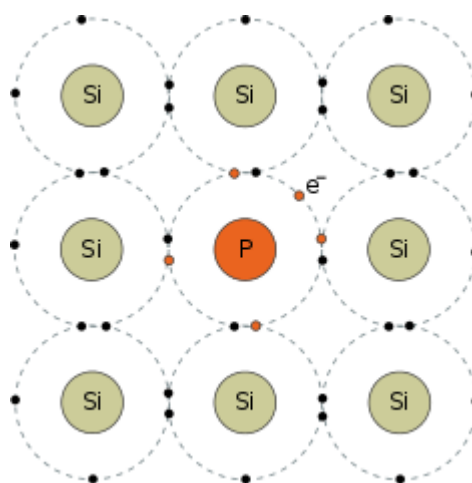


Figura 3.1 – Rede cristalina de silício dopada com fósforo (P) (Martínez, 2015)

Por outro lado, se à rede cristalina de silício se adicionar boro (átomo composto por três elétrons), esta fica com um elétron em falta e esse espaço denomina-se de lacuna (figura 3.2). Desta forma, é possível receber um elétron de um átomo vizinho que irá ocupar esse espaço. Assim o boro é um dopante do tipo *p* (Marques, 2011).

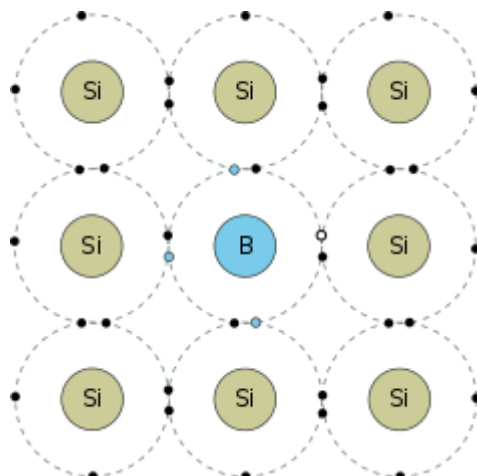


Figura 3.2 – Rede cristalina de silício dopada com boro (B) (Martínez, 2015)

À temperatura ambiente existe energia suficiente para que quase todos os elétrons em excesso no fósforo estejam livres e para que todas as lacunas nos átomos de boro se possam deslocar. Ao juntar uma placa de silício dopado com fósforo, com uma placa de silício dopado com boro, forma-se uma junção *pn*. Com a junção *pn*, os elétrons livres do lado *n* migram para o lado *p*, criando uma falta de elétrons no lado *n* e um aumento de elétrons no lado *p*. Isto dá origem a um campo elétrico permanente impedindo a passagem de mais elétrons livres no lado *n*. Quando exposto a fótons com energia suficiente para gerarem pares de elétrons-lacuna, ocorre uma aceleração das partículas dando origem a uma corrente elétrica (Morais, 2009).

3.2.1 Tipos de células fotovoltaicas

Historicamente, o silício cristalino tem sido o mais usado como semicondutor na maioria das células solares fotovoltaicas, representando cerca de 90 % do mercado de painéis fotovoltaicos.

As células solares fotovoltaicas podem ser identificadas por “gerações”, sendo que o silício cristalino corresponde à primeira geração (Ely & W. Swart, 2014).

A segunda geração é baseada em filmes finos inorgânicos, como é o caso das células de telureto de cádmio (CdTe), células de disseleneto de cobre índio (CIS) e células de silício amorfo (a-Si) (Ely & W. Swart, 2014).

As células solares fotovoltaicas de terceira geração baseiam-se em materiais orgânicos e pontos quânticos. Estas células apresentam grande potencial e várias vantagens em relação às tecnologias anteriores, apesar de ainda necessitarem de melhorar a eficiência de conversão de

energia. Estas vantagens são o processamento de baixo custo, flexibilidade mecânica e baixo peso. Estão a ser realizadas pesquisas no Brasil (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos), no sentido de obter nanocristais semicondutores ou pontos quânticos que absorvam os fótons da luz solar de forma mais eficiente, sendo possível controlar as propriedades de absorção da luz em função do tamanho e da composição dos nanocristais. O objetivo é conseguir uma eficiência de 10 % na fotoconversão, conduzindo assim a uma baixo custo por Watt (Ely & W. Swart, 2014).

De todas as células fotovoltaicas, há três que se destacam, dado que são as que possuem a tecnologia mais amadurecida, e por isso são as mais comercializadas. São estas as células de silício monocristalino, as células de silício policristalino e as células de silício amorfo, representadas na figura 3.3 (enersave, 2016).

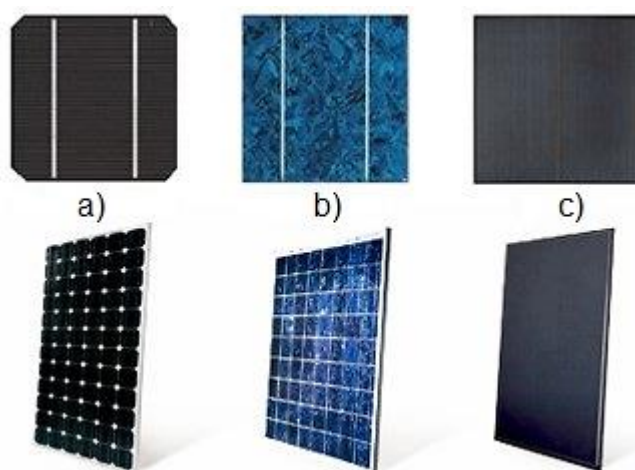


Figura 3.3 – Células e módulos fotovoltaicos: a) Silício monocristalino; b) Silício policristalino; c) Silício amorfo; Adaptado de (enersave, 2016)

a) Células de Silício Monocristalino

A célula de silício monocristalino é obtida de apenas um único cristal e a rede cristalina possui muito poucas impurezas ou imperfeições. O processo de cristalização das células é muito complexo e caro, sendo que o método mais comum é o Czochralski. Este consiste em fundir lingotes de silício policristalino com um dopante do tipo p , e o resultado desta fusão são barras cilíndricas de silício monocristalino. Neste processo, atingem-se graus de pureza de cerca de 99,9999 %, só assim é possível que o silício funcione como célula fotovoltaica.

As barras de silício monocristalino são depois cortadas em fatias muito finas. Estas fatias são limpas de todas as impurezas existentes e adicionam-se impurezas do tipo *n*, completando assim a junção *pn*. Estas fatias são depois envolvidas numa camada anti-reflexo e equipadas com pistas elétricas.

As células de silício monocristalino são as mais caras mas também as que possuem maior eficiência de conversão energética. O rendimento deste tipo de células varia entre os 12 e os 16 %, chegando aos 23 % em laboratório (Marques, 2011), (Morais, 2009).

b) Células de Silício Policristalino

As células de silício policristalino não passam por um processo de fabrico tão complexo como as de silício monocristalino, sendo por isso mais baratas mas também menos eficientes.

As células de silício policristalino são formadas a partir de lingotes de silício que se obtêm a partir da fusão de silício puro, em moldes especiais e arrefecidos lentamente. Neste processo, os átomos organizam-se em cristais, formando uma estrutura policristalina. Os blocos resultantes deste processo são cortados em finas fatias que, depois de introduzidas as impurezas, são revestidas com uma camada anti-reflexo e com pistas elétricas.

A eficiência de conversão energética destas células varia entre os 11 e 13 % e os 18 % em condições de laboratório (Marques, 2011), (Morais, 2009).

c) Células de Silício Amorfo

As células de silício amorfo são obtidas pela deposição de finas camadas de plasma de silício monocristalino sobre plásticos, vidro e outros materiais, caracterizando-se assim por possuírem um alto grau de desordem na sua estrutura atómica. A quantidade de material e energia necessários para o seu fabrico são muito inferiores relativamente às outras células, sendo por isso as mais baratas mas também as menos eficientes. No entanto, apresentam maior estabilidade em relação à temperatura, isto é, para temperaturas mais elevadas a eficiência de conversão de energia não varia muito.

A eficiência energética das células de silício amorfo varia entre os 5 e 10 % e os 13 % em condições laboratoriais (Morais, 2009), (Marques, 2011).

3.3 Componentes principais de um sistema fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico é constituído essencialmente por cinco componentes: Módulo Fotovoltaico, Gerador Fotovoltaico, Bateria, Regulador de Carga e Inversor. Estes componentes dependem do tipo de instalação a que se destina, ou seja, se se destina a um sistema isolado da rede ou ligado à rede (Rosendo, 2010a).

3.3.1 Módulo Fotovoltaico

O módulo fotovoltaico ou painel fotovoltaico é o conjunto de células fotovoltaicas que se encontram interligadas e inseridas num encapsulamento constituído por um material transparente e por um substrato (Rosendo, 2010a).

Este é o elemento principal do sistema fotovoltaico dado que a sua função é converter a energia solar em energia elétrica. Esse fenómeno é o que se chama de efeito fotovoltaico, e acontece quando numa célula fotovoltaica é incidida luz solar e parte desta é refletida, outra parte é absorvida e a outra parte passa através da célula (Ferreira & Sá, 2006). É a luz absorvida pela célula que vai permitir excitar os eletrões presentes no material sobre o qual incide, transformando-se em eletrões livres. Estes eletrões vão mover-se no sentido do campo elétrico, originando lacunas que vão sendo preenchidas com a movimentação dos eletrões. A movimentação destes eletrões sob a ação do campo elétrico vai gerar uma corrente elétrica (Rosendo, 2010b). Quando se fecha o circuito aos terminais da célula fotovoltaica, este é percorrido por uma corrente contínua, gerada pelo efeito fotovoltaico que ocorre nas células fotovoltaicas, e esta corrente contínua é dirigida ao regulador de carga do sistema fotovoltaico (Ferreira & Sá, 2006).

3.3.2 Gerador Fotovoltaico

O conjunto de todos os módulos fotovoltaicos presentes no sistema, ligados entre si, representa o gerador fotovoltaico. Este tem a função de fornecer uma tensão específica ao tipo de sistema em causa, e de produzir uma corrente elétrica contínua para alimentar o sistema. O conjunto de

todos os módulos ligados entre si deve ser suportado e fixado por uma estrutura metálica (Rosendo, 2010a).

3.3.3 Bateria

A bateria é o equipamento que armazena energia elétrica na forma de corrente contínua, através de processos químicos. Estas são necessárias quando a necessidade de energia vai para além das horas de exposição solar. As baterias permitem que a energia seja disponibilizada de forma constante, quando a produção do gerador fotovoltaico é mínima devido à fraca incidência solar ou quando as necessidades energéticas são em períodos noturnos. As baterias desempenham também um papel importante no fornecimento de energia suplementar em casos de picos de energia (por exemplo, arranque de motores), em casos de paragem do gerador fotovoltaico por motivos de manutenção ou reparação.

As baterias mais utilizadas em sistemas fotovoltaicos são as de chumbo-ácido, sendo que são baterias de descarga lenta e têm uma boa relação preço/eficiência (Rosendo, 2010a) (EnerSys, 2014).

A escolha das baterias deve contemplar requisitos tais como (Rosendo, 2010a):

- Reduzidas exigências em termos de manutenção, ou seja, devem ter uma boa fiabilidade;
- Baixo custo;
- Vida útil longa;
- Reduzida auto-descarga;

As baterias não são 100 % eficientes, pois perdem parte da energia sob a forma de calor e nos processos químicos de carga e descarga, no entanto a eficiência das baterias é um aspeto importante a ter em consideração. A eficiência de uma bateria é o produto de dois fatores: a eficiência de carga e a eficiência de potencial. A eficiência de carga é a quantidade de cargas (elétrões) acumulados durante o carregamento, que depois são utilizadas durante a descarga da bateria. A eficiência de potencial é o quociente entre a tensão de descarga e a tensão de carga da bateria. Este fator é melhor, quanto menor for a tensão de descarga em relação à tensão de carga (Rosendo, 2010a).

As baterias de chumbo-ácido possuem uma eficiência de cerca de 72 %, ou seja cerca de 85 % de eficiência de carga e 85 % de eficiência de potencial (Rosendo, 2010a).

A capacidade das baterias também é um fator importante a considerar na sua escolha. A capacidade representa a quantidade de energia que a bateria pode fornecer quando está totalmente carregada. A capacidade das baterias pode ser definida em *ampère-hora* (Ah) ou *kilowatt-hora* (kWh), considerando uma taxa de descarga constante. Fatores como a temperatura também podem influenciar a capacidade da bateria.

O número de ciclos de funcionamento e a profundidade de descarga também são importantes e encontram-se relacionados. O número de ciclos de funcionamento corresponde ao número de sequências de carga-descarga de uma bateria. A profundidade de descarga é a quantidade de energia que é possível descarregar de uma vez (Rosendo, 2010a).

Na figura 3.4, é possível observar a relação entre o número de ciclos e a profundidade de descarga a 25 °C, de um fabricante de baterias de chumbo-ácido (EnerSys, 2014).

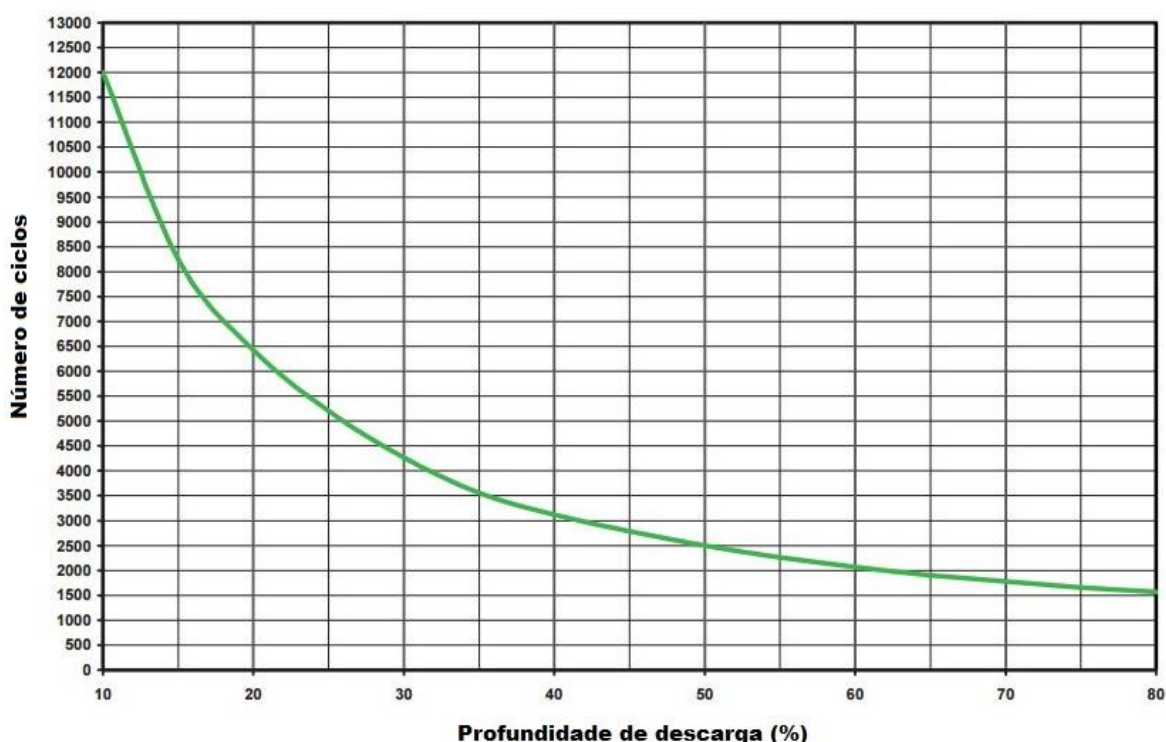


Figura 3.4 - Número de ciclos vs. Profundidade de descarga (25 °C) (EnerSys, 2014)

Considerando um ciclo de funcionamento por dia em cada ano, ou seja, 365 ciclos de funcionamento por ano, e considerando que o tempo de vida útil para um sistema fotovoltaico é de 25-30 anos, de acordo com várias marcas de painéis fotovoltaicos (EnergySage, 2017), isso significaria que a bateria, para durar esse tempo, deveria fazer cerca de 10.000 ciclos de

funcionamento (ver tabela 3.1), o que levava a uma profundidade de descarga de apenas 12 ou 13 %, segundo o gráfico da figura 3.4 (EnerSys, 2014).

Tabela 3.1 – Cálculo aproximado do número de ciclos de funcionamento de uma bateria para 25-30 anos de vida útil de um sistema fotovoltaico

Nº de Anos	Nº de ciclos de funcionamento
25 anos	365 ciclos x 25 anos = 9.125 ciclos
26 anos	365 ciclos x 26 anos = 9.490 ciclos
27 anos	365 ciclos x 27 anos = 9.855 ciclos
28 anos	365 ciclos x 28 anos = 10.220 ciclos
29 anos	365 ciclos x 29 anos = 10.585 ciclos
30 anos	365 ciclos x 30 anos = 10.950 ciclos
Média de ciclos de funcionamento	10.037,5 ciclos

3.3.4 Regulador de Carga

Reguladores de carga são equipamentos que se destinam a regular a tensão das baterias, controlando assim o fluxo de energia entre o gerador fotovoltaico e o equipamento elétrico do utilizador. Devem proteger as baterias contra sobrecargas e descargas profundas ao nível do utilizador, assegurando também a monitorização e segurança da instalação. Esta proteção é importante dado que as sobrecargas e as descargas profundas reduzem o tempo de vida útil das baterias (Rosendo, 2010a).

Os reguladores de carga usados atualmente são designados por seguidores do ponto de potência máxima (do inglês, *Maximum Power Point Tracker* – MPPT). Para colocar o módulo fotovoltaico no ponto de operação correspondente à potência máxima, estes reguladores possuem um sistema digital de cálculo da tensão à potência máxima, para cada par de valores irradiância-temperatura, uma vez que, a potência máxima varia de acordo as condições ambientais de irradiância e temperatura (Castro, 2011).

Associado ao regulador, deve estar um conversor DC/DC que recebe o valor de referência da tensão calculada pelo MPPT como uma entrada e ajusta o nível de tensão de saída à tensão de entrada da bateria (Morais, 2009) (Castro, 2011). Uma vez controlada a tensão de saída do módulo, é imposto o valor da corrente para o qual a potência é máxima, de acordo com a curva característica I-V do módulo fotovoltaico (figura 3.5) (Rosendo, 2010a).

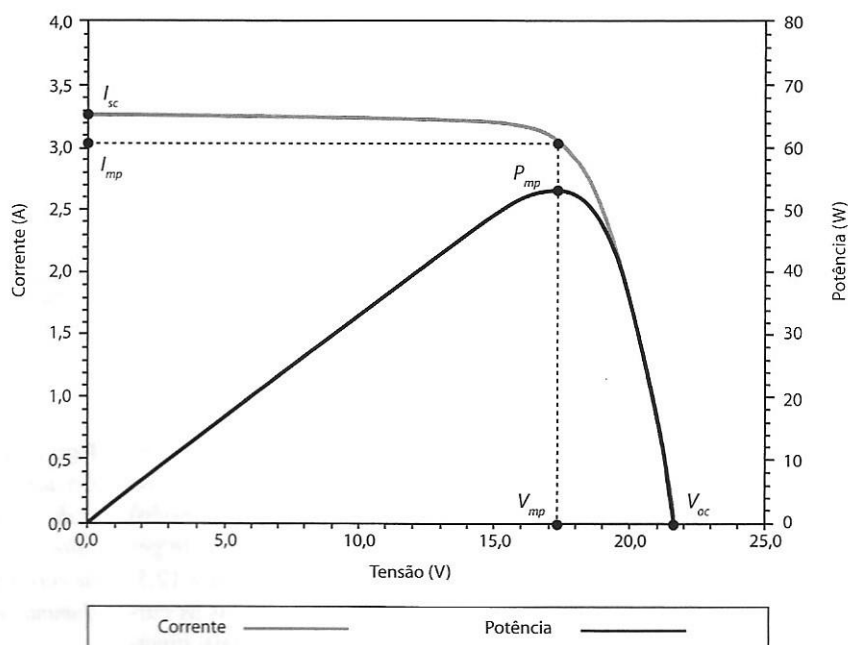


Figura 3.5 – Curva característica I-V de um painel fotovoltaico (Rosendo, 2010a)

3.3.5 Inversor

O inversor é o equipamento que permite adaptar a potência gerada pelo gerador fotovoltaico às características das cargas (equipamentos elétricos do utilizador). Os painéis fotovoltaicos geram corrente contínua (DC) e as baterias armazenam energia a partir de fontes de energia em corrente contínua, e como os equipamentos elétricos funcionam em corrente alternada (AC), é necessário utilizar um conversor DC/AC.

O conversor DC/AC tem a função de transformar a corrente contínua em corrente alternada, com uma frequência de 50 Hz, destinada à alimentação das cargas AC da instalação. As cargas DC poderão ser alimentadas a partir do regulador de carga (Ferreira & Sá, 2006), ou com a instalação de um conversor DC/DC para cargas que funcionem a uma tensão contínua diferente da gerada pelos painéis fotovoltaicos (Rosendo, 2010a).

3.4 Caracterização dos sistemas fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos caracterizam-se em dois tipos:

- Sistemas isolados;
- Sistemas ligados à rede de distribuição de energia elétrica.

3.4.1 Sistemas isolados

Os sistemas fotovoltaicos isolados surgem em dois tipos de configurações: os sistemas integrados e os sistemas autónomos. Ambos são independentes e autónomos relativamente ao fornecimento de energia, mas apenas o segundo justifica a existência da designação de sistemas isolados.

Os sistemas integrados e os sistemas autónomos podem ser distinguidos nos seguintes aspetos (Rosendo, 2010a):

- Nos sistemas integrados, o módulo fotovoltaico surge integrado no equipamento que tem de ser alimentado com energia elétrica. São normalmente equipamentos pequenos como calculadoras eletrónicas, telefones SOS ou lanternas e rádios solares.
- Os sistemas autónomos operam em função das necessidades energéticas dos equipamentos que servem. Podem assegurar a alimentação direta dos equipamentos ou podem ter um sistema de armazenamento de energia acoplado, como baterias.

No caso dos sistemas isolados autónomos, quando a radiação solar incide nos painéis fotovoltaicos, a energia elétrica por eles gerada é automaticamente consumida pelas cargas que eles alimentam. Estes sistemas podem ser, por exemplo, mecanismos de bombagem de água para reservatórios; mecanismos de alimentação de circuladores para distribuição de energia térmica em sistemas de aquecimento de águas; mecanismos de alimentação de circuladores de água para fontes ou repuxos.

Estes sistemas são adaptados consoante as necessidades do utilizador. Se for necessária energia elétrica fora dos períodos de sol, a instalação requer a integração de um sistema de armazenamento de energia capaz de disponibilizá-la nesses períodos, normalmente baterias recarregáveis. A utilização de baterias implica a instalação de um regulador de carga para fazer a gestão da energia e assegurar a proteção e fiabilidade das baterias, de forma a assegurar um maior tempo de vida útil das mesmas. No caso de os equipamentos elétricos serem alimentados a corrente alternada, deve ainda ser instalado um inversor DC/AC.

Os sistemas autónomos podem ser uma alternativa para dar resposta a situações onde não existe energia elétrica ou quando esta não é de fácil acesso, como em países em vias de desenvolvimento ou em locais mais isolados (Rosendo, 2010a).

3.4.2 Sistemas ligados à rede de distribuição

Os sistemas fotovoltaicos com ligação à rede de distribuição são sistemas que estão preparados para injetar na rede o excesso de energia produzida pelo gerador fotovoltaico, face aos consumos da instalação. Basicamente, em vez de essa energia ser armazenada num acumulador de energia, é reintroduzida na rede elétrica. No entanto, estes sistemas fotovoltaicos também podem conter sistemas de acumulação de energia em baterias, sendo que os sistemas mais simples são aqueles que não utilizam sistemas de acumulação.

Nos sistemas sem acumulação, é apenas necessária a instalação do inversor para estabelecer a ligação. Estes sistemas não podem fornecer energia quando a rede falha. No caso de os consumos excederem a produção do gerador fotovoltaico, a rede elétrica assegura a energia suplementar, e quando o gerador não está a produzir, toda a energia é fornecida pela rede elétrica.

Nos sistemas com acumulação, é prevista a instalação de um conjunto de baterias recarregáveis e dos respetivos reguladores de carga, permitindo assim fornecer energia sempre que haja uma falha na rede elétrica ou quando o gerador não está a produzir (Rosendo, 2010a).

3.5 Ações de formação – Curso Intensivo em Autoconsumo Fotovoltaico

A CRITICAL KINETICS, através do departamento de formação avançada *CK SOLAR ACADEMY*, ministra o Curso Intensivo em Autoconsumo Fotovoltaico (CIAF).

O CIAF é um curso projetado para responder às necessidades de formação dos profissionais que operam no setor da energia fotovoltaica. Destina-se a sobretudo a (CRITICAL KINETICS e CK Solar Academy, 2011):

- Engenheiros que já trabalham no setor e pretendem reforçar as suas competências técnicas;

- Recém-licenciados com interesse em expandir conhecimentos e adquirir uma melhor preparação para o mercado de trabalho;
- Profissionais da área das Instalações Técnicas Especiais que pretendem reforçar a sua formação na área do fotovoltaico;
- Gestores e consultores que pretendem perceber como são definidas as variáveis associadas aos projetos e sua execução.

No âmbito do trabalho de estágio, foi frequentada a 10ª edição do Curso Intensivo em Autoconsumo Fotovoltaico, que decorreu de 1 a 5 de fevereiro de 2016, em Lisboa, conforme apresentado no calendário da figura 3.6.

AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO
Curso em regime intensivo

CK Solar Academy

- Visão geral da tecnologia
- Enquadramento legal e incentivos
- Projeto de sistemas em função dos consumos
- Modelação 3D em SketchUp® e Simulação em PVsyst®
- Análise Financeira com Excel®
- Elaboração de propostas

Novas datas!

	10ª Edição	11ª Edição	12ª Edição
LISBOA	1-5 Fevereiro 2016	7-11 Março 2016	18-22 Abril 2016
PORTO	25-29 Janeiro 2016	21-25 Março 2016	2-6 Maio 2016
COIMBRA	2ª Edição 8-12 Fevereiro 2016	3ª Edição 9-13 Maio 2016	

Segunda a Sexta das 9:00 às 18:30
Aulas de Laboratório em data a designar.

Programa detalhado do curso em www.CKSolarACADEMY.com

Com o apoio de:

Infocontrol, Solar-Log, DEGER, Ctrusol, CRITICAL KINETICS, SCHLETTER, Weidmüller, Mprime, ABB, INVOLAR, I S A Energy, LORENTZ, as solar, polysun, renováveis magazine, IBC, KOSTAL, SOLAR, SOLAR ELECTRIC.

PARA MAIS INFORMAÇÕES: COORDENAÇÃO TÉCNICA: CRITICAL KINETICS ENERGY CONSULTANTS

Em parceria com: Ahptus

Certificação: INSTITUTO PORTUGUÊS DE QUALIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO

Figura 3.6 - Calendário 2016 do Curso Intensivo em Autoconsumo Fotovoltaico

O curso é constituído por 26 módulos teórico-práticos e os módulos são divididos nos seguintes temas:

- **Módulo 1** – Análise do estado da arte e oportunidades de negócio;
- **Módulo 2** – Heliotecnia, curvas de penalizações e sombreamentos;
- **Módulo 3** – Modelação 3D com o *software* Google SketchUp® – Estudo de sombreamentos e integração arquitetónica;
- **Módulo 4** – Apresentação dos *softwares* PVsyst®, PVSOL® e Polysun®;
- **Módulo 5** – Fundamentos de eletrotecnia, instrumentação e medidas;
- **Módulo 6** – Tecnologia de células e módulos fotovoltaicos;
- **Módulo 7** – Tecnologia de Inversores e Microinversores;
- **Módulo 8** – Tecnologia de baterias e controladores de carga;
- **Módulo 9** – Cablagem, equipamentos de controlo e proteção;
- **Módulo 10** – Seguidores, estruturas fixas e *Building Integrated Photovoltaics*;
- **Módulo 11** – Sistemas isolados da rede;
- **Módulo 12** – Unidades de Pequena Produção – UPP;
- **Módulo 13** – Sistemas de proteção e esquemas de ligação em Média Tensão (MT);
- **Módulo 14** – Planeamento geral de obra e execução;
- **Módulo 15** – Comissionamento de sistemas, teste, monitorização e reparação;
- **Módulo 16** – Operação, manutenção e auditorias;
- **Módulo 17** – Sistemas de monitorização de consumo e produção. Soluções comerciais de autoconsumo;
- **Módulo 18** – Instrução de candidaturas ao PDR;
- **Módulo 19** – Estudos de viabilidade económica;
- **Módulo 20** – Análise do novo diploma do autoconsumo e Unidades de Produção de Autoconsumo – UPAC;
- **Módulo 21** – Aquisição e tratamento de perfis de consumo por telecontagem;
- **Módulo 22** – Fundamentos de projeto em PVsyst® de sistemas fotovoltaicos em regime de autoconsumo, com e sem entrega à rede;
- **Módulo 23** – Projeto avançado em PVsyst® – Caso de estudo de cliente fornecido por Baixa Tensão Normal (BTN);
- **Módulo 24** – Projeto avançado em PVsyst® – Caso de estudo de cliente fornecido por Baixa Tensão Especial (BTE);

- **Módulo 25** – Projeto avançado em PVsyst® – Caso de estudo de cliente fornecido por Média Tensão (MT);
- **Módulo 26** – Apresentação do teste de consolidação de conhecimentos.

Depois da realização das aulas teórico-práticas, é realizada uma aula com o objetivo de observar o funcionamento de alguns dos equipamentos abordados nas aulas teóricas. Após a frequência do curso, este é avaliado com um exame final com 240 questões.

O Curso Intensivo em Autoconsumo Fotovoltaico é certificado pela *Ahptus* - Consultoria e Formação, Lda., entidade acreditada pela Direção Geral do Emprego e das Relações de Trabalho (DGERT) (CRITICAL KINETICS e CK Solar Academy, 2011).

3.6 Exemplo de dimensionamento de um sistema fotovoltaico

Para elaborar propostas comerciais de sistemas de autoconsumo fotovoltaico, a CRITICAL KINETICS utiliza o *software* PVsyst® (PVsyst SA, 2017) e um conjunto de folhas de Excel elaboradas pela CRITICAL KINETICS, para efetuar a desagregação de consumos dos clientes e avaliar a viabilidade económica dos projetos, para posteriormente apresentar ao potencial cliente.

O PVsyst® é um programa que tem a função de apoiar o estudo, análise e dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. Este programa está equipado com uma base de dados meteorológica, permitindo assim localizar geograficamente o projeto e dessa forma obter os dados meteorológicos dessa zona geográfica. Possui também uma base de dados dos principais componentes dos sistemas fotovoltaicos tais como os módulos fotovoltaicos, as baterias, os inversores e os reguladores de carga. Sempre que necessário, é possível alterar as características destes componentes. É também possível especificar alguns detalhes tais como: orientação dos módulos fotovoltaicos e a existência de sombreamentos (Roriz & Calhau, 2010).

Em termos de simulação, o PVsyst® permite simular sistemas fotovoltaicos ligados à rede de distribuição de energia elétrica, sistemas fotovoltaicos isolados e também sistemas fotovoltaicos dedicados à bombagem de água (Roriz & Calhau, 2010).

3.6.1 Proposta comercial de um sistema de autoconsumo fotovoltaico

Durante o estágio na CRITICAL KINETICS, participei na elaboração de uma proposta de autoconsumo fotovoltaico, para uma instalação na zona de Leiria.

Pela análise de faturas de eletricidade do cliente, e utilizando o ficheiro Excel de desagregação de consumos, desenvolvido pela CRITICAL KINETICS, determinou-se que a instalação em causa necessitava que o sistema fotovoltaico fosse projetado para uma potência nominal de 30 kW. Este valor foi estimado com base nos consumos de energia que o cliente apresentava ao longo do dia. Resumidamente, o processo de cálculo consiste em introduzir no Excel desenvolvido pela empresa os valores dos consumos de energia do cliente, de todos os meses do ano. Neste ficheiro introduz-se ainda o período horário e o ciclo, que neste caso era semanal sem feriados com tarifa tetra-horária. Introduzidos estes dados, o ficheiro faz uma estimativa dos consumos distribuídos pelas 24 horas do dia de todos os meses do ano. Com base neste resultado, define-se a potência do sistema fotovoltaico, de acordo com os consumos estimados no período de horas de sol. Por fim, é fornecido um ficheiro com 8760 linhas, que correspondem aos consumos das 24 horas do dia de todos os meses do ano (24 horas x 365 dias = 8760 horas). Este ficheiro é importante pois é o que será introduzido no PVsyst® como as necessidades do cliente.

No sentido de verificar se a instalação tinha espaço suficiente para a instalação dos módulos fotovoltaicos e também para analisar possíveis sombreamentos, foi efetuado um modelo 3D da instalação, com recurso ao *software* Google SketchUp® para o desenho da instalação e à extensão Skelion que nos permite colocar os módulos na superfície da instalação e analisar a posição do sol ao longo do dia, em todos os meses do ano, uma vez que o SketchUp® permite fazer georreferenciação do local da instalação. O Google SketchUp® é uma ferramenta de desenho de modelos tridimensionais, usada maioritariamente por arquitetos, engenheiros e *designers* (Trimble Inc., 2017). Para completar as ferramentas do SketchUp®, existe a possibilidade de adicionar extensões ao *software*, como é o caso do Skelion®. O Skelion® é um *plugin* para o SketchUp® que permite projetar instalações solares fotovoltaicas ou térmicas a partir de modelos 3D (Skelion, 2017).

Com recurso ao modelo 3D desenvolvido em SketchUp, representado na figura 3.7, foi possível representar a colocação dos módulos no edifício.

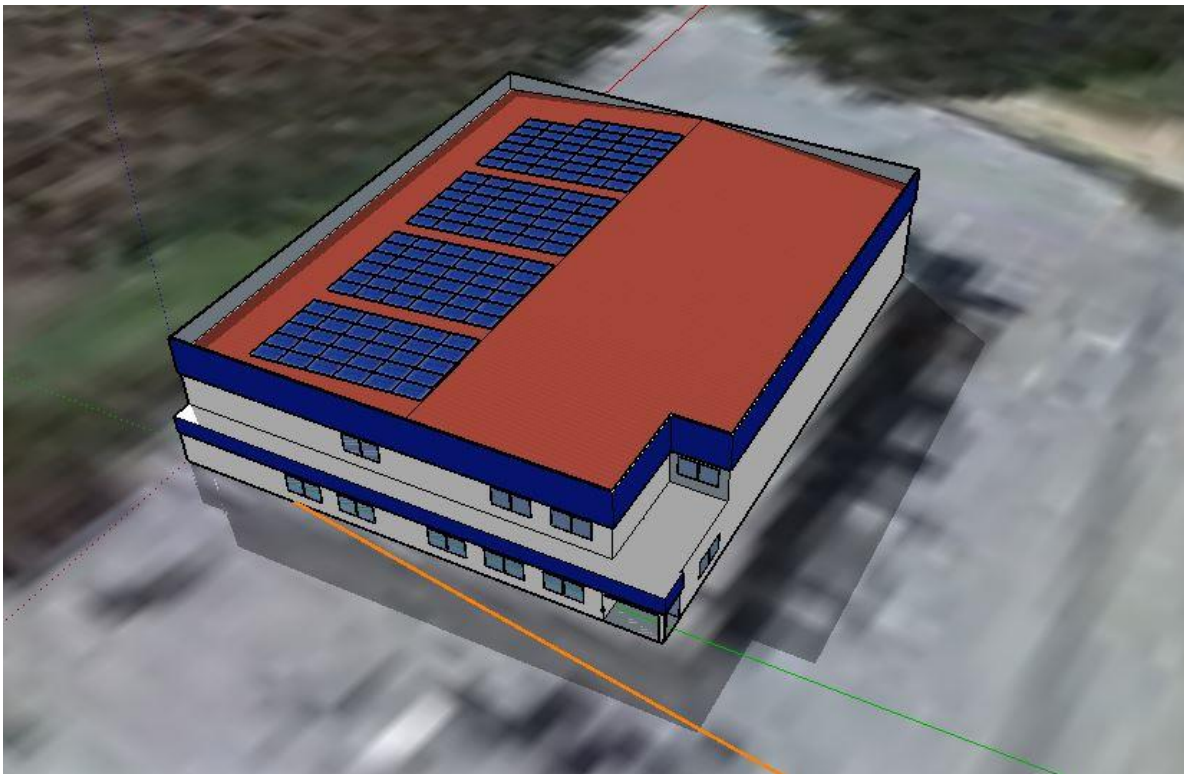


Figura 3.7 – Modelo 3D da instalação elaborado no SketchUp®

Também com recurso ao modelo 3D da instalação, e com recurso às ferramentas do SketchUp® que permitem analisar o percurso do sol ao longo do dia, obtiveram-se os resultados apresentados nas figuras 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12 e 3.13. Os resultados foram analisados para o dia mais longo do ano, que corresponde ao dia 21 de junho, e para o dia mais curto do ano, que corresponde ao dia 21 de dezembro, em três períodos do dia. Concluiu-se que não existem sombreamentos, desta forma, não existem perdas a esse nível.



Figura 3.8 – Sombreamento ao início da manhã no dia mais longo do ano

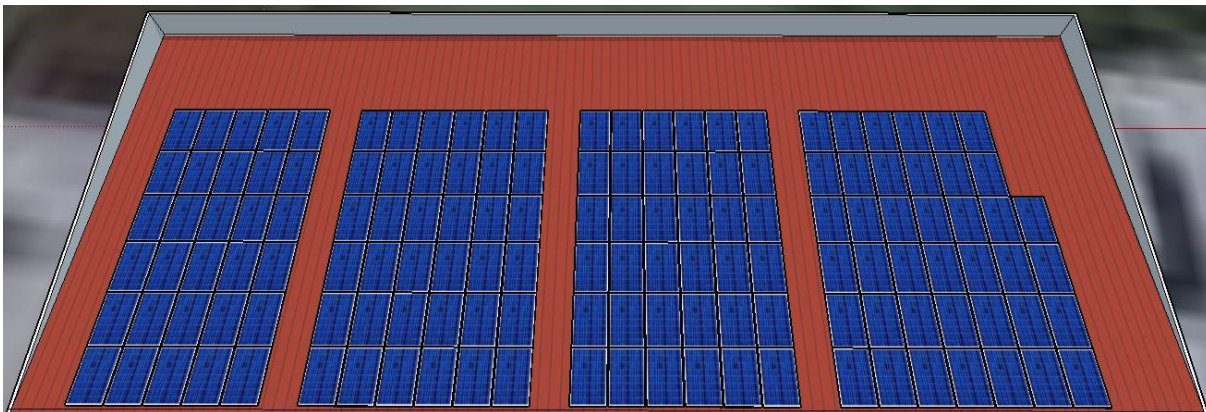


Figura 3.9 - Sombreamento a meio do dia no dia mais longo do ano



Figura 3.10 - Sombreamento ao fim da tarde no dia mais longo do ano

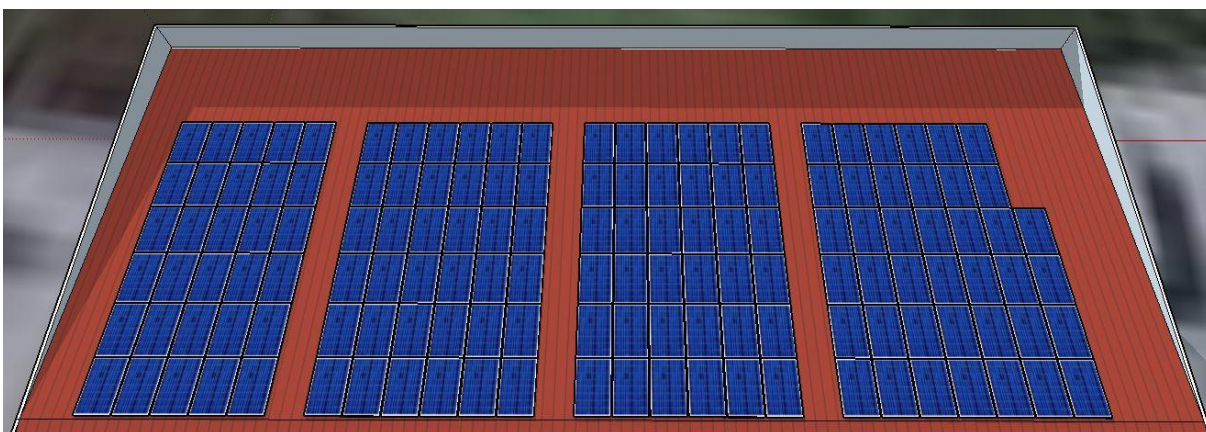


Figura 3.11 - Sombreamento ao início da manhã no dia mais curto do ano

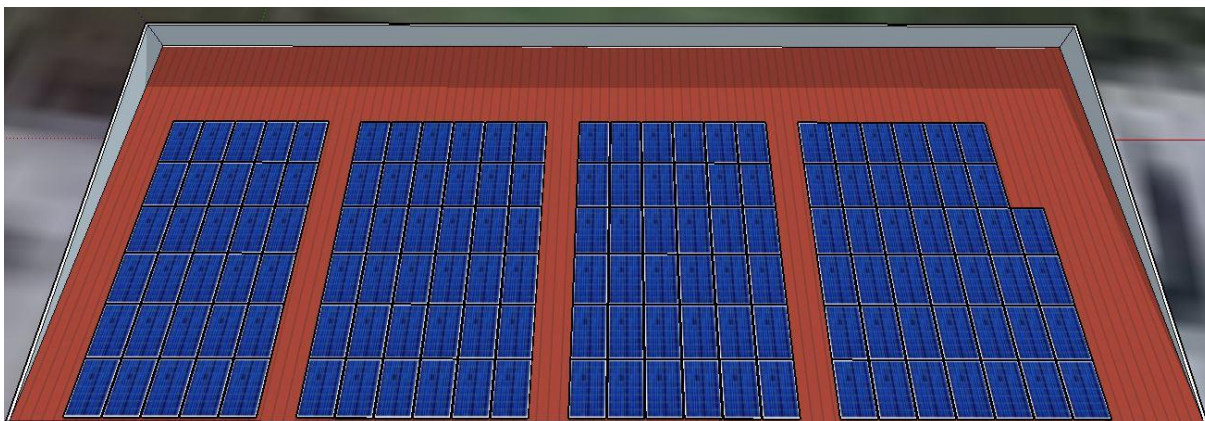


Figura 3.12 - Sombreamento a meio do dia no dia mais curto do ano

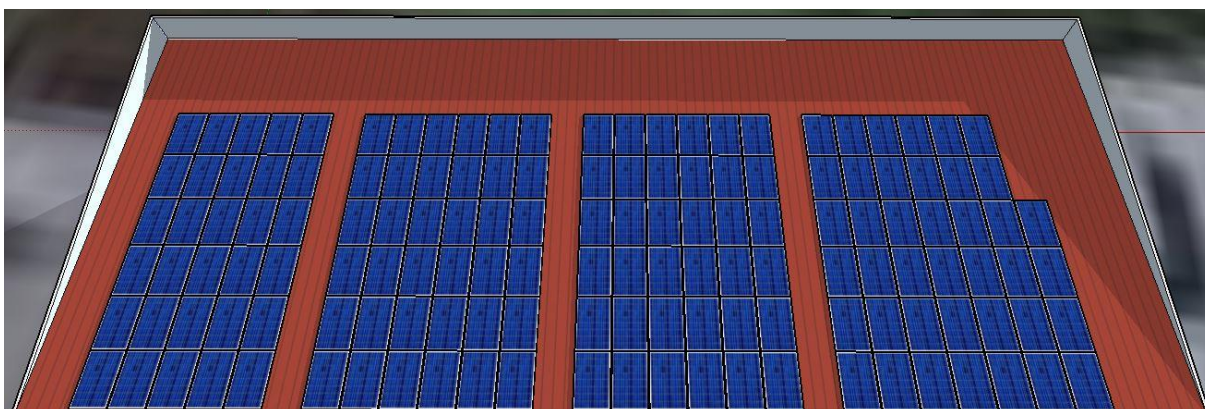


Figura 3.13 - Sombreamento ao fim da tarde no dia mais curto do ano

Para considerar as perdas do sistema, desde o gerador fotovoltaico até aos inversores, o gerador fotovoltaico deveria ter uma potência total de 33 kW_p , 10 % acima do valor nominal, de forma a garantir que os inversores operavam à sua potência máxima, que correspondia a 30 kW. Outro fator que leva a que o gerador fotovoltaico seja dimensionado acima da potência nominal é o facto de os módulos fotovoltaicos não estarem sempre a produzir a potência nominal. Para compensar e tirar maior proveito do sistema estabelece-se que o sistema deve ser dimensionado acima da potência nominal. Relativamente aos 10 %, não existe uma regra que defina esse valor, no entanto é o valor que a empresa considera que se consegue retirar melhor proveito do sistema.

Nestas condições, e considerando que a potência dos módulos fotovoltaicos seria de 250 W, porque os módulos fotovoltaicos a utilizar eram de 250 W de potência, o sistema fotovoltaico contemplava assim a instalação de 132 painéis fotovoltaicos, de acordo com a expressão (3.1).

$$\text{Número de módulos} = \frac{\text{Potência de pico do campo fotovoltaico}}{\text{Potência do módulo fotovoltaico}} = \frac{33000 \text{ W}}{250 \text{ W}} = 132 \text{ módulos} \quad (3.1)$$

O módulo fotovoltaico selecionado foi o módulo da marca *REC*, modelo 250PE de 250 W de potência. Este é um módulo constituído por 60 células de silício policristalino protegidas por vidro temperado de 3,2 mm de espessura com antirreflexo, com uma eficiência de 15,2 % em condições de teste padrão (do inglês, *Standard Test Conditions – STC*). É um módulo que possui 10 anos de garantia e um tempo de vida útil estimado de 25 anos (REC Group, 2016).

Um resumo das características deste módulo é apresentado na tabela 3.2 (REC Group, 2016).

Tabela 3.2 – Resumo das características do módulo fotovoltaico *REC 250PE*

Potência Nominal – P_{MPP} (Wp)	250 Wp
Tensão à máxima potência – V_{MPP (STC)} (V)	30,2 V
Tensão de circuito aberto – V_{oc (STC)} (V)	37,4 V
Corrente à máxima potência – I_{MPP} (A)	8,3 A
Coefficiente de temperatura de V_{oc} (ΔV)	-0,27% / °C

Para determinar o número máximo e mínimo de módulos por fileira é necessário escolher o inversor a utilizar. A potência do inversor deve encontrar-se no seguinte intervalo, onde P_{FV} representa a potência máxima nominal do gerador fotovoltaico (Morais, 2009):

$$0,7 \times P_{FV} < \text{Potência DC máx do inversor} < 1,2 \times P_{FV} \quad (3.2)$$

Para este caso, o inversor selecionado foi o inversor da marca *Fronius International*, modelo Symo 15.0-3-M de 15 kW de potência. Este inversor apresenta uma eficiência máxima de 98,1 % (Fronius International, 2016). Para perfazer uma potência de saída AC de 30 kW o sistema teria integrado dois inversores de 15 kW. Utilizar dois inversores tem a vantagem de tornar o sistema mais fiável em caso de avaria, uma vez que se um inversor parar de funcionar não se perde toda a produção, dado que a outra metade do sistema continua a produzir.

Um resumo das características deste inversor é apresentado na tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Resumo de características do inversor *Fronius International Symo 15.0-3-M* (Fronius International, 2016)

Potência nominal de saída (P_{AC})	15 kW
Potência máxima DC ($P_{DC\ máx}$)	22,5 kWp
Intervalo de tensão de entrada (V_{DCmin} V_{DCmax})	200 – 1000 V
Intervalo de tensão de operação (V_{MPP})	200 – 800 V
Corrente máxima de entrada ($I_{máx}$)	51 A

Sendo assim, o número máximo de módulos por fileira é limitado pela tensão máxima de operação do inversor e pela tensão de circuito aberto do módulo fotovoltaico, uma vez que em situações extremas de inverno, em que as temperaturas podem ser muito baixas, a tensão de circuito aberto pode tornar-se muito elevada, em caso de disparo no lado AC (Morais, 2009). Para evitar este problema, o número de módulos deve ser limitado, e pode calcular-se através da expressão (3.3).

$$N_{máx} = \frac{\text{Tensão máxima de operação do inversor}}{V_{oc}(\text{módulo a } -10^{\circ}\text{C})} \quad (3.3)$$

Como nem sempre o valor da tensão $V_{oc}(-10^{\circ}\text{C})$ é fornecido, este pode ser determinado pela expressão (3.4).

$$V_{oc}(-10^{\circ}\text{C}) = \left(1 - \frac{35^{\circ}\text{C} \times \Delta V}{100}\right) \times V_{oc}(STC) \quad (3.4)$$

Assim, de acordo com as características do módulo fotovoltaico e do inversor apresentadas nas tabelas 3.2 e 3.3, pode ter-se no máximo 19 módulos por fileira.

Assim como é importante determinar o número máximo de módulos por fileira, o número mínimo de módulos por fileira também deve ser determinado. Isto porque, é necessário garantir que a tensão instalada nos módulos fotovoltaicos não seja inferior à tensão mínima de operação

do inversor. A tensão mínima de funcionamento ocorre normalmente para a temperatura máxima de funcionamento, normalmente prevista para 70°C (Carneiro, 2009).

Sendo assim, o número mínimo de módulos por fileira pode ser determinado pela expressão (3.5).

$$N_{min} = \frac{\text{Tensão mínima de operação do inversor}}{V_{m\acute{a}x} (\text{módulo a } 70^{\circ}\text{C})} \quad (3.5)$$

O valor da tensão máxima do módulo a 70°C – $V_{m\acute{a}x} (70^{\circ}\text{C})$, pode ser determinado pela expressão (3.6).

$$V_{m\acute{a}x} (70^{\circ}\text{C}) = \left(1 + \frac{45^{\circ}\text{C} \times \Delta V}{100}\right) \times V_{MPP} (STC) \quad (3.6)$$

Assim, de acordo com as características do módulo fotovoltaico e do inversor apresentadas nas tabelas 3.2 e 3.3, deve ter-se no mínimo 7 módulos por fileira.

Para que a corrente de entrada do inversor não ultrapasse o seu valor máximo, é necessário determinar o número máximo de fileiras em paralelo (Morais, 2009). Este valor pode ser determinado pela expressão (3.7).

$$N_{fileiras} = \frac{\text{Corrente máxima de entrada do inversor}}{\text{Corrente à máxima potência do módulo FV}} \quad (3.7)$$

Assim, de acordo com as características do módulo fotovoltaico e do inversor apresentadas nas tabelas 3.2 e 3.3, deve ter-se no máximo 6 fileiras em paralelo.

Depois de determinadas as características do gerador fotovoltaico e dos inversores, procedeu-se ao dimensionamento do sistema fotovoltaico com recurso ao *software* PVsyst® versão 6.3.9 (PVsyst SA, 2017).

A primeira etapa a realizar para iniciar o dimensionamento no PVsyst® consistiu em carregar a base de dados meteorológica do local onde vai ser instalado o sistema de autoconsumo fotovoltaico.

Os dados meteorológicos são importantes pois permitem ter um uso mais correto das horas de sol disponíveis, para o local definido.

Seguidamente, definiu-se a orientação do sistema fotovoltaico (figura 3.14). Considerou-se um sistema fixo com azimute solar de -9° e inclinação dos módulos a 15° .

A orientação foi definida de acordo com as condições do telhado onde iriam ser colocados os módulos. Uma vez que estes seriam colocados numa estrutura complanar com o telhado, pelo que como este apresentava uma inclinação de 15° este foi o valor tomado para a simulação. Relativamente ao azimute solar, este segue também a orientação do telhado do local de instalação, uma vez que este se encontrava virado a Sul mas ligeiramente para Este, estimou-se que seria -9° .

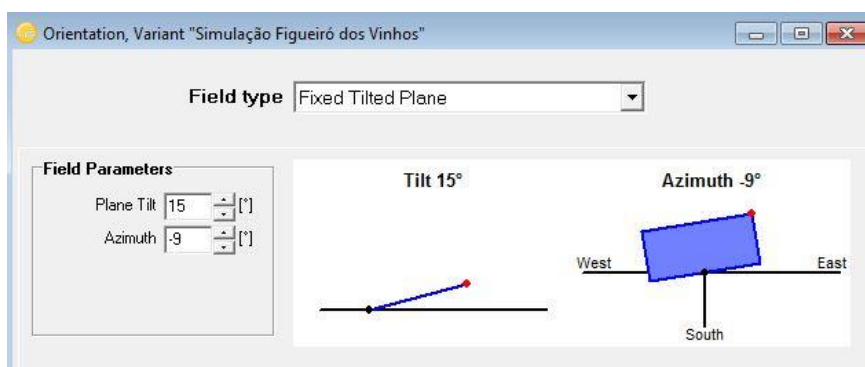


Figura 3.14 - Interface do PVsyst® onde é definida a orientação dos módulos fotovoltaicos

De seguida definiu-se a constituição do sistema, introduzindo-se no PVsyst® o modelo dos módulos fotovoltaicos escolhido e o modelo do inversor (figura 3.15).

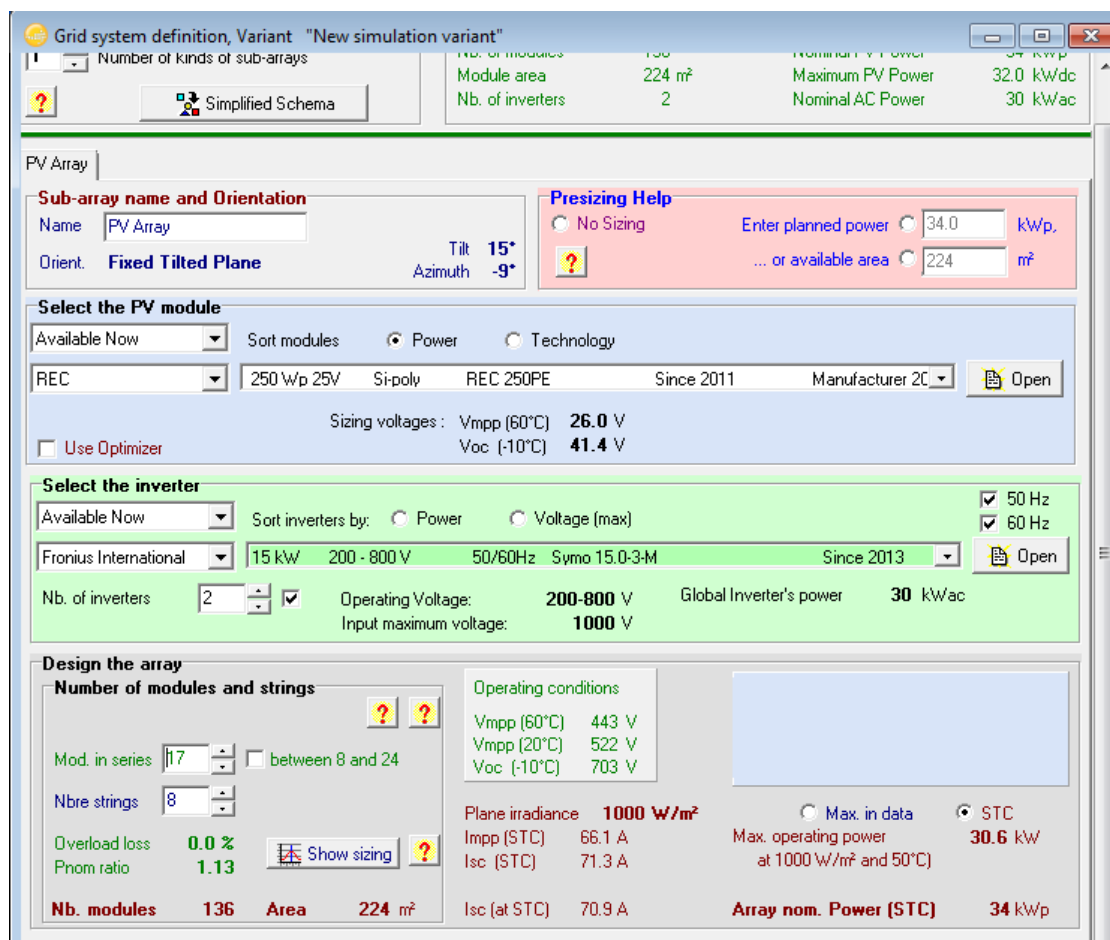


Figura 3.15 – Interface do PVsyst® onde se define o tipo de módulos fotovoltaicos e inversores

Inicialmente foi previsto que eram necessários 132 módulos fotovoltaicos, no entanto tendo em consideração o número máximo de módulos em série por fileira verificou-se a partir do PVsyst® que a melhor solução para este caso era que fossem instalados 136 módulos distribuídos por 8 fileiras, em que cada fileira teria um total de 17 módulos em série.

Estes dados são apresentados na figura 3.15, onde também é possível observar que nestas condições o sistema está dimensionado 13 % acima da potência nominal, estando assim o gerador fotovoltaico dimensionado para 34 kW_p.

No esquema da figura 3.16, é possível observar a distribuição dos módulos fotovoltaicos pelas oito fileiras e a respetiva ligação aos inversores. Respeitando o número máximo de fileiras em paralelo, as fileiras seriam distribuídas pelos inversores em 2 grupos de 4 fileiras em paralelo.

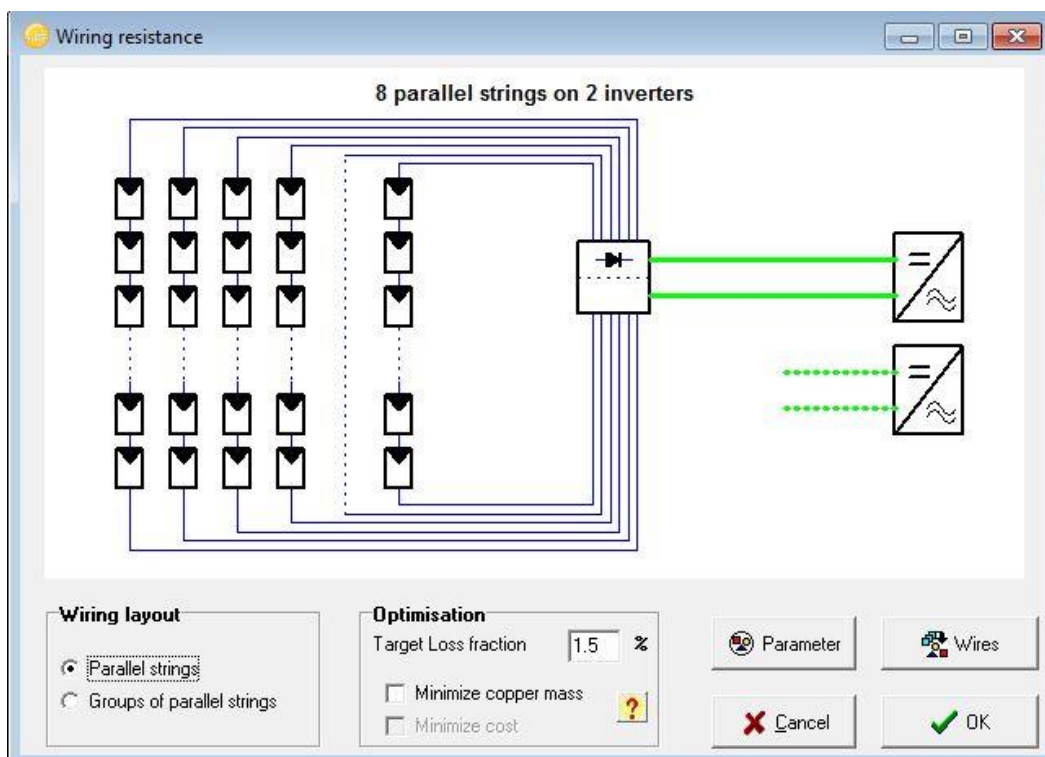


Figura 3.16 – Interface do PVsyst® onde é possível observar o esquema de ligações do sistema

Depois de inseridas no PVsyst® as necessidades do cliente, é emitido um relatório com todos os dados relevantes inseridos no programa para dimensionar o sistema fotovoltaico e com os resultados da simulação.

Main results			
System Production	56033 kWh/yr	Normalized prod.	4.52 kWh/kWp/day
Specific prod.	1648 kWh/kWp/yr	Array losses	0.64 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.857	System losses	0.11 kWh/kWp/day

Figura 3.17 – Interface parcial do PVsyst® onde são apresentados os resultados após a simulação

Na figura 3.17, é possível verificar que a produção anual deste sistema é de 56.033 kWh/ano.

No relatório encontram-se os gráficos das figuras 3.18 e 3.19, que representam respetivamente a produção normalizada (kWh/kWp/dia) e o desempenho do sistema fotovoltaico.

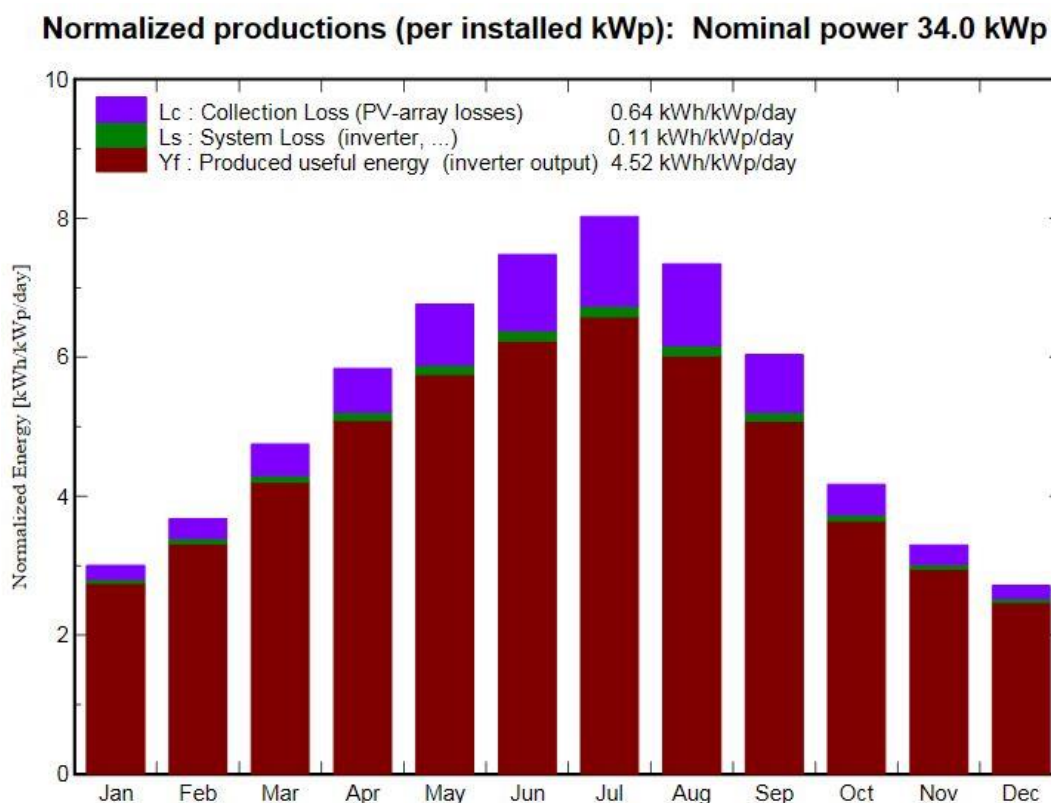


Figura 3.18 – Produção anual normalizada, em kWh/kWp/dia, considerando as perdas do sistema fotovoltaico

Tal como seria de esperar, verifica-se que é nos meses de maior calor (meses de verão) que existe maior produção de energia, mas também é nesses meses que existem maiores perdas no sistema, principalmente no que diz respeito às perdas derivadas pelos módulos fotovoltaicos (figura 3.18). Isto porque a temperaturas elevadas, a produção tende a diminuir. Quanto maior a temperatura das células fotovoltaicas, menor é a sua eficiência e dessa forma, menor será a potência máxima disponível (Morais, 2009).

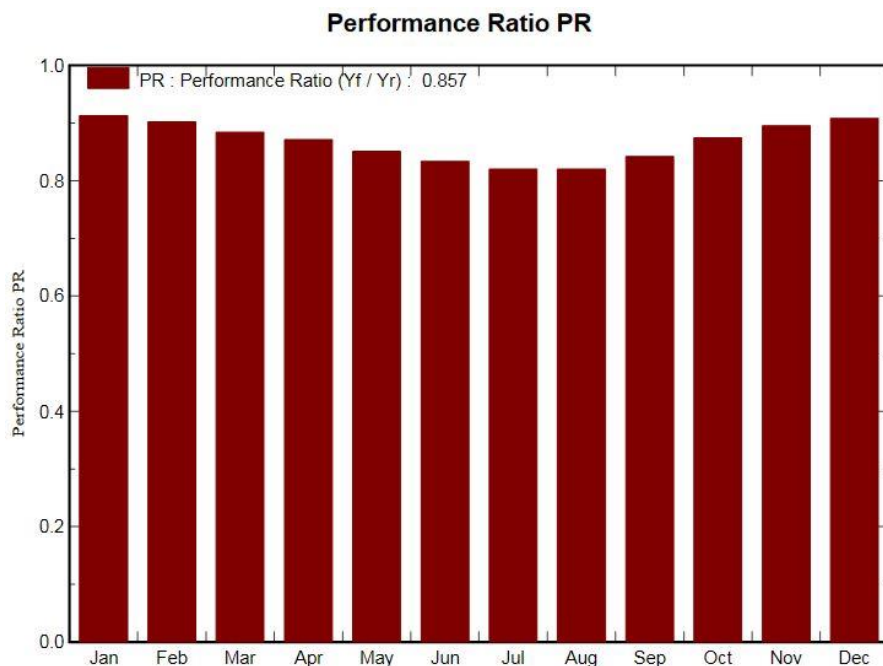


Figura 3.19 - Desempenho do sistema fotovoltaico ao longo do ano

O desempenho do sistema (figura 3.19) mostrou-se aproximadamente constante, com uma taxa média de 85,7 %, revelando apenas pequenas quedas nos meses de maior calor, devido à diminuição da eficiência das células a elevadas temperaturas. O gráfico da figura 3.20 representa as curvas características I-V em função da temperatura (Morais, 2009).

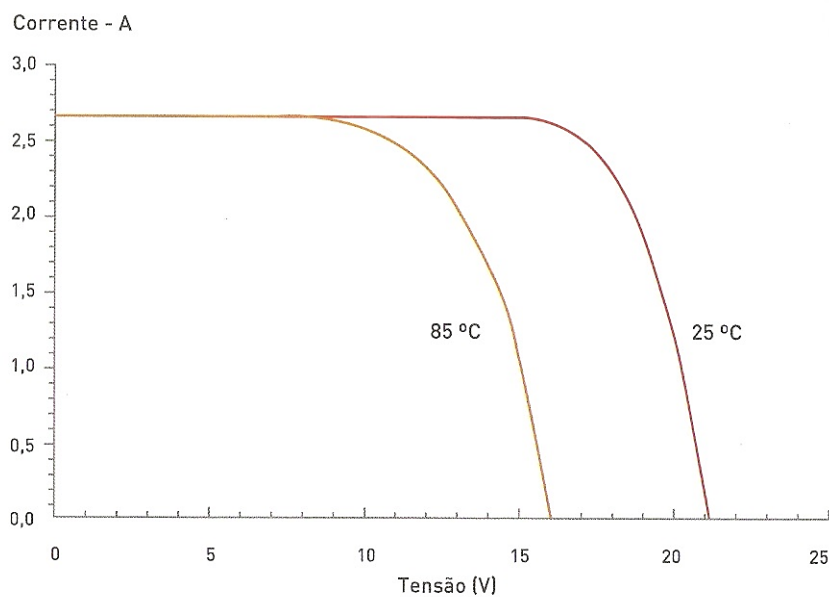


Figura 3.20 – Curvas características I-V em função da temperatura (Morais, 2009)

O orçamento foi determinado com base na folha de cálculo da CRITICAL KINETICS. Este sistema de autoconsumo fotovoltaico resultou num investimento total sem IVA de 40.834,83 € com uma distribuição de custos da instalação do sistema representada no gráfico da figura 3.21.

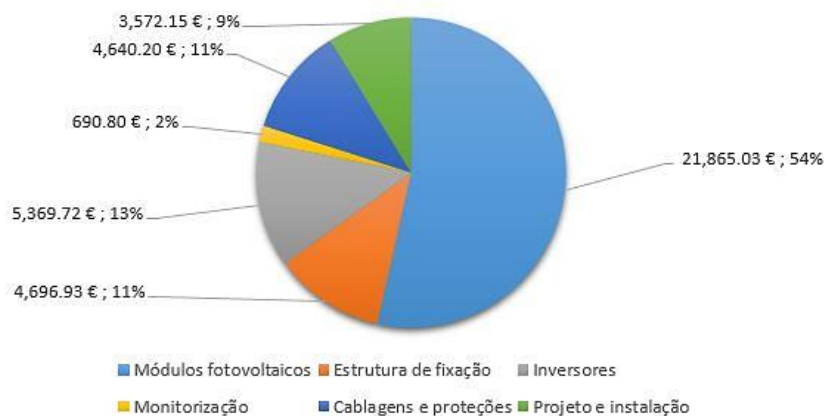


Figura 3.21 – Distribuição de custos do sistema de autoconsumo fotovoltaico

A distribuição de custos contabiliza a utilização dos equipamentos apresentados na tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Equipamentos do sistema fotovoltaico

	Modelo	Quantidade
Módulos fotovoltaicos	REC 250PE	136
Estrutura de fixação	Estrutura complanar	136
Inversor	<i>Fronius International</i> , modelo Symo 15.0-3-M	2
Monitorização	Solar-Log 1200 Meter	1

O balanço financeiro foi calculado para 25 anos a contar da data de instalação e mostrou-se bastante satisfatório, uma vez que o retorno do investimento se verifica 5 anos depois da instalação do sistema, como é possível verificar no gráfico da figura 3.22.

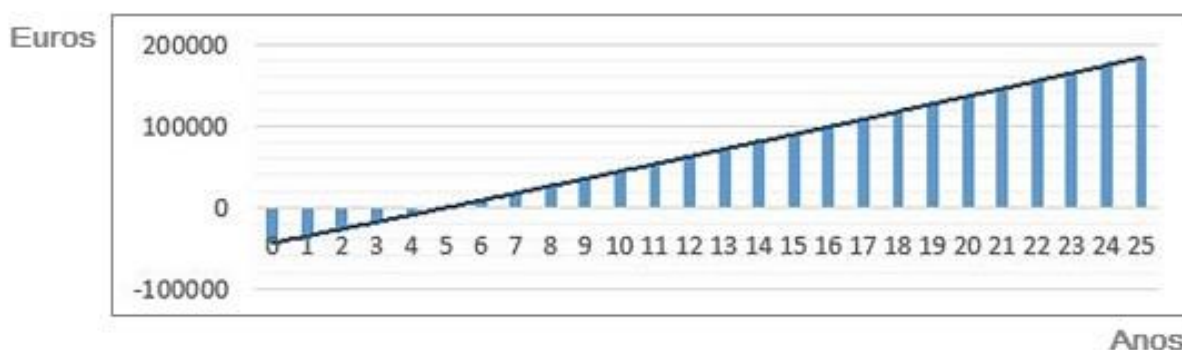


Figura 3.22 – Balanço financeiro (€) em função dos anos seguintes à instalação do sistema fotovoltaico

3.7 Bombagem solar

O conceito de bombagem solar é basicamente traduzido na aplicação de painéis fotovoltaicos para alimentar eletricamente uma bomba, durante o período do dia em que existe radiação solar.

Os sistemas de bombagem de água são conhecidos desde os tempos primordiais, em que o seu funcionamento era manual e mais tarde tirou-se partido da tração animal para o processo. Com o desenvolvimento das tecnologias, as bombas passaram a utilizar motores a *diesel*, que durante muito tempo se mostraram muito populares. No entanto, atualmente os combustíveis fósseis apresentam um preço muito elevado e provocam graves problemas ambientais. Desta forma, as bombas solares apresentam-se como uma solução interessante e potencialmente rentável, capaz de cobrir as necessidades de irrigação de campos agrícolas, abastecimento de água para dar de beber ao gado e, em zonas do mundo desprovidas de água potável de fácil acesso, podem ser utilizadas no abastecimento de água potável para as populações. Além disto, a necessidade de água aumenta em dias de muito sol, o que faz com a associação de painéis fotovoltaicos com bombas de água seja uma escolha acertada (Bexiga, 2014).

As bombas de aplicação mais comum na agropecuária são as bombas submersíveis. Neste tipo de sistemas de bombagem, a bomba está imersa na água. O motor destes sistemas pode também ficar submerso. Estas bombas apresentam-se as mais indicadas para captação de água em furos, ou seja, aproveitamento de água de aquíferos uma vez que, os motores são adequados para funcionar dentro de água sem qualquer dano.

As bombas submersíveis podem também ser aplicadas em tanques ou depósitos de água, sendo montadas na parte superior ou lateral da estrutura (Correia, 2015).

Apesar de as bombas mais utilizadas serem as submersíveis, outro tipo de bombas pode ser aplicado, dependendo da origem da água. Estas também podem ser de superfície ou flutuantes.

Nas bombas de superfície, tanto a bomba como o motor encontram-se fora da água, mas nesse caso é necessário um grande volume de água a pouca profundidade. As bombas flutuantes podem ser aplicadas em pequenos lagos ou lagoas, em que, tal como o nome indica, a bomba e o motor flutuam sobre estes. Nestes casos, o risco de a bomba trabalhar em seco é quase insignificante. Normalmente as bombas flutuantes são bombas submersíveis anexadas a um flutuador. O flutuador é ancorado a um lago, lagoa ou rio e a água retirada pela bomba é conduzida para o sistema de irrigação através de um tubo (Bexiga, 2014).

Tipicamente estes sistemas são constituídos pelos módulos fotovoltaicos, por um controlador, pela bomba e por um reservatório alto (figura 3.23) (SASenergia, 2016). No caso de a bomba funcionar em corrente alternada, será necessário acrescentar um inversor ao sistema.

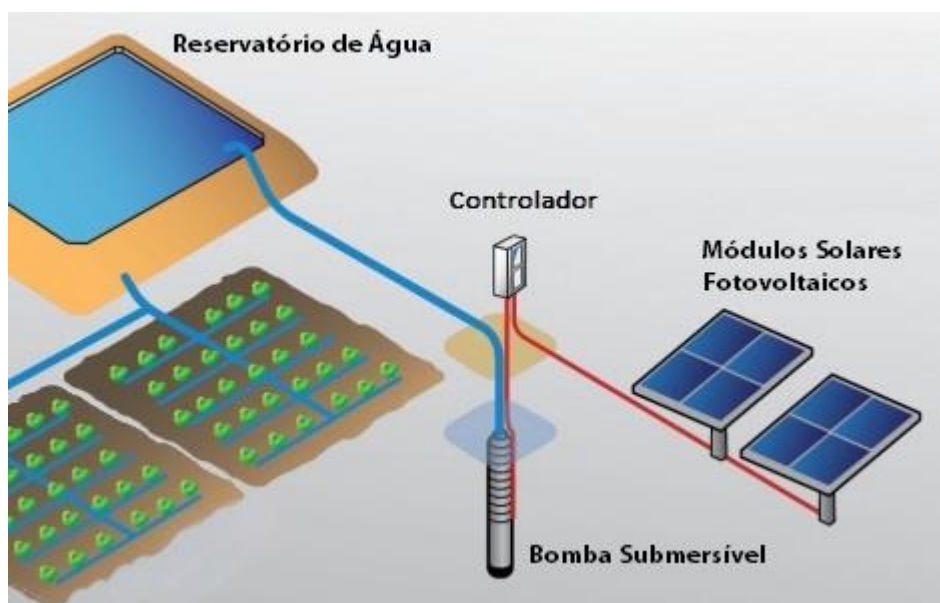


Figura 3.23 – Esquema de um sistema de bombagem solar para irrigação (SASenergia, 2016)

Quando utilizadas para sistemas de irrigação, e no caso de a bombagem ser direta, sem a utilização de baterias, a água é bombeada para um reservatório localizado a uma altura elevada durante as horas em que os módulos fotovoltaicos estão a produzir. Mais tarde, a água é distribuída por ação da gravidade para as culturas a regar (SASenergia, 2016).

3.7.1 Exemplo de uma proposta comercial de um sistema de bombagem solar

No âmbito do estágio na CRITICAL KINETICS, participei na elaboração de uma proposta comercial de um sistema de bombagem solar submersível.

O dimensionamento foi efetuado com o auxílio do *software* LORENTZ COMPASS 3.1®, uma vez que a CRITICAL KINETICS faz parte dos parceiros oficiais da LORENTZ, em Portugal.

A LORENTZ é uma empresa alemã, fundada em 1993 dedicada ao projeto, desenvolvimento e fabrico de bombas solares (LORENTZ, 2017). Aos seus parceiros, a LORENTZ disponibiliza a ferramenta “COMPASS®” para o dimensionamento de sistemas de bombagem solar. Esta ferramenta apenas é encontrada na página de parceiros da LORENTZ – LORENTZ *partnerNET*, localizada no seguinte sítio da internet (https://partnernet.lorenz.de/en/partnernet_login.html).

O LORENTZ COMPASS® permite dimensionar bombas submersíveis, bombas de superfície e bombas para piscinas. Para dar início ao dimensionamento de um sistema de bombagem solar submersível, o cliente deve fornecer algumas informações, tais como:

- Coordenadas do local de instalação;
- Meses de utilização;
- Nível de água estático;
- Profundidade do furo;
- Comprimento do tubo entre o furo e o depósito;
- Caudal diário necessário;
- Comprimento do cabo entre o controlador e a unidade de bombagem.

Relativamente ao sistema de bombagem solar proposto, as especificações relativas à instalação de um *kit* de bombagem solar, fornecidas pelo cliente foram as seguintes:

- Profundidade do furo: 40 metros;
- Distância entre o furo ao depósito de armazenamento: 100 metros;
- Caudal diário necessário: 30 m³;
- Meses de utilização: maio, junho, julho, agosto e setembro;
- Nível de água estático: 20 metros;
- Distância do furo ao local de instalação do controlador da bomba: 20 metros.

De acordo com estes dados, determinou-se que o comprimento do cabo entre o controlador e a bomba seria de 60 metros, ou seja 40 metros de profundidade do furo mais 20 metros entre o furo e o controlador da bomba. O dimensionamento do sistema de bombagem solar foi realizado de acordo com estas especificações, fornecidas pelo cliente.

A figura 3.24 representa o esquema de um sistema de bombagem solar com bomba submersível cuja legenda é a seguinte:

- **H – Nível de água estático:** Altura vertical desde o nível de água dinâmico até ao ponto de entrega mais elevado;
- **B – Descida do nível da água:** Diferença de nível de água subterrânea, dependendo da recuperação do poço;
- **D – Diâmetro interior da tubagem;**
- **L – Comprimento da tubulação:** Tubagem completa da saída da bomba até ao ponto de entrega;
- **M – Cabo do motor:** Cabo entre o controlador e a unidade de bombagem;
- **T – Ângulo de inclinação:** Ângulo entre o painel fotovoltaico e o plano horizontal.

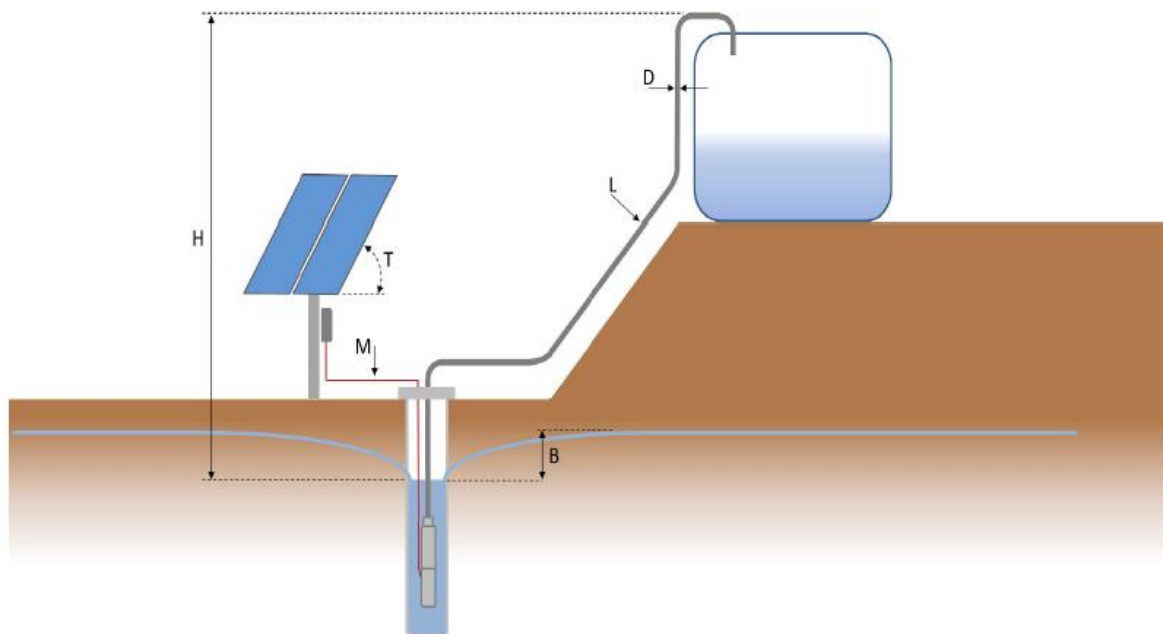


Figura 3.24 – Traçado de um esquema de bombagem solar com bomba submersível

De acordo com as especificações do cliente e com o apoio do *software* de dimensionamento, a solução para o caso descrito foi uma bombagem submersível **PS600 C-SJ5-8** (figura 3.25),

alimentada por 3 módulos fotovoltaicos **LC250-P60**, de 250 W com um ângulo de inclinação de 30°. Esta escolha teve por base as sugestões do *software* e o caudal diário necessário, ou seja a bomba submersível e os módulos fotovoltaicos foram escolhidos para que a média do caudal satisfizesse o caudal diário pedido pelo cliente. Os módulos fotovoltaicos seriam fixados numa estrutura Solarbloc® de 30° de inclinação.



Figura 3.25 – Bomba submersível PS600 C-SJ5-8 (Lorentz, 2016)

Depois de efetuado o dimensionamento é emitido um relatório, apresentado na figura 3.26, onde é possível verificar que para os meses de rega definidos pelo cliente, o caudal que a bomba consegue fornecer por dia está dentro do rendimento necessário definido inicialmente pelo cliente, perfazendo uma média de 34 m³ por dia.

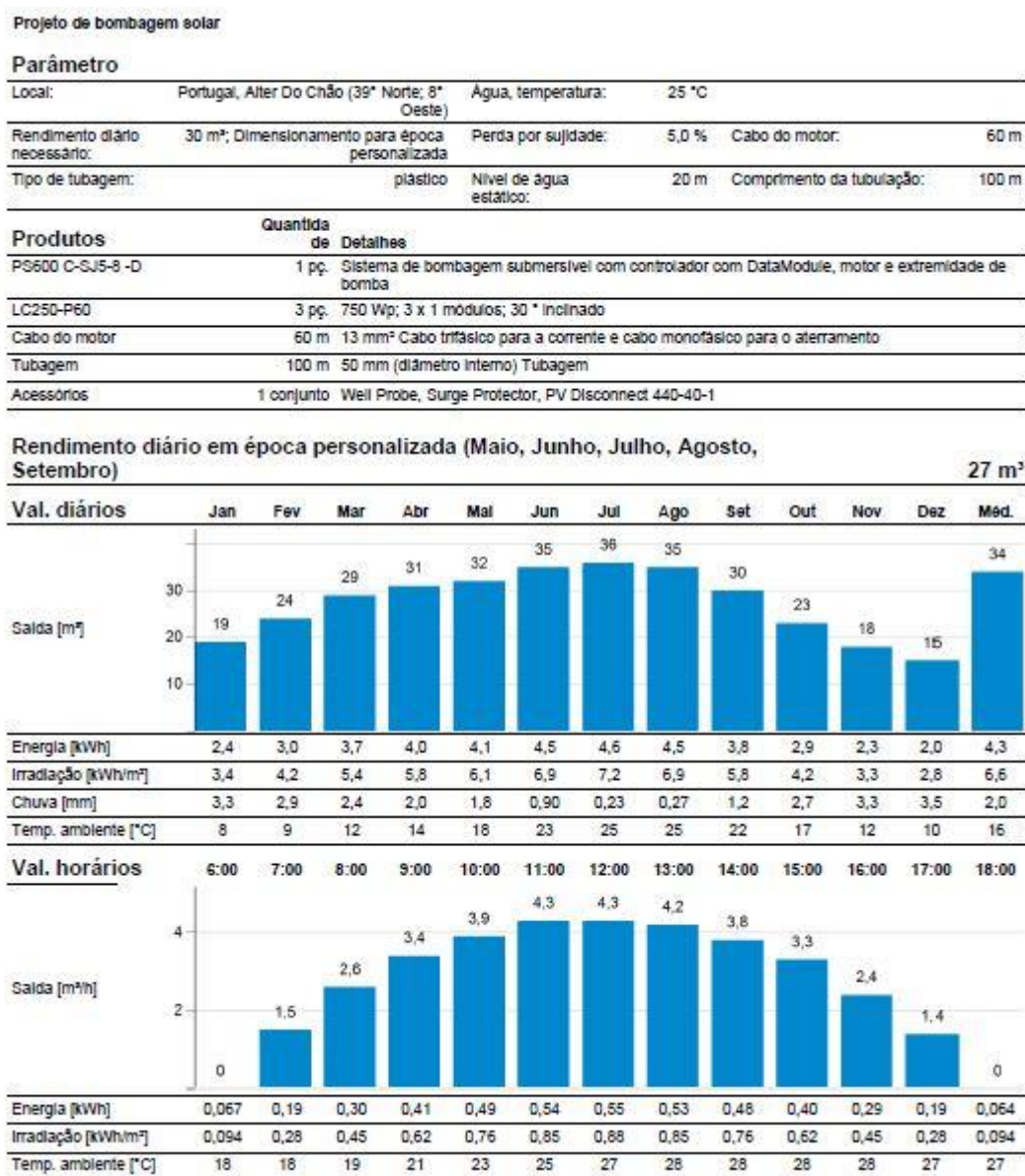


Figura 3.26 – Solução de dimensionamento do sistema de bombagem solar, fornecida pelo software LORENTZ COMPASS®

No relatório apresentado, a LORENTZ indica ainda necessidade de utilização dos seguintes acessórios: *Well Probe*, *Surge Protector*, *PV Disconnect 440-40-1*. A utilização destes acessórios é importante e a não aplicação dos mesmos leva a que a LORENTZ não dê garantia ao sistema em caso de qualquer avaria.

A *Well Probe* ou sonda do poço, apresentada na figura 3.27, é um sensor que tem a função de verificar se o furo ou poço tem água. Este sensor encontra-se normalmente localizado um pouco

acima da bomba, e caso detete que o nível da água se encontra baixo demais, a bomba interrompe o seu funcionamento.



Figura 3.27 – *Well Probe* (Lorentz, 2016)

O equipamento *Surge Protector*, apresentado na figura 4.28, consiste numa proteção dos acessórios da bomba, contra sobretensões que possam surgir.



Figura 3.28 – *Surge Protector* (Lorentz, 2016)

O *PV Disconnect 440-40-1*, apresentado na figura 4.29, é uma caixa de junção de fileiras que está equipada com proteção contra sobreintensidades e proteção de corte DC.



Figura 3.29 – *PV Disconnect 440-40-1* (Lorentz, 2016)

Para além destes equipamentos, um sistema de bombagem solar completo é composto pelos elementos que se encontram representados no esquema da figura 3.30.

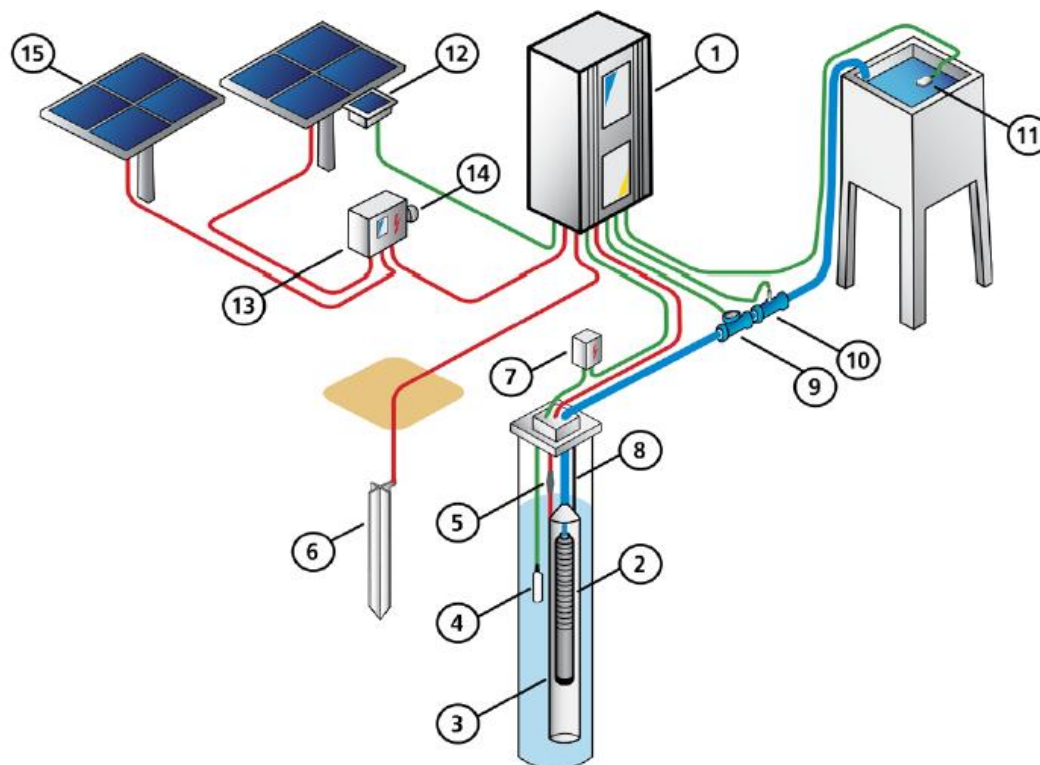


Figura 3.30 – Equipamentos que compõem um sistema de bombagem solar submersível

Os elementos que compõem o esquema da figura 3.30 são respetivamente:

1. **PS Controller** – corresponde ao controlador da bomba;
2. **Submersible Pump** – corresponde à bomba submersível;
3. **Stilling Tube** – é um tubo que funciona como uma manga plástica cuja função é proteger a bomba de areia e terra;
4. **Well Probe**;
5. **Cable Splice Kit** – corresponde a uma emenda para o cabo que deve possuir um revestimento não poroso, por exemplo silicone;
6. **Grounding Rod** – corresponde às ligações à terra;
7. **Surge Protector**;
8. **Safety Rope** – corresponde à corda de segurança que se utiliza para segurar a bomba. Esta é normalmente de *nylon*;
9. **Water Meter** – corresponde a um contador de água;

10. **Pressure Sensor** – corresponde a um sensor e regulador de pressão quando não é necessário armazenamento de água;
11. **Float Switch** – corresponde a um sensor que tem a função de parar a bomba quando o depósito de água já está cheio;
12. **Sun Switch** – corresponde a uma espécie de sensor de luz que define o nível de irradiância para o qual a bomba vai estar a funcionar. Isto evita que a bomba esteja a trabalhar sem que esteja a puxar o caudal necessário;
13. **PV Disconnect**;
14. **Lightning Surge Protector** – corresponde a um sensor associado ao *PV Disconnect* que interrompe o sistema de bombagem quando deteta a presença de relâmpagos na atmosfera;
15. **PV Generator** – corresponde ao sistema fotovoltaico que alimenta o sistema de bombagem.

Definidos todos os equipamentos a integrar o sistema de bombagem para as especificações definidas pelo cliente, obteve-se o orçamento total de 5.373,88 €, cuja distribuição de custos está apresentada na figura 3.31.

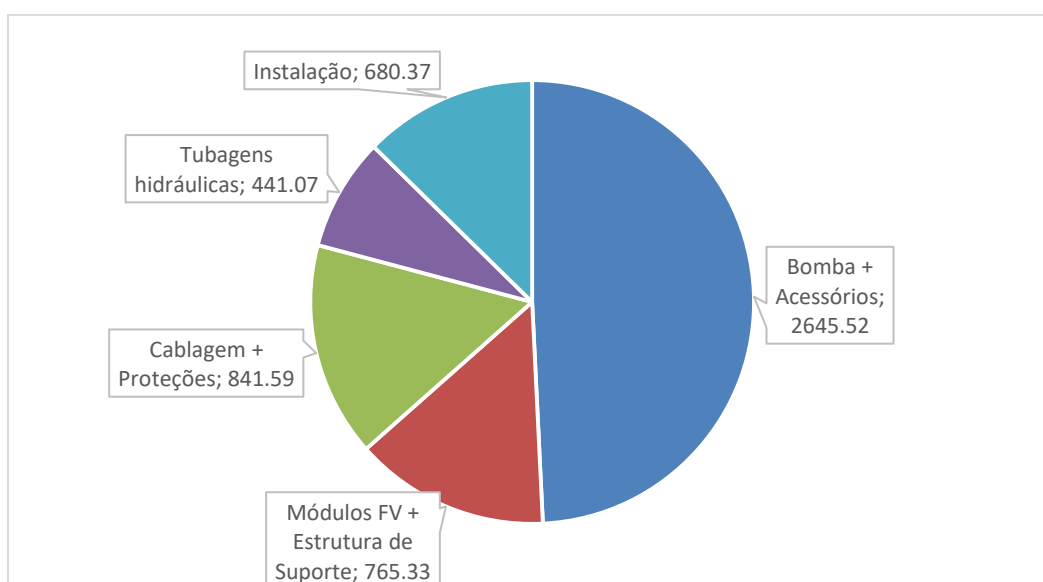


Figura 3.31 – Distribuição de custos do sistema de bombagem solar

3.8 Sistemas híbridos – eólico/fotovoltaico/diesel

A CRITICAL KINETICS ambicionava poder oferecer aos seus clientes diferentes tecnologias de produção de energia na área das energias renováveis, por esse motivo os sistemas híbridos passaram a fazer parte da sua oferta comercial. Desta forma, e dado o tema do presente relatório, considerou-se importante o desenvolvimento de um breve estudo sobre o tema, ainda que no período de estágio não tenha surgido nenhum pedido para um sistema deste tipo.

A utilização de sistemas híbridos de energia baseados na utilização de fontes de energia renováveis são uma mais-valia para as tecnologias de produção de energia. A utilização de geradores implica o uso de combustíveis fósseis para que estes produzam energia elétrica que, para além do elevado custo ainda estão associados à emissão de gases de efeito de estufa prejudiciais ao ambiente (Rodríguez-BorgesI, & Sarmiento-Sera, 2015).

Resumidamente, os sistemas híbridos de energia consistem em sistemas constituídos por, pelo menos duas fontes de produção de energia. As duas principais fontes de energia renováveis para estes sistemas são o sol e o vento, que produzem energia solar e eólica, respetivamente.

Estes sistemas podem ser autónomos, isolados da rede elétrica, fornecendo assim energia elétrica em zonas de difícil acesso à rede ou mesmo para casos em que o objetivo é apenas produzir a própria energia para responder às necessidades energéticas diárias, sem que seja necessário “comprar” eletricidade.

Dado que o potencial produtivo de energia elétrica está diretamente relacionado com a radiação solar disponível e com a velocidade e permanência dos ventos, geralmente nos sistemas híbridos é ainda introduzido um gerador a *diesel* ao sistema, que funciona como “*backup*”, ou seja, no caso de os sistemas principais de produção de energia não estarem a produzir o suficiente para satisfazer as necessidades energéticas diárias, o gerador entra em funcionamento para regular e estabilizar o fornecimento de energia elétrica. Por isso, é importante avaliar o potencial energético de cada local, face à necessidade energética exigida, quando se projeta um sistema híbrido.

A instalação de um sistema solar fotovoltaico ou eólico, de forma isolada, tem como desvantagem a instabilidade da produção energética. A combinação destes dois sistemas num

sistema de geração de energia híbrido, permite diminuir as flutuações de produção energética individual, levando a uma maior produção global de energia.

Desta forma, com um sistema híbrido pretende-se levar ao máximo a utilização de fontes de energia alternativas em relação às fontes de energia tradicionais, mantendo a mesma qualidade e confiança relativamente à energia fornecida, e consequentemente, diminuindo os impactos ambientais.

A eletricidade gerada pela integração dos sistemas eólico e fotovoltaico pode ser armazenada em baterias, para ser utilizada quando não há produção de energia ou quando esta é muito reduzida. A energia é produzida em corrente contínua podendo ser diretamente utilizada, no entanto, como a maioria das cargas funcionam em corrente alternada, é necessário que o sistema possua um inversor para converter a energia de DC para AC (Debastiani, 2013).

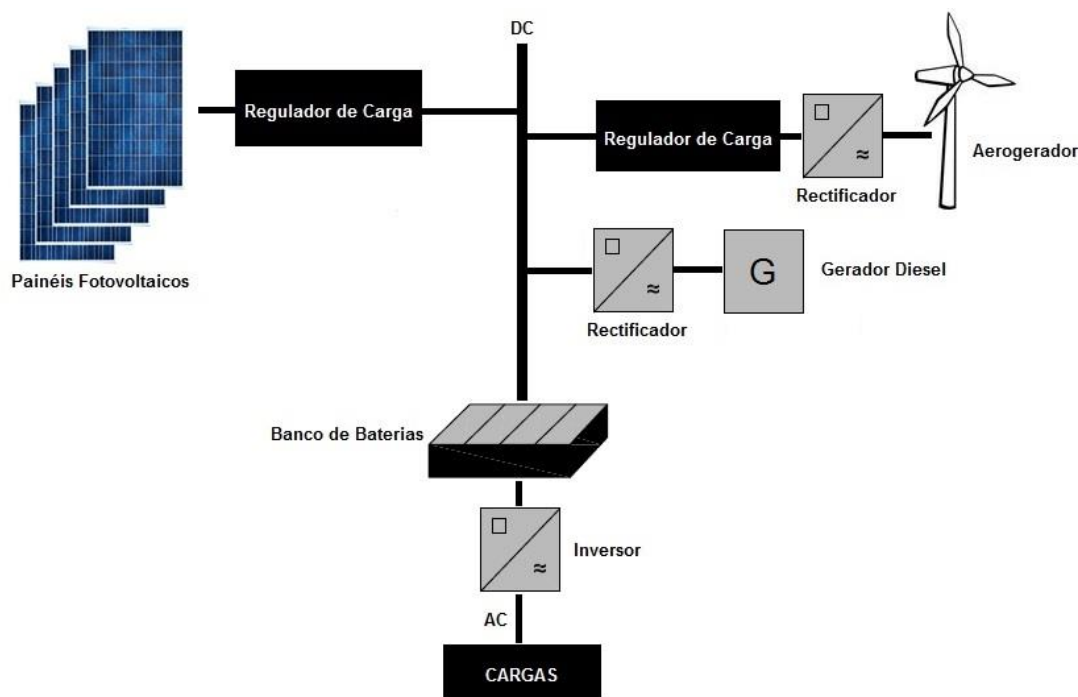


Figura 3.32 – Esquema de um sistema híbrido fotovoltaico-eólico-diesel

A figura 3.32 apresenta a estrutura típica de um sistema de produção de energia híbrido, baseado em fontes de energia renováveis, mais precisamente uma fonte de energia fotovoltaica e uma fonte de energia eólica. Tanto o grupo de produção fotovoltaico como o de produção eólica podem encontrar-se ligados a um barramento DC ou AC, sendo que, a corrente de saída dos

painéis fotovoltaicos é contínua e a corrente de saída de um aerogerador é alternada. Considerando que ambos se encontram ligados a um barramento DC, tal como está representado na figura 3.32, é necessário a colocação de um retificador à saída do aerogerador para que a corrente à saída deste possa ser transformada em corrente contínua e, desta forma, poder ser ligado ao barramento DC. No final deste barramento, é colocado um inversor para converter a corrente contínua em alternada, e assim poder alimentar as cargas associadas ao sistema de produção de energia (Marques, 2011).

Uma vez que as energias fotovoltaica e eólica possuem um carácter intermitente, afetando a sua capacidade de fornecer energia elétrica com continuidade e de modo a garantir o menor número de interrupções possível de fornecimento de energia, pode então ser integrado ao sistema um gerador a *diesel* como uma fonte auxiliar de energia (Pinho, et al., 2004).

3.8.1 Energia Eólica

Tal como a energia solar fotovoltaica, a energia eólica surge da radiação solar. Este fenómeno surge devido às diferentes temperaturas da superfície terrestre. As diferentes temperaturas têm origem nas movimentações da Terra e orientação dos raios solares, ou seja, as regiões com maior incidência solar apresentam uma massa de ar mais quente relativamente às regiões com menor incidência solar, o que leva a que a massa de ar quente presente em baixas altitudes suba e seja substituída por uma massa de ar mais frio com origem nas regiões polares. É este deslocamento de massas de ar que provoca a criação de vento na superfície terrestre.

A energia eólica consiste precisamente no aproveitamento da força do vento para produzir energia. Para produzir energia elétrica, usam-se aerogeradores, que são torres compostas por hélices. Estes podem surgir em diversos tipos e possuir diferentes tamanhos, de acordo com a potência que se pretende, e podem ser divididos em aerogeradores de eixo horizontal (figura 3.33) ou aerogeradores de eixo vertical (figura 3.34).

Os aerogeradores de eixo horizontal são os mais comuns e baseiam-se no funcionamento dos moinhos de vento. São constituídos por turbinas de uma, duas ou três pás, sendo que a turbina de três pás é a mais comum. Estas torres apresentam um melhor rendimento aerodinâmico relativamente às de eixo vertical e um custo menor, por isso são utilizadas mais frequentemente.

A velocidade do vento é um fator muito importante para a quantidade de energia elétrica que pode ser produzida por um aerogerador. Quando maior for a velocidade do vento maior será a quantidade de energia produzida.



Figura 3.33 – Aerogerador de eixo horizontal (Duarte, 2010)



Figura 3.34 – Aerogerador de eixo vertical (Especificações de projeto, 2012)

Os principais componentes das turbinas eólicas mais comuns, ou seja, de eixo horizontal são o rotor, a cabine ou *nacelle* e a torre. Na figura 3.35 encontra-se representada a constituição destas turbinas.

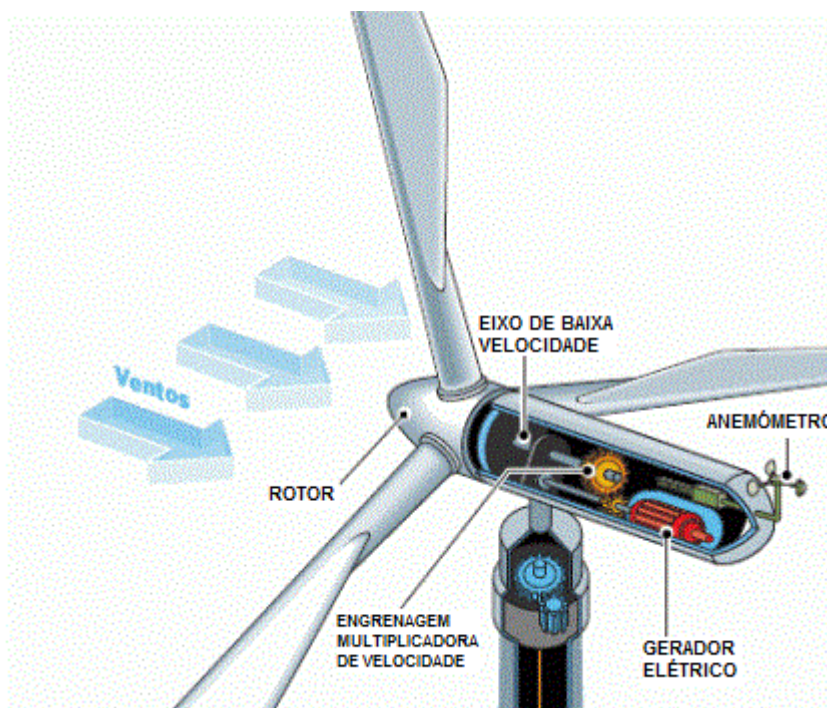


Figura 3.35 – Constituição de uma turbina eólica de eixo horizontal, baseado em (Aerogerador de eixo horizontal, 2016)

O rotor é o elemento onde são fixadas as pás. Este transmite o movimento de rotação ao eixo de baixa velocidade. A sua principal função é a conversão de energia cinética disponível no vento, através das pás, em energia mecânica (Fernandes, 2010). As pás são portanto, perfis aerodinâmicos responsáveis pela interação com o vento, transformando assim parte da sua energia cinética em trabalho mecânico. Estas fixam-se ao cubo, que é uma estrutura metálica localizada à frente da turbina, normalmente construída em aço ou em liga de alta resistência (Dutra, 2008).

A cabine ou *nacelle* é onde estão localizados os elementos de conversão de potência mecânica em potência elétrica. É aqui que se encontram os eixos, freios, sistemas de controlo e sistemas de engrenagem, incluindo motores de rotação do sistema para melhor posicionamento do vento, e o gerador elétrico (Fernandes, 2010). O eixo de baixa velocidade é responsável pelo acoplamento do cubo ao gerador, transferindo assim a energia mecânica da turbina ao gerador. Tal como o cubo, o eixo é construído em aço ou em liga de alta resistência. A caixa de velocidades, quando existe, fica situada entre o rotor e o gerador. A sua principal função é adequar a velocidade rotacional das pás à velocidade de rotação do gerador. Em alternativa à utilização da caixa de velocidades para alcançar a elevada rotação do gerador, utilizam-se geradores multipolos de baixa velocidade. O gerador tem a função de converter a energia

mecânica em energia elétrica, podendo funcionar em regime síncrono ou assíncrono (Dutra, 2008). Na parte superior da cabine encontra-se um aparelho de monitorização da velocidade do vento, um anemómetro. As turbinas modernas entram em funcionamento a partir de 3,5 m/s e interrompem o seu funcionamento com ventos superiores a 25 m/s.

A torre é o elemento que suporta a cabine e o rotor, a uma altura elevada, onde a velocidade do vento é maior e sujeita a menos perturbações do que aquelas que existem junto ao solo, devido à presença de vários obstáculos (Fernandes, 2010).

Para controlar o posicionamento do rotor utilizam-se dois princípios de controlo aerodinâmico, com o objetivo de limitar a potência extraída do vento à potência nominal do gerador, ou seja, controlar a velocidade de rotação das pás. Estes dois métodos de controlo designam-se por *pitch* e *stall*.

O controlo *pitch*, também denominado de controlo por ângulo de passo, é uma método de controlo que efetua uma constante comparação, segundo a segundo, do valor da potência. Quando é atingido um valor de potência específico, a posição das pás altera-se (Marques, 2011).

No controlo *stall*, as pás estão fixas no cubo do rotor num ângulo de passo fixo e não giram em torno do seu eixo longitudinal. Este ângulo é definido de maneira que, quando a velocidade do vento é superior à velocidade nominal do gerador, o escoamento do vento em torno dos perfis das pás do rotor é parcialmente deslocado da sua superfície produzindo elevada forças de arrasto e menores forças de sustentação. Desta forma, impede-se o aumento da potência do rotor, uma vez que menores sustentações e maiores arrastos atuam contra o aumento da potência do rotor (Dutra, 2008).

4 BIOGÁS NA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

4.1 Enquadramento

Este capítulo apresenta um breve estudo sobre a utilização de biogás para produzir energia elétrica. Este estudo surgiu da necessidade de aprofundar o tema da utilização de biogás na produção de energia elétrica pois tratava-se de uma tecnologia que a CRITICAL KINETICS ambicionava poder oferecer aos seus clientes.

Nas últimas décadas, o uso de combustíveis fósseis tem aumentado significativamente a emissão de gases de efeito de estufa. Por outro lado, anualmente são gerados milhões de toneladas de dejetos biodegradáveis no setor agroindustrial em todo o mundo, cuja finalidade da maior percentagem destes é um aterro sanitário.

Um possível destino para estes dejetos é, em conjunto com processos bioquímicos, a digestão anaeróbia. Como produto final de todo o processo de desintegração, transformação e estabilização desta matéria orgânica, obtém-se uma mistura gasosa denominada de biogás.

A digestão anaeróbia dos resíduos agropecuários provenientes de explorações de gado é uma opção viável de fonte energia, considerada renovável, para posterior produção de energia elétrica (Cendales Ladino & Jiménez Castellanos, 2014).

Os resíduos provenientes de explorações agropecuárias e outras instalações, a partir dos quais é possível produzir biogás, são bastante poluentes e o seu aproveitamento para produção de biogás é uma solução que permite diminuir o impacto ambiental destes resíduos.

A produção de biogás representa um estímulo à agricultura e promove a devolução de produtos vegetais ao solo, melhorando assim a qualidade e quantidade de adubo orgânico utilizado.

O biogás, também denominado gás dos pântanos, terá sido descoberto em 1667, por Shirley, mas só um século mais tarde é que foi descoberta a presença de metano na constituição do biogás. Este pode ser aproveitado para ser convertido em energia elétrica ou térmica, ou mesmo para queima direta em fogões, caldeiras, aquecedores e esquentadores. Esta função do biogás foi descoberta por Louis Pasteur, em 1884, quando Ulysse Gayon, seu aluno, realizou a fermentação aeróbia de uma mistura de estrume com água, produzindo um gás. Foi então que Pasteur considerou que este gás poderia ser uma boa fonte de energia.

Um sistema de produção de energia elétrica a partir do biogás está dividido em três fases. Estas são a captação do biogás, o seu processamento e por fim, a sua conversão em energia elétrica ou térmica. Na sua fase de processamento são removidas as partículas suspensas e outros contaminantes, efetuando-se assim uma limpeza ao biogás. Depois de convertido em eletricidade, esta pode ser consumida localmente ou ser injetada na rede pública (Costa, 2011).

4.2 Produção e utilização do biogás

O biogás surge de matéria orgânica em decomposição, onde bactérias retiram da biomassa as substâncias que necessitam para sobreviverem. Neste processo, são libertados gases e calor, surgindo assim o biogás.

Este gás é normalmente constituído por 60 % de metano e 40 % de dióxido de carbono, entre outros em quantidade muito reduzida, sendo que é o metano que possui maior interesse como recurso energético, uma vez que possui um elevado poder calorífico, tornando assim viável a sua queima para produção combinada de energia térmica e elétrica, o que se denomina de cogeração.

O metano é prejudicial quando libertado diretamente na atmosfera, devido ao seu contributo elevado para o aquecimento global. No entanto, efetuada a digestão anaeróbia da biomassa, é produzida uma mistura gasosa que pode ser usada como combustível. Daí resulta um lodo, que devido aos seus constituintes, forma um ótimo fertilizante natural (Costa, 2011).

A digestão anaeróbia é efetuada em biodigestores. Estes são constituídos pelos seguintes componentes/etapas:

- Misturador – onde a matéria orgânica é misturada com água;
- Câmara – onde ocorre a fermentação anaeróbia;
- Válvula – onde sai o biogás;
- Saída – onde é retirado o biofertilizante.

A matéria orgânica pode ser estrume, poda de árvores ou mesmo dejetos humanos. Mistura-se com água para que o meio fique anaeróbio e a partir daqui inicia-se a fermentação da matéria orgânica.

4.2.1 Fatores que influenciam a produção de biogás

A capacidade de produção de biogás depende de vários fatores que direta ou indiretamente, podem ter influência na quantidade de gás produzido. Estes fatores podem ser (Costa, 2011):

- **Composição do resíduo orgânico**

Quanto maior for a percentagem de materiais biodegradáveis, maior será a quantidade de substrato que os microrganismos necessitam para concretizar a biodegradação dos resíduos, e consequentemente, maior será a produção de gases. Para que a produção de biogás seja bem-sucedida, o substrato deve ser constituído por carbono, nitrogénio e sais orgânicos, sendo que a quantidade de carbono em relação à de nitrogénio deve manter-se numa relação entre 20:1 e 30:1. O nitrogénio encontra-se nos dejetos de animais e humanos e o carbono encontra-se nos restos de culturas.

- **Impermeabilidade do ar**

Para se produzir metano, a decomposição da matéria deve ser feita sem contacto com o ar, ou seja, sem oxigénio. Se o local de produção de biogás não estiver bem vedado, a produção será inibida, uma vez que em contacto com oxigénio, a matéria orgânica irá produzir apenas dióxido de carbono.

- **Humidade**

A humidade contida nos resíduos orgânicos é um fator muito importante. Para maximizar a atividade microbiana na produção de biogás, a humidade deve variar entre os 50 e 60 %. Estas condições de humidade também dependem de outros fatores, como é o caso da humidade inicial dos resíduos, da pluviosidade da região e o tipo de cobertura dos resíduos. Quando os resíduos estão saturados, as reações químicas e biológicas são aceleradas.

- **Tamanho das partículas**

Quando os resíduos têm tamanhos menores, a velocidade de degradação é superior. Por este motivo, o uso de trituradores tem sido implementado.

- **Temperatura**

A temperatura é um fator muito importante no processo de decomposição de resíduos. As reações químicas e biológicas dependem da temperatura e assim, a produção de gases é dependente da temperatura do meio e do interior do composto orgânico. Assim, dois fatores a serem tomados em consideração são precisamente a temperatura desenvolvida dentro do

composto de resíduos e a influência que a temperatura externa tem sobre os processos químicos e biológicos que ocorrem internamente. Por isso, a temperatura deve ser estável durante todo o processo.

- **pH**

As bactérias metanogénicas são muito sensíveis às variações de pH, sendo que os valores ideais para a digestão anaeróbia variam entre 6,5 e 7,6. A produção de metano começa a ocorrer quando os valores de pH estão entre 6,7 e 7,5 por isso, as condições ideais para produção de metano situam-se entre 6 e 8.

- **Idade da matéria orgânica**

Os resíduos novos têm maior potencial de produção de metano do que os resíduos mais antigos, uma vez que os resíduos antigos podem já ter passado pelo processo de biodegradação. Assim, quanto mais recentes forem os resíduos orgânicos melhor será a produção de metano.

- **Modo de operação dos resíduos**

Quando os resíduos se encontram muito compactados a presença de oxigénio diminui, o que leva à antecipação da produção de metano e à possível obstrução dos gases e líquidos produzidos, dificultando a passagem dos mesmos.

4.3 Biodigestores

A produção de biogás é possível com a utilização de biodigestores. Um biodigestor é um reservatório onde é colocada a matéria orgânica para fermentação e produção de biogás. Estes podem ser de produção descontínua ou contínua, sendo que, no biodigestor de produção descontínua, o reservatório é totalmente abastecido com a matéria orgânica e fechado para que ocorra produção de biogás. Neste caso, a produção de biogás surge, em média, ao fim de 90 dias. Terminada a fermentação da matéria orgânica, o biodigestor é aberto, limpo e novamente carregado de nova matéria orgânica, iniciando um novo ciclo de produção de biogás.

No caso do biodigestor de produção contínua e tal como o nome indica, a produção pode permanecer por um longo período sem interrupção para limpeza. A matéria orgânica é colocada no biodigestor e terminada a fermentação, o biofertilizante pode ser retirado sem que seja

necessário abrir o equipamento (Teston, 2010). Assim, a matéria orgânica é colocada no biodigestor ao mesmo tempo que o biofertilizante é retirado (Costa, 2011).

4.3.1 Modelo Indiano

O biodigestor indiano, representado na figura 4.1, é de abastecimento contínuo e é caracterizado por possuir uma campânula como gasómetro, e esta pode estar mergulhada sobre o composto orgânico em fermentação ou num selo de água externo. Outra característica é a parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. Esta parede faz com que o composto orgânico circule por todo o interior da câmara de fermentação. Para facilitar a circulação dos resíduos no interior da câmara de fermentação e evitar entupimento, a concentração destes não deve exceder os 8 % (Palhaci, et al., 2002).

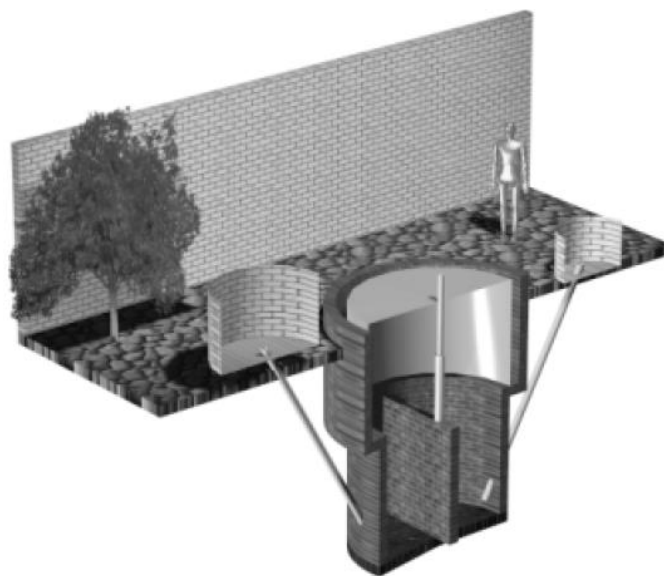


Figura 4.1 – Representação tridimensional em corte de um biodigestor indiano (Palhaci, et al., 2002)

Neste modelo a pressão de operação é constante, ou seja, à medida que o gás produzido não é consumido imediatamente, o gasómetro vai-se deslocando na vertical, aumentando assim o volume e mantendo a pressão constante no interior, ou seja, não há necessidade de regulação constante dos aparelhos que utilizam metano (Palhaci, et al., 2002).

Uma vantagem deste tipo de biodigestor é precisamente o facto da campânula flutuante permitir que a pressão de saída do biogás se mantenha constante. Outro facto importante é que, com a campânula sobre o substrato ou sobre o selo de água, as perdas durante o processo de produção do biogás são reduzidas. Por outro lado, uma desvantagem é o preço de construção da campânula que normalmente é moldada em ferro (Frigo, et al., 2015).

4.3.2 Modelo Chinês

O biodigestor modelo chinês, representado na figura 4.2, é formado por uma câmara de fermentação cilíndrica, construída em alvenaria (tijolo). Caracteriza-se pelo teto impermeável e curvo, destinado ao armazenamento do biogás (Frigo, et al., 2015).

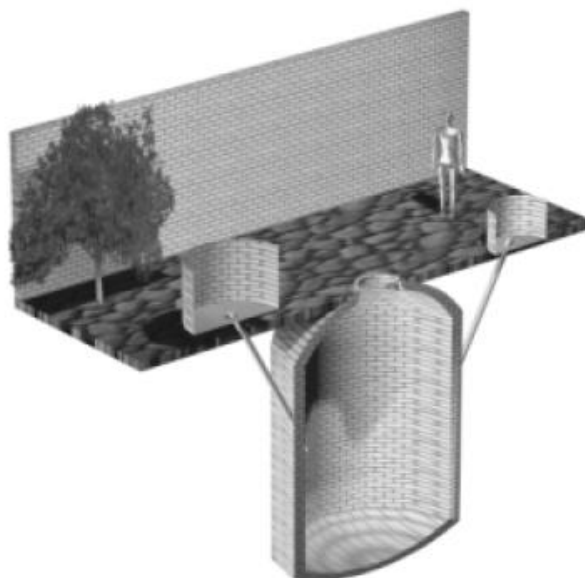


Figura 4.2 – Representação tridimensional em corte de um biodigestor de modelo chinês (Palhaci, et al., 2002)

Neste tipo de biodigestor, quando aumenta a pressão no seu interior, devido à acumulação de biogás, ocorre um deslocamento do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída.

Uma vantagem deste tipo de biodigestor é que, como é todo construído em alvenaria o seu custo é mais reduzido, pois dispensa a construção de um gasómetro em chapa de aço. No entanto, uma desvantagem é a possibilidade de vazamento de biogás, se não for realizada uma boa vedação e impermeabilização (Frigo, et al., 2015). Outra desvantagem é que, neste modelo, forma-se uma parcela de gás na caixa de saída que escapa para a atmosfera, reduzindo um pouco

a pressão interna do gás. Por este motivo, este tipo de biodigestor não é utilizado em grandes instalações.

Tal como no modelo indiano, a concentração de sólidos em fornecimento contínuo não deve ultrapassar os 8 %, de forma a evitar entupimentos no sistema de entrada e facilitar a circulação do material (Palhaci, et al., 2002).

Como este biodigestor não efetua regulação automática da pressão é necessário que exista uma câmara de regulação da pressão, que permite trabalhar em baixa pressão.

4.3.3 Modelo Batelada

O biodigestor modelo batelada, representado na figura 4.3, é um sistema considerado muito simples e de pouca exigência operacional. Caracteriza-se por ser constituído apenas por um tanque anaeróbio ou vários tanques em série. É um biodigestor de produção descontínua, em que o abastecimento é feito de uma única vez, ficando em fermentação até que seja produzido o biogás. Terminada a produção o material é descarregado. Este tipo de biodigestor é mais adequado quando a disponibilidade de matéria orgânica ocorre em períodos mais longos (Frigo, et al., 2015).



Figura 4.3 – Representação tridimensional em corte de um biodigestor de modelo batelada (Palhaci, et al., 2002)

4.3.4 Modelo Canadense

O biodigestor modelo canadense, representado na figura 4.4, caracteriza-se por possuir uma câmara de fermentação subterrânea revestida por uma lona plástica. Possui ainda uma manta superior, de material plástico maleável, para reter o biogás produzido, formando assim uma campânula de armazenamento, e uma caixa de saída onde os resíduos já utilizados são libertados.

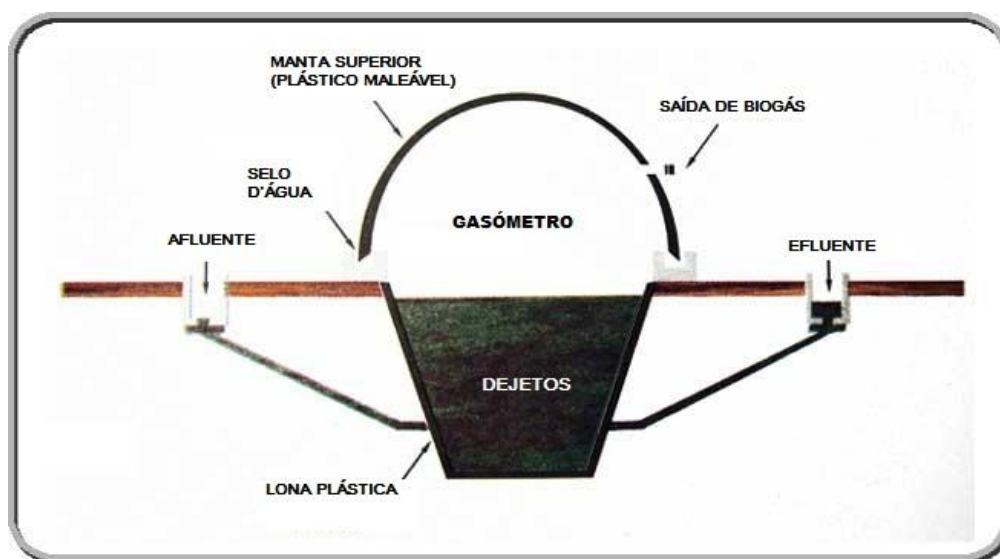


Figura 4.4 – Representação de um biodigestor modelo canadense (Frigo, et al., 2015)

Este tipo de biodigestor pode ser abastecido de forma contínua ou descontínua, podendo ser utilizado tanto em pequenas como grandes propriedades e também em projetos agroindustriais, conforme representado na figura 4.5.



Figura 4.5 – Biodigestor modelo canadense numa propriedade agroindustrial (Nazareno, 2012)

4.4 Conversão energética do biogás

Por ser um combustível com elevado teor energético, o biogás pode ser utilizado em motores, turbinas a gás, microturbinas ou pode mesmo ser queimado diretamente em caldeiras fazendo parte de sistemas de cogeração. O destino deste combustível depende da sua composição química, do seu poder calorífico e da sua extração. O potencial energético do biogás pode servir para gerar energia elétrica, mecânica ou térmica.

A conversão do biogás em energia elétrica faz-se através da transformação em energia mecânica, a partir da combustão num motor, que depois vai ativar um gerador que converte a energia mecânica em elétrica (Teston, 2010).

4.4.1 Turbinas a gás

As turbinas a gás classificam-se de acordo com o seu ciclo de operação que pode ser fechado ou aberto, sendo que, as de ciclo aberto são de utilização mais comum. Nestas turbinas, o fluído de trabalho (ar) passa por um compressor, onde é comprimido com o objetivo de aumentar a pressão. Depois de comprimido, passa para a câmara de combustão, onde em contacto com o combustível, reage e inicia o processo de queima. Da combustão resultam gases que, juntamente com uma temperatura elevada, expandem-se na turbina produzindo assim energia mecânica. Este processo está representado na figura 4.6 (Costa, 2011).

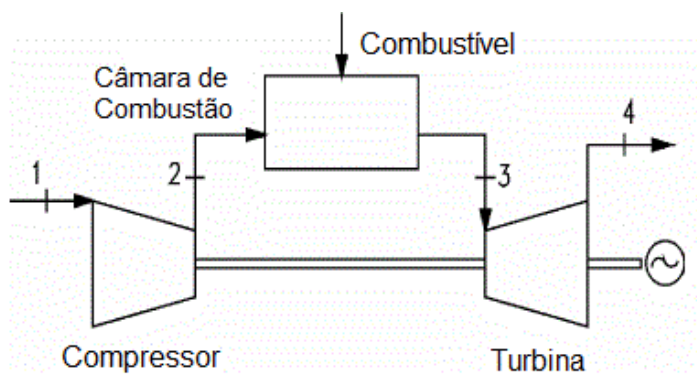


Figura 4.6 – Processo real de combustão interna, numa turbina a gás de ciclo aberto (Nascimento, et al., 2006)

Nas turbinas de ciclo fechado, os gases que deixam a turbina passam por um trocador de calor onde sofrem um arrefecimento para posteriormente voltarem a entrar no compressor, conforme está representado na figura 4.7 (Costa, 2011).

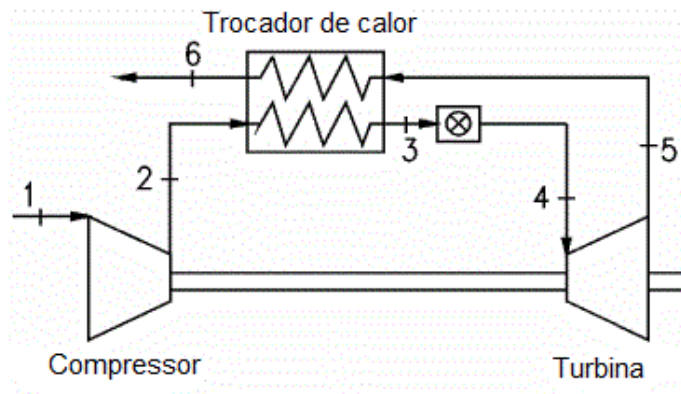


Figura 4.7 – Processo de transferência de calor, numa turbina a gás de ciclo fechado (Nascimento, et al., 2006)

As turbinas de ciclo *Brayton* são as mais utilizadas neste tipo de processos de conversão de biogás em energia elétrica. Estas podem ser de ciclo aberto simples como está representado no esquema da figura 4.6, ou podem ser turbinas de cogeração.

Nas de ciclo aberto simples, o ar é continuamente succionado pelo compressor, onde é sujeito a altas pressões e depois é comprimido. Depois de comprimido entra na câmara de combustão onde entra em contacto com o combustível, dando-se a combustão. Da combustão resultam gases a altas temperaturas que se expandem até à turbina e são descarregados na atmosfera. Parte do trabalho realizado na turbina é utilizado para acionar um gerador elétrico.

Nas turbinas de ciclo *Brayton* com cogeração, é adicionado ao ciclo uma caldeira de recuperação de calor, para onde são direcionados os gases de exaustão da turbina de modo a produzir vapor. Este vapor pode ser utilizado nos processos industriais.

Para converter biogás em energia elétrica podem ainda ser utilizadas microturbinas a gás. Estas são turbinas de combustão mais pequenas que operam na faixa de 20 a 250 kW, e podem ser utilizadas a altas temperaturas funcionando com velocidades de rotação muito elevadas. Quando são utilizadas em sistemas com cogeração alcançam rendimentos de 80 % ou superiores (Costa, 2011).

4.4.2 Motores de combustão interna

Os motores de combustão interna são muito utilizados visto que podem operar com combustíveis líquidos ou gasosos. Estes motores são considerados máquinas térmicas que transformam a energia química do combustível em trabalho mecânico, sendo que o fluido de trabalho resulta da combustão da mistura de ar e combustível.

O biogás é um combustível gasoso com um elevado teor energético semelhante ao gás natural e a sua utilização em motores de combustão interna é uma opção viável.

Existem dois tipos básicos de motores que podem funcionar com o biogás: os de ciclo Otto e os de ciclo Diesel. O primeiro inflama o combustível com uma vela de ignição e geralmente usa combustíveis voláteis (gasolina). O segundo inflama o combustível usando compressão. Quando há uma combinação correta de pressão e de temperatura, os combustíveis inflamam. Desta forma, o motor deve ser projetado para o combustível a que se destina, com a temperatura e pressão adequadas.

Para que o biogás seja utilizado em condições de maior potência para gerar energia elétrica, são necessárias pequenas alterações nos motores de ciclo Otto ou Diesel existentes no mercado (Suzuki, et al., 2011).

4.5 Geração de energia elétrica com biogás na suinicultura – Caso Prático

No contexto do presente capítulo é apresentado um caso prático, alvo de estudo pela 1ª Semana Acadêmica da Engenharia de Produção, da Faculdade Horizontina. O caso trata-se de uma situação de tratamento de resíduos numa propriedade de criação de suínos, que utiliza o biogás para gerar energia elétrica num grupo motor-gerador de ciclo Otto.

A propriedade em causa situa-se no Rio Grande do Sul, Brasil. É uma unidade produtora de leitões com um volume diário de dejetos de 17 m³ e a sua localização permitiu a instalação de um biodigestor e de unidades coletoras de dejetos. Todos os dejetos produzidos nesta unidade são encaminhados para o biodigestor, onde permanecem por um período de 30 dias.

O biodigestor é de modelo canadense e encontra-se apresentado na figura 4.8. A sua produção é contínua e estima-se que seja de 160 m³ de biogás por dia, para 17 m³ de dejetos por dia (Alves, et al., 2010).



Figura 4.8 – Biodigestor modelo canadense localizado na propriedade da unidade produtora de leitões (Alves, et al., 2010)

Nesta propriedade existe, ainda, um sistema de armazenamento de biogás (figura 4.9), para onde é enviado o gás produzido no biodigestor, para depois ser usado como combustível no grupo motor-gerador.



Figura 4.9 – Balão de armazenamento de biogás (Alves, et al., 2010)

O grupo motor-gerador é constituído por um motor de combustão interna de ciclo Otto, que foi adaptado para o uso de biogás como combustível, e por um gerador ao qual se encontra acoplado. Desta forma, é gerada energia elétrica para a unidade produtora de leitões através de

um sistema isolado, em que é possível escolher a energia a utilizar, se a da rede elétrica ou se a produzida pelo grupo motor-gerador.

O grupo motor-gerador instalado é o modelo GGB 30 Biogás, comercializado pela empresa “Biogás Motores Estacionários” (<http://www.biogasmotores.com.br/>). Este grupo motor-gerador foi instalado em abril de 2010 e o consumo de biogás varia entre 10 e 15 m³/hora, dependendo da potência elétrica gerada.

Segundo (Alves, L. Guntzel, Reghelin, & Barichello, 2010) é viável utilizar o biogás para a geração de energia elétrica numa unidade de produção de suínos, com o objetivo de alimentar eletricamente toda a unidade. A instalação de um biodigestor para tratamento de dejetos e correspondente produção de biogás para gerar energia e biofertilizante, em propriedades de suinicultura, pode melhorar a qualidade e produtividade das propriedades, contribuindo ao mesmo tempo para a solução de problemas ambientais e de disponibilidade de energia, ao mesmo tempo que diminui os custos de produção.

5 OUTRAS ATIVIDADES REALIZADAS DURANTE O ESTÁGIO

5.1 Candidaturas ao PORTUGAL2020

O Portugal 2020 consiste num acordo de parceria entre Portugal e a Comissão Europeia, onde atuam fundos europeus com o objetivo de promover o desenvolvimento económico, social e territorial, em Portugal, entre 2014 e 2020. Desta forma, Portugal irá receber 25 mil milhões de euros até 2020, para estimular o crescimento e a criação de novos postos de trabalho, sendo que, os principais objetivos das políticas adotadas pelo Portugal 2020 são (PORTUGAL 2020, 2014):

- Estímulo à produção de bens e serviços transacionáveis;
- Subida das exportações;
- Transferência de resultados científicos para o sistema de produção;
- Garantir o cumprimento da escolaridade obrigatória até aos 18 anos, e assim, reduzir o abandono escolar precoce;
- Reduzir o combate à exclusão social;
- Promover o desenvolvimento sustentável e eficiência de recursos;
- Desenvolvimento territorial, sobretudo das regiões menos desenvolvidas.

Desta forma, a implementação do programa do Portugal 2020 considera prioritários os domínios de competitividade e internacionalização, inclusão social e emprego, capital humano e sustentabilidade e eficiência no uso de recursos.

O Portugal 2020 está inserido no âmbito da Estratégia Europa 2020, que consiste numa estratégia acordada por todos os estados-membros da União Europeia, visando a recuperação da economia das empresas e a promoção de um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo, ou seja, tendo prioridade o investimento na educação, investigação e inovação, na diminuição do teor de carbono e aumento da competitividade da indústria e na criação de emprego e redução da pobreza.

A Estratégia Europa 2020 centra-se em cinco grandes objetivos: aumento da taxa de emprego para 75 %, na faixa etária dos 20-64 anos; aumento do investimento na Investigação e Desenvolvimento para 3 % do PIB; redução das emissões de gases de efeito de estufa em 20 ou 30 % relativamente ao registado em 1990, aumento da eficiência energética em 20 % e obtenção

de 20 % de energia a partir de fontes renováveis; redução do abandono escolar para uma taxa inferior a 10% e aumento para 40 % da população entre os 30-34 anos, com um diploma do ensino superior; redução de 20 milhões de pessoas em risco, em situação de pobreza ou exclusão social.

Nos últimos 10 anos, Portugal cresceu positivamente em alguns destes objetivos indicados graças ao contributo dos Fundos da União Europeia. Este crescimento incidiu-se na taxa de abandono escolar precoce, nas despesas em Investigação e Desenvolvimento (I&D) e no peso das energias renováveis no consumo total de energia do país (PORTUGAL2020, 2014).

Neste seguimento, a empresa CRITICAL KINETICS tinha em mente dois projetos que acreditava serem bastante interessantes e inovadores, então, surgiu a ideia de recorrer a financiamento europeu para avançar com aquilo que até então eram apenas ideias.

Deste modo, foram preparadas ao longo de vários meses duas candidaturas a dois projetos distintos. O primeiro projeto inseria-se na área dos sistemas fotovoltaicos e o segundo inseria-se no setor agrícola, mais propriamente nos sistemas de rega.

As candidaturas foram efetuadas em co-promoção com outras entidades, tais como: Instituto Superior Técnico, Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio – COTR, Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas do Alqueva – EDIA, SA, Instituto Pedro Nunes – Laboratório de Automática e Sistemas e a ISA Energy.

Estas candidaturas correspondiam ao aviso 33/SI/2015 – Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico.

Esta atividade permitiu adquirir conhecimentos sobre o procedimento de elaborar candidaturas a projetos de financiamento, que pode ser considerado um aspeto importante dado que, hoje em dia são várias as empresas que concorrem a este tipo de financiamentos. Por isso, esta atividade permitiu uma preparação para este aspeto, que é uma realidade atual no meio empresarial, e uma mais-valia no mercado de trabalho.

5.2 AGROTECNOLÓGICA 2016 – Congresso Nacional de Tecnologia no Setor Agroindustrial

A AGRO CK, departamento da CRITICAL KINETICS responsável pela agroindústria, tomou a iniciativa de realizar pela primeira vez em Portugal, o Congresso Nacional de Tecnologia no

Setor Agroindustrial, designado AGROTECNOLÓGICA 2016. Esta iniciativa surgiu com o objetivo de reunir a mais atual tecnologia deste setor num evento único em Portugal. Após algumas reuniões com o grupo de trabalho decidiu-se que este evento deveria seguir a mesma estrutura do Congresso Nacional de Autoconsumo Fotovoltaico (CNAF), realizado já pelo 4º ano consecutivo pelo departamento de formação *CK Solar Academy*. À semelhança do CNAF, a AGROTECNOLÓGICA 2016 seria um evento com 12 horas de duração, que contaria com a presença de 30 oradores, distribuídos uniformemente por 6 painéis distintos, onde cada um abordaria assuntos e diferentes tecnologias aplicadas à agroindústria. Nas reuniões, e após alguma pesquisa acerca de quais seriam os assuntos mais em voga na atualidade, estabeleceu-se que os temas dos 6 painéis deste evento seriam:

- **Painel 1** – *Soluções de bombagem solar e produção energética;*
- **Painel 2** – *Fertirrega e automatização de explorações;*
- **Painel 3** – *Monitorização via satélite, drones e GPS;*
- **Painel 4** – *Culturas hidropónicas, gestão centralizada de estufas e climatização;*
- **Painel 5** – *Instituições e projetos;*
- **Painel 6** – *Fábrica de plantas, desidratadores e secadores solares.*

Depois de definidos os temas para os painéis de apresentações, foi então necessário listar, a nível mundial, todas as empresas/instituições que se enquadrassem nos temas definidos por cada painel de apresentações. Desta forma, o grupo de trabalho fez uma pesquisa intensiva e conseguiu registar cerca de 80 empresas/instituições/projetos possíveis para integrar o grupo de oradores. A partir daqui, foi necessário distribuir cada entidade por painel de apresentações e definir aquelas que seriam prioritárias. Depois de serem definidas as prioridades e as entidades com maior interesse, seguiu-se a tarefa mais longa deste projeto. Era então o momento de iniciar os contactos com todas as entidades, e selecionar apenas 5 por painel. Numa primeira etapa, todas as entidades receberam uma mensagem de correio eletrónico com a apresentação da AGROTECNOLÓGICA 2016, e no seguimento da apresentação foi feito um convite para integrarem o grupo de oradores com uma sugestão do tema a abordarem. Nesta mensagem de correio eletrónico foi também enviada uma folha com as condições e modalidades de participação no grupo de oradores, tal como está representado na figura 5.1.

Nesta primeira fase, foi possível determinar que entidades tinham algum possível interesse e quais não tinham interesse algum em participar no congresso. Sendo assim, seguiu-se a fase de contactar telefonicamente as empresas com maior interesse, esclarecer algumas dúvidas acerca

do evento e, para aquelas que não deram resposta ao primeiro contacto, foi feita uma breve apresentação do evento por telefone seguida de novo contacto por correio eletrónico com um convite formal, com o objetivo de integrarem o elenco de oradores.

Definidos os oradores e os respetivos temas que iriam ser abordados, ficou-se com a seguinte estrutura:

Painel 1 – Soluções de bombagem solar e produção energética

- **AGRO CK** – Autoconsumo fotovoltaico e eficiência energética;
- **Energia Simples** – O caminho para a poupança e eficiência energética;
- **Jayme da Costa** – Estufas fotovoltaicas: solução de eficiência e rentabilidade;
- **LORENTZ** – Smart PSU e acesso remoto a bombas solares de grande porte;
- **CC Energia** – Agroindústria + eficiente.

Painel 2 – Fertirrega e automatização de explorações

- **Wisecrop** – Sistemas de apoio à tomada de decisão como fator de produtividade;
- **MY FARM.COM** – *MyFarm: "Farmville"* do mundo real;
- **TERRA PRO** – Agricultura e inovação com tecnologia de ponta;
- **MAGOS Irrigation Systems** – Tecnologia aplicada aos sistemas de fertirrega;
- **IRRICAMPO** – Sistema VRI: eficiência na aplicação da água.

Painel 3 – Monitorização via satélite, *drones* e GPS

- **NEW HOLLAND AGRICULTURE** – Agricultura de precisão *New Holland*: menos impacto, mais economia, mais produção;
- **AGRO INSIDER** – Sensores próximos e remotos na otimização e sustentabilidade agrícola;
- **AGRODRONE** – A tecnologia dos *drones*, agricultura de precisão e atualidade agronómica;
- **John Deere** – Tecnologias de suporte à agricultura de precisão;
- **Área 400** – Deteção remota como apoio à gestão das grandes culturas.

Painel 4 – Culturas hidropónicas, gestão centralizada de estufas e climatização

- **Litoral Regas** – Sistemas inovadores em culturas hidropónicas: tecnologia VTR;
- **Monte da Torre** – Forragem verde hidropónica, rentabilidade com libertação do espaço agrícola;
- **CoolFarm** – Sistemas de apoio ao controlo de explorações em estufas;
- **CHATRON** – Humidificação, ventilação e arrefecimento industrial *Biocoller*;
- **Morecool** – Micronebulização e arrefecimento evaporativo em estufas.

Painel 5 – Instituições e projetos

- **Agrobótica** – Agricultura de precisão como solução para intensificação sustentável;
- **Associação dos Jovens Agricultores de Portugal** – Jovens agricultores e as novas tecnologias;
- **Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio** – Desempenho de sistemas de rega e bombagem na otimização de recursos;
- **Ateknea Solutions** – VINBOT: Ferramenta auxiliar à viticultura de precisão;
- **Virtual Power Solutions + Wattguard** – Cofinanciamento de soluções para eficiência energética;

Painel 6 – Fábrica de plantas, desidratadores e secadores solares

- **bLACK.bLOCK** – Prémio EDP inovação: Secador Solar;
- **Desidrata** – Desidratação de frutas e legumes: da antiga tradição ao quotidiano atual;
- **Aromas e Boletos** – Desidratação de cogumelos;
- **Quality Plant** – Produção de plantas micropropagadas;
- **GROW TO GREEN** – Fábricas de plantas: agricultura em ambiente controlado.

Paralelamente ao contacto com todas as entidades foi também necessário encontrar *media partners*, e parceiros para este evento. Esta tarefa era importante para facilitar o processo de divulgação deste congresso. Este contacto foi efetuado tanto por telefone, como por correio eletrónico, onde foi enviada também a folha de condições e modalidades de participação, representada na figura 5.1.

Congresso Nacional de Tecnologia no Sector Agroindustrial
AGROTECNOLÓGICA 2016
 A Revolução Tecnológica já é uma Realidade!

Data Limite de Confirmação: 29 de Março

14 de Maio
Escola Superior Agrária
[Santarém]

Modalidades de Participação

	Orador	Stand	Merchandising (*)	Reuniões (**)	Convites Oferta (**)	Investimento
Pack 1	✓				2	200€
Pack 2	✓		✓		2	300€
Pack 3	✓			✓	3	400€
Pack 4	✓		✓	✓	4	450€
Pack 5		✓			2	300€
Pack 6	✓	✓			4	450€
Pack 7	✓	✓	✓		5	500€
Pack 8		✓	✓		3	350€

Condições para Patrocinadores e Parceiros

	Convites Oferta	Investimento
Parceiro	2	200€
Patrocinador Oficial	10	600€

(*) O Merchandising consiste na entrega de flyers/panfletos/trípticos, disponibilizados pela empresa, a todos os participantes quando o seu registo à entrada do evento.

(**) As Reuniões consistem no agendamento de reuniões, com cerca de 30 minutos, entre os participantes e os criadores de modo a promover a troca de contactos e eventuais negócios.

(***) Para além dos Convites Oferta é possível adquirir pacotes de 6 inscrições para o congresso com desconto de 50%.

NOTA: Todos os packs, excepto o Pack 5 e o Pack 8, incluem a divulgação associada a este evento junto da imprensa especializada bem como através das associações do setor e respectivas redes sociais.

O almoço do orador estará a cargo da organização do evento.

Outros cenários não previstos poderão ser objecto de negociação pontual.

LOCAL: ESAS - Escola Superior Agrária de Santarém
 Quinta do Garmelo - S. Pedro, Freguesia, S. Salvador 2001-504 Santarém
 GPS: 39° 14' 58.75" N 8° 41' 50.45" W
INSCRIÇÃO: 200€ + IVA (150€ + IVA até 15 de Abril)

PARA MAIS INFORMAÇÕES: 918 451 347 249 091 552 www.agro-ck.com
 inscreva-se enviando os seus dados para info@agro-ck.pt

Figura 5.1 – Folha de condições e modalidades de participação no elenco de oradores, patrocinadores e parceiros

Também muito importante era definir o local onde se iria realizar o congresso e uma data. Relativamente ao local, o grupo de trabalho concordou que seria pertinente que fosse realizado numa instituição que estivesse relacionada com a agroindústria. Deste modo, e dada a localização geográfica, chegou-se à conclusão que a Escola Superior Agrária de Coimbra, o Instituto Superior de Agronomia e a Escola Superior Agrária de Santarém, eram boas opções para realizar a AGROTECNOLÓGICA 2016. Após discussão com o grupo de trabalho envolvido neste projeto, e por razões internas à CRITICAL KINETICS, o local escolhido foi a Escola Superior Agrária de Santarém.

A data teria de ser escolhida tendo em conta diversos fatores. Não poderia coincidir com nenhum outro evento relacionado com o setor agrícola, teria de ser num mês em que as

atividades agrícolas são abundantes e considerou-se que um sábado seria boa opção pois as pessoas no geral têm maior disponibilidade para participar. Considerando estes fatores, foi apontada a data de 14 de maio de 2016 para a concretização deste Congresso Nacional de Tecnologia no Setor Agroindustrial.

Concluídas todas as etapas, chegou o momento de formalizar o cartaz que serviria para posterior divulgação massiva deste congresso. O cartaz foi elaborado utilizando o *software* Adobe Photoshop CS6 (Adobe, 2017), e concretizou-se com a 10ª versão, apresentada na figura 5.2.

Congresso Nacional de Tecnologia no Sector Agroindustrial
AGROTECNOLÓGICA 2016
 A Revolução Tecnológica já é uma Realidade!

14 de Maio
 Escola Superior Agrária
 [PSantarém]

7:45 - Receção dos participantes
8:15 - Sessão de Abertura
8:30 **AGRO-CK** - Autoconsumo fotovoltaico e eficiência energética
8:45 **S'mples** - O caminho para a poupança e eficiência energética
9:00 **Jaymo do Castelo** - Estufas fotovoltaicas: solução de eficiência e rentabilidade
9:15 **LORENTZ** - Smart PSU e acesso remoto a bombas solares de grande porte
9:30 **ccenergia** - Agro-industria + eficiente
10:00 - Coffee Break **Panel 1 - Soluções de bombagem solar e produção energética**
10:15 **wisecrop** - Sistemas de apoio à tomada de decisão como fator de produtividade
10:30 **MY FARM.COM** - MyFarm: "Farmville" do mundo real
10:45 **TERRA PRO** - Agricultura e inovação com tecnologia de ponta
11:00 **MAGESS** - Tecnologia aplicada aos sistemas de fertirrega
11:15 **IRRICAMPO** - Sistema VRI: eficiência na aplicação da água
11:45 - Coffee Break **Panel 2 - Fertirrega e automatização de explorações**
12:00 **NEW HOLLAND AGRICULTURE** - Agricultura de precisão New Holland: - impacto, + economia, + produção
12:15 **AGRO INSIDER** - Sensores próximos e remotos na otimização e sustentabilidade agrícola
12:30 **AGRODRONE** - A tecnologia dos drones, agricultura de precisão e atualidade agronómica
12:45 **JOHN DEERE** - Tecnologias de suporte à agricultura de precisão
13:00 **400** - Detecção remota como apoio à gestão das grandes culturas
13:30 - Almoço Livre **Panel 3 - Monitorização via satélite, drones e GPS**
14:45 - Retoma da sessão pelo Ministério da Agricultura, Florestas e Desenvolvimento Rural *
15:00 **LITORALREGAS** - Sistemas inovadores em culturas hidropónicas: tecnologia VTR
15:15 **Mestiçagem** - Forragem verde hidropónica, rentabilidade e libertação do espaço agrícola
15:30 **Coel Farm** - Sistemas de apoio ao controlo de explorações em estufas
15:45 **CHATRON** - Humidificação, ventilação e arrefecimento industrial - Biocoller
16:00 **masrecool** - Micronebulização e arrefecimento evaporativo em estufas
16:30 - Coffee Break **Panel 4 - Culturas hidropónicas, gestão centralizada de estufas e climatização**
16:45 **Agrobótica** - Agricultura de precisão como solução para intensificação sustentável
17:00 **ajap** - Jovens agricultores e as novas tecnologias
17:15 **Centro Operacional de Tecnologia do Regadio** - Desempenho de sistemas de rega e bombagem na otimização de recursos
17:30 **Atekeia** - VINBOT: Ferramenta auxiliar à viticultura de precisão
17:45 **Viguard** - Co-financiamento de soluções para eficiência energética
18:15 - Coffee Break **Panel 5 - Instituições e projectos**
18:30 **black.block** - Prémio EDP inovação: Secador solar
18:45 **desidrata** - Desidratação de frutas e legumes: da antiga tradição ao quotidiano atual
19:00 **BOLECIOS** - Desidratação de cogumelos
19:15 **quality plant** - Produção de plantas micropropagadas
19:30 **Grow** - Fábricas de plantas: agricultura em ambiente controlado
20:30 - Encerramento **Panel 5 - Fábrica de plantas, desidratadores e secadores solares**

Local: ESAS - Escola Superior Agrária de Santarém
 Quinta do Galinhairo - S. Pedro, Freguesia 5, Salvador 2001-304 Santarém
 GPS: 39°14'58.75"N 8°41'50.45"W
 INSCRIÇÃO: 200€ + IVA (150€ + IVA até 15 de Abril)
 PARA MAIS INFORMAÇÕES:
 917 866 962 | 249 091 552 | www.agro-ck.com
 Inscreva-se enviando os seus dados para info@agro-ck.pt

Parceiros: Escola Superior Agrária [PSantarém], AJAP, S'mples energia, LORENTZ, SOLAR, wisecrop, J. INACIO, JOHN DEERE, Media Partners: Agrobótica, AGROTEC, CONTROL MINDS, BULHAS REGULARES PLANTAS, AGRO A.I.E., adosoma, renováveismagazine

Anos de cada coffee break haverá espaço para um debate. [PSantarém] Em paralelo com este evento decorrerá o AGRO D2D - reuniões bilaterais entre profissionais do sector.
 O cartaz está sujeito a alterações sem aviso prévio. Versão 10.0
 * Sujeito a confirmação

Figura 5.2 – Versão final do cartaz da AGROTECNOLÓGICA 2016

Paralelamente ao congresso, o grupo de trabalho organizou a AGRO B2B – Business to Business (figura 5.3). Isto consistiu em reuniões bilaterais, com o objetivo de promover o contacto entre os participantes e os oradores deste evento. Neste tipo de eventos é natural surgirem várias questões e interesse em trocar ideias com as entidades que se apresentam, e nas pequenas pausas que acontecem durante as 12 horas de evento, não é possível que todos consigam manter o contacto com quem têm interesse. Assim, houve oportunidade de a organização marcar reuniões entre as diferentes entidades e participantes, conforme surgia o interesse das mesmas.

As reuniões tiveram uma duração de 30 minutos e realizaram-se num espaço junto ao auditório onde decorriam as apresentações dos diversos painéis.



Figura 5.3 – Cartaz representativo do que seria a AGRO B2B

O agendamento das reuniões foi feito no próprio dia do evento num ficheiro Excel, onde estavam inseridas todas as entidades, de cada painel de apresentações. Nesse ficheiro, estava também a divisão temporal de cada período de reunião e em cada período estavam assinalados aqueles em que haveria disponibilidade por parte das entidades, para reunir com potenciais clientes. Sempre que alguém se dirigia ao grupo de trabalho para marcar uma reunião, esta era devidamente agendada no ficheiro Excel e as pessoas envolvidas nessa reunião recebiam uma mensagem escrita no telemóvel com a hora marcada e com o nome das entidades envolvidas.

Terminado todo o planeamento da AGROTECNOLÓGICA 2016 e AGRO B2B, foi necessário iniciar a divulgação massiva daquilo que seria um evento inédito em Portugal.

A divulgação foi feita através de publicações nas redes sociais da AGRO CK, mais tarde chamada de AGROTECNOLÓGICA, da CRITICAL KINETICS e CK Solar Academy. Para além das publicações diárias nas redes sociais, foram feitas campanhas de envio massivo de

emails. Para isso, foram efetuadas listas de entidades desde associações e cooperativas do setor, a entidades de comercialização de máquinas e equipamentos agrícolas, a entidades do PDR 2020, a empresas na área da agricultura de precisão e todas as escolas agrárias de Portugal. Cada uma das entidades listadas recebeu um *email*, com a apresentação da AGROTECNOLOGICA 2016 e AGRO B2B. Este *email*, continha também os métodos possíveis de inscrição no evento e o respetivo valor da inscrição.

Os *media partners* também tiveram um papel fundamental na divulgação do evento. Após alguma pesquisa de *websites* e revistas relacionadas com o setor agroindustrial, tivemos como *media partners* as revistas “Frutas Legumes e Flores”, “Agrobótica”, “AGROTEC” (figura 5.4), “abolsamia” (figura 5.5) e “Renováveis Magazine”. Os *websites* “Agronegócios” e “Portal das Máquinas” também se encontraram dentro dos *media partners* deste evento.

O acordo estabelecido com estas entidades consistiu em fazerem a divulgação da AGROTECNOLOGIA 2016 e da AGRO B2B, oferecendo um código-voucher de desconto de 37,5 % no valor da inscrição no congresso. Por cada inscrição, revertia para a entidade patrocinadora aproximadamente 33,3 % do valor do voucher de desconto da inscrição.

The image shows a screenshot of the AGROTEC website. At the top, there is a navigation bar with the AGROTEC logo and social media links. Below the navigation bar, there is a search bar and a list of categories. The main content area features a news article titled "Santarém acolhe Congresso sobre Tecnologia no Setor Agroindustrial". The article includes a date (21 April 2016), a location (Santarém), and a detailed description of the event. A sidebar on the right contains a newsletter sign-up form and a list of popular articles.

AGROTEC
Revista AGROTEC
ASSINE JÁ!

Home A Revista Assinatura Pontos de Venda Web TV Abstracts Livraria Quem Somos Contactos

AGROTECNOLOGIA AGROBÓTICA AGROFLORESTAL AGROINDÚSTRIA AGRONEGÓCIO APICULTURA FERIAS & EVENTOS FLORESCULTURA FRUTICULTURA GRANDES CULTURAS HORTICULTURA INVESTIGAÇÃO MÁQUINAS AGRÍCOLAS OLIVICULTURA PEQUENOS FRUTOS POLÍTICA AGRÍCOLA PRODUÇÃO ANIMAL VITICULTURA

Início » Feiras & Eventos » Santarém acolhe Congresso sobre Tecnologia no Setor Agroindustrial

Santarém acolhe Congresso sobre Tecnologia no Setor Agroindustrial

21 Abril 2016, quinta-feira Feiras & Eventos Agroindústria

Irã realizar-se no próximo sábado, dia 14 de Maio de 2016, na Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Santarém, a **Agrotecnológica 2016 – Congresso de Tecnologia no Setor Agroindustrial**.

A Agrotecnológica 2016, organizada pela AGRO-CK – Soluções Tecnológicas para a Agroindústria, irá contar com 30 oradores, divididos por 6 painéis, durante 12 horas, semelhante ao Congresso Nacional de Autoconsumo Fotovoltaico organizado em outubro de 2015, pela CK Solar Academy, pelo 4º ano consecutivo, e que contou com cerca de 200 participantes.

Em paralelo a este evento decorrerá a **AGRO B2B 2016**, cujo objetivo é privilegiar o contacto entre os oradores e os participantes do evento, aumentando assim a interação entre eles e proporcionando eventuais trocas de contactos e negócios. Assim, estão a ser calendarizadas reuniões, de forma a agendar a melhor hora possível para cada orador receber cada um dos participantes interessados. Para poder fazer parte deste evento, basta que se inscreva previamente, indicando o(s) nome(s) do(s) orador(es) com quem se vai querer reunir. Esta inscrição é gratuita e reservada aos participantes do congresso.

ARTIGOS MAIS VISTOS

Livro: *Enxertias - Manual Técnico para Amadores e Profissionais*
Cultivo de Espargo em Portugal: dificuldade ou oportunidade?
Frutos do Bosque: Produção de Mirtilos em Vaso
Adubação Foliar: um complemento precioso
O potencial do medronho
Citrínos: árvores não podem ser vendidas no norte do país
Governo envia reprogramação do PDR2020 para Bruxelas
Em setembro celebra-se o mundo agrícola na Agroglobal 2016
Livro: *Cultura do Mirtilo*
Agricultura com nova linha de crédito de €300 milhões

Siga-nos no
Facebook

Congresso Nacional de Tecnologia no Sector Agroindustrial
AGROTECNOLOGICA 2016
A Revolução Tecnológica já é uma Realidade!

7:45 Recepção aos participantes
8:15 Sessão de Abertura
8:30 AGRO CK - Autoconsumo fotovoltaico e eficiência energética
8:45 S'mples - O caminho para a poupança e eficiência energética
9:00 Inovação de Valor - Estudos fotovoltaicos: solução de eficiência e rentabilidade
9:15 LORENTZU - Smart PSU e acesso remoto a bombas salares de grande porte
9:30 CCENERGIA - Como poupar energia na agroindústria
10:00 Painel 1 - Soluções de bombagem solar e produção energética

14 de Maio
Escola Superior Agrária
[Santarém]

Figura 5.4 – Publicação da revista AGROTEC para divulgar a AGROTECNOLOGICA 2016 (AGROTEC, 2016)



Figura 5.5 – Publicação da revista “abolsamia” para divulgar a AGROTECNOLÓGICA 2016 (Abolsamia, 2016)

Para divulgar a AGROTECNOLÓGICA 2016, a CRITICAL KINETICS – AGRO CK esteve presente em feiras do setor, com membros do grupo de trabalho responsável pela organização do congresso. A divulgação foi feita através da colocação de um *roll-up* (figura 5.6) elaborado para apresentar a AGROTECNOLÓGICA e a AGRO B2B.

A divulgação decorreu nas seguintes feiras:

- FRUTITEC/HORTITEC – Exposalão Batalha;
- OVIBEJA – Beja;
- Tektónica – Lisboa;
- AgroBraga – Braga;

Nestas feiras, para além do *roll-up*, foram também distribuídos *flyers* com o cartaz oficial do evento e da oferta comercial da AGRO CK.

Chegada a véspera do evento, foi necessário preparar toda a logística do espaço na Escola Superior Agrária de Santarém, desde preparar o espaço para a AGRO B2B (figura 5.7) até à preparação dos *coffe-breaks* e receção dos participantes (figura 5.8).

Congresso Nacional de Tecnologia no Sector Agroindustrial

AGROTECNOLÓGICA 2016

A Revolução Tecnológica já é uma Realidade!

30 oradores

300 participantes

12 horas de duração

+ de 800 reuniões bilaterais

14 de Maio
Escola Superior
Agrária
[PSantarém]

Painel 1 - Soluções de bombagem solar e produção energética

Painel 2- Fertirrega e automatização de explorações

Painel 3 - Monitorização via satélite, drones e GPS

Painel 4 - Culturas hidropónicas, gestão centralizada de estufas e climatização

Painel 5 - Instituições e projectos

Painel 6 - Fábrica de plantas, desidratação e secadores solares

Organização:

www.AGRO-CK.pt

Soluções Tecnológicas para a Agroindústria

www.agro-ck.pt 249 091 552

info@agro-ck.pt 918 451 347

GRUPO
CRITICAL KINETICS
SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS

AGRO B2B 2016

Reuniões bilaterais em paralelo com a AGROTECNOLÓGICA 2016

Figura 5.6 - Roll-up de apresentação da AGROTECNOLÓGICA 2016 e AGRO B2B



Figura 5.7 – Parte do espaço onde se realizou a AGRO B2B



Figura 5.8 – Parte do espaço de receção e *coffe-break* dos participantes

Após longos meses de trabalho e preparação, chegou o dia 14 de maio de 2016. Era o momento de colocar em prática toda a dedicação prestada neste projeto. Neste dia, cada colaborador da CRITICAL KINETICS tinha tarefas atribuídas, desde receber os participantes e registar as presenças, a cronometrar os tempos das apresentações, a dar suporte técnico e prestar esclarecimentos sempre que necessário.

No espaço de receção e *coffe-break*, havia também lugar a pequenos *stands* (figura 5.9), trazidos pelas empresas que estavam no grupo de oradores e por outras empresas externas que o grupo

de trabalho achou que seriam de grande interesse. Desta forma, criou-se alguma dinâmica nos períodos de pausa entre as apresentações.



Figura 5.9 – “Biostasia”: stand presente no espaço de *coffe-break*

Pelas 7h45, hora marcada no cartaz do evento, começaram a chegar os participantes. Ao todo, foi possível contar com cerca de 200 pessoas, naquele que foi o primeiro Congresso Nacional de Tecnologia no Setor Agroindustrial, em Portugal, com uma duração de 12 horas e 30 apresentações sobre a melhor tecnologia existente neste setor. Na figura 5.10, é possível ver o Auditório da Escola Superior Agrária de Santarém durante um dos períodos de apresentações. Em paralelo, ocorreram mais de 50 reuniões na AGRO B2B, entre oradores e participantes.



Figura 5.10 – Auditório da Escola Superior Agrária de Santarém durante a AGROTECNOLOGICA 2016

Fazer parte da organização de um evento deste tipo foi importante uma vez que permitiu adquirir competências na área de organização e gestão de eventos deste tipo. Foi também importante pelo contacto estabelecido com as várias empresas, pois permitir alargar conhecimentos sobre as tecnologias existentes nesta área.

5.3 Catálogo geral da oferta comercial

No âmbito do estágio, e depois da AGRO CK ser constituída como a empresa AGROTECNOLÓGICA, foi necessário dar início a um catálogo com breves descrições acerca da oferta comercial (figura 5.11) que se pretendia apresentar ao cliente.

Líder em Soluções Tecnológicas para a AGROINDÚSTRIA!

PDR 2020

- ✓ Instrução de Candidaturas ao PDR2020
- ✓ Formação para Jovens Agricultores
- ✓ Assessoria Técnica Agronómica
- ✓ Consultoria Fiscal

Bombagem, Rega e Tratamento de Água

- ✓ Sistemas Bombagem Solar DC
- ✓ Retrofitting de Sistemas de Bombagem AC
- ✓ Bombas Carneiro
- ✓ Soluções de Fertirrega Gota-a-Gota
- ✓ Tanques de Armazenamento de Água
- ✓ Rega Inteligente c/ Sensores
- ✓ Dessalinização

Climatização e Refrigeração

- ✓ Microturbinas Cogeração
- ✓ Frigoríficos Solares
- ✓ Caldeiras de Condensação
- ✓ Bombas de Calor
- ✓ Controlo Climática de Estufas
- ✓ Caldeiras de Biomassa
- ✓ Brumização
- ✓ Estações Meteorológicas
- ✓ Insufladores de Ar Quente
- ✓ Desumidificadores Solares
- ✓ Sistema de arrefecimento evaporativo
- ✓ Soluções IcePV
- ✓ Reaproveitamento de Calor Dissipado

Energias Renováveis

- ✓ Autoconsumo Fotovoltaico
- ✓ Soluções IcePV para frio industrial
- ✓ Sistemas Fotovoltaicos Isolados
- ✓ Sistemas Híbridos Solar / Eólica / Diesel / Gás
- ✓ Turbinas Hídricas
- ✓ Pavilhões Fotovoltaicos
- ✓ Energia Eólica
- ✓ Sistemas Fuel-Save
- ✓ Secadores Solares
- ✓ Produção de Biogás
- ✓ Produção de Água Quente p/ Processos Industriais
- ✓ Inspeção de Instalações com Drones
- ✓ Afugentador Solar de Aves
- ✓ Desumidificadores Solares
- ✓ Estufas PV
- ✓ Vedações Electrificadas

Iluminação Eficiente

- ✓ Power Green LED
- ✓ Iluminação LED
- ✓ Tubos de Luz
- ✓ Iluminação Técnica:
 - Animais
 - Processos Industriais
- ✓ Estudos Luminotécnicos
- ✓ Luminárias Solares

Agricultura de Precisão

- ✓ Software Gestão Agrícola
- ✓ Vigia de Florestas
- ✓ Robots Agrícolas
- ✓ Hidroponia
- ✓ Plantação por GPS
- ✓ Agropecuária de Precisão
- ✓ Reconhecimento de Animais c/ RFID
- ✓ Gestão de Frota
- ✓ Drones

Eficiência Energética

- ✓ Auditorias Energéticas SGCIE
- ✓ Variadores Electrónicos de Velocidade
- ✓ Contratos de Performance Energética ESCO & PPA
- ✓ Sistemas para Gestão de Consumos
- ✓ Gestão Técnica Centralizada
- ✓ Telemetria e Gestão Remota de Processos
- ✓ Correção de Factor de Potência
- ✓ Motores de Alto Rendimento

CONTACTO

info@agrotecnologica.pt

249 091 552
917 866 962

Porto - Coimbra - Santarém - Lisboa - Faro

www.agrotecnologica.pt

Figura 5.11 – Cartaz da oferta comercial da AGROTECNOLÓGICA (AGROTECNOLÓGICA, 2016b)

Para cada um dos itens da oferta apresentada na figura 5.11, foi elaborado um artigo descritivo para que o cliente pudesse ficar de imediato sintonizado com as tecnologias ou serviços prestados pela AGROTECNOLÓGICA. Os artigos encontram-se disponíveis *online*, no *website* da AGROTECNOLÓGICA (<http://www.agrotecnologica.pt/>), no separador “Serviços” (figura 5.12).



Figura 5.12 – Ilustração da localização dos artigos relativos à oferta comercial da AGROTECNOLÓGICA

Paralelamente à elaboração dos artigos, foi também necessário encontrar fornecedores para os serviços que se propunham ser fornecidos aos clientes da AGROTECNOLÓGICA.

Para além da disponibilização *online* dos artigos, foi também iniciado um catálogo geral em formato PDF, com toda a oferta comercial e respetivos artigos. Este catálogo não se encontra disponível ao público, uma vez que caberá a outro colaborador da AGROTECNOLÓGICA (Grupo CRITICAL KINETICS) terminá-lo, inserindo tabelas de preços, pois na data da elaboração do catálogo geral estas não tinham sido disponibilizadas.

Com a realização desta tarefa, foi permitido investigar um pouco sobre as tecnologias existentes no mercado da agroindústria e também conhecer os fabricantes e principais fornecedores das mesmas. Isto pode considerar-se uma mais-valia no mercado de trabalho, uma vez que é importante estar a par das tecnologias existentes.

5.4 Energia Simples – Comercialização de energia elétrica

A CRITICAL KINETICS iniciou uma parceria com a comercializadora de energia “Energia Simples”, cujo logotipo se encontra na figura 5.13, que consistia em um ou dois colaboradores da CRITICAL KINETICS “venderem” a energia da “Energia Simples”. Nesse sentido, durante as últimas duas semanas do estágio curricular houve a oportunidade de conhecer um pouco o conceito de comercialização de energia elétrica, elaboração de propostas e contratos de energia.



Figura 5.13 – Logotipo da comercializadora de energia “Energia Simples” (Energia Simples, 2014)

A Energia Simples é a marca da empresa PH Energia, LDA cujo objetivo é a comercialização de energia elétrica no mercado liberalizado. Tem sede no Porto e foi fundada em 2014.

5.4.1 Eletricidade em Portugal – Mercado Liberalizado

Até há alguns anos, o mercado de energia em Portugal caracterizava-se por ter um único operador de mercado. Este operador de mercado era o único responsável pela produção e venda de energia no mercado regulado, a uma tarifa estabelecida pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE).

Com o objetivo de diversificar as fontes de energia primárias, de promover a competitividade (DIRECTIVA 2009/72/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO, 2009), surgiu a necessidade de formar um mercado liberalizado em Portugal, tal como acontecia na Europa. Desta forma, agregado à criação do Mercado Ibérico de Eletricidade (MIBEL), surgiu o Mercado Português de Eletricidade (Galp Energia, 2011).

O MIBEL surgiu de uma iniciativa entre os Governos de Portugal e Espanha, com o objetivo de estabelecer um mercado regional de eletricidade. Esta medida, permitiu que qualquer

consumidor da Península Ibérica pudesse adquirir energia elétrica a qualquer produtor ou comercializador com atuação em Portugal ou Espanha.

No seguimento da constituição do Mercado Ibérico de Eletricidade, foi decidido que o modelo de organização do mercado estaria assente na existência de um Operador de Mercado Ibérico (OMI).

Atualmente, o Operador de Mercado Ibérico – OMI é constituído por dois segmentos:

- OMIP – Operador do Mercado Ibérico de Portugal;
- OMIE – Operador do Mercado Ibérico de Espanha.

O OMIP é um mercado de futuros (mercado a prazo), onde a contratação é feita com compromissos a futuro de produção e de compra de energia elétrica.

O OMIE é um mercado diário e intradiário (mercado spot), ou seja, a componente de contratação é diária com ajustes intradiários. Desta forma, a compra e venda de eletricidade é efetuada para o dia seguinte (OMIP, 2011).

No mercado diário, os preços da eletricidade são ajustados diariamente às 12h00 para estarem disponíveis às 00h00 do dia seguinte. Neste caso, o preço e a quantidade de energia são definidos tendo em consideração a interseção entre a oferta e a procura, num dado período de tempo.

No mercado intradiário, é possível os agentes de mercado voltarem a comprar e vender eletricidade até quatro horas antes da hora atual espanhola. Desta forma, é possível ajustar o preço da eletricidade no mesmo dia em seis sessões diárias de negociação (OMIE, 2016).

Para cada sessão do mercado intradiário, é estabelecido um preço de eletricidade para as horas correspondentes a cada período de sessão (figura 5.14).

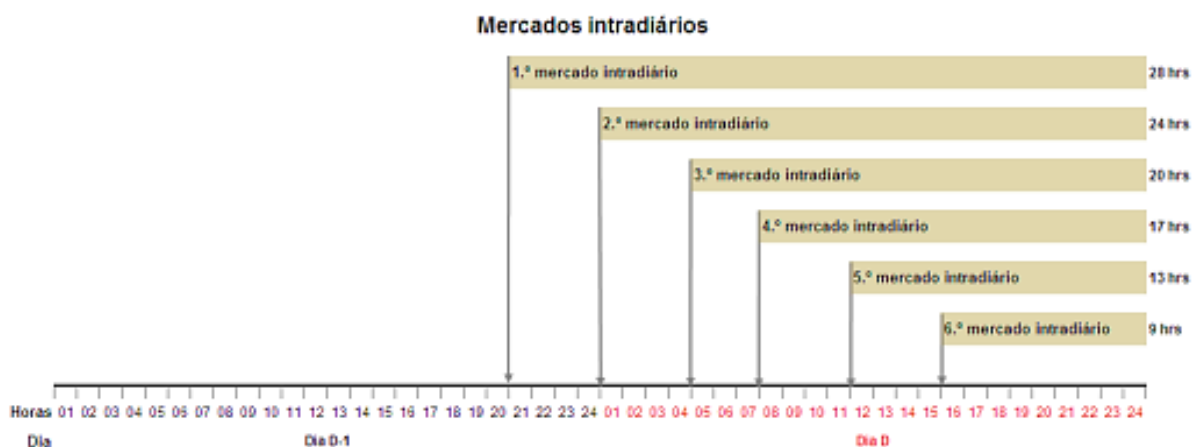


Figura 5.14 – Sessões diárias de negociação do mercado intradiários (ERSE, 2016)

Na primeira sessão do mercado intradiário, estabelecem-se os preços da eletricidade para as últimas quatro horas do dia de negociação e para as 24 horas do dia seguinte.

Na segunda sessão do mercado intradiário, são estabelecidos os preços da eletricidade cada hora do dia seguinte ao da negociação.

Na terceira sessão do mercado intradiário, o preço da eletricidade é estabelecido para o período entre as 05h00 e as 24h00 do dia seguinte ao da negociação, e assim sucessivamente como está representado na figura 5.14.

Os preços da eletricidade são estabelecidos de acordo com as ofertas de compra e venda de energia, tal como acontece no mercado diário. Para cada sessão, são indicados o dia, a hora, o preço e a quantidade de energia correspondentes (ERSE, 2016).

5.4.2 Tarifas da Energia Simples

A Energia Simples apresenta aos seus clientes dois tipos de tarifas: fixa e indexada. Tanto a tarifa fixa como a tarifa indexada são aplicadas a Baixa Tensão Normal (BTN), Baixa Tensão Especial (BTE) e Média Tensão (MT). Estas tarifas são ainda distintas para o setor doméstico/serviços e empresarial. Sendo que, para o setor doméstico/serviços as tarifas existentes são para BTN.

Na figura 5.15, é apresentado um esquema dos planos tarifários existentes para o setor doméstico e de serviços a funcionar a BTN.

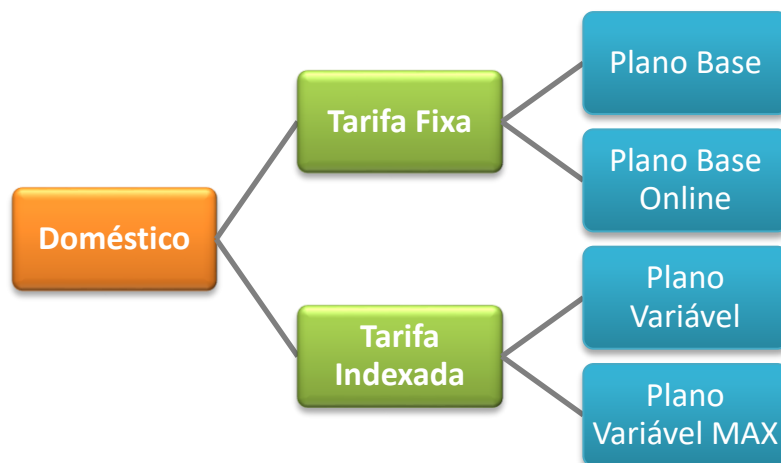


Figura 5.15 – Planos tarifários existentes para o setor doméstico e de serviços a funcionar a BTN

Na figura 5.16, é apresentado um esquema dos planos tarifários existentes para o setor empresarial.

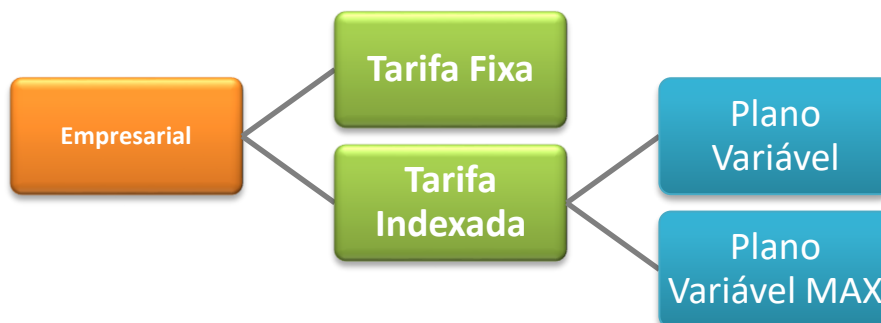


Figura 5.16 – Planos tarifários existentes para o setor empresarial a funcionar a BTN, BTE ou MT

A tarifa indexada é calculada através da expressão 5.1 (Energia Simples, 2016):

$$PE_{(h)} = P_{TAR(h)} + (P_{OMIE(h)} + CGS_{(h)}) \times (1 + Perdas_{(h)}) + k \quad (5.1)$$

Onde:

- k , é um valor fixo correspondente ao spread da Energia Simples;
- $P_{TAR(h)}$, corresponde à tarifa de acesso à rede regulada pela ERSE;

- $P_{OMIE(h)}$, corresponde ao custo da energia horária no mercado diário (OMIE), para Portugal, em €/kWh;
- $CGS_{(h)}$, é o custo do gestor do sistema (REN), em €/kWh;
- $Perdas_{(h)}$, são valores regulados pela ERSE, correspondentes às médias horárias para cada período horário, dos coeficientes de perdas, em percentagem (%).

Nos planos de tarifa indexada MAX, o valor do termo de energia $PE_{(h)}$ fica limitado aos valores máximos dos termos de energia pré-estabelecidos entre o cliente e a Energia Simples.

5.4.3 Contacto com potenciais clientes

Após um breve estudo do processo comercial da Energia Simples iniciou-se o contacto com possíveis clientes. Foi efetuada uma lista de empresas na área da agroindústria, com o objetivo de serem contactadas no sentido de ser feita uma proposta de fornecimento de energia elétrica pela Energia Simples. Neste período de trabalho comercial para a Energia Simples foi possível entrar em contacto com cerca de 50 entidades empresariais.

O contacto consistiu essencialmente em dar a conhecer a comercializadora de energia “Energia Simples” e propor o envio de uma proposta de fornecimento de energia, no sentido de tentar diminuir a fatura de eletricidade da empresa.

As propostas seriam realizadas com base numa fatura do atual fornecedor de energia elétrica enviada pelo potencial cliente, e a partir daí seria feito o estudo de qual seria o melhor plano tarifário para esse cliente. Para que o cliente se apercebesse melhor dos valores em causa, existia a possibilidade de ser feita uma simulação dessa proposta com os valores da tarifa da Energia Simples *versus* valores da tarifa da atual comercializadora. No caso da tarifa indexada, a simulação era efetuada com valores do mercado de futuros (OMIP), ou seja na equação de cálculo da tarifa indexada, no parâmetro de valores do OMIE seriam introduzidos valores do OMIP. A partir daqui, o potencial cliente teria um relatório comparativo entre as duas comercializadoras de energia, ficando com uma noção realista de quanto pouparia se a sua comercializadora de energia elétrica fosse a Energia Simples.

Depois de enviada a proposta ao cliente, esta seria válida por 15 dias, a contar da data que teria sido enviada ao potencial cliente. Nesse período o cliente tomaria a decisão de efetuar ou não contrato com a Energia Simples.

A realização desta atividade revelou-se importante pois permitiu conhecer um pouco o funcionamento de uma comercializadora de energia.

6 Conclusões

De uma forma geral, o estágio realizado na empresa CRITICAL KINETICS mostrou-se uma mais-valia na conclusão deste percurso académico, pois permitiu ampliar conhecimentos ao nível dos sistemas fotovoltaicos, *softwares* usados para o dimensionamento deste tipo de sistemas, e os seus principais componentes. Mostrou-se importante também no aspeto em que permitiu adquirir conhecimentos sobre o setor agroindustrial, pois era uma área que não conhecia ao nível de tecnologias existentes. Desta forma, considero que o estágio permitiu conhecer uma realidade do mercado de trabalho e ajudou a incrementar as minhas relações profissionais.

Neste relatório foram apresentados os sistemas fotovoltaicos como solução de produção de energia elétrica no setor agroindustrial, uma vez que se mostraram eficientes, no sentido que permitem reduzir a fatura de eletricidade dos utilizadores e também porque o sol é uma fonte de energia “limpa” e renovável. Assim, para além da diminuição dos custos de produção das indústrias do setor, são também reduzidos os consumos de energia elétrica a partir de combustíveis fósseis, diminuindo conseqüentemente as emissões de gases de efeito de estufa.

Foram também abordadas as renováveis, no geral, como uma fonte de produção de energia perfeitamente ajustável aos setor agroindustrial, também pelos motivos descritos acima quando referido o uso do sol para produzir energia elétrica. Com esta abordagem direcionada às energias renováveis, e uma vez que passou a fazer parte da oferta comercial da empresa, foi abordado de forma breve a utilização de sistemas híbridos e o biogás na produção de energia.

Relativamente ao apoio na instrução de candidaturas ao PORTUGAL 2020 e à organização do Congresso Nacional de Tecnologia no Setor Agroindustrial, estas permitiram adquirir experiência que considero ser valorizada no mercado de trabalho atual.

A reestruturação da oferta comercial da empresa AGROTECNOLÓGICA, anterior departamento de tecnologia no setor agroindustrial da CRITICAL KINETICS, denominado AGRO CK, possibilitou a realização de uma pesquisa geral sobre as tecnologias existentes neste setor, incrementando dessa forma os meus conhecimentos ao nível das tecnologias.

Na fase final deste trabalho, foram abordados de uma forma geral os mercados de energia, de forma a enquadrar o trabalho realizado por uma comercializadora de energia. Esta fase do

estágio permitiu adquirir alguns conhecimentos sobre comercialização de energia e também a metodologia usada pelas comercializadoras, em especial a comercializadora “Energia Simples”.

Referências

- Abolsamia. (maio de 2016). *AGROTECNOLOGICA 2016 - A Revolução tecnológica é já uma realidade*. Obtido de Revista "abolsamia": http://www.abolsamia.pt/news.php?article_id=3212&article_type=noticia
- ADENE. (2013). *Planos e Programas - PNAER*. Obtido de AGÊNCIA PARA A ENERGIA: <http://www.adene.pt/programa/pnaer-2020-plano-nacional-de-acao-para-energias>
- Adobe. (2017). Obtido em 2017, de Adobe Photoshop: <http://www.photoshop.com/>
- Aerogerador de eixo horizontal*. (2016). Obtido de Evolução da energia eólica: <https://evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/aerogerador-de-eixo-horizontal/custo-comparativo/>
- AGROTEC. (2015). *Eficiência Energética na Agricultura*. Obtido de AGROTEC: <http://www.agrotec.pt/noticias/eficiencia-energetica-na-agricultura/>
- AGROTEC. (abril de 2016). *Santarém acolhe Congresso sobre Tecnologia no Setor Agroindustrial*. Obtido de REVISTA AGROTEC: <http://www.agrotec.pt/noticias/santarem-acolhe-congresso-sobre-tecnologia-no-setor-agroindustrial/>
- AGROTECNOLOGICA. (2016a). *Sobre nós - AGROTECNOLOGICA*. Obtido de AGROTECNOLOGICA: <http://agrotecnologica.pt/index.php/sobre.html>
- AGROTECNOLOGICA. (2016b). *AGROTECNOLOGICA - Apresentação*. Obtido de CRITICAL KINETICS: <http://critical-kinetics.pt/Apresentacao-Agro-CK/apresentacao-agro-ck.html>
- Alves, R. T., L. Guntzel, D., Reghelin, C. G., & Barichello, R. (2010). Geração de Energia Elétrica com Biogás: Um Caso Prático na Suinocultura. 1ª SAEP – *Semana Acadêmica da Engenharia de Produção - FAHOR*.
- Bexiga, M. I. (2014). Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. *Photovoltaic Powered Water Pumping Systems: Design and optimization of an irrigation system*.
- Carneiro, J. (2009). Projeto Interdisciplinar do 2º ano do Mestrado em Engenharia Textil da Universidade do Minho. *DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS*.
- Castro, R. (2011). Energia Solar Fotovoltaica. Em R. Castro, *Uma Introdução às Energias Renováveis: Eólica, Fotovoltaica e Mini-Hídrica* (1ª ed., pp. 355-414). IST Press.
- Cendales Ladino, E. D., & Jiménez Castellanos, S. A. (2014). Modelamiento computacional de la producción de energía renovable a partir del biogás mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino. *Revista EAN No.77*, pp. 42-63. Obtido em 2016
- Correia, M. J. (2015). Dissertação de Mestrado, Área Departamental de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. *Sistemas de Bombagem de Água utilizando Energia Solar Fotovoltaica*.
- Costa, R. (2011). Trabalho de projeto para obtenção do grau de Mestre, Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. *Produção e Aplicação de Biogás*. Coimbra.
- CRITICAL KINETICS. (2011). *CK Solar Academy*. Obtido de CRITICAL KINETICS: http://critical-kinetics.pt/CK_SolarAcademy/apresentacao-academy.html
- CRITICAL KINETICS. (2011). *Logotipo e imagem*. Obtido de CRITICAL KINETICS: http://critical-kinetics.pt/A-Empresa/logotipo_imagem.html

- CRITICAL KINETICS. (2011). *SMART PV*. Obtido de CRITICAL KINETICS: <http://critical-kinetics.pt/Solar-Fotovoltaico/apresentacao-smart-pv.html>
- CRITICAL KINETICS. (2014). *Autoconsumo|UPAC*. Obtido de CRITICAL KINETICS: <http://critical-kinetics.pt/Autoconsumo/a-nossa-proposta-autoconsumo.html>
- CRITICAL KINETICS. (2016). *AGRO CK*. Obtido de CRITICAL KINETICS: <http://critical-kinetics.pt/Apresentacao-Agro-CK/apresentacao-agro-ck.html>
- CRITICAL KINETICS e CK Solar Academy. (2011). *Certificação DGERT*. Obtido de CK Solar Academy: <http://www.cksolaracademy.com/dgert.html>
- CRITICAL KINETICS e CK Solar Academy. (2011). *Destinatários*. Obtido de CK Solar Academy: <http://www.cksolaracademy.com/destinatarios-ciaf.html>
- Debastiani, G. (2013). Dissertação de Mestrado em Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. *Avaliação da eficiência energética de um sistema híbrido eólico-fotovoltaico para Cascavel-Paraná*. Cascavel. Obtido em 2016
- DGEG. (2012). *Política Energética - Caracterização Energética Nacional 2012*. Obtido de Direção Geral de Energia e Geologia: <http://www.dgeg.pt/>
- DIRECTIVA 2009/72/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. (13 de julho de 2009). DIRECTIVA 2009/72/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. *DIRECTIVA 2009/72/CE de 13 de julho de 2009*.
- Duarte, P. (2010). Dissertação de Mestrado, Departamento de Electrónica da Escola de Engenharia da Universidade do Minho. *Interface de um Gerador Eólico de Pequena Potência com a Rede Eléctrica*.
- Dutra, R. (2008). Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, CEPEL, Grupo Eletrobrás. *Energia Eólica, Princípios e Tecnologias*.
- Ely, F., & W. Swart, J. (outubro de 2014). Energia solar fotovoltaica de terceira geração. *Espaço IEEE*, pp. 138-139.
- Energia Simples. (2014). *Energia Simples - Logotipo*. Obtido de Energia Simples: <http://www.energiasimples.pt/>
- Energia Simples. (29 de março de 2016). Tarifas do ano 2016. *Cálculo da tarifa indexada da Energia Simples*. Porto, Portugal.
- EnergySage. (2017). *How long do solar panels last?* Obtido em 2017, de EnergySage: <http://news.energysage.com/how-long-do-solar-panels-last/>
- enersave. (2016). *Energía Solar*. Obtido de enersave - Ingeniería de Ahorro Energético: <http://enersave.es/medicion-neta/energia-solar>
- EnerSys. (2014). *EnerSys - Download Area*. Obtido de EnerSys Power/Full Solutions: http://www.enersys-emea.com/reserve/pdf/EN-PS-TS-RS-005_0814.pdf
- ERSE. (2016). *Mercado diário*. Obtido de Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos: <http://www.erse.pt/pt/supervisaodemercados/mercadodeelectricidade/mercadodiario/Paginas/default.aspx>
- Especificações de projeto*. (2012). Obtido de Evolução da Tecnologia AALP: <https://evolucaoaalp.wordpress.com/2012/06/19/especificacoes-de-projeto/>
- Fernandes, A. R. (2010). Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia da Faculdade de Ciência da Universidade de Lisboa. *Avaliação da interferência aerodinâmica entre as pás e a torre de uma turbina eólica*. Lisboa.

- Ferreira, B., & Sá, R. (Julho de 2006). Relatório final de projecto, Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. *Aplicações não convencionais de Energia Solar*. Porto.
- Frigo, K. D., Feiden, A., Galant, N. B., Santos, R. F., Mari, G. A., & Frigo, E. P. (2015). Acta Iguazu v.4 n.1. *Biodigestores: seus modelos e aplicações*, pp. 57-65.
- Fronius International. (2016). *Fronius Symo 15.0-3-M*. Obtido de Fronius International: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-01316FD5-6C1A1C43/fronius_international/hs.xsl/83_30413_ENG_HTML.htm#.V88BMZgrLIU
- Galp Energia. (2011). *O negócio da electricidade em Portugal*. Obtido de Galp Energia: <http://www.galpenergia.com/PT/agalpenergia/os-nossos-negocios/Gas-Power/Power/Paginas/Negocio-da-electricidade-em-Portugal.aspx>
- GRACE Communications Foundation. (2016). *Energy and Agriculture*. Obtido de GRACE Communications Foundation: <http://www.gracelinks.org/118/energy-and-agriculture>
- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (2013). IFN6 – Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal. *Resultados preliminares*, (p. 34). Lisboa.
- Junior, A. A., & Bueno, O. d. (2015). Revista Energia Na Agricultura. *PARTICIPAÇÃO DA ENERGIA FÓSSIL NA PRODUÇÃO DOS FERTILIZANTES INDUSTRIAIS NITROGENADOS COM ÊNFASE NA UREIA*, 30, pp. 442-447. Obtido em 2017
- Lorentz. (2016). Software Lorentz Compass 3.1.
- LORENTZ. (2017). *About LORENTZ*. Obtido em 2017, de LORENTZ: <https://www.lorentz.de/company/about-lorentz/>
- Marques, J. (2011). Trabalho de projeto para obtenção do grau de Mestre, Departamento de Engenharia Electrotécnica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. *Estudo de sistemas de microprodução de energia elétrica híbridos que utilizam a energia solar e eólica*. Coimbra.
- Martínez, E. J. (2015). *Semiconductores Extrínsecos e Intrínsecos*. Obtido de Seminario de Circuitos Digitales: <http://seminario-digitales.blogspot.pt/2015/01/semiconductores-extrinsecos-e.html>
- Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. (20 de outubro de 2014). DECRETO-LEI N.º 153/2014 - DIÁRIO DA REPÚBLICA N.º 202/2014, SÉRIE I.
- Morais, J. L. (2009). *Sistemas Fotovoltaicos da Teoria à Prática*.
- Nascimento, M. A., Lora, E. S., Venturini, O. J., Maldonado, M. R., Andrade, R. V., Corrêa, P. S., & Leite, M. A. (2006). Utilização do biodiesel de mamona em micro-turbinas a gás-testes de desempenho térmico e emissões. *6º Encontro de Energia no Meio Rural*.
- Nazareno. (2012). *Biodigestor, gerador de biogás*. Obtido de <http://fenobras.blogspot.pt/2012/06/biodigestor-gerador-de-biogas.html>
- Nunes, A. C. (2014). Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. *Sistema híbrido fotovoltaico / eólico / diesel aplicado a um navio, do ponto de vista energético, ambiental e económico*. Lisboa.
- OMIE. (2016). *Mercado diário e Intradiário de electricidade*. Obtido de OMIE: <http://www.omie.es/inicio/mercados-y-productos/mercado-electricidad/nuestros-mercados-de-electricidad>
- OMIP. (2011). *MIBEL - Mercado Ibérico de Electricidade*. Obtido de OMIP - Operador do Mercado Ibérico de Portugal: <http://www.omip.pt/OMIP/MIBEL/tabid/72/language/pt-PT/Default.aspx>
- Palhaci, M. d., Deganutti, R., Rossi, M., Tavares, R., & Santos, C. d. (2002). Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. *4º Encontro de Energia no Meio Rural*.

- Pinho, J., Blasques, L., Bispo, S., & Galhardo, M. A. (2004). OPERATION STRATEGIES OF WIND-DIESEL. *GLOBAL WIND POWER*. Chicago, EUA.
- Portal das Energias Renováveis. (2016). *Estado em Portugal - Atualidade: Solar Térmico*. Obtido de Portal das Energias Renováveis: http://energiasrenovaveis.com/DetailheConceitos.asp?ID_conteudo=47&ID_area=8&ID_sub_area=27
- PORTUGAL 2020. (2014). *O que é o Portugal 2020*. Obtido de Portugal 2020: <https://www.portugal2020.pt/Portal2020/o-que-e-o-portugal2020>
- PORTUGAL2020. (2014). *Tema 1 - Informações gerais sobre o Portugal 2020*. Obtido de Portugal 2020: <https://www.portugal2020.pt/Portal2020/FAQs-Tema1>
- PVsyst SA. (2017). Obtido de PVsyst PHOTOVOLTAIC SOFTWARE: <http://www.pvsyst.com/en/>
- REC Group. (2016). *REC Peak Energy*. Obtido de REC: http://www.recgroup.com/sites/default/files/documents/ds_rec_peak_energy_series_rev_w_eng.pdf
- Rodríguez-Borgesl, C., & Sarmiento-Sera, A. (2015). Competitividad de los sistemas híbridos eólicos-fotovoltaicos para. *Ingeniería Mecánica. Vol. 18. No. 1*, pp. 12-22.
- Roriz, L., & Calhau, K. (2010). Capítulo 16 - Determinação da energia obtida num painel solar fotovoltaico. Em L. Roriz, J. Rosendo, F. Lourenço, K. Calhau, & F. Morais, *Energia Solar em Edifícios* (1ª ed., pp. 407-425). Edições Orion.
- Rosendo, J. (2010a). Capítulo 13 - Sistemas Fotovoltaicos. Em L. Roriz, J. Rosendo, F. Lourenço, K. Calhau, & F. Morais, *Energia Solar em Edifícios* (1ª ed., pp. 343-359). Edições Orion.
- Rosendo, J. (2010b). Capítulo 10 - Fundamentos da transformação da energia solar em energia eléctrica. Em L. Roriz, J. Rosendo, F. Lourenço, K. Calhau, & F. Morais, *Energia Solar em Edifícios* (1ª ed., pp. 275-292). Edições Orion.
- SASenergia. (2016). *Bombagem Solar*. Obtido de SASenergia - Energias Renováveis e Eficiência Energética: http://www.sasenergia.pt/shop/index.php?route=product/category&path=3_25
- Skelion. (2017). *SOLAR SYSTEMS DESIGN PLUGIN FOR SKETCHUP*. Obtido em 2017, de Skelion: <http://www.skelion.com/>
- Suzuki, A. P., Fernandes, D. M., Faria, R. A., & Vidal, T. C. (2011). Uso de biogás em motores de combustão interna. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, v.4, n.1*, pp. 221-237.
- Teston, D. (2010). Monografia de especialização - Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios do Setor Energético do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo. *A produção de energia a partir de esterco bovino como solução ambiental para impactos gerados por sistemas intensivos de produção animal*. São Paulo. Obtido em 2016
- Trimble Inc. (2017). *The easiest way to draw in 3D*. Obtido em 2017, de SketchUp: <https://www.sketchup.com/>
- Union of Concerned Scientists. (2016). *Renewable Energy and Agriculture: A Natural Fit*. Obtido de Union of Concerned Scientists - Science for a healthy planet and safer world: http://www.ucsusa.org/clean_energy/smart-energy-solutions/increase-renewables/renewable-energy-and.html#.V9gVmvorLIV

