



**isec**  
**Engenharia**

MESTRADO EM ENGENHARIA  
ELETROTÉCNICA

**Sistemas e Produção de Energias  
Renováveis em Edifícios Hospitalares**

DEFINITIVO

Autor

**Hugo Miguel De Jesus Mendes Pereira**

Orientador

**Dulce Helena de Carvalho Coelho**

INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA

Coimbra, março 2021



# isec

## Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
ELETROTÉCNICA

### **Sistemas e Produção de Energias Renováveis em Edifícios Hospitalares**

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

Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de Energia

Autor

**Hugo Miguel De Jesus Mendes Pereira**

Orientador

**Dulce Helena de Carvalho Coelho**

Supervisor na empresa  
Hospitais - SUCH

Serviços de Utilização Comum dos

**Engenheiro Carlos Branco**

INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA

Coimbra, março 2021





## AGRADECIMENTOS

Deste já quero agradecer a todos que contribuíram para a minha formação académica.

Um agradecimento especial ao meu irmão, Ricardo Pereira, por me ter incentivado a envergar por este caminho académico, e por todo o apoio recebido no decorrer do curso.

Ao professor, Inácio Fonseca, por se ter mostrado disponível em auxiliar-me na procura de campo de estágio, e pela sinceridade/honestidade criada na relação entre professor e aluno.

À minha orientadora, Dulce Coelho, pela sua disponibilidade, dedicação e aos seus vastos conhecimentos para a elaboração deste trabalho.

Ao Engenheiro, Carlos Branco, pela sua postura acolhedora na instituição e pelos seus conhecimentos transmitidos.

Ao Engenheiro, Carlos Pinto, pela disponibilidade e pelos seus conhecimentos transmitidos durante as diversas vistorias.

Por último, mas de igual relevo, aos meus pais, pelo apoio, incentivo, motivação transmitido ao longo da minha vida.

Um Obrigado.



## RESUMO

Este Relatório refere-se ao Estágio curricular, no âmbito do Curso Mestrado de Engenharia Eletrotécnica – Área de especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de Energia, que decorreu no Serviço de Utilização Comum dos Hospitais (SUCH), no departamento de Engenharia – Energia.

O trabalho realizado durante o estágio teve como objetivo principal o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos ligados à rede e a serem instalados em edifícios do setor de saúde.

Como suporte à concretização daquele objetivo, no estudo do funcionamento dos sistemas fotovoltaicos e a sua aplicabilidade: tipos de sistemas fotovoltaicos que podem ser implementados em edifícios e principais elementos constituintes de cada sistema.

Como auxílio ao dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos, foi elaborado um Guia para o dimensionamento de um sistema fotovoltaico ligado à rede, que inclui o cálculo do número de módulos fotovoltaicos; o cálculo da potência do inversor; o número de módulos por fileira; o dimensionamento dos cabos e a seleção do interruptor de corte bipolar.

Tendo como base o Guia de dimensionamento elaborado, foram dimensionados 29 sistemas fotovoltaicos destinados a unidades de saúde, maioritariamente Centros de Saúde, localizados em diferentes zonas geográficas e com diferentes montantes de consumo anual de eletricidade.

Apesar do condicionamento imposto pela pandemia COVID 19, surgiu a oportunidade de acompanhar as vistorias realizadas às instalações elétricas em alguns edifícios do setor de saúde, como ao Hospital S. Teotónio - Viseu, ao Departamento de Psiquiatria – Abraveses, ao Hospital Sousa Martins – Guarda, ao Edifício Sede da ULS Guarda e ao Centro de Saúde de Vila Nova de Foz Côa. As vistorias envolveram a inspeção aos Postos de Transformação (PT) e a realização de testes/medições de equipamentos de proteção das instalações elétricas.

**Palavras-chave:** Dimensionamento Sistemas Fotovoltaico; Edifícios Hospitalares; Energias Renováveis; Vistorias aos edifícios do Sistema Nacional de Saúde.



## ABSTRACT

This report aims at presenting the description of the work developed during an academic internship, a component of the Master in Electrical Engineering Automation and Communications in Energy Systems Specialization Area. The internship took place at the Serviço de Utilização Comum dos Hospitais (SUCH), in the Engineering - Energy department.

The main objective of this academic internship was the design of photovoltaic systems grid connected, to be installed in health sector's buildings.

Regarding this main objective, a study on the different types of photovoltaic systems that can be implemented in the building sector and the components of each system, was conducted.

In order to support the design of the different photovoltaic systems, a Photovoltaic System Sizing Guide was developed. This Guide includes calculations regarding the number of photovoltaic modules and the number of modules per string, inverter and cables sizing and bipolar cut-off switch selection.

Based on the developed Guide, 29 photovoltaic systems were designed for health units, mostly Health Centers, located in different geographical areas and with different amounts of annual electricity consumption.

Despite the restrictions of the COVID 19 pandemic, some inspections of electrical installations in different health units were carried out: S. Teotónio Hospital - Viseu, Department of Psychiatry - Abraveses, Viseu; Sousa Martins Hospital - Guarda, ULS Guarda Headquarters and the Vila Nova de Foz Côa Health Center. The inspection of electrical installations in health units involved Power Transformation Stations inspection, tests and measurements of protective equipment for electrical installations as well as visual inspections.

**Keywords:** Photovoltaic systems design; Hospital Buildings; Inspections of electrical installations; Renewable energy.



## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	v
ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABELAS .....	xi
SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS.....	xiii
Capítulo - 1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1- Objetivos Propostos .....	2
2.1- Estrutura do Relatório .....	2
3.1- Breve caracterização do SUCH .....	3
1.3.1- Organização da associação.....	4
Capítulo - 2 SISTEMAS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA .....	7
1.2- Sistema off-grid .....	7
2.2- Sistema on-grid .....	8
3.2- Sistema híbrido .....	8
4.2- Componentes de um sistema fotovoltaico .....	10
5.2- Módulos fotovoltaicos.....	10
6.2- Baterias .....	12
7.2- Reguladores de carga.....	13
8.2- Inversores.....	14
9.2- Proteções .....	15
10.2- Enquadramento legal.....	16
Capítulo - 3 GUIA PARA O DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FV LIGADO À REDE .....	19
1.3- Número de módulos fotovoltaicos.....	19
2.3- Potência do inversor .....	20
3.3- Número de módulos por fileira .....	21
4.3- Dimensionamento dos cabos.....	22
5.3- Interruptor de corte bipolar .....	23
Capítulo - 4 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	25
1.4- Sistemas fotovoltaicos dimensionados .....	25
2.4- Sistema fotovoltaico – Centro de Saúde de Proença-a-Nova .....	26
3.4- Sistema fotovoltaico – Centro de Saúde Beja - J.P. Dias.....	30

4.4- Sistema fotovoltaico – Centro de Saúde de Vagos .....	32
Capítulo - 5 VISTORIAS ÀS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS .....	35
1.5- Enquadramento legislativo e intervenção do SUCH.....	35
2.5- Equipamento utilizado .....	37
5.2.1- Câmara termográfica .....	37
5.2.2- Medidor de Terras (Fluke 1625).....	38
5.2.3- Analisador de Instalações Elétricas (Fluke 1653B) .....	39
3.5- Postos de Transformação .....	40
4.5- Vistorias realizadas .....	42
5.4.1- C.H.U.C., EPE – Hospital da Universidade de Coimbra.....	43
5.4.2- C.H.T.V., EPE – Hospital S. Teotónio – Viseu.....	44
5.4.3- C.H.T.V., EPE – Departamento de Psiquiatria – Abraveses .....	45
5.4.4- U.L.S. Guarda, EPE – Hospital Sousa Martins – Guarda.....	46
5.4.5- U.L.S. Guarda, EPE – Edifício Sede Da U.L.S.G .....	47
5.4.6- U.L.S. Guarda, EPE – Centro de Saúde de Vila Nova de Foz Côa .....	47
Capítulo - 6 Conclusões .....	49
Referências bibliográficas .....	51
Anexo 1 – Registo de Terras.....	54
Anexo 2 – Exploração das Instalações Elétricas e folha associada .....	55
Anexo 3 – Relatório tipo técnico Responsável.....	57
Anexo 4 – Sunny Boy 3300 Datasheet .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Organização da Associação. ....	5
Figura 2.1 – Sistema off-grid .....	7
Figura 2.2 – Sistema on-grid [7]. ....	8
Figura 2.3 – Sistema híbrido [8]. ....	9
Figura 2.4 – Inversores “FRONIUS” de 25kW cada. ....	10
Figura 2.5 – Bolacha de silício policristalino. ....	11
Figura 2.6 – Processo de CZocharalski [11]. ....	12
Figura 2.7 – Componentes típicos de um sistema FV [12]. ....	14
Figura 2.8 – Inversor 3.0-6.0 da SMA [12]. ....	15
Figura 2.9 – Tipos de seccionador DC [12]. ....	15
Figura 2.10 – Descarregador de sobretensões DC [13]. ....	16
Figura 2.11 – Fusíveis [14]. ....	16
Figura 3.1 – Exemplo de características de um módulo FV [15]. ....	19
Figura 3.2 – Painel de 9 módulos por 2 fileiras. ....	22
Figura 4.1 – Centro de Saúde Proença-a-Nova. ....	26
Figura 4.2 – Sistema de Informação Geográfica Fotovoltaica. [17]. ....	27
Figura 4.3 – Produção para um sistema de 1kWp – Proença-a-Nova [17]. ....	28
Figura 4.4 – Centro de Saúde de Beja – J-P- Dias. ....	30
Figura 4.5 – Produção para um sistema de 1kWp - Beja [17]. ....	31
Figura 4.6 – Centro de Saúde de Vagos. ....	32
Figura 4.7 – Produção para um sistema de 1kWp - Vagos [17]. ....	33
Figura 5.1 – Equipamento obrigatório num PT. ....	37
Figura 5.2 – Câmara Termográfica (Fluke Ti110). ....	38
Figura 5.3 – Medidor de Terras. ....	39
Figura 5.4 – Analisador de instalações elétricas. ....	39
Figura 5.5 – Exemplo de uma cela fechada. ....	41
Figura 5.6 – a) PT do tipo CA; b) PT do tipo aéreo; c) PT do Tipo CB. ....	41
Figura 5.7 – PT CA adaptado. ....	42
Figura 5.8 – Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra [27]. ....	43
Figura 5.9 – Primeiro grupo de emergência do C.H.U.C.,HU Coimbra (gerador). ....	44
Figura 5.10 – Hospital S. Teotónio - Viseu [28]. ....	44
Figura 5.11 – Grupo de geradores de emergência. ....	45
Figura 5.12 – Departamento de Psiquiatria – Abraveses. ....	45

<b>Figura 5.13 – Hospital Sousa Martins [29].</b> .....	46
<b>Figura 5.14 – Grupo de Emergência da marca "Leroy-Somer" de 400kVA.</b> .....	46
<b>Figura 5.15 – U.L.S da Guarda - Sede.</b> .....	47
<b>Figura 5.16 – Centro de Saúde de Vila Nova de Foz Côa [30].</b> .....	47

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1– Tabela de ciclos de baterias de chumbo.....	13
Tabela 2.2– Principais requisitos do Decreto-Lei nº 162/2019. ....	17
Tabela 3.1– Caraterísticas do inversor. ....	20
Tabela 3.2– Tabela de secção para cabo do tipo ZZ (disponibilizada pelo SUCH). ....	23
Tabela 3.3– Características do disjuntor bipolar DC (disponibilizada pelo SUCH).....	24
Tabela 4.1 – Sistemas fotovoltaicos dimensionados. ....	25
Tabela 4.2 – Consumos de eletricidade do Centro de Saúde Proença-a-Nova-2019. ....	27
Tabela 4.3 – Características do módulo FV do Centro de Saúde Proença-a-Nova. ....	28
Tabela 4.4– Consumos de eletricidade do Centro de Saúde de Beja -2016.....	30
Tabela 4.5– Características do módulo FV do Centro de Saúde Beja. ....	31
Tabela 4.6– Consumos de eletricidade do Centro de Saúde de Vagos-2018. ....	33



## **SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS**

AT – Alta Tensão

AC – Corrente Alternada

BT – Baixa Tensão

C.H.U.C. – Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra

DC – Corrente Contínua

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

FV – Fotovoltaico

IE – Instalações Elétricas

PT – Posto de Transformação

PTC – Posto de Transformação de Cliente

QGBT – Quadro Geral de Baixa Tensão

RESP – Rede Elétrica de Serviço Público

SNS – Sistema Nacional de Saúde

SUCH – Serviço de Utilização Comum dos Hospitais

ULS – Unidade Local de Saúde

UPAC – Unidade de Produção para Autoconsumo



## **CAPÍTULO - 1 INTRODUÇÃO**

A humanidade, desde sempre, dependeu da energia para sobreviver e para se desenvolver. Ao longo dos tempos, as formas de energia usada foram sofrendo várias alterações, desde o consumo de biomassa - como a madeira, para a produção de energia térmica, de modo a possibilitar a confeção de alimentos, bem como para aquecimento, ao consumo de combustíveis fósseis, que foram introduzidos durante a revolução industrial. Porém, os combustíveis fósseis, além de serem cada vez mais escassos, são prejudiciais para o meio ambiente, uma vez que, da sua utilização resulta a libertação de gases com efeito de estufa, contribuindo para as alterações climáticas.

A consciência da necessidade de uma utilização racional de recursos e dos efeitos que o uso dos combustíveis fósseis pode causar, levou a uma maior exploração das fontes de energias renováveis. Portugal tem caminhado no sentido de uma crescente incorporação de fontes renováveis nos vários setores, tendo alcançado uma quota total de incorporação bastante acima da média europeia e, no setor da eletricidade, é atualmente o 3º país da União Europeia com maior nível de incorporação de renováveis (PNEC 2030).

O aumento da produção de energia elétrica através de sistemas de energia renovável, tirando partido das condições naturais privilegiadas que Portugal tem, contribuirá para a redução das importações de combustíveis fósseis, para a segurança do abastecimento de energia e para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

No caso do aproveitamento solar, e em particular do solar fotovoltaico, o preço da tecnologia altamente competitivo, quando comparado com outras soluções convencionais, aliado à abundância do recurso existente em Portugal, fazem do aproveitamento desta fonte de energia uma opção com grandes benefícios para os consumidores (PNEC 2030).

No setor da saúde, que engloba instalações grandes consumidoras de energia, devido às suas dimensões e especificidades de funcionamento, nomeadamente as unidades hospitalares (com funcionamento contínuo, com exigentes níveis de conforto térmico e padrões de qualidade do ar interior e com utilização de uma enorme variedade e quantidade de equipamentos de diagnóstico, tratamento e suporte à vida dos doentes, que necessitam de energia elétrica em permanência para garantir a sua operacionalidade), a instalação de sistemas solares fotovoltaicos trazem vários benefícios, como a redução do montante da fatura de energia elétrica, o aumento do conforto térmico no piso abaixo dos painéis fotovoltaicos, a redução do consumo de combustíveis fósseis (nos geradores do hospital) e a consequente redução de custos (devido às oscilações do preço do combustível e do consumo), a redução de emissões

de gases com o efeito de estufa e o aumento da autonomia do combustível e da rede de abastecimento de eletricidade.

Embora com dimensões e valores de consumo de eletricidade menores, os edifícios dos Centros de Saúde que integram o Serviço Nacional de Saúde (SNS) podem igualmente beneficiar com a instalação de sistemas solares fotovoltaicos, especificamente com uma redução significativa dos encargos com a energia elétrica.

Para além destes benefícios, quer as unidades hospitalares quer os Centros de Saúde irão transmitir boa uma imagem com a utilização da energia renovável.

O Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos Energéticos (POSEUR) tem representado um forte desafio a todas as instituições do SNS pela oportunidade de financiamento aos edifícios hospitalares de melhorarem o seu desempenho energético, apoiando, entre outras, a utilização das energias renováveis nas infraestruturas públicas, nomeadamente nos edifícios públicos.

### **1.1- Objetivos Propostos**

Este relatório refere-se ao Estágio curricular, no âmbito do Curso Mestrado de Engenharia Eletrotécnica – Área de especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de Energia, que decorreu no Serviço de Utilização Comum dos Hospitais (SUCH), no departamento de Engenharia – Energia.

O objetivo principal proposto para este Estágio foi o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos a serem instalados em edifícios do setor de saúde, maioritariamente Centros de Saúde, com diferentes necessidades de consumos anuais de eletricidade e localizados em diferentes zonas do país.

Como suporte a este objetivo, foi recomendado um breve estudo do funcionamento dos sistemas fotovoltaicos e a sua aplicabilidade e sugerido o desenvolvimento de Guia para o auxílio do dimensionamento dos vários sistemas fotovoltaicos.

Para além do dimensionamento dos vários sistemas fotovoltaicos, e apesar dos condicionalismos impostos pela pandemia COVID 19, surgiu a oportunidade de acompanhar as vistorias realizadas às instalações elétricas de alguns edifícios do setor da saúde. As vistorias realizadas envolveram a inspeção aos Postos de Transformação (PT) e a realização de testes/medições de equipamentos de proteção das instalações elétricas.

Fez também, inicialmente parte dos objetivos do estágio, o acompanhamento de uma instalação de um sistema fotovoltaico dimensionado pelo SUCH. Infelizmente, devido à pandemia COVID 19, este objetivo não se pode concretizar.

### **2.1- Estrutura do Relatório**

Este Relatório está estruturado em seis capítulos. Neste primeiro capítulo, “INTRODUÇÃO”, é feito o enquadramento do Estágio, são apresentados os principais

objetivos e a estrutura do Relatório. É feita ainda neste capítulo uma breve caracterização do Serviço de Utilização Comum dos Hospitais (SUCH), onde decorreu o Estágio.

No Capítulo 2, “SISTEMAS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA”, são abordados os diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos que podem ser implementados em edifícios, fazendo-se referência aos principais elementos constituintes de cada sistema para o seu correto funcionamento.

No terceiro capítulo é apresentado um “GUIA PARA O DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FV LIGADO À REDE”, elaborado com o objetivo de servir de base ao dimensionamento dos vários sistemas para os diferentes edifícios do setor da saúde.

No quarto capítulo, “DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS”, referem-se os sistemas fotovoltaicos dimensionados, num total de 29, maioritariamente destinados a Centros de Saúde. Apresenta-se o dimensionamento de três desses sistemas a serem instalados em regiões geográficas distintas e com diferentes valores de potência instalada: Centro de Saúde de Proença-a-Nova, Centro de Saúde de Beja e Centro de Saúde de Vagos.

No Capítulo 5, “VISTORIAS ÀS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS”, é feita referência ao enquadramento legislativo relativo às instalações elétricas e a intervenção do SUCH na avaliação das condições de segurança elétrica e na exploração das instalações elétricas. Indicam-se, ainda, as vistorias realizadas e que foi possível acompanhar.

No Capítulo 6, “CONCLUSÕES”, são apresentadas as principais conclusões do Estágio realizado e indicadas as principais contribuições e as mais valias para o estagiário.

### **3.1- Breve caracterização do SUCH**

O SUCH – Serviço de Utilização Comum dos Hospitais é uma associação privada sem fins lucrativos, tutelada pelos Ministérios da Saúde e das Finanças. A missão de serviço público está orientada para garantir a autossatisfação das necessidades dos seus associados e confere ao SUCH o estatuto de pessoa coletiva de utilidade pública administrativa. A associação tem como objetivo prestar serviços aos hospitais, desde as áreas instrumentais à atividade de prestação de cuidados de saúde [1].

Os edifícios do setor da saúde, nomeadamente os hospitais são uns grandes consumidores de energia, devido ao seu tamanho e aos equipamentos específicos de grande consumo. O SUCH é solicitado para explorar as melhorias que se podem realizar no âmbito da eficiência energética, com o intuito de otimizar os consumos, reduzir custos e também melhorar o conforto e qualidade para todos os envolvidos no edifício [2].

As infraestruturas da saúde e, em especial, os hospitais, com um funcionamento de 24 horas, todos os dias do ano, caracterizam-se pelo consumo intensivo de energia, necessário para manter condições específicas de climatização, iluminação e para os

serviços de atendimento de milhares de pacientes e utentes. Torna-se necessário introduzir critérios de eficiência energética, não apenas pelos efeitos que o consumo de energia tem sobre o ambiente, como também pelos elevados preços das diferentes formas de energia e pela repercussão no custo que representa para os serviços de saúde.

Com o objetivo de colmatar as necessidades dos Associados, o SUCH, nomeadamente na área de Energia, atua principalmente em duas grandes áreas, as Energias Renováveis e a Consultoria Energética [2].

Na área das energias renováveis, suportada pelo Decreto-Lei 363/2007, o SUCH, avançou com a instalação de 68 instalações de microgeração fotovoltaica e de sistemas solares térmicos em edifícios do SNS, comprovando que as energias renováveis, são uma principal área de negócio para esta área, podendo prever, num futuro próximo, um crescimento acentuado deste tipo de sistemas [2].

No entanto, a consultoria energética é um serviço essencial, pois é através deste, que se realiza uma auditoria energética onde vai ser possível perceber, atuar e elaborar objetivos para realizar os resultados desejados. Nos três últimos anos, o SUCH Energia, foi o responsável por dezenas de candidaturas ao financiamento europeu, no âmbito do POSEUR (Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos), que foi criado para estabelecer melhorias da eficiência energética nas infraestruturas públicas. O SUCH conseguiu que fossem aprovadas candidaturas para um valor superior a 100 Milhões de euros. Com este feito, os edifícios pertencentes ao SNS, possam ter uma eficiência energética maior que anteriormente às candidaturas, que irá permitir uma redução no consumo superior a 30%. Permitindo que grande parte dos edifícios já com algumas décadas, adotem uma tecnologia mais moderna, com um bônus de que garantir a fiabilidade dos sistemas, de melhorar o desempenho energético e do conforto. Para isto, utilizaram-se tecnologias baseadas em sistemas de climatização, sistemas de energias renováveis, sistemas de gestão centralizada e iluminação [2].

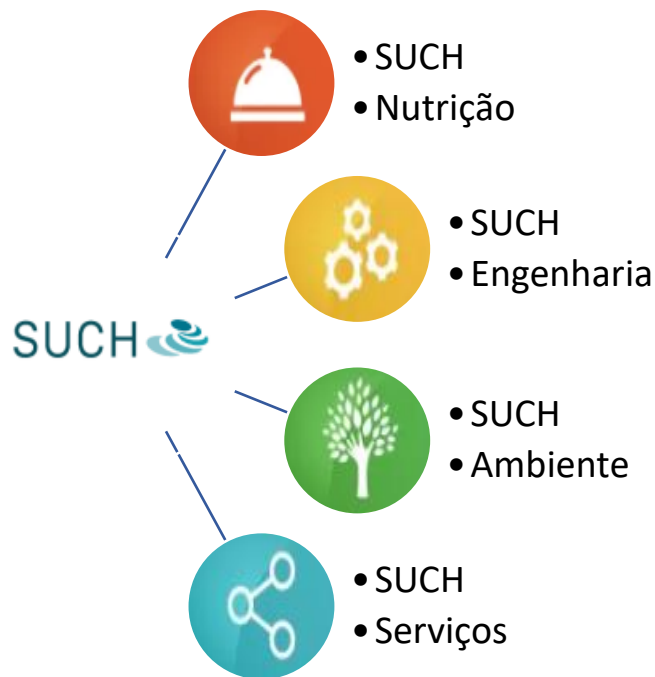
Para o SUCH, um edifício energeticamente eficiente, é um edifício mais saudável e permite ter as melhores condições para poder fornecer o bem-estar e conforto a todos os envolvidos no SNS [2].

### **1.3.1- Organização da associação**

Na Figura 1.1 é esquematizada a organização da Associação que engloba o SUCH Nutrição, SUCH Engenharia, SUCH Ambiente e SUCH Serviços.

O SUCH Nutrição surge como área que se encontra responsável pela gestão dos serviços de alimentação. Esta área conta com uma vasta experiência neste campo derivado aos vários anos já existentes nesta atividade, fazendo com que se adote uma relação de parceria e de proximidade com as instituições de cuidados de saúde. Presta um serviço de alimentação que acompanha o progresso da tecnologia e das ciências da nutrição, fazendo com que exista uma satisfação das necessidades

nutricionais. O SUCH Nutrição atua em duas unidades de prestação: Alimentação Hospitalar e a Alimentação Pública [3].



**Figura 1.1 - Organização da Associação.**

O SUCH Engenharia tem como objetivo de melhorar, através de serviços partilhados, a eficiência produtiva e a otimização dos meios humanos e materiais. Esta área trabalha em 4 unidades de prestação como a Manutenção de Instalações e Equipamentos, Energia, Projetos e Obras e, por fim, a Segurança e Controlo Técnico [4].

O SUCH Ambiente encontra-se como uma das áreas de maior relevo no apoio às instituições de saúde. Esta área foca-se primariamente no que se relaciona com a higiene e com o controlo da infeção. A existência do SUCH Ambiente surge com o intuito de promover a segurança em ambiente hospitalar e, como tal, atua sobre a gestão e tratamento da roupa hospitalar, de resíduos hospitalares, na gestão e reprocessamento de dispositivos médicos e, por fim, na limpeza hospitalar [5].

Por último, o SUCH Serviços, que sendo uma área mais recente, encontra-se focada em gerar poupanças substanciais aos seus clientes. O SUCH Serviços dedica-se apenas a libertar os clientes de serviços secundários, fazendo com que estes se dediquem apenas à prestação de cuidados de saúde. Sendo assim, esta área é composta por quatro unidades de prestação de serviços: gestão de parques de estacionamento; gestão de serviços e transporte; gestão de arquivo e armazéns centrais; por fim o laboratório de metrologia [6].



## CAPÍTULO - 2 SISTEMAS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Neste capítulo abordar-se-ão os diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos (FV) que podem ser implementados em edifícios, fazendo-se também referência aos principais elementos constituintes de cada sistema.

Uma das questões que se levanta em relação à energia fotovoltaica prende-se com a relação entre a produção de energia e o seu consumo, uma vez que, a produção depende da radiação solar e esta só permanece durante um certo período de tempo e nem sempre é constante, devido às condições meteorológicas.

Para um maior aproveitamento do sistema FV, adotaram-se vários tipos de sistemas. A escolha de cada sistema depende de vários fatores, como a localização do edifício, a possibilidade de o sistema estar ligado à rede de distribuição de energia elétrica e o perfil de consumo de energia do utilizador.

Atualmente, os sistemas FV mais comuns são o sistema ligado à rede (sistema on-grid), o sistema autónomo (sistema off-grid) e o sistema híbrido.

### 1.2- Sistema off-grid

O sistema off-grid é normalmente utilizado em zonas onde não existe rede elétrica.

Este sistema, como qualquer outro, não consegue fornecer energia constantemente, pois basta não haver condições meteorológicas para a produção, ou estar no período noturno onde existe a ausência de radiação solar. Para contornar esta situação, recorre-se a um dispositivo de armazenamento de energia, como uns acumuladores de energia – baterias (ver Figura 2.1), para garantir o abastecimento de energia, mesmo durante os períodos de não produção.

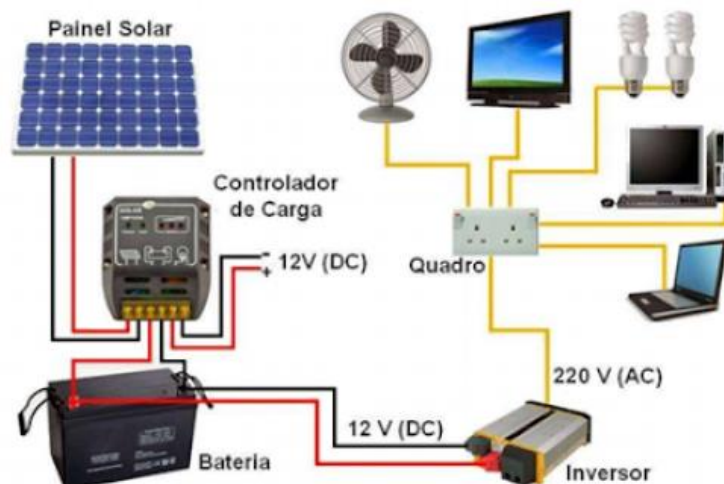


Figura 2.1 – Sistema off-grid

Num sistema off-grid, o sistema FV, ao mesmo tempo que fornece energia às diferentes cargas da instalação, fornece também energia ao controlador de carga, que por sua vez carrega as baterias. Assim, um sistema off-grid é composto, como mostrado na Figura 2.1, pelos módulos fotovoltaicos, pelo controlador de cargas, pelas baterias e pelos inversores.

## 2.2- Sistema on-grid

Num sistema on-grid, sempre que o sistema FV não tem a capacidade de produzir a energia para satisfazer as necessidades energéticas do utilizador, a rede elétrica garantirá o correto abastecimento. Por outro lado, se o sistema FV apresentar uma produção acima do que é requerido pelo utilizador, este permite que a energia em excesso possa ser injetada na rede elétrica.

Neste sistema, ao contrário do sistema off-grid, não é necessário recorrer à instalação de baterias, necessitando apenas dos módulos fotovoltaicos e dos inversores, como mostrado na Figura 2.2. Tendo em conta a facilidade da interligação do sistema e do menor número de equipamentos, este sistema é o mais comum em comparação com o off-grid.

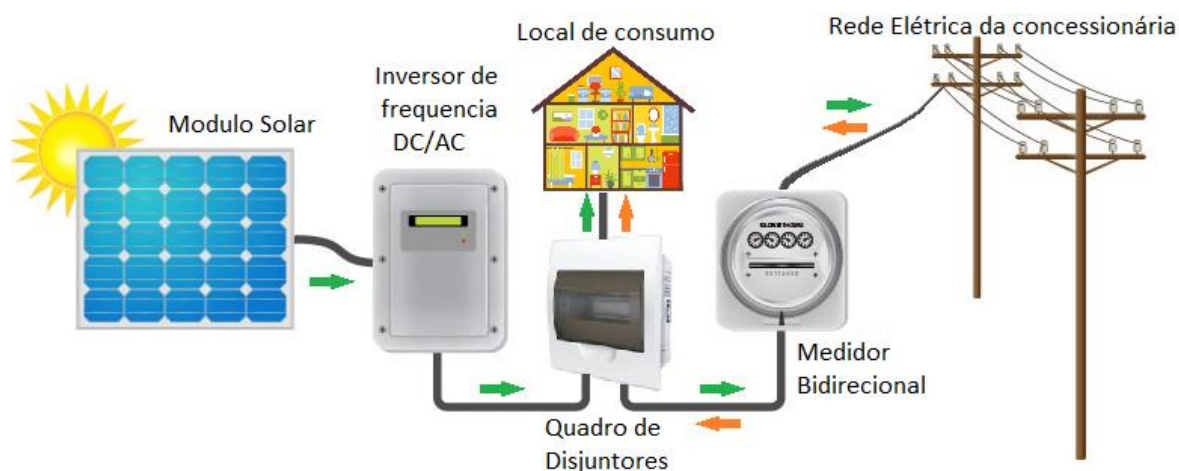


Figura 2.2 – Sistema on-grid [7].

## 3.2- Sistema híbrido

Os sistemas híbridos são basicamente sistemas que permitem a combinação com outras fontes de energia, permitindo, assim, o carregamento das baterias na ausência da radiação solar. As outras fontes de energia podem ser desde um gerador a gás a uma turbina eólica, como também a rede elétrica. Como pode ser observado na Figura 2.3, um sistema híbrido é um sistema on-grid interligado com um sistema off-grid.



Figura 2.3 – Sistema híbrido [8].

Este sistema apresenta algumas vantagens, tais como:

- Permite o armazenamento de energia solar para que se possa usar durante a noite;
- Proporciona uma independência energética maior, pois num ato de apagão, as baterias podem fornecer energia;
- Caso as baterias descarregarem e não existir produção FV, as necessidades energéticas vão ser asseguradas pela rede;
- Permite a redução da fatura energética;
- Permite, no caso de excedente de produção e com as baterias completamente carregadas, que a energia seja injetada na rede.

Como qualquer sistema, apresenta algumas desvantagens, como:

- Requer um maior investimento que o sistema on-grid, porque necessita de baterias;
- Devido à complexidade do sistema, irá existir a necessidade de se reservar um espaço maior para o sistema, para a instalação das baterias.

Como exemplo dos sistemas descritos acima, houve a possibilidade, no âmbito da exploração de energia, visitar o C.H.U.C, onde foi possível observar uma secção da instalação fotovoltaica, onde se encontravam os inversores (de marca “FRONIUS”), realizada em 2015. O sistema adotado nesta instalação, foi o de grid, onde a produção de energia é feita para autoconsumo. A instalação foi dimensionada para uma potência de 262500Wp, aproximadamente 262.5kWp, possuindo ainda uns 1050 módulos fotovoltaicos de 250W e 10 inversores de 25kW de potência nominal [9].



Figura 2.4 – Inversores “FRONIUS” de 25kW cada.

#### 4.2- Componentes de um sistema fotovoltaico

Com o objetivo de fornecer energia elétrica estável aos equipamentos consumidores, mesmo na ausência de radiação solar, os sistemas fotovoltaicos necessitam, para um correto funcionamento, de outros componentes para além dos módulos fotovoltaicos.

Deste modo, os sistemas fotovoltaicos podem possuir também equipamentos de conversão (um inversor que converte corrente contínua para corrente alternada), de proteção (fusíveis, seccionadores) e de controlo (regulador de carga), podendo ainda conter um sistema de armazenamento de energia (baterias).

#### 5.2- Módulos fotovoltaicos

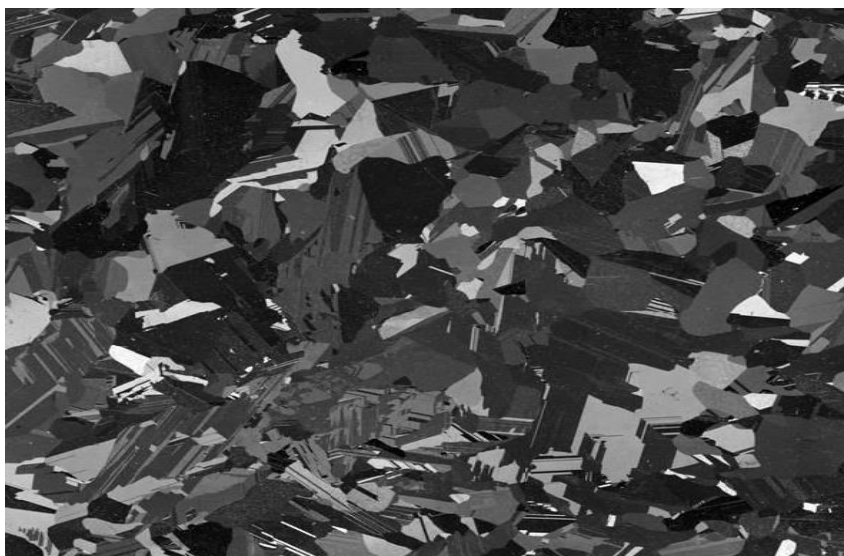
Os módulos fotovoltaicos são o elemento principal do sistema, normalmente constituídos por um conjunto de células fotovoltaicas. As células estão habitualmente dispostas em série nos módulos, até perfazer a tensão desejada, e encapsuladas para a sua proteção, pois estas são extremamente frágeis. As células, comercialmente mais comuns são policristalinas e/ou monocristalinas.

Os geradores fotovoltaicos podem ser ligados em série (*string*) e em paralelo, de modo a que a produção do conjunto seja de acordo com a tensão e potência requeridas pelo sistema dimensionado. Na ligação em série, a tensão do conjunto será igual à soma das tensões de cada módulo e a corrente permanecerá inalterada; na ligação em paralelo, a tensão do conjunto permanecerá idêntica, e a corrente do conjunto resultará da adição das correntes individuais.

Os módulos estão sujeitos ao sombreamento, que se verifica quando um obstáculo ou sujidade se encontra em frente das células. Este fenómeno, quando atinge uma ou várias células, irá limitar a corrente em toda a *string* de células. Para evitar que esta

situação ocorra, existem uns díodos de desvio (bypass), que fazem com que a corrente não passe pelas células afetadas. Quando o sombreamento ou outro efeito afetar um módulo, recorre-se aos díodos de bloqueio. Estes díodos são utilizados em situações em que existe um curto-circuito ou um sombreamento num ou vários módulos de uma string, permitindo que as outras strings possam funcionar normalmente.

De acordo com Josué Morais, 2019, as células solares policristalinas são fabricadas por um material denominado por silício (puro). O processo de fabrico inicia-se com umas barras de silício, que vão ao forno para que o material fique fundido. Após este processo, o material é arrefecido lentamente conduzindo à formação de cristais, que de seguida irá ser cortado em formato tipo “bolacha” (Figura 2.5), com as dimensões das células desejadas. Este método de fabrico torna as células baratas, no entanto torna as células pouco eficientes, podendo atingir em laboratório uma eficiência de 20%, mas na realidade o rendimento aproxima-se dos 16 a 17%.



**Figura 2.5 – Bolacha de silício policristalino.**

As células solares monocristalinas são fabricadas a partir do mesmo material que as policristalinas, no entanto, estas sofrem um processo diferente. Processo esse, chamado de Czochralski, ilustrado na Figura 2.6. Este processo consiste na introdução de uma semente ao silício já fundido com um fio que se encontra em constante rotação, de forma a que, o cristal comece a solidificar à volta da semente com a orientação requerida. Ao obter o cristal, este vai ser cortado em formato de “bolacha” já com as dimensões desejadas [10].

As células monocristalinas são as mais eficientes das células de silício, consequentemente são as mais caras. A eficiência testada em laboratório chega a 25%, no entanto comercialmente fica pelo valor de 22%.

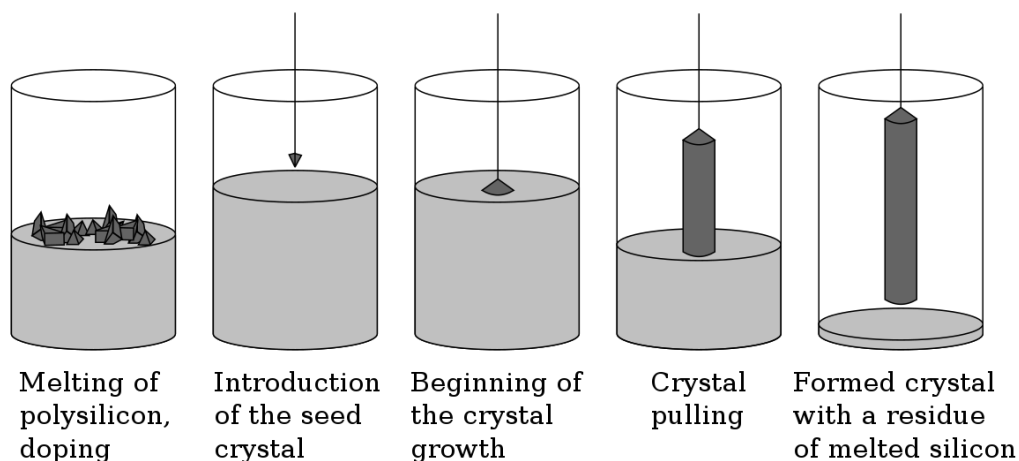


Figura 2.6 – Processo de CZocharalski [11].

## 6.2- Baterias

Um sistema fotovoltaico não é perfeito. A produção de energia elétrica através da radiação solar está dependente das condições meteorológicas e da posição do Sol. Para ultrapassar este condicionalismo em sistemas isolados (off-grid), recorre-se a um sistema de armazenamento de energia. As baterias são utilizadas para assegurar que a potência solicitada esteja disponível, mesmo quando esta é superior à potência produzida, ou quando não há produção.

Como qualquer componente de um sistema FV há que ter uns requisitos, para as baterias são os seguintes:

- Maior número de ciclos de carga e descarga;
- Possibilitar ciclos de carga e descargas diários;
- Longo tempo de vida;
- Baixo valor de auto-descarga;
- Baixo custo;
- Manutenção reduzida.

Nos sistemas FV, as baterias mais comuns são as de ácido-chumbo derivado às suas características e ao seu baixo custo, relativamente às outras tecnologias. As baterias mais indicadas para aplicações solares são aquelas que possuem um rendimento energético de 80% (percentagem de energia que é capaz de fornecer em relação à energia injetada na carga da mesma), uma taxa de auto-descarga inferior a 5% e que possibilita um número de ciclos de carga/descarga superior a 2000 para uma descarga profunda de 35%.

Na Tabela 2.1 são apresentados alguns ciclos para dois tipos de baterias de ácido-chumbo: bateria de ciclo profundo e bateria de automóvel.

**Tabela 2.1– Tabela de ciclos de baterias de chumbo.**

Tipo de bateria	Ciclos completos	Profundidade de descarga			
		20%	40%	50%	80%
Bateria de ciclo profundo	1200	6000	3000	2300	1800
Bateria de automóvel	200	1000	500	400	250

Como se pode observar pela tabela à medida que se aumenta a profundidade de descarga, menores serão os ciclos que se irão retirar das baterias.

As baterias são caracterizadas pela sua capacidade, normalmente em ampere-hora (Ah). A capacidade  $C_n$ , indica a quantidade de energia que se pode retirar da bateria, estando ela carregada, até atingir o limite da tensão, em  $n$  horas, para um valor da corrente de descarga conhecido e a uma temperatura de 25°C. Os valores mais frequentes para o  $n$  são o 10, o 20 e o 100, que representam o C10, C20 e o C100. Para um sistema FV, a bateria deve ter uma autonomia que dure até alguns dias, no dimensionamento utiliza-se o valor da capacidade de C100.

As baterias de ácido-chumbo podem ser colocadas em paralelo e/ou em série, conforme a necessidade da instalação. Se a necessidade for a de só aumentar tensão, as baterias ficam em série, se a necessidade for a da corrente, as baterias irão ser colocadas em paralelo, podendo mesmo serem colocadas nas duas formas.

## 7.2- Reguladores de carga

As baterias são a parte mais vulnerável do sistema FV, visto que o tempo de vida destas depende da forma como funciona o sistema e dos hábitos de consumo. Para ajudar a aumentar o tempo de vida, coloca-se um equipamento que controle a carga e descarga da bateria, equipamento esse, designado por regulador de carga.

Os reguladores de carga devem ter como funções:

- Minimizar as perdas do eletrólito;
- Proteger as baterias contra as descargas profundas;
- Permitir a carga completa da bateria de modo a que a degradação das placas seja ligeira, e promover a equalização da carga entre as várias células da bateria;
- Fornecer informação aos utilizadores do estado de carga da bateria.

O regulador de carga deve ser colocado entre os módulos solares, a bateria e as cargas, como indicado na Figura 2.7.

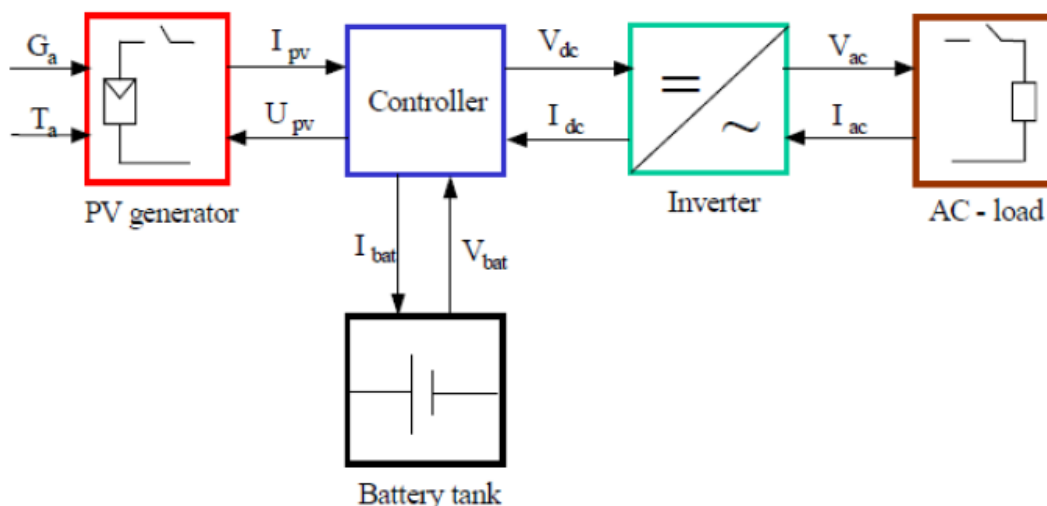


Figura 2.7 – Componentes típicos de um sistema FV [12].

Os reguladores de carga devem ser dimensionados para a tensão nominal do sistema, para corrente máxima que os módulos FV podem fornecer e à corrente máxima de consumo em curto-circuito.

## 8.2- Inversores

Os inversores são equipamentos de eletrónica de potência, capazes de transformar energia eléctrica em corrente contínua, originada pelos módulos FV, em corrente alternada de 230V. Uma imagem do Inversor 3.0-6.0 da SMA [12] é mostrado na Figura 2.8.

Existem dois tipos de inversores no mercado, sendo estes:

- Os auto comutados, que permitem a utilização de qualquer carga doméstica, pois as cargas típicas por norma são de baixa potência. Estes inversores são mais comuns nos sistemas autónomos e híbrido;
- Os inversores comutados pela rede, que permitem enviar para a rede a energia produzida pelo sistema FV.

Existem dois tipos de inversores auto comutados, um deles que praticamente nos dias de hoje já não se utiliza, designados de onda quadrada, e os segundos de onda sinusoidal, sendo estes os que se encontram mais no mercado.

Um inversor para ser utilizado num sistema FV deve apresentar as seguintes características:

- Um rendimento superior a 90%;
- Permitir sobrecargas até duas a três vezes a potência nominal num período de 5s, de modo a permitir o arranque, por exemplo, dos motores de frigoríficos e das máquinas de lavar roupa/loja;
- Ter um consumo muito baixo (<1W) em modo de “Stand-by”.

O inversor deve ser dimensionado para a tensão nominal do sistema e que possa fornecer potência à maior carga do sistema, mais às outras cargas que possam estar a funcionar em simultâneo com a ela.



Figura 2.8 – Inversor 3.0-6.0 da SMA [12].

## 9.2- Proteções

As proteções mais importantes no sistema solar são os seccionadores bipolares DC, os descarregadores de sobretensão DC e as proteções de corte (fusíveis).

Os seccionadores bipolares DC, como os mostrados na Figura 2.9, apresentam a funcionalidade de isolar os módulos FV do resto da instalação, mas nunca se deve manobrar o seccionador DC sem antes ter manobrado o seccionador do lado AC, uma vez que, enquanto existir produção de energia nos módulos, o manuseamento do seccionador DC pode dar origem a um arco-elétrico.

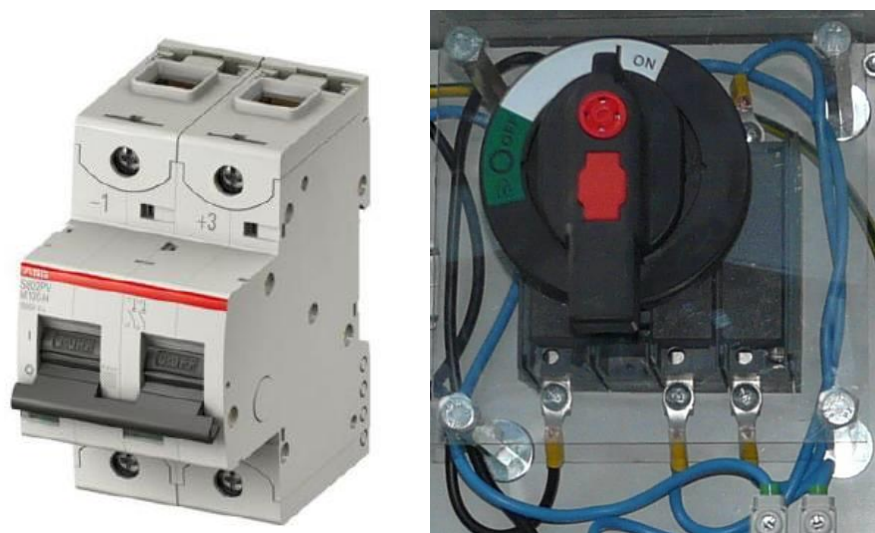


Figura 2.9 – Tipos de seccionador DC [12].

Como medida de proteção contra sobretensões devem ser introduzidos uns descarregadores de sobretensão para corrente contínua, como o mostrado na Figura 2.10. Deste modo, a instalação fica protegida contra descargas atmosféricas, levando a descarga para a terra do sistema. Estas proteções devem ser colocadas antes do inversor.



**Figura 2.10 – Descarregador de sobretensões DC [13].**

Por fim, temos as proteções contra sobreintensidades, os fusíveis (Figura 2.11), que são usados para proteger os módulos contra sobrecargas e curto-circuitos. Devem-se usar dois fusíveis por cada string, um no positivo, outro no negativo.



**Figura 2.11 – Fusíveis [14].**

## 10.2- Enquadramento legal

A produção de energia elétrica a partir de sistemas fotovoltaicas tem por enquadramento legal o do Decreto-Lei 162/2019, que transpõe parcialmente para a ordem jurídica nacional a Diretiva (UE) 2018/2001 do Parlamento Europeu e do

Conselho, de 11 de dezembro de 2018, relativa à promoção da utilização de energia de fontes renováveis. Aquele decreto-lei estabelece o regime jurídico aplicável ao autoconsumo de energia renovável, estabelecendo os requisitos associados às unidades de produção para autoconsumo (UPAC), destinadas primordialmente à satisfação de necessidades próprias de abastecimento de energia elétrica. Na Tabela 2.2 apresentam-se os principais requisitos referentes às UPAC, de acordo com o valor da potência instalada e ligadas à rede elétrica de serviço público (RESP).

**Tabela 2.2– Principais requisitos do Decreto-Lei nº 162/2019.**

	<b>Potência das UPAC ligadas à RESP</b>			
	<b>≤350W</b>	<b>350W – 30kW</b>	<b>30kW – 1MW</b>	<b>&gt;1MW</b>
<b>Registo</b>	-	Mera comunicação prévia	Registo prévio e a certificação de exploração	Licença de produção mais a de exploração
<b>Taxas de Registo</b>	-	-	Sim	Sim
<b>Equipamento de Contagem</b>	-	Sim, mas para > 4kW	Sim	Sim
<b>Seguro Responsabilidade Civil</b>	-	-	Sim	Sim



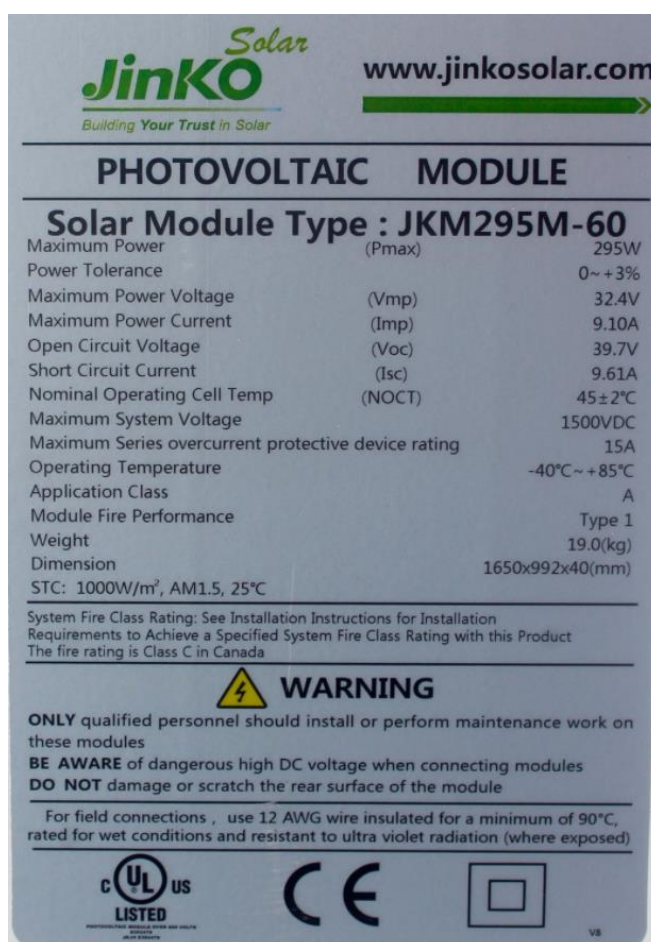
## CAPÍTULO - 3 GUIA PARA O DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FV LIGADO À REDE

Sendo um dos objetivos do Estágio o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos para autoconsumo a instalar em diversos edifícios do setor da saúde, foi elaborado um guia que servisse de base ao dimensionamento dos diferentes sistemas.

Cabe ao projetista dimensionar e selecionar qual o equipamento a instalar no edifício. O procedimento deve iniciar-se com a análise das condições do edifício ou do terreno onde o sistema irá ser instalado, verificando a área disponível, os obstáculos e sombreamentos que possam existir.

### 1.3- Número de módulos fotovoltaicos

A escolha dos módulos fotovoltaicos é normalmente feita entre as duas tecnologias referidas no capítulo anterior, o monocristalino ou o policristalino. A escolha vai ser influenciada pela área disponível e pela potência a instalar, pois o policristalino requer mais área que o monocristalino, por causa da sua diferença na eficiência do painel.






PHOTOVOLTAIC MODULE		
<b>Solar Module Type : JKM295M-60</b>		
Maximum Power	(P <sub>max</sub> )	295W
Power Tolerance		0~+3%
Maximum Power Voltage	(V <sub>mp</sub> )	32.4V
Maximum Power Current	(I <sub>mp</sub> )	9.10A
Open Circuit Voltage	(V <sub>oc</sub> )	39.7V
Short Circuit Current	(I <sub>sc</sub> )	9.61A
Nominal Operating Cell Temp	(NOCT)	45±2°C
Maximum System Voltage		1500VDC
Maximum Series overcurrent protective device rating		15A
Operating Temperature		-40°C~+85°C
Application Class		A
Module Fire Performance		Type 1
Weight		19.0(kg)
Dimension		1650x992x40(mm)
STC: 1000W/m <sup>2</sup> , AM1.5, 25°C		
System Fire Class Rating: See Installation Instructions for Installation Requirements to Achieve a Specified System Fire Class Rating with this Product The fire rating is Class C in Canada		
<b>⚡ WARNING</b>		
ONLY qualified personnel should install or perform maintenance work on these modules		
<b>BE AWARE</b> of dangerous high DC voltage when connecting modules		
<b>DO NOT</b> damage or scratch the rear surface of the module		
For field connections, use 12 AWG wire insulated for a minimum of 90°C, rated for wet conditions and resistant to ultra violet radiation (where exposed)		
  		

Figura 3.1 – Exemplo de características de um módulo FV [15].

Para a determinação do número de módulos do sistema é necessário conhecer as características do módulo fotovoltaico que vai ser usado, através da informação semelhante à mostrada na Figura 3.1.

O número  $N$  de módulos necessários para o sistema fotovoltaico será calculado através de:

$$N = \frac{P_{FV}}{P_{m\acute{a}x}} \quad (1)$$

Na equação 1,  $P_{FV}$  refere-se à potência de pico do sistema FV e  $P_{m\acute{a}x}$  é a potência máxima de cada módulo.

### 2.3- Potência do inversor

Após o cálculo do número de módulos passamos para a fase de determinar a potência do inversor a colocar no sistema, podendo ser necessário recorrer à instalação de mais do que um inversor.

A potência do inversor será determinada de acordo com:

$$0,7 \times P_{FV} < P_{INV\ DC} < 1,2 \times P_{FV} \quad (2)$$

Ou seja, a  $P_{INV\ DC}$  (Potência do inversor em DC) deverá situar-se entre 70% da potência do sistema FV e 20% acima da mesma potência.

Tendo em conta o cálculo da potência do inversor, escolhemos o inversor “Sunny Boy 3300” da SMA com as características presentes na Tabela 3.1. (datasheet do inversor disponível no Anexo 4)

**Tabela 3.1– Características do inversor.**

SMA Sunny Boy 3300		
$P_{DC}$	3820 W	
$U_{m\acute{a}x\ DC}$	500 V	
$U_{MPP}$	200 V	400 V
$IP_{Vmax}$	20 A	
<b>Rendimento</b>	95,2 %	
$U_{AC}$	220 V	240 V
$f_{AC}$	50 Hz	
$P_{ACm\acute{a}x}$	3600 W	
$P_{ACnom}$	3300 W	

### 3.3- Número de módulos por fileira

Calculado o número de módulos e selecionado o inversor a instalar, segue-se a determinação do número máximo e mínimo de módulos por fileira.

Este cálculo deve ter em consideração as características dos módulos, uma vez que, no inverno, como há menos radiação solar, a tensão poderá ser inferior à tensão mínima no ponto de potencia máxima requerida pelo inversor. Nestes dias/meses, o inversor poderá permanecer inativo, ou seja, não vai conseguir transformar a corrente contínua em corrente alternada, visto que, a tensão disponível pelo painel fotovoltaico poderá não atingir a tensão mínima. Consequentemente, se este não se encontrar ativo, não constará como uma carga, levando a que a tensão em vazio ( $U_{OC}$ ) se torne muito elevada, podendo até causar danos ao inversor.

Para determinar o número máximo de módulos por fileira, torna-se necessário calcular a tensão com uma temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$ , através da equação:

$$U_{OC(-10^{\circ}\text{C})} = \left(1 - \frac{35 \times \Delta U}{100}\right) \times U_{OC(CTS)} \quad \Delta U \text{ em } \%/^{\circ}\text{K} \quad (3)$$

Esta equação existe para limitar a tensão máxima no gerador fotovoltaico nos meses de inverno, para que a tensão  $U_{OC}$  não se torne muito elevada. Para esta equação, vamos às características do módulo FV, retirar o valor do coeficiente de temperatura  $U_{OC}$  (em  $\%/^{\circ}\text{K}$ ), e vamos colocar no lugar do  $\Delta U$  e a tensão em vazio do módulo em  $U_{OC}$ . E assim, vamos determinar a tensão em vazio para uma temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$  ( $U_{OC(-10^{\circ}\text{C})}$ ).

Com este valor vai ser possível a determinação do número máximo de módulos que a string deve ter, através da equação 4.

$$n_{m\acute{a}x.f\grave{u}l.} = \frac{U_{m\acute{a}x.inv.}}{U_{OC(-10^{\circ}\text{C})}} \quad (4)$$

Da mesma forma como foram feitos os cálculos para o número máximo de módulos por string, é necessário agora calcular o número mínimo de módulos previstos para a string. Para começar é necessário calcular o valor da tensão mínima de funcionamento dos módulos. Este, é calculado para uma temperatura máxima de funcionamento de  $70^{\circ}\text{C}$  ( $U_{MPP(70^{\circ}\text{C})}$ ).

Novamente, consultando as características dos módulos, vamos recolher o coeficiente de temperatura em vazio e o valor  $U_{MPP}$  para depois os colocar na equação 5.

$$U_{MPP(70^{\circ}\text{C})} = \left(1 + \frac{45^{\circ}\text{C} \times \Delta U}{100}\right) \times U_{MPP(CTS)} \quad (5)$$

Com o valor da tensão mínima de funcionamento podemos finalmente calcular o número mínimo de módulos:

$$n_{min} = \frac{U_{min.inv.}}{U_{MPP(70^{\circ}C)}} \quad (6)$$

Com a janela dos módulos FV em série determinados, falta obter o número de fileiras que poderão ser colocadas. Torna-se necessário conhecer os valores da corrente máxima do inversor ( $I_{máx.inv.}$ ) e da corrente máxima por fileira, para determinar o número de fileiras, com recurso à equação:

$$n_{fil} = \frac{I_{máx.inv.}}{I_{Pmáx}} \quad (7)$$

Com os resultados das equações 4, 6 e 7, vamos poder determinar a configuração do painel a instalar no edifício, ficando como o painel da Figura 3.2.

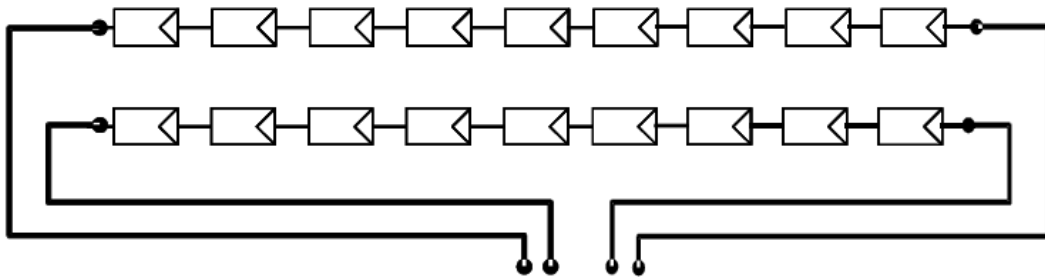


Figura 3.2 – Painel de 9 módulos por 2 fileiras.

#### 4.3- Dimensionamento dos cabos

Após a determinação do painel, iremos passar ao dimensionamento do cabo DC das fileiras (os cabos principais devem ser calculados da mesma forma). Segundo a norma IEC 60364-7-712, a corrente máxima admissível ( $I_z$ ) deve ser maior que a multiplicação de 1,25 pela corrente de curto-circuito ( $I_{cc}$ ):

$$I_z > 1,25 \times I_{CC} \quad (8)$$

Podendo da mesma forma calcular a corrente que irá circular no cabo da fileira:

$$I = 1,25 \times I_{CC\ fil} \quad (9)$$

Ao ter a corrente determinada, iremos à Tabela 3.2 onde estão localizadas as várias secções de cabo, colocamos o valor da corrente obtida na equação 9 na linha e iremos obter a secção requerida.

**Tabela 3.2– Tabela de secção para cabo do tipo ZZ (disponibilizada pelo SUCH).**

Secção	Diâmetro exterior	Peso	Raio de curvatura mínimo	Intensidade admissível ar livre	Queda de tensão DC
[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[kg/km]	[mm]	[A]	[V/a.km]
4	5,4	65	25	55	14,18
6	6,1	85	25	70	9,445
10	7,7	140	35	96	5,433
16	8,5	195	35	132	3,455
25	10,2	290	45	176	2,215
35	11,5	390	50	218	1,574

Como qualquer cabo existente, este tem uma resistência acoplada, o que vai levar a um problema que é a queda de tensão, sendo que não pode exceder a 1% à máxima potência do sistema. Para combater este problema, o que normalmente se faz, quando necessário, é aumentar a secção do cabo, mas para isso vamos utilizar as seguintes equações:

$$S = \frac{L_M * I_{Fi}}{\sigma * u} \quad (10)$$

Em que,

$$u = U * 0.01 \quad (11)$$

Não esquecendo que,

$$U = U_{pmáx} * n_{série} \quad (12)$$

Ou seja, a secção é determinada em função do comprimento do cabo (LM), da corrente da fileira (IFi), da condutividade elétrica ( $\sigma$ ) e o 1% da tensão máxima do sistema (u). Após estes cálculos podemos voltar à Tabela 3.2 e determinar a nova secção do cabo.

### 5.3- Interruptor de corte bipolar

Novamente, respeitando a norma acima, esta exige que se seja instalado um interruptor de corte bipolar antes do inversor.

$$I_{GDC} = 1,25 \times I_{CC\,FV} \quad (13)$$

Para determinarmos qual irá ser o interruptor a instalar, iremos utilizar os dados disponibilizados pelo SUCH e apresentados na Tabela 3.3 referentes às características do disjuntor bipolar DC, usando uma metodologia análoga à utilizada para a secção de cabos.

**Tabela 3.3– Características do disjuntor bipolar DC (disponibilizada pelo SUCH).**

<b>Corrente estipulada</b>	<b>Corrente convencional de não funcionamento</b>	<b>Corrente convencional de funcionamento</b>
$I_n$ (A)	$I_{nf}$ (A)	$I_2$ (A)
125	141	181
100	113	145
80	90	116
63	71	91
50	56	72
40	45	58
32	36	46
25	28	36
20	22	29
16	18	23
10	11	14

## CAPÍTULO - 4 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Durante o Estágio foram elaborados vários projetos de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos destinados a edifícios do setor da saúde, maioritariamente para Centros de Saúde.

### 1.4- Sistemas fotovoltaicos dimensionados

Na Tabela 4.1 indicam-se os Centros de Saúde, para os quais foram dimensionados os sistemas fotovoltaicos, e a respetiva potência de pico calculada.

**Tabela 4.1 – Sistemas fotovoltaicos dimensionados.**

Local	Potência a instalar [kWp]
Centro de Saúde Vila Velha do Rodão	25,2
Centro de Saúde Idanha a Nova	54,64
Centro de Saúde São Tiago	48,81
Centro de Saúde de Proença-a-Nova	26,43
Centro de Saúde Sertã	45,16
Centro de Saúde Vila de Rei	43,7
Centro de Saúde de Belmonte	21,95
Centro de Saúde Fundão	55,95
Centro de Saúde de Castro Daire	29,39
Centro de Saúde de Vouzela	34,54
Centro de Saúde Mangualde	39,96
Centro de Saúde Tondela	50,22
Bissaya Barreto Coimbra	38,23
Centro de Saúde Ílhavo	49,32
Centro de Saúde de Vagos	57,16
Centro de Saúde Ovar	48,35
Centro de Saúde Alter do Chão	19,59
Centro de Saúde Castelo de Vide	52,83
Centro de Saúde Ponte de Sôr	66,22
Centro de Saúde Avis	33,87
Centro de Saúde Monforte	22,28
Centro de Saúde Alvito	17,29
Centro de Saúde Beja - A. Sardinha	18,31
Centro de Saúde Beja - J.P. Dias	137,27
Centro de Saúde Castro Verde	54,63
Centro de Saúde Cuba	40,11
Centro de Saúde Moura	79,89
Centro de Saúde Ourique	53,919
Centro de Saúde Vidigueira	64,814

Como se pode observar a partir da Tabela 4.1, os 29 sistemas fotovoltaicos dimensionados destinam-se a edifícios localizados em diversas zonas do país e possuem diferentes valores de potência de pico. O menor valor desta potência, 17,29 kWp, corresponde ao sistema a instalar no Centro de Saúde de Alvito, enquanto o maior de potência, 137,27 kWp, corresponde ao sistema dimensionado para o Centro de Saúde de Beja.

O dimensionamento destes sistemas fotovoltaicos foi realizado com o auxílio do guia de dimensionamento elaborado para o efeito e descrito no capítulo anterior. Este guia foi utilizado no software da Microsoft, Excel, para ajudar a simplificar os cálculos.

Sendo idêntico o procedimento do dimensionamento dos diferentes sistemas fotovoltaicos, apresenta-se neste capítulo apenas o dimensionamento de três desses sistemas, destinados ao Centro de Saúde de Proença-a-Nova, dimensionado para uma potência de 26,43 kWp; ao Centro de Saúde Beja - J.P. Dias, dimensionado para uma potência de 137,27 kWp e ao Centro de Saúde de Vagos. Com a seleção destes três sistemas pretendeu-se escolher sistemas com diferentes valores de potência e ainda com diferente localização geográfica.

#### **2.4- Sistema fotovoltaico – Centro de Saúde de Proença-a-Nova**

Para determinar o local de colocação dos módulos fotovoltaicos, começámos por analisar a localização do edifício, para obter a orientação do edifício perante os pontos cardeais. De acordo com [16], “No caso de Portugal a orientação que maximiza a quantidade de radiação aproveitável coincide com o Sul geográfico”. Na Figura 4.1 é mostrada a localização do edifício do Centro de Saúde de Proença-a-Nova.



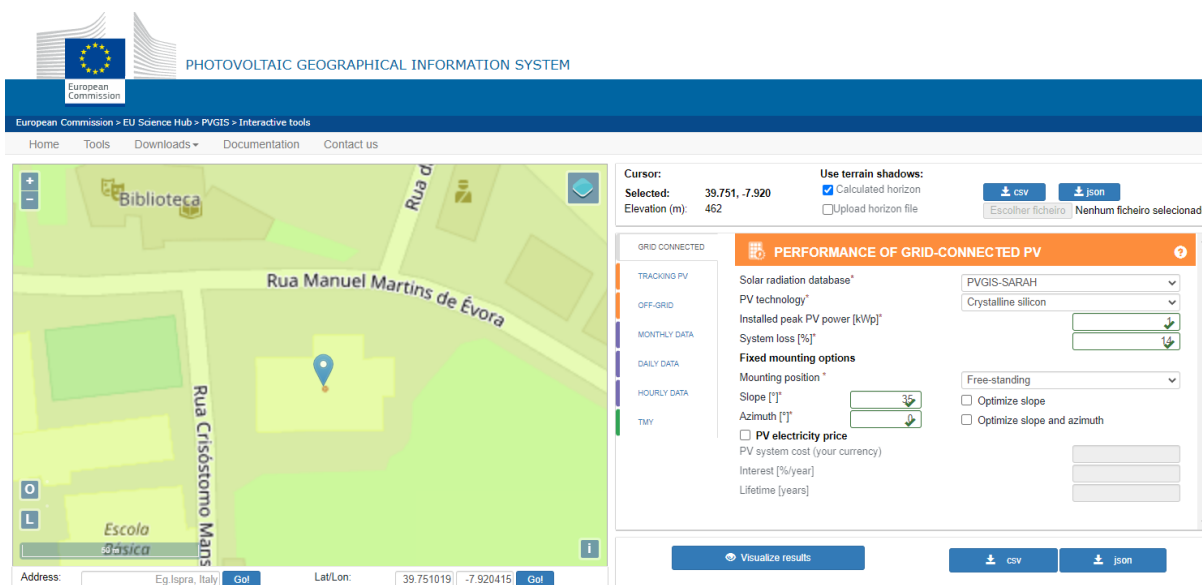
**Figura 4.1 – Centro de Saúde Proença-a-Nova.**

Após a análise da localização do edifício, seguiu-se a análise dos dados anuais de consumo de energia elétrica, com base nos dados de faturação. Na Tabela 4.2 estão indicados os consumos referentes ao ano de 2019, desagregados por mês e por período tarifário.

**Tabela 4.2 – Consumos de eletricidade do Centro de Saúde Proença-a-Nova-2019.**

Período	Energia Ativa [kWh]			
	Vazio Normal	Super Vazio	Ponta	Cheia
dezembro	686	410	692	1 858
novembro	864	510	898	2 470
outubro	790	455	844	2 327
setembro	918	487	1 225	3 414
agosto	907	464	1 140	3 285
julho	875	435	1 162	3 353
junho	735	394	746	2 116
maio	815	438	868	2 465
abril	848	483	792	2 265
março	854	486	867	2 322
fevereiro	778	440	823	2 060
janeiro	891	500	961	2 655
<b>Total</b>	<b>9961</b>	<b>5502</b>	<b>11018</b>	<b>30590</b>

Como seria de esperar, atendendo ao horário de funcionamento do Centro de Saúde, o maior consumo verifica-se nas horas de ponta e cheias. É nestes períodos que nos vamos focar para determinar a potência de pico a instalar, uma vez que coincidem com o período de radiação solar. Mas, para poder determinar a potência de pico do sistema fotovoltaico é necessário conhecer qual a produção anual (kWh) correspondente a 1kWp, instalado naquela localização geográfica. Para vai ser necessário recorrer a uma ferramenta disponibilizada on-line (Figura 4.2) para o efeito.



**Figura 4.2 – Sistema de Informação Geográfica Fotovoltaica. [17]**

Introduzidas as coordenadas do Centro de Saúde e para 1kWp de potência fotovoltaica instalada, o software calcula e disponibiliza graficamente os valores mensais de produção de eletricidade, como mostrado na Figura 4.3. O valor de produção que é importante neste momento corresponde à energia produzida anualmente, que para este caso é de 1574,36kWh.

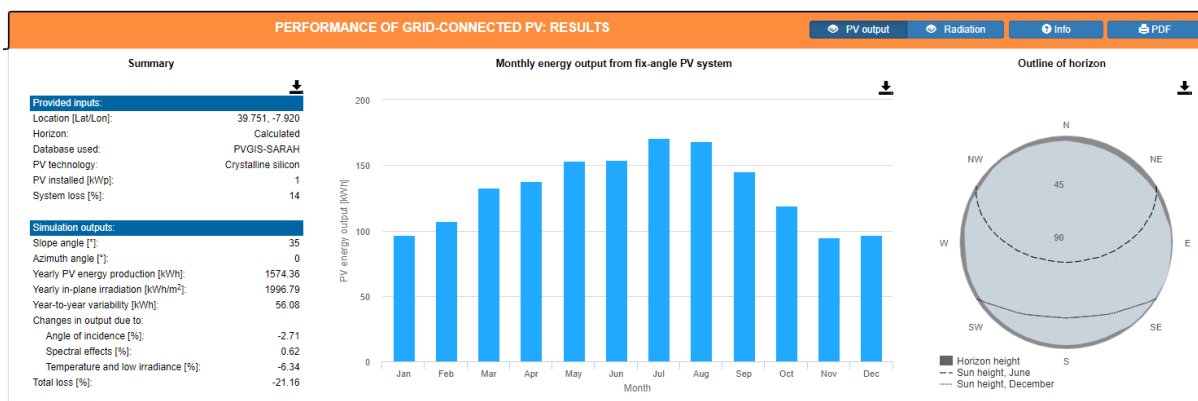


Figura 4.3 – Produção para um sistema de 1kWp – Proença-a-Nova [17].

Conhecido o valor da produção anual de 1kWp, através da equação (14) obteremos o valor da potência de pico a instalar neste sistema, que é de 26,43kWp.

$$P_{kWp} = \frac{E_{m\u00e9dia\ ponta} + E_{m\u00e9dia\ cheia}}{E_{anual\ produzida\ para\ 1kW}} \quad (14)$$

Ap\u00f3s a determina\u00e7\u00e3o do par\u00e2metro anterior, o dimensionamento seguir\u00e1 a metodologia de dimensionamento do Guia de dimensionamento elaborado e descrito no Cap\u00edtulo 3.

Assim, procede-se \u00e0 escolha do m\u00f3dulo fotovoltaico. Para este edif\u00edcio, escolheu-se um m\u00f3dulo fotovoltaico com as caracter\u00edsticas representadas na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Caracter\u00edsticas do m\u00f3dulo FV do Centro de Sa\u00fade Proença-a-Nova.

M\u00f3dulo Fotovoltaico	
P <sub>m\u00e1x</sub>	270 Wp
U <sub>Pm\u00e1x</sub>	31,3 V
U <sub>OC</sub>	38,5 V
I <sub>Pm\u00e1x</sub>	8,63 A
I <sub>CC</sub>	9,09 A
Coef. Temp. U <sub>OC</sub>	-0,31 %/°C
Rendimento	16,5 %

A próxima etapa passa por determinar o número de módulos que iremos necessitar. Utilizando a equação (1) do Guia de dimensionamento (Capítulo 3), para este edifício vamos necessitar de 98 módulos fotovoltaicos.

Após a determinação do número de módulos necessário para o sistema, segue-se a seleção do inversor, com recurso à equação (2) do referido Guia, para determinar a potência do inversor. Com uma janela de 70% e 120% da potência de pico que o sistema fotovoltaico irá ter, a potência do inversor irá estar aproximadamente entre 18,5kW e 31,71kW.

A escolha do inversor recaiu sobre o Sunny Boy 3300 (Tabela 3.1). No entanto, como se pode verificar, a potência do inversor não está contida na janela de valores anteriormente determinados. Para contornar esta situação, o que iremos fazer será colocar vários inversores até obter a potência desejada. A solução de recorrer a múltiplos inversores com potência mais reduzida em vez de um inversor da potência desejada, tem um custo associado muito inferior. Desta forma, iremos usar neste sistema fotovoltaico 7 inversores que totalizam 23,1kW.

Após a determinação do número de módulos e a seleção do inversor passaremos para a configuração do painel fotovoltaico. Com recurso às equações (3) a (7) do Guia de dimensionamento, obteve-se a seguinte configuração:

- Número de módulos previstos do painel: 98
- Número máximo de módulos em série: 11
- Número mínimo de módulos em série: 7
- Número máximo de módulos em paralelo por entrada: 2

Cada painel deverá ficar com uma configuração de 7 módulos por 2 fileiras.

Conhecida a configuração do painel fotovoltaico, procedeu-se ao dimensionamento do cabo DC das fileiras.

De acordo com a norma IEC 60364-7-712, e recorrendo à equação (9) do Guia de dimensionamento, conclui-se que o cabo das fileiras tem que suportar aproximadamente 11,36 A. Cruzando este valor com os valores constantes na Tabela 3.2 **Tabela 3.2– Tabela de secção para cabo do tipo ZZ (disponibilizada pelo SUCH).**, podemos determinar a secção do cabo, que será de, pelo menos, 2,5mm<sup>2</sup>.

No entanto, torna-se necessário verificar se a secção do cabo respeita o 1% na queda de tensão, pelo que iremos recorrer às equações (10), (11) e (12) do Guia de dimensionamento. Admitindo que, para o edifício deste Centro de Saúde, o cabo vai ter um comprimento de 20 metros, o valor da queda de tensão será de 2,19 V, pelo que houve necessidade de aumentar a secção do cabo para 6mm<sup>2</sup>.

E por fim iremos ter o dimensionamento do disjuntor DC bipolar, que usando a fórmula 13, irá corresponder a uma corrente de 22,73 A. Usando a Tabela 3.3, onde apresenta as correntes dos disjuntores bipolar DC, podemos determinar que o disjuntor a colocar neste sistema é um que tenha uma corrente estipulada de 25 A.

### 3.4- Sistema fotovoltaico – Centro de Saúde Beja - J.P. Dias

O sistema fotovoltaico a instalar no Centro de Saúde de Beja possui uma potência de pico muito superior ao sistema anterior, cerca de 137,3kWp.

Como no caso do Centro de Saúde de Proença-a-Nova, começámos por verificar a localização dos módulos fotovoltaicos, de modo a ficarem orientados para sul, de acordo com a orientação do edifício, cuja imagem se apresenta na Figura 4.4.



Figura 4.4 – Centro de Saúde de Beja – J-P- Dias.

Seguindo a metodologia de dimensionamento usada no caso anterior, obtiveram-se os dados anuais de consumo de eletricidade com base nos dados de faturação (no período de fevereiro de 2016 a janeiro de 2017), desagregados por mês e por período tarifário constantes na Tabela 4.4.

Tabela 4.4– Consumos de eletricidade do Centro de Saúde de Beja -2016.

Período	Energia Ativa [kWh]			
	Vazio Normal	Super Vazio	Ponta	Cheia
janeiro 2017	4 644	2 738	5 685	16 046
dezembro	4 985	3 078	5 633	15 542
novembro	3 694	2 125	4 309	12 042
outubro	3 359	1 974	3 798	9 815
setembro	3 694	2 077	4 448	11 315
agosto	4 744	2 553	6 467	16 178
julho	4 552	2 386	6 522	16 118
junho	4 292	2 323	5 553	13 918
maio	3 176	1 786	3 648	9 196
abril	3 440	1 848	4 143	10 368
março	4 001	1 957	5 549	14 302
fevereiro 2016	4 051	1 845	5 675	15 952
<b>Total</b>	<b>48632</b>	<b>26690</b>	<b>61430</b>	<b>160792</b>

Também neste Centro de Saúde, dado o horário diário de funcionamento, os maiores valores de consumo de eletricidade verificam-se nas horas de ponta e cheias, embora mais elevados do que os verificados no Centro de Saúde anterior.

Para a avaliação da produção anual (kWh) correspondente a 1kWp nesta nova localização geográfica, procedeu-se como anteriormente e o resultado obtido é mostrado na Figura 4.5. O valor da energia produzida anualmente obtido é de 1618,91kWh.

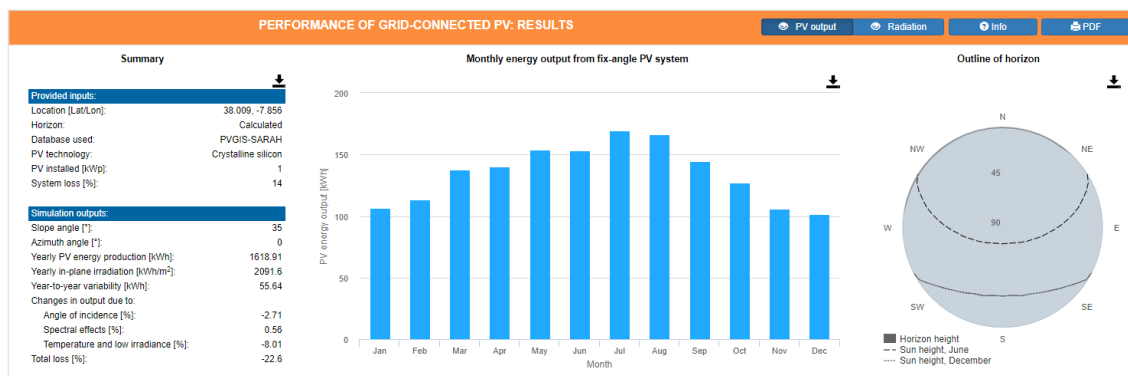


Figura 4.5 – Produção para um sistema de 1kWp - Beja [17].

Com recurso à equação (14) obteve-se o valor da potência de pico a instalar neste sistema de 137,27kWp.

Na Tabela 4.3 apresentam-se as características do módulo fotovoltaico escolhido para este edifício.

Tabela 4.5– Características do módulo FV do Centro de Saúde Beja.

Módulo Fotovoltaico	
$P_{m\acute{a}x}$	400 Wp
$U_{Pm\acute{a}x}$	41,7 V
$U_{oc}$	49,8 V
$I_{Pm\acute{a}x}$	9,6 A
$I_{cc}$	10,36 A
Coef. Temp. $U_{oc}$	-0,28 %/°C
Rendimento	18,88 %

Usando a mesma metodologia de dimensionamento anterior, determinou-se o número de módulos que serão necessários para este sistema fotovoltaico – 343 módulos.

Com o número de módulos previstos para o sistema, a potência do inversor irá situar-se entre 96,01kW e 164,72kW. O inversor escolhido foi novamente o Sunny Boy 330, optando-se por escolher 38 inversores que totalizam aproximadamente 145,16kW.

A configuração do sistema será a seguinte:

- Número de módulos previstos do painel: 343
- Número máximo de módulos em série: 9
- Número mínimo de módulos em série: 6
- Número máximo de módulos em paralelo por entrada: 2

Cada painel deverá ficar com uma configuração de 7 módulos por 49 fileiras.

Para este sistema, o cabo das fileiras tem que suportar aproximadamente 12,95 A. Atendendo aos valores da Tabela 3.2, o cabo deverá ter uma secção de pelo menos 2,5mm<sup>2</sup>. No entanto, admitindo que o cabo vai ter um comprimento de 35 metros, o valor da queda de tensão será de 2,919 V, pelo que, para a secção do cabo respeitar o 1% na queda de tensão, terá que ser de 6mm<sup>2</sup>.

O disjuntor a colocar neste sistema é um que tenha uma corrente estipulada de 16 A.

#### 4.4- Sistema fotovoltaico – Centro de Saúde de Vagos

O sistema fotovoltaico dimensionado para o edifício do Centro de Saúde de Vagos terá uma dimensão intermédia face aos dois sistemas referidos anteriormente, com uma potência de pico de, aproximadamente, 57,16 kWp.

Na Figura 4.6 apresenta-se uma imagem do edifício do Centro de Saúde de Vagos.



Figura 4.6 – Centro de Saúde de Vagos.

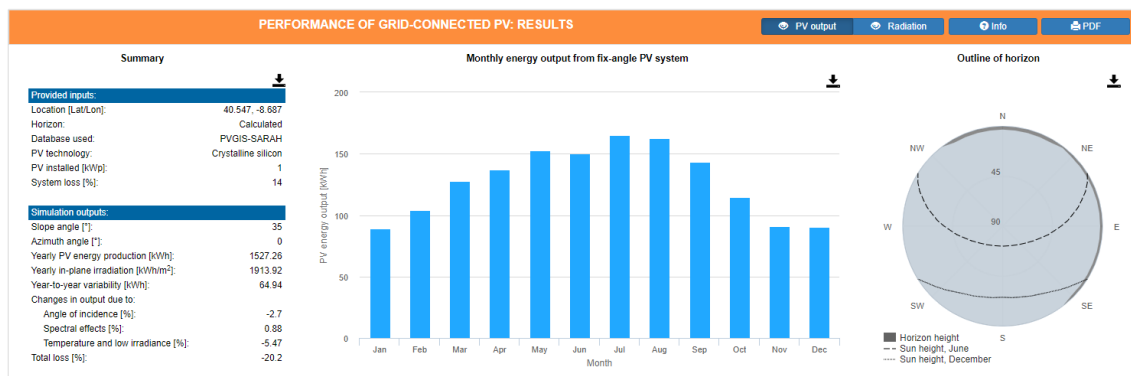
Seguindo a metodologia de dimensionamento constante do Guia apresentado no Capítulo 3, e já usado no dimensionamento dos dois sistemas fotovoltaicos anteriores, apresentam-se na Tabela 4.6 os dados de consumo anual de eletricidade respeitantes ao ano de 2018, desagregados por mês e por período tarifário.

**Tabela 4.6– Consumos de eletricidade do Centro de Saúde de Vagos-2018.**

Período	Energia Ativa [kWh]			
	Vazio Normal	Super Vazio	Ponta	Cheia
dezembro	1 579	1 042	1 942	4 576
novembro	2 364	1 558	2 339	5 403
outubro	2 969	2 044	2 491	6 402
setembro	3 232	2 212	2 707	6 844
agosto	2 349	1 620	2 142	5 406
julho	1 609	1 147	1 562,	4 101
junho	1 646	1 177	1 635	4 222
maio	1 621	1 151	1 598	4 083
abril	2 364	1 502	2 329	6 244
março	1 257	833	1 502	3 976
fevereiro	2 114	1 394	2 388	6 057
janeiro	1 895	1 253	2 096	5 259
<b>Total</b>	<b>24 999</b>	<b>16 933</b>	<b>24 731</b>	<b>62 573</b>

Uma vez mais, também para este Centro de Saúde, o maior consumo de eletricidade concentra-se no período fora das horas de vazio.

Na Figura 4.5 apresenta-se o resultado obtido para a avaliação da produção anual (kWh) correspondente a 1kWp nesta nova localização geográfica. O valor da energia produzida anualmente obtido foi de 1618,91kWh.



**Figura 4.7 – Produção para um sistema de 1kWp - Vagos [17].**

Para o Centro de Saúde de Vagos, a potência de pico a instalar é de 57,16kWp. O módulo fotovoltaico é o mesmo módulo selecionado para o Centro de Saúde de Beja (Tabela 4.5), sendo necessários 98 módulos fotovoltaicos para este edifício.

Com o número de módulos previstos para o sistema, a potência do inversor irá situar-se entre 40kW e 68,6kW. O inversor escolhido foi uma vez mais o Sunny Boy 330, optando-se por escolher 16 inversores que totalizam 61,12kW.

A configuração do sistema fotovoltaico para o edifício do Centro de Saúde de Vagos será a seguinte:

- Número de módulos previstos do painel: 143
- Número máximo de módulos em série: 9
- Número mínimo de módulos em série: 6
- Número máximo de módulos em paralelo por entrada: 2

Cada painel deverá ficar com uma configuração de 6 módulos por 24 fileiras.

Para este sistema, o cabo das fileiras tem que suportar aproximadamente 12,95 A. Atendendo aos valores da Tabela 3.2, o cabo deverá ter uma secção de pelo menos 2,5mm<sup>2</sup>. No entanto, admitindo que o cabo vai ter um comprimento de 40 metros, o valor da queda de tensão será de 2,5 V, pelo que, para a secção do cabo respeitar o 1% na queda de tensão, terá que ser de 16mm<sup>2</sup>.

O disjuntor a colocar neste sistema é um que tenha uma corrente estipulada de 16 A.

## **CAPÍTULO - 5 VISTORIAS ÀS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

Para além do dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos a instalar em edifícios de saúde, os objetivos do Estágio realizado incluíram o acompanhamento nas vistorias às instalações elétricas de várias Unidades Hospitalares e Centros de Saúde. O SUCH desempenha um papel importante na avaliação das condições de segurança elétrica e é também responsável pela exploração de instalações elétricas.

Estas vistorias têm como finalidade a verificação da conformidade com a legislação em vigor e garantir a observância das disposições regulamentares e as normas técnicas e de segurança aplicáveis e em vigor, com especial relevo para a matéria relativa à segurança das pessoas e bens.

### **1.5- Enquadramento legislativo e intervenção do SUCH**

O Decreto-Lei nº 96/2017 de 10 de agosto, relativo ao Regime das instalações elétricas particulares, com as alterações previstas na Lei nº 61/2018 de 3 de agosto, “estabelece a disciplina das instalações elétricas de serviço particular alimentadas pela rede elétrica de serviço público (RESP) em média, alta, ou em baixa tensão, e das instalações com produção própria, de caráter temporário ou itinerante, de segurança ou de socorro, e define o sistema de controlo, supervisão e regulação das atividades a elas associadas”.

No capítulo dois do Decreto-Lei nº 96/2017, relativo ao “Projeto, execução e inspeção de instalações elétricas”, é feita uma clarificação relativa às instalações elétricas para as quais é obrigatória a existência de projeto elaborado por projetista para efeitos de execução. No mesmo capítulo são ainda identificadas as instalações elétricas que podem ser dispensadas da apresentação de projeto por parte da Direção Geral de Energia e Geologia. Incluem-se nestas instalações aquelas que estejam “diretamente associadas a objetivos da defesa e segurança nacional, devendo, nestes casos, serem apresentados os elementos de dimensionamento essenciais para a verificação da proteção das instalações, das pessoas, animais e bens”. São ainda indicados os requisitos para a execução das instalações elétricas e os procedimentos de inspeção a que estão sujeitas para entrada em exploração.

O mesmo Decreto-Lei indica, no capítulo quarto, as instalações elétricas que estão sujeitas a acompanhamento por parte de um técnico responsável pela exploração, as responsabilidades desse técnico se encontra sujeito e ainda as obrigações da entidade exploradora, referindo, no capítulo cinco, as instalações que se encontrem sujeitas a inspeções periódicas

O Decreto Regulamentar n.º 56/85 de 6 de setembro, cuja redação introduz a revisão de algumas disposições do Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento, aprovado pelo Decreto n.º 42895, de 31 de

março de 1960, determina os requisitos da sinalização de segurança (cujas características devem estar em conformidade com a normas portuguesas NP-608 e NP-609; dos seccionadores, que devem obedecer à norma portuguesa NP-2830; dos sistemas de iluminação de emergência; da proteção contra curtos-circuitos; da resistência aos curtos-circuitos; da proteção contra sobrecargas e da proteção contra defeitos à terra ou à massa.

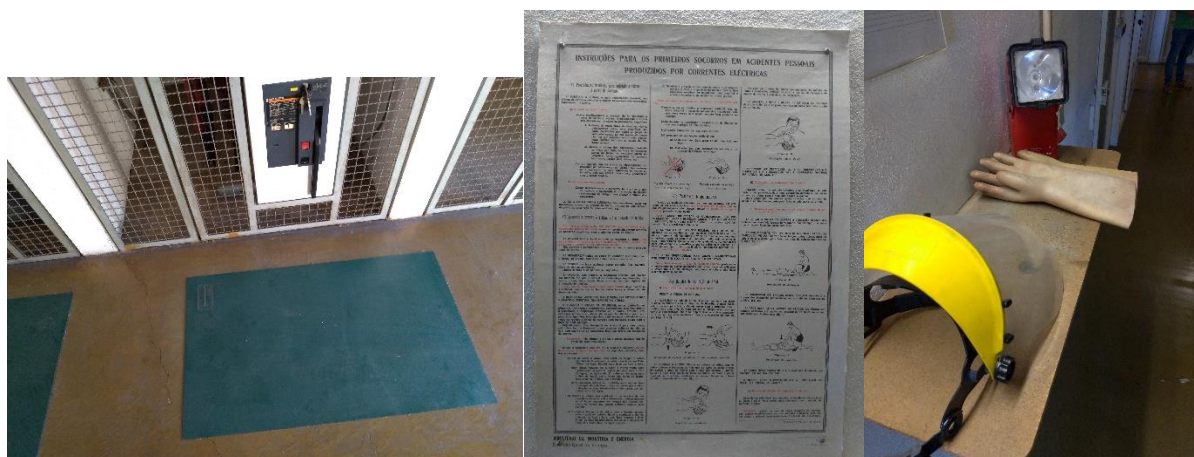
A Portaria nº 949-A/2006 de 11 de setembro aprovou as Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão estabelecidas pelo Decreto-Lei n.º 226/2005, de 28 de dezembro. Estas Regras Técnicas indicam as regras técnicas que devem ser verificadas para o projeto e para a execução das instalações elétricas, por forma a garantir não só o seu funcionamento e a segurança tendo em conta a utilização prevista, mas também a conformidade com os princípios fundamentais aí indicados.

O SUCH, para garantir que a exploração das instalações elétricas dos edifícios do setor da saúde seja feita em segurança, realiza vistorias às instalações, onde estão incluídos testes/ensaios às instalações e equipamentos, sendo estes realizados de acordo com as Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão em vigor (Portaria nº 949-A/2006). Desta forma, durante a vistoria procede-se à comprovação da equipotencialidade, à medição da resistência do circuito de terra, ao controlo das alimentações de emergência e por fim à verificação das proteções magneto-térmicas e diferenciais.

As instalações que por imposição legal requerem um técnico responsável pela exploração têm por objetivo o de garantir aos utilizadores destas instalações elétricas a utilização em segurança. Os responsáveis pela exploração de instalações elétricas podem ser os engenheiros e os engenheiros técnicos com a especialidade de eletrotecnia legalmente habilitados.

O técnico responsável deve inspecionar as instalações elétricas pelo menos duas vezes por ano, como se encontra descrito no ponto um do artigo 16º do Estatuto do Técnico Responsável. Esta inspeção distribuindo-se uma vez nos meses de Verão e outra nos meses de Inverno, tendo por base a realização dos testes/ensaios ao cumprimento da legislação em vigor (Decreto-Lei nº 96/2017). Desta forma, é respeitado protocolo estabelecido entre o SUCH e a DGEG de modo a elaborar um relatório (937 INCM presente no Anexo 3 – Relatório tipo técnico Responsável) para depois ser garantida a sua avaliação com a observância da legislação e das normas de segurança aplicáveis.

O técnico responsável deve ainda verificar se os Postos de Transformação alvo da vistoria apresentam exposto um guia de primeiros socorros, um par de luvas, uma lanterna e um tapete de borracha, como representado na Figura 5.1.



**Figura 5.1 – Equipamento obrigatório num PT.**

Por cada visita/intervenção é elaborado um relatório referente ao controlo de qualidade e à segurança das instalações elétricas. Isto para que seja avaliada a situação se os valores estão com base em referenciais normativos. Serão também apresentadas recomendações técnicas, caso sejam necessárias, de forma a minimizar os riscos. A cada visita às instalações é medido o valor de terra que depois é registado em uma folha de registos de terras (Anexo 1 – Registo de Terras).

O relatório é sempre elaborado tendo em conta o histórico dos testes efetuados, para que se possam comparar os resultados ao longo do tempo, de modo a que se consiga detetar algumas alterações das condições normais das instalações. Para isso, são utilizados documentos internos (apresentados no Anexo 2 – Exploração das Instalações Elétricas e folha associada) do SUCH (em que uma cópia é entregue ao cliente) para estes relatórios.

## **2.5- Equipamento utilizado**

Para a realização das vistorias foram utilizados vários tipos de equipamento, tais como, um medidor de terras, uma câmara termográfica e um analisador de instalações elétricas.

### **5.2.1- Câmara termográfica**

A câmara termográfica apresenta uma funcionalidade imprescindível na manutenção de equipamentos, uma vez que, através da produção de imagem térmica, é possível detetar sobreaquecimentos em equipamentos, ou até maus contactos.

Nas vistorias realizadas foi usada uma câmara termográfica Fluke Ti110 Industrial-Comercial [18], da qual se apresenta uma imagem na Figura 5.2. Esta imagem foi obtida no decurso de uma das vistorias.



**Figura 5.2 – Câmara Termográfica (Fluke Ti110).**

Esta câmara termográfica tem como principais características [18]:

- Um sistema de focagem “IR-OptiFlex” que permite uma imagem nítida a partir de uma distância de 1,2 m. Para distâncias mais curtas, deve-se alterar o modo de focagem para manual, de modo a permitir focar a superfície em questão;
- Pode ser feita a organização de imagens referentes a diferentes trabalhos através do sistema de anotação “IR-PhotoNotes”, que permite identificar rapidamente os locais de inspeção;
- Deteta problemas de forma rápida e fácil;
- A aplicação “Fluke Connect” permite ver, guardar e partilhar imagens diretamente no terreno;
- Permite ainda a gravação de vídeo.

#### **5.2.2- Medidor de Terras (Fluke 1625)**

Foi utilizado o medidor de terras GEO Fluke 1625-2 [19], como o mostrado na Figura 5.3.

O Fluke 1625 é um equipamento que foi desenvolvido para a medição de terras, em que a medição pode ser feita por quatro tipos. De acordo com o fabricante do equipamento, as medições podem ser feitas da seguinte forma:

- tripolar, quadripolar e queda de potencial (com estacas);
- testes quadripolares de resistividade de solo (com estacas);
- testes seletivos (com 1 alicate e estacas);
- teste sem estacas (apenas com 2 alicates). Resumidamente mede através das resistências de loop de terra utilizando apenas pinças.



**Figura 5.3 – Medidor de Terras.**

Este equipamento tem como principais características [19]:

- Medição tripolar e quadripolar de terra;
- Teste seletivo, sem necessidade de desligar o condutor de terra (1 pinça);
- Teste sem estacas, teste rápido do loop de terra (2 pinças);
- Medir a impedância de terra a 55 Hz;
- Controlo automático de frequência (AFC);
- Tensão de medição adaptável, 20/48 V.

#### 5.2.3- Analisador de Instalações Elétricas (Fluke 1653B)

Foi utilizado o Fluke 1653B, como o mostrado na Figura 5.4, que é um analisador de instalações que permite verificar a segurança das mesmas a nível doméstico, comercial ou industrial [20].



**Figura 5.4 – Analisador de instalações elétricas.**

De acordo com o manual este analisador tem como funcionalidades [21]:

- Tensão e frequência;
- Resistência do isolamento (EN61557-2);
- Continuidade (EN61557-4);
- Resistência de circuito/linha (EN61557-3) ;
- Tempo de disparo dos disjuntores de corrente diferencial (RCD, EN61557-6);
- Corrente de disparo de RCD (EN61557-6);
- Resistência de terra (EN61557-5);
- Sequência de fase (EN61557-7).

### **3.5- Postos de Transformação**

Um Posto de Transformação (PT) é uma instalação que tem por finalidade a redução do nível de tensão de entrega em Média Tensão (MT), para Baixa Tensão (BT), que depois, irá ser utilizada pelo consumidor final, seja este doméstico, comercial ou industrial.

Quando um utilizador necessita de uma potência elevada, e esta não pode ser fornecida pelo PT já existente na rede, por imposições técnicas e questões económicas irá ser instalado um Posto de Transformação de Cliente (PTC), onde é realizada a transformação da tensão da mesma forma que nos outros PT's. A particularidade deste PTC reside no facto de se destinar apenas a um utilizador.

Como exemplo de utilizadores de um PTC, indicam-se os Hospitais, por serem instalações que requerem níveis elevados de potência [24].

Os PT's, por norma, são constituídos por um transformador e por um quadro geral. O quadro geral poderá ser um Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT), quando se destinar a alimentar diretamente as cargas, ou um Quadro de Posto de transformação (QPT) onde é feita a proteção das saídas para um ou vários quadros de distribuição ou quadros gerais de BT [24].

As saídas do QGBT/PT estão normalmente protegidas por fusíveis, mas também podem ser utilizados disjuntores com poder de corte adequado. Cada saída, antes de sair para o exterior, tem um seccionador ou cela fechada.

As celas fechadas (Figura 5.5) são equipamentos que ocupam pouco espaço, são bastantes seguras e podem ser telecomandadas para abrir e/ou fechar o seccionador [24].

Todos os PT's têm a mesma funcionalidade, podendo, no entanto, ser divididos em quatro tipos. Entre estes quatro tipos de PT's, existem alguns que são muito semelhantes, outros que têm características próprias e alguns que mudam apenas o aspeto. Os PT's mais comuns podem ser aéreos (A ou AS), instalados em apoios de betão, de cabine alta (CA) ou em cabine baixa (CB) (Ver Figura 5.6).



Figura 5.5 – Exemplo de uma celda fechada.



a)



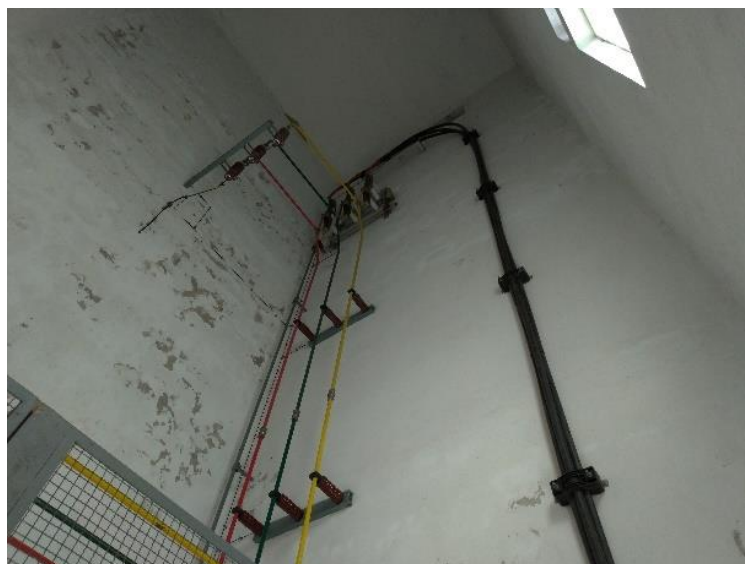
b)



c)

Figura 5.6 – a) PT do tipo CA; b) PT do tipo aéreo; c) PT do Tipo CB.

Por curiosidade, na Figura 5.7 (obtido no CHUC), o PT de cabine alta foi remodelado, deixando de possuir a entrada dos cabos de MT pela parte superior da cabine (orifício localizado junto ao teto da cabine) e passou a apresentar os cabos vindos pelo chão. Como se pode observar pela figura, os cabos de MT (com o isolamento a preto) encontram-se ligados ao mesmo lugar que os anteriores.



**Figura 5.7 – PT CA adaptado.**

#### **4.5- Vistorias realizadas**

Na última etapa do estágio, durante o mês de julho foi possível acompanhar várias visitas ao terreno com o objetivo de assistir e participar nas vistorias realizadas às instalações elétricas de algumas unidades de saúde.

A metodologia seguida na realização das vistorias é praticamente a mesma em todas as instalações elétricas. A diferença pode residir no tipo de equipamentos existentes. Durante o decurso das várias vistorias acompanhadas, foram realizados uns disparos controlados dos equipamentos de proteção existentes nas instalações, com o intuito de verificar se estes se encontravam em funcionamento normal.

Foram testados os sistemas de iluminação de emergência existentes, de modo a averiguar o seu correto funcionamento.

Foram ainda medidos os valores de terra (terra de serviço, bem com a terra de proteção), para que se poder detetar alguma possível fuga de correntes.

Alguns dos locais sujeitos a estas vistorias são indicados a seguir.

#### 5.4.1- C.H.U.C., EPE – Hospital da Universidade de Coimbra

O Bloco Central do Hospital da Universidade (Figura 5.8), uma das seis instituições médicas que constituem o Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, encontra-se localizado na Praceta Professor Mota Pinto, 3004-561 Coimbra

A visita a este edifício foi efetuada durante a manhã do dia 27 de julho de 2020 e não se destinou à realização de uma vistoria, mas serviu para conhecer as instalações elétricas de um edifício hospitalar de grandes dimensões, como é o caso do Bloco Central do Hospital da Universidade.



**Figura 5.8 – Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra [27].**

Neste edifício hospitalar existem atualmente três Postos de Transformação com um total de 8000 kVA. O PT1 é composto por quatro transformadores com uma potência total de 4000kVA; o PT2 é também constituído por três transformadores de potência total igual a 3000kVA e o PT3 possui um transformador de 1000kVA.

A tensão de entrada nestes PT's é de 15kV (Média Tensão), após os PT's a tensão é reduzida para Baixa Tensão de 230/400V.

Esta instituição possui ainda três grupos de emergência: o primeiro e segundo grupos são da marca "Magna One" de 825kVA (como mostrado na Figura 5.9) e o terceiro grupo é de marca "Perkins" de 1100kVA.



**Figura 5.9 – Primeiro grupo de emergência do C.H.U.C.,HU Coimbra (gerador).**

#### **5.4.2- C.H.T.V., EPE – Hospital S. Teotónio – Viseu**

A vistoria ao Hospital de S. Teotónio (Figura 5.10), integrado no Centro Hospitalar Tondela-Viseu e localizado na Av. Rei Dom Duarte, 3504-509 Viseu, decorreu no dia 24 de julho de 2020.

Esta hospital possui um PT de potência de 300kVA. Toda o edifício utiliza Baixa Tensão de 230/400V.



**Figura 5.10 – Hospital S. Teotónio - Viseu [28].**

No caso de uma emergência a instalação conta com o apoio de três grupos de emergência, todos com a potência de 630kVA e da marca “Stamford”, mostrados na Figura 5.11.



**Figura 5.11 – Grupo de geradores de emergência.**

#### **5.4.3- C.H.T.V., EPE – Departamento de Psiquiatria – Abraveses**

Ainda na cidade de Viseu, procedeu-se à vistoria das instalações elétricas do Departamento de Psiquiatria – Abraveses, na R. Aquilino Ribeiro 23, no dia 23 de julho de 2020. A imagem da fachada principal desta unidade hospitalar é mostrada na Figura 5.12.



**Figura 5.12 – Departamento de Psiquiatria – Abraveses.**

O edifício do departamento de Psiquiatria de Abraveses, necessita apenas de um PT de 400kVA para alimentar a instalação em Baixa Tensão de 230/400V.

#### 5.4.4- U.L.S. Guarda, EPE – Hospital Sousa Martins – Guarda

O Hospital Sousa Martins (Figura 5.13) está localizado na Av. Rainha Dona Amélia, 6300-035, Guarda. A Vistoria a este hospital foi realizada no dia 2 de julho de 2020. Este Hospital possui dois PT's, um deles de 1000kVA e o segundo de 3200kVA.



Figura 5.13 – Hospital Sousa Martins [29].

O edifício do Hospital Sousa Martins possui ainda quatro grupos de emergência, dois destes são de 400kVA, mostrados na Figura 5.14, e os outros dois de 730kVA, da marca "Electra Molins".



Figura 5.14 – Grupo de Emergência da marca "Leroy-Somer" de 400kVA.

#### 5.4.5- U.L.S. Guarda, EPE – Edifício Sede Da U.L.S.G

Também na cidade da Guarda procedeu-se, no dia 3 de julho de 2020, à vistoria das instalações da Sede da Unidade Local de Saúde, situada na mesma localização que o Hospital Sousa Martins (Figura 5.15). Este edifício possui um PT do tipo CB de 400kVA, de onde parte a distribuição às instalações em Baixa Tensão de 230/400V.



Figura 5.15 – U.L.S da Guarda - Sede.

#### 5.4.6- U.L.S. Guarda, EPE – Centro de Saúde de Vila Nova de Foz Côa

O Centro de Saúde de Foz Côa (Figura 5.16), integrado na Unidade Local de Saúde da Guarda, está localizado na Av. Monsenhor António Almeida Silvano, 5150-640 Vila Nova de Foz Côa. A vistoria foi realizada na tarde de 27 de julho de 2020.

Este edifício possui um PT de 250kVA que alimenta a instalação elétrica em Baixa Tensão 230/400V. Possui ainda um grupo de emergência de marca “Himoinsa” de 58kVA.



Figura 5.16 – Centro de Saúde de Vila Nova de Foz Côa [30].



## CAPÍTULO - 6 CONCLUSÕES

O presente Relatório refere-se ao Estágio curricular, no âmbito do Curso Mestrado de Engenharia Eletrotécnica – Área de especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de Energia, que decorreu no Serviço de Utilização Comum dos Hospitais (SUCH), no departamento de Engenharia – Energia, de 15 de janeiro de 2020 a 31 de julho de 2020.

O trabalho de Estágio decorreu de forma presencial durante os dois primeiros meses e meio, tendo passado ao regime de teletrabalho até julho, devido à pandemia COVID-19.

Num contexto pessoal, este estágio, apesar da pandemia, foi uma experiência importante, tanto na interação com os vários elementos do SUCH, como ao nível de conhecimento adquirido nas áreas da energia fotovoltaica e das instalações elétricas em edifícios de saúde.

Sendo o objetivo principal deste Estágio o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos a serem instalados em edifícios do setor de saúde, maioritariamente Centros de Saúde, o trabalho inicial focou-se no estudo do funcionamento dos sistemas fotovoltaicos e a sua aplicabilidade, relatado no Capítulo 2. Para além dos diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos (FV) que podem ser implementados em edifícios, fez-se também referência aos principais elementos constituintes de cada sistema e uma breve referência ao enquadramento legal nacional da produção de energia elétrica a partir de sistemas fotovoltaicos.

Para auxiliar no dimensionamento dos vários sistemas fotovoltaicos que iriam ser efetuados, elaborou-se um Guia de dimensionamento de um sistema fotovoltaico ligado à rede, descrito no Capítulo 3. O Guia inclui o cálculo do número de módulos fotovoltaicos; o cálculo da potência do inversor; o número de módulos por fileira; o dimensionamento dos cabos e a seleção do interruptor de corte bipolar. Este Guia veio a revelar-se de grande valia, pois serviu de base ao dimensionamento dos 29 sistemas fotovoltaicos.

O Estágio prosseguiu com o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos destinados aos 29 edifícios de unidades de saúde, identificados no Capítulo 4. Estes edifícios estão localizados em diversas zonas do país e possuem diferentes valores de potência de pico. O menor valor desta potência, 17,29 kWp, corresponde ao sistema a instalar no Centro de Saúde de Alvito, enquanto o maior de potência, 137,27 kWp, corresponde ao sistema dimensionado para o Centro de Saúde de Beja.

A metodologia usada no dimensionamento dos vários sistemas fotovoltaicos foi a mesma e seguiu o Guia de dimensionamento previamente elaborado. Para o correto dimensionamento de cada um dos sistemas, foi necessário conhecer: a localização e

a orientação do edifício onde se pretende instalar o sistema, para selecionar o local de colocação dos módulos fotovoltaicos; os dados anuais de consumo de energia elétrica do edifício e o valor da produção anual esperada naquela localização geográfica, para determinar o valor da potência de pico a instalar neste sistema. Escolhido o módulo fotovoltaico, e conhecidas as suas características, determinou-se o número de módulos necessários, que permitirá selecionar o inversor (ou grupo de inversores). Definida a configuração do painel fotovoltaico, procedeu-se ao dimensionamento do cabo DC das fileiras e do disjuntor DC bipolar.

No Capítulo 4 é apresentado o dimensionamento de três sistemas fotovoltaicos, selecionados tendo em consideração o valor de potência do sistema e a localização geográfica do edifício onde o sistema irá ser instalado - Centro de Saúde de Proença-a-Nova, o do Centro de Saúde de Beja – J.P. Dias e o do Centro de Saúde de Vagos, com as respetivas potências de pico de 26,43kWp, 137,27kWp e de 57,16kWp.

A participação nas visitas ao terreno, nomeadamente na realização de vistorias às instalações elétricas de diferentes unidades de saúde, só veio a ser possível durante o último mês do Estágio. Assim, durante o mês de julho foi possível acompanhar várias visitas ao terreno com o objetivo de perceber como seriam realizadas as vistorias. Esta informação consta do Capítulo 5, onde se faz ainda referência ao enquadramento legislativo do Regime das instalações elétricas particulares e à intervenção do SUCH.

As vistorias que se realizaram ao Hospital S. Teotónio - Viseu, ao Departamento de Psiquiatria – Abraveses, ao Hospital Sousa Martins – Guarda, ao Edifício Sede da ULS Guarda e ao Centro de Saúde de Vila Nova de Foz Côa, destinaram-se a verificar se os equipamentos de proteção estavam em normal funcionamento, bem como o sistema de iluminação de emergência e também envolveram a medição das terras de serviço e de proteção para a deteção de possíveis correntes de fuga.

Para além das vistorias, acompanhámos uma visita ao Bloco Central do Hospital da Universidade de Coimbra, com o objetivo de conhecer as instalações elétricas de um edifício hospitalar de grandes dimensões.

Um dos objetivos do estágio, inicialmente definido e que envolvia o acompanhamento da instalação de um sistema fotovoltaico dimensionado pelo SUCH não se pode concretizar, devido à pandemia COVID 19.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “SUCH,” Serviço de Utilização Comum dos Hospitais, [Online]. Available: <https://www.such.pt/pt/apresentacao>. [Acedido em 1 Maio 2020].
- [2] “O SUCH no Serviço Nacional de Saúde,” 2020 Outubro 2020. [Online]. Available: <https://www.such.pt/pt/o-such-no-servico-nacional-de-saude/>. [Acedido em 20 Outubro 2020].
- [3] “SUCH Nutrição,” [Online]. Available: <https://www.such.pt/pt/such-nutricao>. [Acedido em 28 Maio 2020].
- [4] “SUCH Engenharia,” [Online]. Available: <https://www.such.pt/pt/such-engenharia>. [Acedido em 28 Maio 2020].
- [5] “SUCH Ambiente,” [Online]. Available: <https://www.such.pt/pt/such-ambiente>. [Acedido em 28 Maio 2020].
- [6] “SUCH Serviços,” [Online]. Available: <https://www.such.pt/pt/such-servicos>. [Acedido em 2020 Maio 2020].
- [7] “Senergam - Solar,” [Online]. Available: [https://www.senergam.com.br/webroot/img/uploads/GRID\\_TIE.png](https://www.senergam.com.br/webroot/img/uploads/GRID_TIE.png). [Acedido em 31 Agosto 2020].
- [8] “Oca Energia - Sistema fotovoltaico híbrido,” [Online]. Available: <https://cdn.statically.io/img/www.ocaenergia.com/wp-content/uploads/2020/08/sistema-hibrido.jpg?quality=100&f=auto>. [Acedido em 30 Agosto 2020].
- [9] “CHUC Contrato N°115/99/2015,” 2015. [Online]. Available: <http://www.base.gov.pt/base2/rest/documentos/147905>. [Acedido em 20 Julho 2020].
- [10] A. G. d. S. Azevedo, “MONOCRISTAIS E POLICRISTAIS, UMA AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO,” 01 Janeiro 2014. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5033200.pdf>. [Acedido em 25 Agosto 2020].
- [11] “Wikipédia - Processo de Czochralski,” [Online]. Available: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6e/Czochralski\\_Process.svg/1200px-Czochralski\\_Process.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6e/Czochralski_Process.svg/1200px-Czochralski_Process.svg.png). [Acedido em 31 Agosto 2020].
- [12] “Voltimum - Interruptor - Seccionador,” [Online]. Available: [https://dpyd3b3wsr746.cloudfront.net/sites/www.voltimum.pt/files/styles/image\\_630/public/fields/main\\_image/01\\_novos\\_disjuntores-1\\_350px\\_0.jpg](https://dpyd3b3wsr746.cloudfront.net/sites/www.voltimum.pt/files/styles/image_630/public/fields/main_image/01_novos_disjuntores-1_350px_0.jpg). [Acedido em 31 Agosto 2020].
- [13] “Solarshop,” [Online]. Available: <http://www.solarshop.pt/image/cache/catalog/Acessorios/descarregadorobo-228x228.jpg>. [Acedido em 31 Agosto 2020].

- [14] “HipoRobalo - Material Elétrico, Domótica e Automação, Ida,” [Online]. Available: [https://www.hiporobalo.pt/assets/stores/1360/uploads/mediacenter/productimage\\_134191.jpg](https://www.hiporobalo.pt/assets/stores/1360/uploads/mediacenter/productimage_134191.jpg). [Acedido em 31 Agosto 2020].
- [15] “PVEDucation,” Março 2019. [Online]. Available: <https://www.pveducation.org/pvcdrom/modules-and-arrays/module-measurement-with-load>. [Acedido em 31 Agosto 2020].
- [16] S. S. A. Freitas, “Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos,” Novembro 2008. [Online]. Available: [https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/2098/1/Susana\\_Freitas\\_MEI\\_2008.pdf](https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/2098/1/Susana_Freitas_MEI_2008.pdf). [Acedido em 28 Setembro 2020].
- [17] “PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM,” 15 10 2019. [Online]. Available: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html). [Acedido em 25 Agosto 2020].
- [18] “Fluke,” [Online]. Available: <https://www.fluke.com/pt-pt/produto/camaras-de-imagens-termicas/ti110>. [Acedido em 10 Agosto 2020].
- [19] “Fluke,” [Online]. Available: <https://www.fluke.com/pt-pt/produto/testes-eletricos/medidores-de-terra/fluke-1625-2>. [Acedido em 11 Agosto 2020].
- [20] “Fluke,” [Online]. Available: <https://www.fluke.com/en-id/product/electrical-testing/installation-testers/fluke-1653b>. [Acedido em 11 Agosto 2020].
- [21] “Fluke 1652C/1653B/1654B Manual,” Setembro 2010. [Online]. Available: [https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/1654b\\_\\_\\_umeng0000.pdf](https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/1654b___umeng0000.pdf). [Acedido em 11 Agosto 2020].
- [22] “Diário Da República Eletrónico Decreto-Lei nº 96/2017 Capítulo 2,” 10 Agosto 2017. [Online]. Available: <https://dre.pt/web/guest/legislacao-consolidada/-/lc/116111099/202009081755/73605867/diploma/indice>. [Acedido em 15 Agosto 2020].
- [23] “Diário Da República Electrónico Decreto-Lei n.º 96/2017 Capítulo 4,” 10 Agosto 2017. [Online]. Available: <https://dre.pt/web/guest/legislacao-consolidada/-/lc/116111099/202009021818/73605883/diploma/indice?q=Decreto-Lei+n.%C2%BA%2096%2F2017>. [Acedido em 15 Agosto 2020].
- [24] “Diário Da República Eletrónico Decreto-Lei nº 96/2017 Capítulo 5,” 10 Agosto 2017. [Online]. Available: <https://dre.pt/web/guest/legislacao-consolidada/-/lc/116111099/202009081755/73605889/diploma/indice>. [Acedido em 15 Agosto 2020].
- [25] “Diário Da República Eletrónico Decreto Regulamentar nº65/85,” 6 Setembro 1985. [Online]. Available: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/179067/details/normal?q=42895>. [Acedido em 15 Agosto 2020].
- [26] “Diário Da República Electrónico Portaria nº 949-A/2006,” 11 09 2006. [Online]. Available: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/303262/details/normal?q=Portaria+n%C2%BA949-A%2F2006>. [Acedido em 15 Agosto 2020].
- [27] “Cardiologia,” [Online]. Available: <https://www.cardiologiahg.net/images/galeria/Slider/2-HUC.jpg>. [Acedido em 30 Julho 2020].

- [28] “Gazeta da Beira,” [Online]. Available: <https://gazetadabeira.pt/galardoado-o-servico-de-pediatria-do-hospital-s-teotonio-de-viseu/>. [Acedido em 30 Julho 2020].
- [29] “Saudemais,” 18 02 2020. [Online]. Available: [https://www.saudemais.tv/uploads/cache/noticia\\_0000003714-711x400.jpg](https://www.saudemais.tv/uploads/cache/noticia_0000003714-711x400.jpg). [Acedido em 30 Junho 2020].
- [30] “ULS Guarda,” 17 01 2019. [Online]. Available: <http://www.ulsguarda.min-saude.pt/noticias/inauguracao-do-centro-de-saude-e-sub-de-vila-nova-de-foz-coa/>. [Acedido em 30 Julho 2020].



## ANEXO 2 – EXPLORAÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E FOLHA ASSOCIADA

**SUCH+ENGENHARIA**

PROFESSOR CATEDRÁTICO DE MANUTENÇÃO DE INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE GESTÃO DE ENERGIA

### EXPLORAÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

SCT – Segurança e Controlo Técnico

Entidade: \_\_\_\_\_

EMM's: \_\_\_\_\_ OM: \_\_\_\_\_

**Posto de Transformação**

Tipo de P.T. \_\_\_\_\_ P.T. Nº. \_\_\_\_\_ P.S. Nº. \_\_\_\_\_

Nº. do(s) Transf. \_\_\_\_\_ Marca(s) \_\_\_\_\_ Ano(s) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Potência/Tensão \_\_\_\_\_ Alarma/Protecção \_\_\_\_\_ Protecção A.T. \_\_\_\_\_

**Grupo Electrogénio de Emergência**

Marca \_\_\_\_\_ Potência \_\_\_\_\_ Tensão \_\_\_\_\_

	ANO				Limites Máx/Min
	DIAMÊS				
TERRA DE PROTECÇÃO (Ω)					<20
TERRA DE SERVIÇO (Ω)					<20
TERRA DE GRUPO ELECTROGÉNIO (Ω)					<20
RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO (MΩ)					>0,25
RESISTÊNCIA DE DEFECTO (Ω)					<20
TENSÃO DE CONTACTO (V)					<20
ÓLEO	ÍND. DE NEUTRALIZAÇÃO (MgKOH/g)				<0,40
	RIGIDEZ DIELECTRICA (KV/cm)				>120
ENERGIA ACTIVA	DIURNA (KWH)				
	NOCTURNA (KWH)				
ENERGIA REACTIVA	DIURNA (KVARH)				
	NOCTURNA (KVARH)				
COEF. Ø					>0,93
POTÊNCIA DE PONTO (KW)					

Folhas Anexas

Observações: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Técnico: \_\_\_\_\_

N.º Mec: \_\_\_\_\_

# SUCH • ENGENHARIA

PROJETO, CONTROLO TÉCNICO, MANUTENÇÃO DE INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS E GESTÃO DE ENERGIA

## FOLHA ASSOCIADA Nº \_\_\_\_\_

LINHAS     PORTA     EQUIP.   

TRABALHOS REALIZADOS:     MANUTENÇÃO     PREVENTIVA     CORRETIVA   

CATEG: \_\_\_\_\_    DM: \_\_\_\_\_    Nº CONTRATO: \_\_\_\_\_

CLIENTE: \_\_\_\_\_    SERVIÇO: \_\_\_\_\_

#	EQUIPAMENTO	MARCA	MODELO	NR. DE SÉRIE	NR. DE INVENTÁRIO	ESTADO FINAL*
1)						
2)						
3)						
4)						
5)						
6)						
7)						
8)						
9)						
10)						
11)						
12)						
13)						
14)						
15)						

\* 1. Passos na inspeção; 2. Funcionamento condicionado (ver observações); 3. Não usar (necessita de intervenção técnica)

RELATÓRIO: DESCRIÇÃO DO TRABALHO \_\_\_\_\_    PROCEDIMENTO ESPECÍFICO EM ANEXO

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

MATERIAL APLICADO:	TEMPO DE EXECUÇÃO			
	DATA	Nº FOLH.	H. INIC.	H. FIM

OBSERVAÇÕES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_\_

TÉCNICO: \_\_\_\_\_

PELO CLIENTE: \_\_\_\_\_

(Assinatura)      (Assinatura)

LISBOA - Praça de São Francisco, 44 - 1600-029, Lisboa, Portugal - Tel: 351 21 501 7000 - Fax: 351 21 501 7010 - www.such.pt  
 PORTO - Avenida do Campo, 50 - 4050-215, Porto, Portugal - Tel: 351 22 541 700 - Fax: 351 22 541 707 - www.such.pt  
 COIMBRA - Rua da Rainha - Tel: 351 23 224 2424 - Fax: 351 23 224 2424 - www.such.pt

## ANEXO 3 – RELATÓRIO TIPO TÉCNICO RESPONSÁVEL



**MINISTÉRIO DA ECONOMIA E DO EMPREGO**  
DIREÇÃO-GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA

ANEXO 3I-3

**Relatório-tipo do técnico responsável pela exploração de instalações elétricas**

Instalações em boas condições de segurança .....   
 Instalações em condições deficientes .....   
 Desistência da responsabilidade .....

Período: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

**REFERÊNCIAS:**

(1) \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Inscrito na Direção-Geral de Energia e Geologia com o n.º \_\_\_\_\_, em nos termos legais efetua o relato de sua atividade como técnico responsável pela exploração de instalação acima mencionada.

**INSPECÇÕES EFETUADAS**

De acordo com o estabelecido (1) \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_, inspecionei a instalação nos dias \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_, tendo efetuado os ensaios, medições e verificações que passo a referir:

**1 – SUBESTAÇÕES, POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO E DE CORTE**

**1.1 – Ensaios e medições:**

1.1.1 – Resistência da zona de proteção .....    
 1.1.2 – Resistência da zona de serviço .....    
 1.1.3 – Resistência de isolamento da instalação de baixa tensão .....  M   
 1.1.4 – Ângulo e rigidez dos eixos ou centros eletrícos dos transformadores e aparelhos de corte ..... \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 1.1.5 – Fator de potência (cos  $\phi$ ) .....   
 1.1.6 – Outros ensaios e medições ..... \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**1.2 – Verificações (1):**

Por observação da instalação, dos equipamentos e dos resultados obtidos nos ensaios e medições anteriormente referidos, verifico:

1.2.1 (1) – O nível de óleo nos transformadores e disjuntores de alta tensão (1) \_\_\_\_\_  
 sendo detetado (1) \_\_\_\_\_ deficiências \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Modelo A-107 (Extrato do N.º 1.1) INCM Formato 297 x 210 mm a 40 mm

- 1.2.2 (?) - O estado dos contactos dos dispositivos e das lâminas da corte dos interruptores (?) \_\_\_\_\_  
 tendo detetado (?) \_\_\_\_\_ deficiências \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 1.2.3 (?) - Os circuitos de terra e o estado de conservação dos electodos e dos condutores enterrados (?) \_\_\_\_\_  
 tendo detetado (?) \_\_\_\_\_ deficiências \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 1.2.4 (?) - O estado de conservação dos dispositivos de manobra utilizados (vasos de manobra, estrados, tapetes isolantes, luvas isolantes, etc.) (?) \_\_\_\_\_ tendo detetado (?) \_\_\_\_\_  
 deficiências \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 1.2.5 (?) - A carga do transformador e a temperatura do óleo nos períodos de maior carga (?) \_\_\_\_\_  
 tendo detetado (?) \_\_\_\_\_ deficiências \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 1.2.6 - O estado de funcionamento dos dispositivos de proteção e alarme (?) \_\_\_\_\_  
 tendo detetado (?) \_\_\_\_\_ deficiências \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 1.2.7 - Outras verificações \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**2 - Instalações de utilização:**

Sistema de proteção do pessoal utilizado: TT , TN  ou IT

**2.1 - Ensaios de medições:**

- 2.1.1 - Resistência da terra de proteção \_\_\_\_\_  Ω
- 2.1.2 - Impedância do circuito do defeito \_\_\_\_\_  Ω
- 2.1.3 - Resistência de isolamento \_\_\_\_\_  MΩ
- 2.1.4 - Proteções contra contactos indirectos (v. o comentário n.º 3 do artigo 637.º do RSEUE);  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 2.1.5 - Outras ensaios e medições \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**2.2 - Verificações:**

Por observação da instalação e dos resultados obtidos nos ensaios e medições anteriormente referidos, verifique:

- 2.2.1 - Os aparelhos de proteção contra sobretensões (?) \_\_\_\_\_ tendo detetado (?) \_\_\_\_\_  
 deficiências \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 2.2.2 - A eficácia das proteções contra contactos indirectos (?) \_\_\_\_\_ tendo detetado (?) \_\_\_\_\_  
 deficiências \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.2.3 – O aquecimento e o estado de isolamento dos condutores e dos cabos (F) \_\_\_\_\_ tendo detetado (F) \_\_\_\_\_  
 deficiências \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.2.4 – O estado dos aparelhos de corte e de comando (F) \_\_\_\_\_ tendo detetado (F) \_\_\_\_\_  
 deficiências \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.2.5 – O estado dos aparelhos de utilização (F) \_\_\_\_\_ tendo detetado (F) \_\_\_\_\_  
 deficiências \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.2.6 – Instalações de emergência:

2.2.6.1 – As condições de arranque das fontes de alimentação das instalações de emergência (F) \_\_\_\_\_  
 tendo detetado (F) \_\_\_\_\_ deficiências \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.2.6.2 – O estado das baterias, conexões e seu eletrão (F) \_\_\_\_\_ tendo  
 detetado (F) \_\_\_\_\_ deficiências \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.2.6.3 – O estado de funcionamento dos sistemas autónomos (F) \_\_\_\_\_ tendo detetado (F) \_\_\_\_\_  
 deficiências \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.2.7 (F) – No decurso das visitas, apercebi-me da existência, sem cuidado devido, dos seguintes métodos de trabalho susceptíveis  
 de provocar contactos directos \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.2.8 (F) – Apercebi-me das seguintes incorrecções, quanto à execução de trabalhos nas instalações \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.2.9 – A existência dos seguintes materiais de reserva ou acessórios indispensáveis à exploração \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.2.10 – A existência de instruções de primeiros socorros nos seguintes pontos da instalação \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.2.11 (F) – Em virtude de se verificar que estão a ser usadas utilizações diferentes das inicialmente previstas e alguns locais  
 servidos pela instalação, detetei a necessidade de proceder às seguintes alterações \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.2.12 (F) – A necessidade de reformular a instalação, introduzindo as alterações que passo a relatar com indicação das  
 razões por que têm de ser feitas \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.2.13 - Outros factos \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

3 (f) - Outras instalações \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

4 (f) - Modificações e ampliações:  
 Deverá ao seguinte modificações e ampliações da instalação para os quais não foi consultado \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

5 (f) - Relações com o proprietário:  
 De conhecimento, por escrito, à Entidade Exploradora da necessidade de ações tomadas medidas que ainda não foram por ela concretizadas, pelo que os pontos a enumerar com a indicação dos prazos que, relativamente a cada uma, incidiram nas comunicações \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Anexo \_\_\_\_\_ exemplares;

Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

O Técnico Responsável,

- (1) Entidade a quem é enviado o relatório e relatório do processo de instalação;
- (2) Entidade e localização da instalação elétrica;
- (3) Descrição sumária da instalação elétrica com a indicação das suas características principais;
- (4) Nome e morada do Técnico responsável;
- (5) Duração (total) que prevê a realização das obras;
- (6) No caso de não haver alterações deverá assinar-se expressamente não;
- (7) No caso de não haver alterações deverá assinar-se «Quilómetros» e os seus parâmetros devem assinar-se nos seguintes;
- (8) V. o n.º 1 das notas finais.

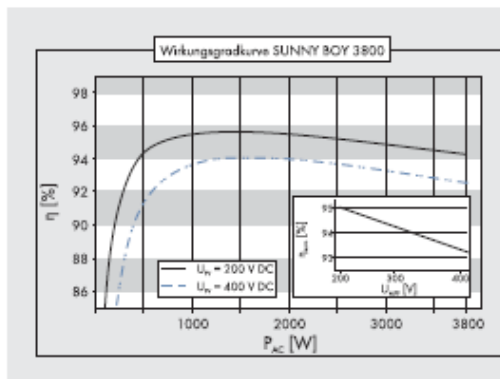
SCDA-FRAN

1 - No caso de este relatório se destinar a ser submetido ao disposto no artigo 14.º do Decreto-Lei n.º 61/2007, de 28 de outubro, não sendo preenchido, em regime de LME 1.2.1 e 1.2.2, 2.2.7, 2.2.8, 2.2.11, 2.2.13, 4 e 5.

2 - Se de espaço a preencher não forem suficientes, deverá juntar-se os anexos pagados convenientes.

## ANEXO 4 – SUNNY BOY 3300 DATASHEET

Dados técnicos	Sunny Boy 3300	Sunny Boy 3800	Sunny Boy 3800/V
<b>Entrada (CC)</b>			
Potência CC máx. [cosφ=1]	3820 W	4040 W	3900 W
Tensão CC máx.	500 V	500 V	500 V
Amplitude de tensão MPP	200 V - 400 V	200 V - 400 V	200 V - 400 V
Tensão nominal CC	200 V	200 V	200 V
Tensão CC mín. / tensão inicial	200 V / 250 V	200 V / 250 V	200 V / 250 V
Corrente máx. de entrada / por string	20 A / 16 A	20 A / 16 A	20 A / 16 A
Quantidade de rastreadores MPP / string por rastreador MPP	1 / 3	1 / 3	1 / 3
<b>Saída (CA)</b>			
Potência nominal CA (com 230 V, 50 Hz)	3300 W	3800 W	3680 W
Potência aparente máx.	3600 VA	3800 VA	3680 VA
Tensão nominal CA/âmbito	220, 230, 240 V; 180 V - 265 V	220, 230, 240 V; 180 V - 265 V	220, 230, 240 V; 180 V - 265 V
Frequência de rede CA / amplitude	50, 60 Hz; ± 4,5 Hz	50, 60 Hz; ± 4,5 Hz	50, 60 Hz; ± 4,5 Hz
Corrente máx. de saída	18 A	18 A	16 A
Factor de desempenho (cos φ)	1	1	1
Fases de alimentação / fases de ligação	1 / 1	1 / 1	1 / 1
<b>Grau de rendimento</b>			
Grau de rendimento máx. / Euro-eta	95,2 % / 94,4 %	95,6 % / 94,7 %	95,6 % / 94,7 %
<b>Dispositivos de segurança</b>			
Protecção contra inversão de polaridade CC	●	●	●
Seccionador de carga CC	●	●	●
Resistência a curto-circuitos CA	●	●	●
Controlo da ligação à terra	●	●	●
Monitorização da rede (SMA Grid Guard)	●	●	●
Separado galvanicamente / unidade de monitorização de corrente residual sensível a todos os tipos de corrente	●/–	●/–	●/–
Classe de protecção / categoria de sobretensão	I / III	I / III	I / III
<b>Dados gerais</b>			
Dimensões (L x A x P) em mm	450 / 352 / 236	450 / 352 / 236	450 / 352 / 236
Peso	38 kg	38 kg	38 kg
Amplitude de temperatura de serviço	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Emissões sonoras (típicas)	≤ 40 dB(A)	≤ 42 dB(A)	≤ 42 dB(A)
Consumo próprio (noite)	< 0,1 W	< 0,1 W	< 0,1 W
Topologia	Transformador de baixa frequência	Transformador de baixa frequência	Transformador de baixa frequência
Tipo de refrigeração	OptiCool	OptiCool	OptiCool
Tipo de protecção electrónica / área de ligação (conforme IEC 60529)	IP65 / IP65	IP65 / IP65	IP65 / IP65
Classe de condições ambientais (conforme CBI 60721-3-4)	4K4H	4K4H	4K4H
<b>Equipamento</b>			
ligação CC: SUNCLIX	●	●	●
ligação CA: borne rosçado / conector de ficha / borne de mola	-/●/–	-/●/–	-/●/–
Visor gráfico: linha de texto / gráfico	●/–	●/–	●/–
Interfaces: RS485 / Bluetooth®	o/o	o/o	o/o
Garantia: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 anos	●/o/o/o/o	●/o/o/o/o	●/o/o/o/o
Certificadas e homologações (mais a pedido)	UTE C 15.712-1*, CE, VDE 0126-1-1, DK 5940**, RD 1663, GB3/1-1, CER/06/190, PFC, AS4777, EN 50438***, C10/C11, PFD5		
* Por encomenda ** válida apenas para variante IT *** não se aplica a todos os anexos de norma nacional da EN 50438			
● Equipamento de série ○ Opcional – não disponível / Dados em condições nominais			
Designação de tipo	SB 3300	SB 3800	SB3800/V 0153



### Accessórios

