

*Júlio Domingos Silvestre*

*Projeto : Sistema de Monitorização para Embarcação  
Elétrica movida a Energia Solar Fotovoltaica*



UNIVERSIDADE DO ALGARVE  
Instituto Superior de Engenharia

*2018*

*Júlio Domingos Silvestre*

*Projeto: Sistema de Monitorização para Embarcação Elétrica movida  
a Energia Solar Fotovoltaica*

*Mestrado em Engenharia*

*Elétrica e Eletrónica*

*Área de especialização em tecnologias da  
informação e telecomunicações*

*Trabalho efetuado sobre orientação de:*

*António João Silva*

*Isménio Martins*



UNIVERSIDADE DO ALGARVE  
Instituto Superior de Engenharia  
2018



**UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA**  
**MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA**  
**ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E**  
**TELECOMUNICAÇÕES**



## Declaração de Autoria do Trabalho

Declaro ser o autor deste projeto designado por Sistema de Monitorização para Embarcação Elétrica movida a Energia Solar Fotovoltaica, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Júlio Domingos Silvestre

.....



UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA  
MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA  
ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E  
TELECOMUNICAÇÕES

“Copyright”, Júlio Domingos Silvestre estudante da UAlg e autor deste trabalho declara que a Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## Dedicatória e Agradecimentos

Agradeço a toda a equipa da Sunconcept que tornou possível este projeto. Um grande bem-haja aos Professores António Silva e Isménio Martins pelas suas pacientes e sensatas abordagens aos problemas ocorridos no desenvolvimento do projeto, bem como um especial agradecimento a todos os que contribuíram para a minha formação intelectual e pessoal.

Até hoje tenho cumprido alguns dos objetivos propostos para a minha carreira como engenheiro e formador, tenho conseguido fazer com que aqueles que se cruzaram no meu caminho tenham um futuro melhor.

Sempre foi motivado pelo lema, “Escolhe um trabalho de que gostes e não terás que trabalhar nem um só dia na tua vida.” Confúcio <sup>1</sup>

*Confúcio*<sup>1</sup> Pensador e filósofo Chinês, 571 aC - 479 aC



**UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA**  
**MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA**  
**ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E**  
**TELECOMUNICAÇÕES**



## RESUMO

Este projeto insere-se no tema da mobilidade elétrica sustentável, e nele se descreve a construção de uma embarcação eletro-solar que utiliza painéis fotovoltaicos como principal fonte de energia para os seus motores elétricos, os seus sistemas de proteção, de gestão energética e monitorização.

Um barco elétrico deve ser projetado de forma a ser o mais eficiente possível porque os recursos energéticos são limitados. É essencial escolher a velocidade e a autonomia, adequadas à rota que se tenciona realizar, logo, é necessário disponibilizar ao mestre da embarcação a informação que permita simultaneamente gerir o equilíbrio da energia consumida nos motores, a produzida pelos painéis solares ou a armazenada nas baterias, para que tenha a possibilidade de tomar as decisões de navegação mais apropriadas. Para isso, foi desenvolvido um sistema de monitorização que entre outros permite saber, em tempo real, as potências geradas e consumidas para garantir uma mobilidade sustentável. No projeto foram instalados dispositivos como o modem 3/4G, router wifi, GPS, voltímetros, amperímetros, termômetros e barômetros que permitem informar oportunamente da disponibilidade de energia, a localização da embarcação e a previsão meteorológica, usando os displays de bordo ou à distância pela Internet com o browser ou o aplicativo para Android.

Este projeto permite aos navegadores e responsáveis pela embarcação monitorizar no local com displays ou à distância a partir da Internet das seguintes informações:

- O consumo e produção energética da embarcação;
- O valor de CO<sub>2</sub> “dióxido de carbono” que se deixou de produzir ao utilizar a propulsão eletro-solar;
- Tensão e percentagem de carga das baterias;
- Estimativa da disponibilidade energética convertida em horas de navegação;
- Informação da velocidade da embarcação e direção de deslocamento;
- Localização geográfica com informação das coordenadas e registo em cartografia.
- Verificação das condições meteorológicas no local, pressão atmosférica e temperatura;
- Informação ao *skipper* da diferença entre a energia consumida e produzida, permitindo encontrar o ponto de navegação onde apenas se consome a energia produzida no momento;





UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA  
MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA  
ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E  
TELECOMUNICAÇÕES

Este projeto pretende ser um passo para que no futuro seja possível projetar uma embarcação elétrica automatizada, onde a gestão da navegação se adapta automaticamente aos recursos energéticos e meteorológicos existentes.

Palavras-chave: Sistema de monitorização; Barco elétrico-solar; Energia Fotovoltaica; Mobilidade sustentável; Geoposicionamento de embarcações por GPS.



## RESUMO (Abstract)

The project is part of the theme of electric mobility, which describes the construction of an electro-solar vessel and its energy management system, which uses photovoltaic panels as the main source of energy for its electric motors.

An electric boat should be designed in a way to be as efficient as possible because the energy resources are limited. It is essential to choose the speed and the autonomy, appropriate to the route that we intend to carry out; it is therefore necessary to make available to the seafarer the information which allows both the balance of the energy consumed in the engines, the one produced by the solar panels or the one stored in the batteries, to be able to make the most appropriate navigation decisions. To this end, a monitoring system has been developed that, among other things, allows us to know, in real time, the generated and consumed powers to guarantee sustainable mobility. In the project were also installed devices such as, router 3/4G, router wifi, GPS, voltmeters, ammeters, thermometers and barometers that allow timely information of energy availability, vessel location and weather forecast, on the spot using displays or distance on the Internet with a simple browser or an Android app.

This project allows navigators and boat managers to monitor on-site displays or remotely from the internet of the following information:

- The consumption and energy production of the vessel;
- The value of CO<sub>2</sub> "carbon dioxide" which is no longer produced when using electro-solar propulsion;
- Tension and percentage of charge of the batteries;
- Estimated energy availability converted into hours of navigation;
- Information of the speed of the vessel and direction of displacement;
- Geographical location with coordinate information and registration in cartography;
- Verification of the methodological conditions in the place, atmospheric pressure and temperature;
- Information to the skipper of the difference between the energy consumed and produced allowing to find the navigation point where only the one produced now is consumed;



UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA  
MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA  
ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E  
TELECOMUNICAÇÕES

This project intends to be a step in the future to be able to design an automated electric vessel, where navigation management adapts automatically to existing energy and meteorological resources.

Keywords: Monitoring system; Electric-solar boat; Photovoltaics; Sustainable mobility; Positioning of vessels by gps;



## ÍNDICE GERAL

	Pág.
Índice de figuras .....	xiv
Índice tabelas .....	xix
Acrónimos e siglas.....	xxi
Capítulo 1 - Introdução.....	1
1.1 Estado da Arte das embarcações solares .....	2
1.2 Estado da Arte dos sistemas de monitorização .....	5
1.3 Enquadramento legislativo e normativo.....	8
1.4 Resultado do projeto.....	9
1.5 A empresa.....	10
1.6 Organização do trabalho.....	11
Capítulo 2 - Estrutura e projeto elétrico da embarcação Sunsailer.....	13
2.1 Descrição da embarcação .....	14
2.2 Descrição elétrica da embarcação .....	17
2.2.1 Esquema de passagem da rede de condutas .....	18
2.2.2 Conceção do sistema de condutas do casco .....	19
2.2.3 Conceção do sistema de cablagem .....	20
2.2.4 Sistemas de proteção .....	22
2.2.4.1 Sistema de proteção contra curto circuitos.....	22
2.2.4.2 Sistema de proteção Galvânica .....	24
2.2.5 Equipamento de corte de emergência.....	25
Capítulo 3 – Sistema de produção, armazenamento e consumo de energia da embarcação .....	27
3.1 Painéis solares .....	28
3.1.1 Tecnologia das células solares .....	29
3.1.2 Painéis solares .....	30
3.1.3 Aumento da Eficiência por colocação de díodos. ....	32
3.2 Processo de carga das baterias .....	33
3.2.1 BMS – Battery Managment System.....	35
3.2.2 Carregador solares de baterias.....	36
3.2.2.1 Carregador solares PWM .....	37
3.2.2.2 Controladores solares MPPT.....	37
3.2.3 Carregador de baterias no cais .....	38



UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA  
MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA  
ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E  
TELECOMUNICAÇÕES

3.3 Estudo do funcionamento de diferentes tipos de baterias .....	38
3.3.1 Baterias de Chumbo-Ácido .....	39
3.3.2 Baterias de Chumbo-Ácido-Gel .....	39
3.3.3 Baterias de Chumbo-Ácido-AGM da 1ª geração .....	39
3.3.4 Baterias de Chumbo-Ácido-AGM da 2ª geração .....	40
3.3.5 Baterias de iões de lítio .....	41
3.3.5.1 Baterias de LiCoO <sub>2</sub> ( Lítio Oxido de Cobalto ) .....	41
3.3.5.2 Baterias de LiFePO <sub>4</sub> (Lítio Fosfato de Ferro) .....	42
3.3.5.3 Óxido de lítio-manganês-níquel-cobalto (LiNiMnCoO <sub>2</sub> ou NMC) .....	43
3.3.6 Comparação dos diferentes tipos de baterias .....	43
3.3.7 A escolha da bateria .....	44
3.4 Conversor DC/DC 24/12 volts .....	45
3.5 Sistema de Comando e Controlo .....	45
3.5.1 A bomba de escoamento de água .....	46
3.5.2 Controlo de subida e descida os motores .....	47
3.5.3 Monitorização da potência gerada e consumida .....	48
3.6 Motores Elétricos .....	48
Capítulo 4 – O sistema de Monitorização .....	51
4.1 Sensores.....	52
4.1.1 Os voltímetros .....	52
4.1.2 Os amperímetros .....	53
4.1.3 A bússola.....	54
4.1.4 Os sensores de pressão atmosférica e temperatura.....	55
4.1.5 O GPS.....	55
4.2 O projeto do sistema de aquisição de sinais .....	56
4.3 A escolha da plataforma computacional .....	58
4.4 Informação disponibilizada nos displays .....	58
4.4.1 O Display 1.....	60
4.4.2 O Display 2.....	61
4.4.3 O Display 3.....	62
4.4.4 O Display 4.....	63
4.5 Comunicação Ethernet .....	64
4.6 O Router .....	64
4.7 O modem 3G .....	66
Capítulo 5 - Desenvolvimento das interfaces remotas com o utilizador .....	67



UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA  
MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA  
ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E  
TELECOMUNICAÇÕES

5.1 Página html.....	68
5.2 Software da informação para Android .....	69
Capítulo 6 – Projetos em desenvolvimentos.....	73
6.1 Sistema elétrico da embarcação .....	74
Capítulo 7 – Conclusão.....	77
Referencias bibliográficas .....	79
Anexos I.....	81
Anexos II .....	81
Anexos III.....	81
Anexos IV.....	81

## Índice de figuras

	Pág.
Figura 1 - A embarcação Solar Sun21; <i>Fonte: transatlantic21</i> .....	2
Figura 2 - Embarcação MS Tûranor PlanetSolar; <i>Fonte: Planetsolar</i> .....	3
Figura 3 - A embarcação solar/ eólica Volitan; <i>Fonte: Designnobis</i> .....	3
Figura 4 - A embarcação solar Sollinner; <i>Fonte: Sollinner</i> .....	4
Figura 5 - Color Control GX <i>Fonte: Victron Energy</i> .....	5
Figura 6 - Color Control GX <i>Fonte: Victron Energy</i> .....	5
Figura 7 - Victron Energy registo online de energia; <i>Fonte: Victron Energy</i> .....	6
Figura 8 - Cayenne programa; <i>Fonte: mydevices.com</i> .....	7
Figura 9 - Torqeedo TorqTrac App; <i>Fonte: Torqeedo</i> .....	7
Figura 10 - Exemplo da listagem de verificação. ....	14
Figura 11 - Casco da embarcação .....	15
Figura 12 - Espinha da embarcação .....	15
Figura 13 - O convés da embarcação.....	15
Figura 14 - A embarcação de recreio depois de concluída; <i>Fonte: Sunconcept</i> .....	16
Figura 15 - Diagrama de blocos do sistema elétrico de potência .....	17
Figura 16 - Conduatas elétricas .....	18
Figura 17 - Esquema de furação para instalação da tubagem.....	18
Figura 18 - Batentes para tubos .....	19
Figura 19 - Conduatas elétricas da embarcação .....	19
Figura 20 - Exemplo dos condutores 2,5mm <sup>2</sup> ; <i>Fonte: Helukabel</i> .....	20
Figura 21 - Exemplo dos condutores 1,5mm <sup>2</sup> ; <i>Fonte: Helukabel</i> .....	20
Figura 22 - Suporte de fusíveis <i>fonte: Imnasa</i> .....	22
Figura 23 - Fusível ANL .....	22
Figura 24 - Suporte de fusível; <i>Fonte ABB</i> .....	23
Figura 25 - Suporte de fusível de painel; <i>Fonte : Imnasa</i> .....	23
Figura 26 - Corrosão galvânica nas partes não submersas .....	24
Figura 27 - Corrosão galvânica no motor .....	24
Figura 28 - Ânodos de sacrifício de zinco .....	24
Figura 29 - Exemplo interruptor de corte; <i>Fonte: Imnasa</i> .....	25
Figura 30 - Diagrama de blocos do sistema energético da embarcação .....	27
Figura 31 - Esquema painel solar <i>Fonte: lee.ist.utl.pt</i> ; .....	28



UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA  
MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA  
ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E  
TELECOMUNICAÇÕES

Figura 32 - Esquema de uma célula solar; <i>Fonte: lee.ist.utl.pt;</i> .....	29
Figura 33 - Esquema elétrico de uma célula fotovoltaica; <i>Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; Projeto de Dissertação; Painel Fotovoltaico em Matlab</i> .....	29
Figura 34 - Painel solar Flexível Monocristalino; <i>Fonte: GWL Power (EVPower a.s.) technologies</i> .....	31
Figura 35 - Díodos colocados nas séries de células; <i>Fonte: infineon-technologies</i> .....	32
Figura 36 - Díodos nos paralelos de painéis; <i>Fonte: infineon-technologies</i> .....	33
Figura 37 - Díodos MC4 <i>Fonte: Suncon</i> .....	33
Figura 38 - Mosfet BTS740; <i>Fonte: Chris Goeltner</i> .....	33
Figura 39 - Processo de carga de uma bateria; <i>Fonte Victron energy</i> .....	34
Figura 40 - Pilhas lítio com BMS; <i>Fonte: Ev-power ; bms</i> .....	35
Figura 41 - Controlo de carga; <i>Fonte: Ev-power</i> .....	35
Figura 42 - BMS <i>Fonte: Ev-power</i> .....	36
Figura 43 - Princípio de um regulador MPPT; <i>Fonte panda energia solar</i> .....	37
Figura 44 - MPPT 100/50; <i>Fonte: elee.ist.utl.pt; mppt</i> .....	38
Figura 45 - Victron energy Skylla <i>Fonte: victronenergy</i> .....	38
Figura 46 - Bateria ácido-chumbo; <i>Fonte: Rolls battery</i> .....	39
Figura 47 - Separador AGM.....	40
Figura 48 - Bateria AGM 2ª geração; <i>Fonte Bosch</i> .....	40
Figura 49 - Pilhas 18650; <i>Fonte: Panasonic</i> .....	41
Figura 50 - Pilhas designação 18650 <i>Fonte: Panasonic</i> .....	42
Figura 51 - Tesla pack de baterias LiCoO <sub>2</sub> ; <i>Fonte: Christopher Arcus;2016</i> .....	42
Figura 52 - Processo de carga e descarga LiFePO <sub>4</sub> ; <i>Fonte: Ev-power ; bms</i> .....	42
Figura 53 - Bateria LiMNC; <i>Fonte Torqeedo</i> .....	43
Figura 54 - Bateria Rolls marítimas; <i>Fonte: Rolls battery , s12 290AGM</i> .....	44
Figura 55 - Percentagem da carga em função da sua utilização; <i>Fonte: Rolls battery</i> .....	45
Figura 56 - Características da descarga da bateria; <i>Fonte: Rolls battery</i> .....	45
Figura 57 - Conversor 24 Volts para 12Volts; <i>Fonte: Victron energy</i> .....	45
Figura 58 - Sistema de comando .....	46
Figura 59 - Sinalização da posição dos motores.....	47
Figura 60 - Ampola magnética .....	47
Figura 61 - Íman utilizado .....	47
Figura 62 - Estrutura de suporte das ampolas magnéticas.....	47





UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA  
MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA  
ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E  
TELECOMUNICAÇÕES

Figura 63 - Monitor; <i>Fonte: Victron energy</i> .....	48
Figura 64 - Shunt de aquisição de dados; <i>Fonte: Victron energy</i> .....	48
Figura 65 - Motor Torqueado; <i>Fonte: Torqueado</i> .....	48
Figura 66 - Motor Torqueado esquema; <i>Fonte: Torqueado</i> .....	49
Figura 67 - Motor Torqueado; <i>Fonte: Torqueado</i> .....	49
Figura 68 - Momentos da força do Motor <i>Fonte: elabz.com</i> .....	49
Figura 69 - Interior do motor Torqueado 2kw.....	50
Figura 70 - Comparação e eficiência entre motores; <i>Fonte: Torqueado</i> .....	50
Figura 71 - Diagrama de blocos do sistema de monitorização.....	51
Figura 72 - Divisor de tensão.....	52
Figura 73 - Amperímetro Tamura; <i>Fonte: Tamura</i> .....	53
Figura 74 - Função de transferência; <i>Fonte: Tamura tecnologias</i> .....	53
Figura 75 - Compass 3-Eixos HMC5883L.....	54
Figura 76 - Correção magnética da terra.....	54
Figura 77 - Placa que aquisição de sinal, pressão atmosférica e temperatura.....	55
Figura 78 - Modulo GPS.....	55
Figura 79 - Esquema de circuito para aquisição de sinal.....	56
Figura 80 - Pcb para aquisição de sinal.....	57
Figura 81 - Conjunto microcontrolador, placa pcb e Ethernet W5100.....	58
Figura 82 - Displays apresentação inicial.....	59
Figura 83 - Monitor display 1.....	60
Figura 84 - Display 2 - Monitor de consumo, produção e carga das baterias.....	61
Figura 85 - Modelo simples de uma bateria.....	61
Figura 86 - Display 3 - Eficiência ecológica.....	62
Figura 87 - Display 3 - Eficiência ecológica.....	62
Figura 88 - Ponto de navegação ecológico.....	63
Figura 89 - Display 4 -Informação Gps.....	63
Figura 90 - Placa base e Ethernet W5100.....	64
Figura 91 – Router wireless.....	64
Figura 92 - Modos de configuração do router.....	65
Figura 93 - Modem USB 3G.....	66
Figura 94 - Página web disponibilizada.....	68
Figura 95 - Posição da embarcação página web.....	69



UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA  
MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA  
ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E  
TELECOMUNICAÇÕES

Figura 96 - Appinventer exemplo <i>http://ai2.appinventor.mit.edu</i> .....	70
Figura 97 - Aplicação para Android .....	71
Figura 98 - Aplicação Android .....	72
Figura 99 - Localização da embarcação .....	72
Figura 100 - Catamaran de 12 metros .....	73
Figura 101 - Curva da potência em função da velocidade. ....	75



**UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA**  
**MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA**  
**ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E**  
**TELECOMUNICAÇÕES**



## Índice tabelas

	Pág.
Tabela 1- Resistividade a 20 graus Celcius .....	20
Tabela 2 -Tabela da TorQeedo de condutores; <i>Fonte: TorQeedo</i> .....	21
Tabela 3 - Eficiência das diferentes tecnologias. Atualizar a tabela .....	31
Tabela 4 - Comparação entre células mono e policristalinas .....	31
Tabela 5 - Características de vários tipos de baterias .....	43



**UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA**  
**MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA**  
**ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E**  
**TELECOMUNICAÇÕES**



### Acrónimos e siglas

ACAP/APICAN - Associação automóvel de Portugal; Associação Portuguesa da Indústria e Comércio das Atividades Náuticas.

AGM - Absorbent Glass Mat, baterias com separador em fibra de vidro.

BMS - Battery management system.

Cayenne Dashboard- plataforma que junta hardware e software.

Díodos bypass - Díodos de passagem alternativa.

DNS - Domain Name System.

ER - Embarcação de Recreio.

Fibra de vidro- Conjunto de resinas e manta de fibra de vidro.

GPS - Sistema de posicionamento por satélite.

Gpv - Tipo de fusível.

I<sup>2</sup>C – Procolo de comunicação em Bus.

IMP - Instituto marítimo portuário.

Mpp - Maximum power point.

Mppt - Carregador de baterias com Maximum power point tracking.

MS -Tûranor PlanetSolar.

NMEA 2000 – Protocolo de comunicação tipo Can-bus para embarcações

PWM - Pulse Width Modulation.

SOC - “State of Charge” Estado da carga de uma bateria.

Sun21 - Catamaran da empresa grove-boats.

Ualg -Universidade do Algarve.

VE.Bus - Protocolo de comunicação utilizado pela Victron. Energy.

VE.Can - Protocolo de comunicação utilizado pela Victron. Energy

VE.Direct - Protocolo de comunicação utilizado pela Victron Energy.

Volitan - Novo conceito de embarcação Solar e Vento.





## Capítulo 1 - Introdução

Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento do sistema elétrico e de monitorização de embarcações marítimas movidas exclusivamente a energia elétrica, utilizando a energia solar fotovoltaica como fonte principal de energia.

O projeto 'SunSailer' foi inicialmente concebido por Jorge Severino e Manuel de Brito, que tiveram uma visão empreendedora, ao constituírem a empresa SunConcept para produzirem e comercializarem uma embarcação alternativa às atuais embarcações de recreio e profissionais, ao nível económico e ecológico, demonstrando assim o conceito de um sistema náutico sustentável.

Foi no âmbito do projeto elétrico da embarcação electro solar que fui convidado a participar, contribuindo para a construção de uma embarcação com um conceito inovador. Neste projeto foram aplicados os conhecimentos adquiridos durante a minha formação académica e profissional como engenheiro, que permitiram implementar e melhorar os seguintes conceitos:

- Sistema elétrico da embarcação;
- Implementação de um sistema de monitorização;
- Eficiência energética (painéis solares fotovoltaicos, baterias e monitorização);
- Produção de embarcações em série;
- Controlo da qualidade.

Neste capítulo, na secção 1.1 é descrito o estado da arte das embarcações eletro-solares, na secção 1.2 é descrito o estado da Arte dos sistemas de monitorização, a secção 1.3 aborda o enquadramento legislativo e normativo, na sessão 1.4 é referido o resultado do projeto, na sessão 1.5 é descrita a empresa e a sessão 1.6 refere os progressos na organização do trabalho de construção das embarcações.



## 1.1 Estado da Arte das embarcações solares

As mudanças climáticas obrigam, por um lado à diminuição de emissões poluentes (ex.: dióxido de carbono, óxidos de enxofre e azoto) e por outro, a uma redução das emissões de carbono em todos os meios de transporte, e o sector marítimo não é exceção.

Ao longo dos últimos anos surgiram algumas propostas de embarcações elétricas como a representada na figura 1, o Solar Sun21 da Transatlantic21 [1], que visa promover o potencial da tecnologia de energia solar para a navegação oceânica. Este foi a primeira embarcação de energia solar a atravessar o Oceano Atlântico em 2006/07. O Sun21 completou a sua viagem de 7 mil milhas marítimas em 29 dias usando apenas energia solar. Esta embarcação tem 14 metros de comprimento e está equipada com painéis solares na cobertura, baterias e motores em cada flutuador. Este barco apresenta uma velocidade média de 5-6 nós (9,26-11,11 km / h) e transporta 6 passageiros.



Figura 1 - A embarcação Solar Sun21; Fonte: *transatlantic21*

Até agora, o maior barco movido a energia solar o MS Tûranor PlanetSolar [2], (figura 2), foi construído e lançado ao mar em 2010 na Alemanha, tem 35 metros e tornou-se o primeiro barco movido a energia solar a fazer a viagem de circum-navegação em 2012. Projetado por LOMOcean Design e construído por Kneierim Yachtbau, o trimaran solar tem na sua cobertura 512 m<sup>2</sup> quadrados de painéis solares, permitindo velocidades até 14 nós (26 km. / h) de velocidade máxima, 5 nós (9,26 km / h) de velocidade de cruzeiro, com dois motores elétricos colocados nos

flutuadores (lateral do casco) que produzem um total de 120 kW. Foi desenvolvido em oito anos e o projeto visou a consciencializar o público sobre a importância das energias renováveis.



Figura 2 - Embarcação MS Tûranor PlanetSolar; Fonte: Planetsolar.

Existem ainda embarcações que misturam o “conceito da vela” e a energia solar como o representado na figura 3 O Volitan [3]. O design é baseado num peixe voador que habita no Mediterrâneo. Esta embarcação de 32 metros é movida a Energia solar e eólica. Foi concebida como uma solução desafiante de design e inovação tecnológica. Assim, apresenta módulos solares flexíveis nas asas e no casco, que geram energia estimada de 8 a 10 kW, tem dois motores elétricos nas asas laterais e as baterias são colocadas na parte central do casco, abaixo da linha de água, atuando como lastro.



Figura 3 - A embarcação solar/ eólica Volitan; Fonte: Designmobis.

Todos os requisitos de energia na embarcação, incluindo os sistemas eletrónicos, o sistema de aquecimento, o de refrigeração e o sistema de tratamento de água para dessalinização de água salgada, utilizam exclusivamente a energia produzida pelo sistema eólico e solar. Utiliza motores elétricos de corrente contínua e baterias de Gel, que proporcionam uma grande quantidade de ciclos de carga/descarga e estão hermeticamente fechadas, evitando assim, os derrames de ácidos.

Como se pode constatar, a maioria destas embarcações são protótipos de elevado custo, em que a produção é de apenas um exemplar. Estes são eficientes na consciencialização da população para a causas ecológicas, mas não para o utilizador comum. Contudo, já vão surgindo algumas empresas com propostas muito interessantes para a produção de embarcações de recreio (ER) em série, como a Polaca Solliner [4], (ver figura 4) que disponibiliza uma embarcação com características muito semelhantes à descrita neste projeto.



**Figura 4** - A embarcação solar Solliner; *Fonte: Solliner.*

## 1.2 Estado da Arte dos sistemas de monitorização



Figura 5 - Color Control GX Fonte: Victron Energy

Normalmente cada empresa que produz equipamentos eletrónicos para produção de energia solar, desenvolve os seus próprios sistemas de monitorização. De entre eles destaca-se, o da Victron Energy [5], exemplificado na figura 5 e 6, que se intitula Color Control GX [6], que permite interligar alguns dos equipamentos da empresa.

Com se pode constatar na figura 6, é elevada a quantidade de protocolos utilizados, uns proprietários outros não, como VE.Direct, VE.Can ou VE.Bus.

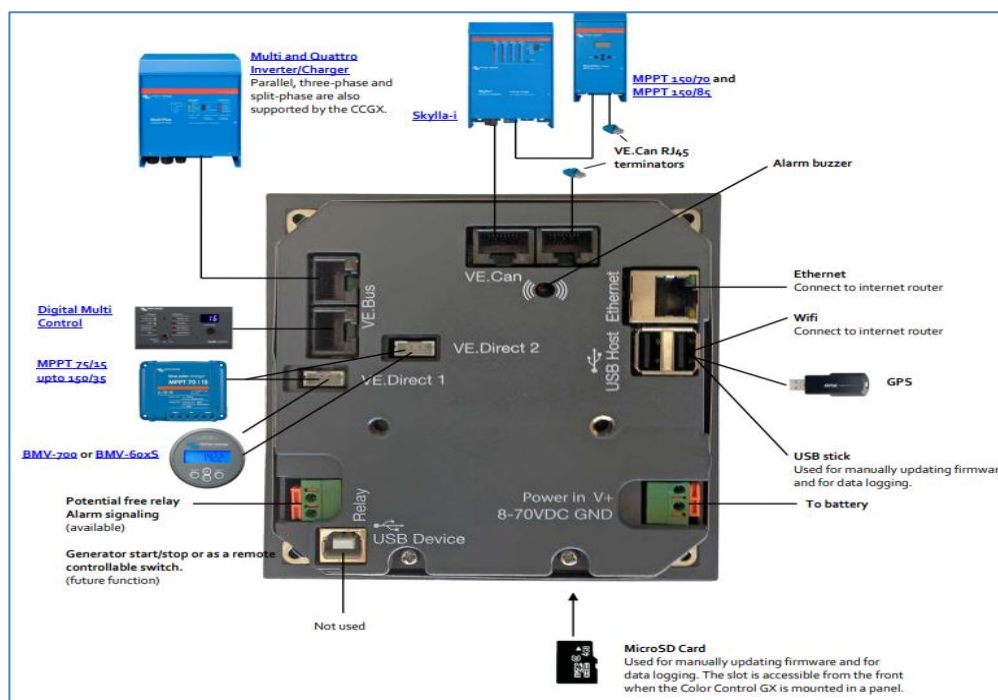
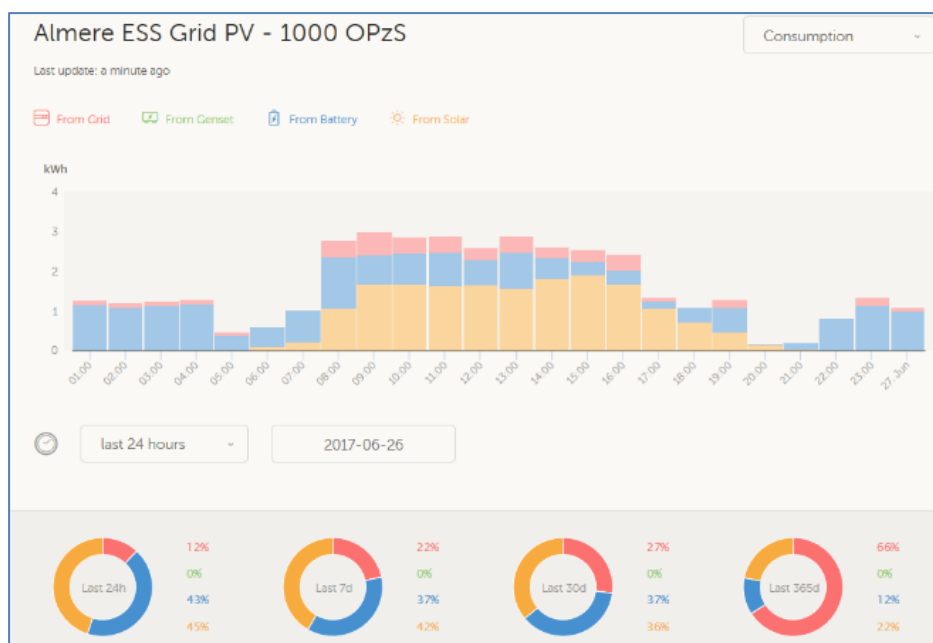


Figura 6 - Color Control GX Fonte: Victron Energy

A Victron energy disponibiliza online a informação da produção e consumos energéticos com gráficos informativos ou através do seu site, desde que exista ligação à Internet. Podendo ser efetuado o registo no seguinte endereço: “[https://www.victronenergy.com/live/vrm\\_portal:start](https://www.victronenergy.com/live/vrm_portal:start)”.



**Figura 7** - Victron Energy registo online de energia; Fonte: Victron

Outra solução para a monitorização é a utilização de uma placa de desenvolvimento com microcontrolador, para a aquisição dos dados e a utilização das plataformas que disponibilizam na sua página de Internet o código já com a programação predefinida. Basta escolher os sensores e copiar o código de programação para o microcontrolador. Nestes sistemas existe um código *key*, que vai identificar o sistema no servidor para permitir disponibilizar toda a informação na internet. De entre outras, destaca-se a Cayenne Dashboard [7] da figura 8.



Figura 8 - Cayenne programa; Fonte: mydevices.com.

A empresa Torqeedo que fornece os motores elétricos da embarcação projetada “Sunsailer 7” tem disponível uma aplicação para Android e Ios (sistema operativo da Apple), ver figura 9, que efetua a ligação por Bluetooth aos motores, permitindo desta forma a utilização de algumas funções que são disponibilizadas pelos controladores dos motores, a potência, a percentagem da carga das baterias e o GPS. Como utiliza Bluetooth a informação é apenas local.

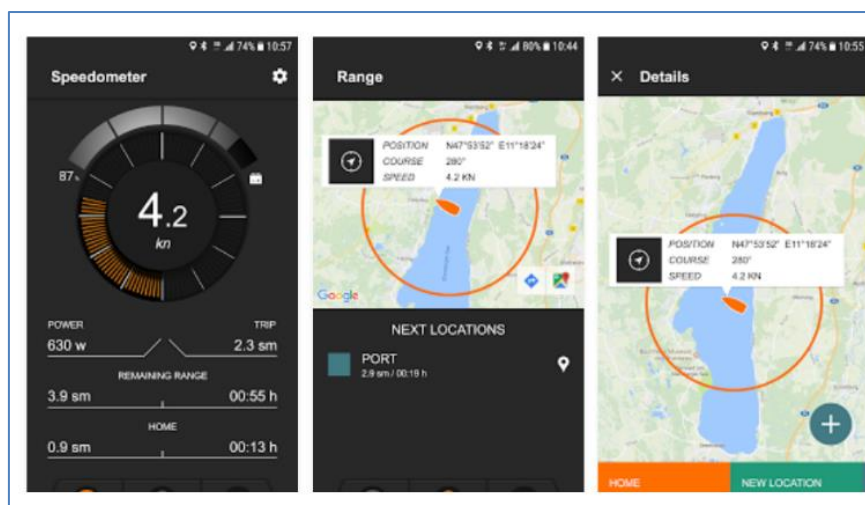


Figura 9 - Torqeedo TorqTrac App; Fonte: Torqeedo



Apesar da existência de vários sistemas de monitorização quase todos são proprietários, ou dependem de terceiros para disponibilizar a informação.

A empresa SunConcept pretendia um sistema próprio e independente, onde fosse possível adicionar mais sensores ou aplicações, conforme a solicitação dos clientes, como por exemplo um sistema de geo-posicionamento, informação da temperatura, pressão atmosférica, carga das baterias, consumos, produção fotovoltaica e autonomia, instantânea e online num futuro site desenvolvido para o efeito, de forma a realizar a divulgação do conceito de mobilidade sustentada aplicada à navegação. Foi neste âmbito que foi desenvolvido o sistema de monitorização descrito neste projeto.

### 1.3 Enquadramento legislativo e normativo.

A construção de embarcações está legislada por Leis e Normas, pelo que antes de planear qualquer projeto devemos observar a legislação em vigor.

Quando foi iniciado o projeto da embarcação a legislação em vigor não era específica para este tipo de embarcações, em especial o Decreto-Lei n.º 124/2004 de 25 de maio, que refere a construção em série de embarcações, nomeadamente o Artigo 3º.

Tratando-se de ER do tipo 5 e de comprimento inferior a 12m não carecia de projeto elétrico, apenas era necessária a memória descritiva e desenhos geométricos, estando contudo, os protótipos das ER construídas em série sujeitos a vistorias efetuadas por peritos do IMP “Instituto Marítimo-Portuário”, tendo em vista a respetiva homologação.

Em 15 de março de 2016 foi publicada a norma ISO 16315:2016 [8] referente a pequenas embarcações com proporção elétrica, que entrou em vigor em Portugal a 14 de junho de 2016 (fonte: Instituto Português da Qualidade). Com a entrada em vigor da norma ISO 16315:2016, ficou estabelecida a aplicação de outras normas para este tipo de embarcação, nomeadamente as normas ISO 10133 [9] “Pequenas Embarcações - Instalações elétricas de baixa tensão DC”, ISO10240 [10] “Manual da embarcação” e ISO 8999 [11] “Simbologia utilizada”.

Durante a realização deste trabalho foram efetuadas algumas alterações na embarcação original para garantir o cumprimento das normas, nomeadamente:



- 1) No sistema elétrico foram efetuados alguns acertos específicos, pois o projeto já tinha introduzido as boas práticas, por forma a garantir a máxima segurança das pessoas e bens. Foram efetuados os ajustes adicionais às mencionadas na norma 16315:2016 parte 7.2. “*A proteção de sobreintensidades deve estar localizada o mais próximo possível das baterias até 1,8 m*”,
- 2) Melhorar a informação disponibilizada pela embarcação ao skipper, como a percentagem da carga das baterias, a velocidade, a corrente ou a potência consumida e status do sistema, conforme a norma ISO 16315:2016.
- 3) No manual da embarcação foram corrigidas as lacunas existentes, utilizando a simbologia definida na norma ISO 11192:2005 [12], colocando mais informações nomeadamente a localização dos dispositivos e as chamadas de atenção, conforme a norma ISO 10240:2004 - “*informação de Perigo, Atenção e Cuidado*”.

## 1.4 Resultado do projeto

Este projeto permitiu efetuar o esquema elétrico da embarcação, melhorar o acondicionamento e distribuição da cablagem, bem como a centralização dos sistemas elétricos num só local abrigado, evitando os problemas causados pela corrosão marítima.

Além do projeto elétrico, foi projetado o sistema de monitorização online da embarcação, ficando ao dispor do proprietário, as informações do estado da embarcação em tempo real, no local ou via Internet. Além disso, o sistema de monitorização permite uma navegação segura por referenciar em tempo real a localização da embarcação, ecológica por monitorizar permanentemente a produção de energia de fontes renováveis e eficiente por permitir uma gestão racional da energia ao monitorizar o balanço entre a energia produzida e consumida.

Nas embarcações comercializadas para o Algarve foi testado o novo sistema de monitorização, disponibilizando a informação no local e através da Internet. Por se tratar de um sistema com muitos sensores e ligações elétricas, onde se pretende que nada falhe e para que os clientes consigam usufruir o máximo dos recursos disponíveis na embarcação, o equipamento de monitorização foi instalado durante seis meses numa embarcação a título experimental, para eventuais correções de hardware ou software. Depois do período de testes, o equipamento foi





desmontado para uma vistoria técnica e para a realização das adaptações necessárias ao bom funcionamento durante os largos anos de vida que se espera da embarcação.

Atualmente o display de informação local da embarcação, não se encontra em funcionamento devido a problemas técnicos relacionados com a resistência à intempérie, mas pode-se consultar a informação disponível pela rede wireless, utilizando uma aplicação desenvolvida para dispositivos móveis.

### 1.5 A empresa

A empresa SunConcept, onde este projeto foi desenvolvido, é uma startup portuguesa de Construção Naval especializada no desenvolvimento e criação de embarcações eletro-solares. Sediada na zona industrial de Marim em Olhão, no Algarve, Portugal, junto do Parque Natural da Ria Formosa, encontra-se no ambiente ideal para a implementação de um projeto desta natureza, tendo sido já premiada em inúmeras vezes pelo seu projeto sustentável: em 2016 com o prémio "Chivas the venture Portugal" e representou Portugal no concurso internacional da Chivas, em 2017 ganhou o prémio "*Os melhores de Portugal tecnológico*", atribuído pela revista Exame Informática na categoria de "*Sustentabilidade/Responsabilidade Social*" e em 2018 o prémio "*Nos Inovação*" que permeia grandes ideias.

A empresa nasceu da aposta na ergonomia do design industrial de cascos em fibra de vidro e da crescente orientação ecológica dos mercados, em combinação com os 30 anos de experiência na área de projeto e construção naval de Jorge Severino, pioneiro na criação de barcos eletro-solares em Portugal.

A empresa promove a utilização de energias renováveis no sector da Náutica, recorrendo a soluções tecnológicas que combinam o uso de energia eletro-solar e design inovador. O objetivo é oferecer ao mercado embarcações não poluentes e energeticamente eficientes, movidas a energia eletro-solar, de fácil utilização e a um preço acessível, para atividades de recreio e de trabalho. Atualmente a SunConcept dispõe do certificado de fabricante emitido pela divisão náutica da ACAP/APICAN [13] anexo I.



## 1.6 Organização do trabalho

Este trabalho está organizado em capítulos começando pela introdução onde se descreve a motivação, os objetivos e o estado da arte. O capítulo 2, refere o estado inicial da embarcação, as melhorias efetuadas, bem como a reorganização do sistema industrial da empresa para uma produção em série e a constituição da estrutura da embarcação. No capítulo 3, apresenta-se o sistema de produção, armazenamento, proteção e consumo de energia da embarcação. O capítulo 4, aborda o sistema de monitorização, começando por descrever os sensores, o microcontrolador, a placa desenvolvida para aquisição de sinal e o processo de envio dos dados. No capítulo 5, é descrito a interface de ligação com o utilizador, que permite recolher sinais e apresentar a informação no display, na internet ou na aplicação Androide desenvolvida para visualização da informação.

O capítulo 6 descreve o novo projeto em curso, um novo modelo de embarcação eletro-solar um Catamaran de 12 metros e por último o capítulo 7 refere as conclusões do projeto.



**UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA**  
**MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA**  
**ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E**  
**TELECOMUNICAÇÕES**



## Capítulo 2 - Estrutura e projeto elétrico da embarcação Sunsailer

Inicialmente a empresa Sunconcept produzia protótipos de embarcações e mobilizava os seus recursos na divulgação do conceito que é possível as embarcações moverem-se com energia elétrica-solar, apresentando uma alternativa de mobilidade sustentada.

Com o conceito já divulgado junto da opinião pública, a empresa redirecionou os seus esforços efetuando algumas alterações estruturais no processo de fabrico para uma produção em série das embarcações.

A estrutura da embarcação foi melhorada pelo departamento de engenharia naval. A logística, a qualidade e a instalação elétrica foram melhoradas e desenvolvidas pelo departamento de engenharia eletrotécnica.

As alterações propostas no processo de fabrico foram efetuadas da seguinte forma:

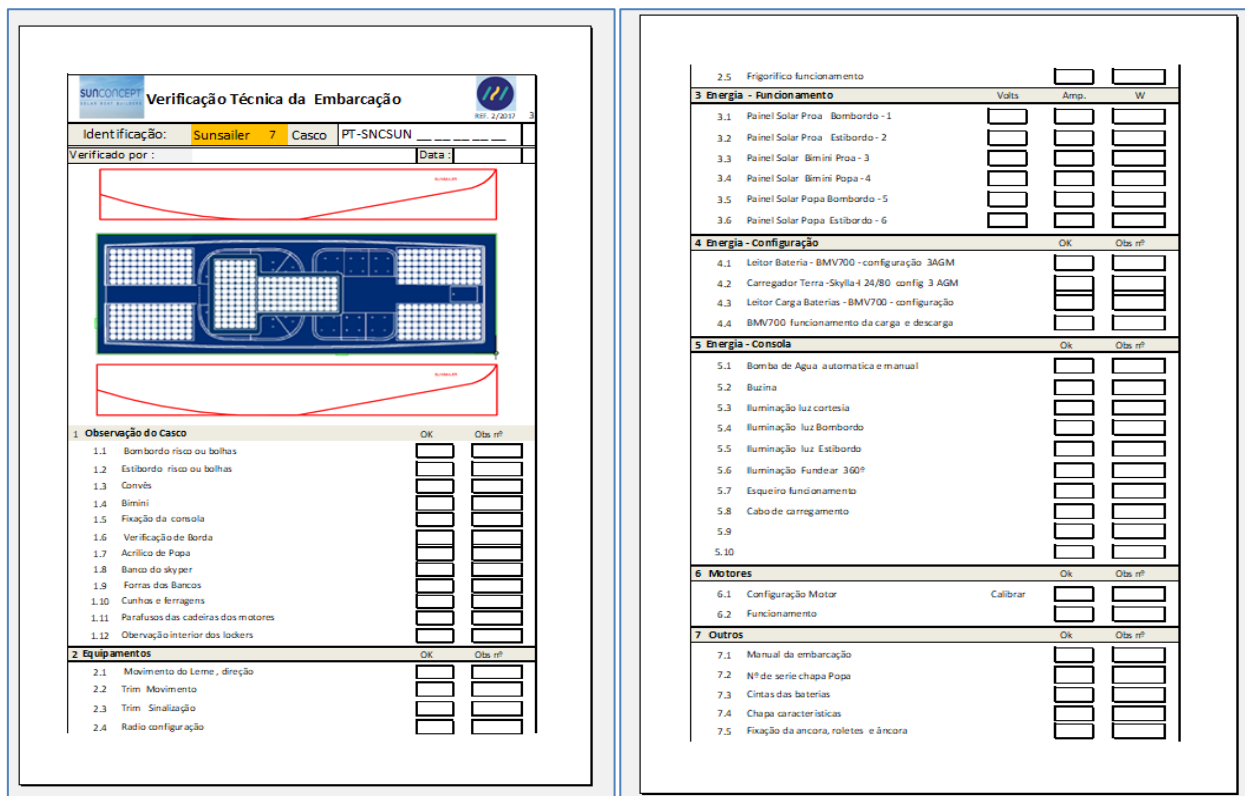
- Em primeiro lugar, foi melhorado o processo de construção que utiliza gelcoat, fibra e resinas, preparando um grande número de peças simultaneamente, evitando os desperdícios de pincéis, de catalisador, de equipamento de proteção individual e tempo de produção.

- Em segundo lugar procedeu-se à melhoria do fabrico das peças no molde, para que depois de desmoldadas, não fossem necessários muitos acabamentos.

- Em terceiro lugar, foi dividida a equipa de montagem em duas para que cada uma efetuasse a montagem de uma embarcação do início ao fim, motivando todos os intervenientes para um acabamento perfeito.

- O quarto ponto foi a alteração da logística, de forma a disponibilizar todos os materiais necessários antes do início da construção da embarcação. Criou-se uma listagem de todos os componentes da embarcação, com a referência do fabricante e observações como a data prevista de entrega. Deste modo, passou a ser possível prever atempadamente as necessidades de produção.

- Em quinto foi proposto um processo de controlo de qualidade, para garantir que os produtos chegam ao cliente em ótimas condições. Este processo é exemplificado pela ficha de verificação técnica da figura 10, que é uma “checklist” dos pontos a observar. Assim, a embarcação é analisada desde o casco à configuração dos equipamentos elétricos, antes de sair do estaleiro.



1 Observação do Casco		OK	Obs. nº
1.1	Bombordo riscado ou bolhas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2	Estibordo riscado ou bolhas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3	Convés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4	Bimini	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5	Fixação da consola	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.6	Verificação de Borda	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.7	Acrílico do Pópa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.8	Banco do skyper	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.9	Farras dos Bancos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.10	Cunhas e ferragens	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.11	Parafusos das cadeiras dos motores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.12	Observação interior das lockers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2 Equipamentos		OK	Obs. nº
2.1	Movimento do Leme, direção	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2	Trim Movimento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.3	Trim Sinalização	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4	Radio configuração	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3 Energia - Funcionamento		Volts	Amp.	W
3.1	Painel Solar Proa Bombordo - 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2	Painel Solar Proa Estibordo - 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.3	Painel Solar Bimini Proa - 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.4	Painel Solar Bimini Pópa - 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.5	Painel Solar Pópa Bombordo - 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.6	Painel Solar Pópa Estibordo - 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4 Energia - Configuração		OK	Obs. nº
4.1	Leitor Bateria - BMV700 - configuração 3AGM	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.2	Carregador Terra-Skylla-1 24/80 config 3 AGM	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.3	Leitor Carga Baterias - BMV700 - configuração	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.4	BMV700 funcionamento da carga e descarga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5 Energia - Consola		OK	Obs. nº
5.1	Bomba de Água automática e manual	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.2	Buzina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3	Iluminação luz cortesia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4	Iluminação luz Bombordo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.5	Iluminação luz Estibordo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.6	Iluminação Fundead 360º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.7	Esqueiro funcionamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.8	Cabo de carregamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.9		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.10		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6 Motores		OK	Obs. nº
6.1	Configuração Motor	Calibrar <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.2	Funcionamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7 Outros		OK	Obs. nº
7.1	Manual da embarcação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2	Nº de serie chapa Pópa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.3	Cintas das baterias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.4	Chapa características	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.5	Fixação da ancora, roletes e âncora	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 10 - Exemplo da listagem de verificação.

Com as alterações propostas conseguiu-se aumentar a produção em 50%, passando da construção de uma embarcação por mês para duas.

Este capítulo aborda a descrição da embarcação, a produção industrial com a definição dos processos de montagem em série (sessão 2.1), a descrição da embarcação, a melhoria dos prazos de entrega, o controlo de qualidade da embarcação (secção 2.2), e a descrição da instalação elétrica (secção 2.3).

## 2.1 Descrição da embarcação

As embarcações são contruídas em Gelcoat e fibra de vidro, utilizando peças produzidas em moldes pré-concebidos para uma produção em série. Está dividida em três estruturas básicas, casco, espinha e convés, que são depois assembladas no processo final de montagem.

O casco representado na figura 11, foi construído utilizando um molde, que é inicialmente revestido a cera, para uma desmoldagem fácil. Seguidamente é colocado o gelcoat e posteriormente são colocadas as mantas de fibra impermeabilizada com camadas de resinas. Após a secagem o casco é retirado do molde.

A espinha que podemos observar na figura 12 é a estrutura interna da embarcação concebida em contraplacado marítimo e Polietileno de vinilo resina e fibra laminada. Depois de completada a construção da espinha esta é colocada dentro do casco para fixação e colocação das condutas elétricas. Desta forma, temos uma embarcação concebida para uma motorização elétrica sem condutores à vista ou mal-acondicionados.



**Figura 11** - Casco da embarcação



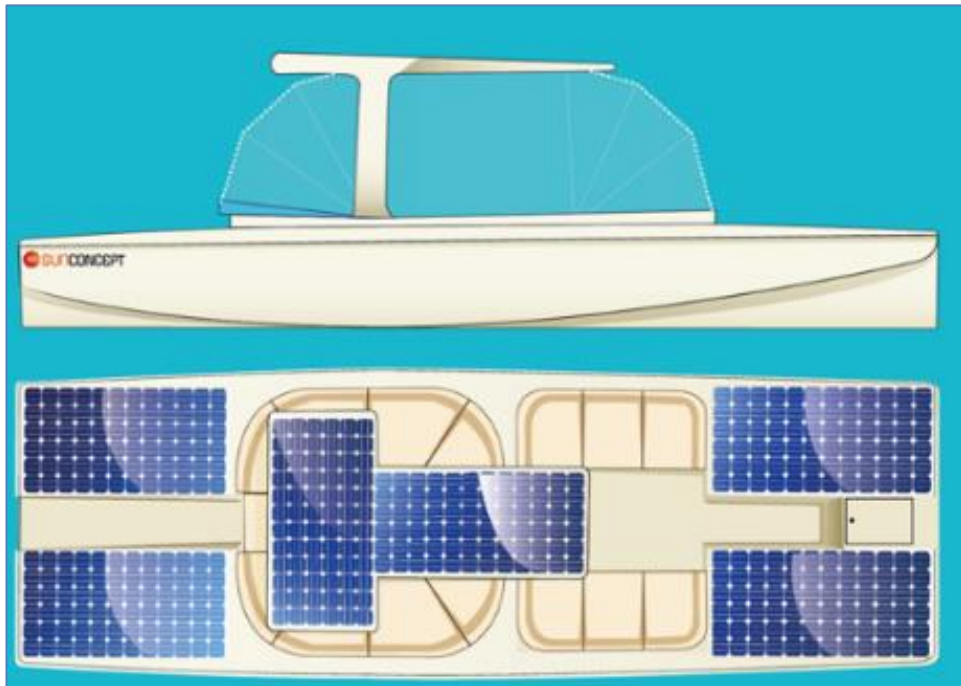
**Figura 12** - Espinha da embarcação



**Figura 13** - O convés da embarcação

O último processo de assemblagem é do convés da figura 13, que é a parte superior que vai fechar a embarcação. É no convés que estão localizados os equipamentos elétricos. Quando terminados estes processos de montagem é efetuado o desmolde do casco.

As características da embarcação do projeto, (figura 14) são um design inovador e atraente, dispondo de um casco que mistura as linhas leves, suaves e aerodinâmicas de uma embarcação à vela, mas com a robustez de uma embarcação a motor.



**Figura 14 - A embarcação de recreio depois de concluída; Fonte: Sunconcept.**

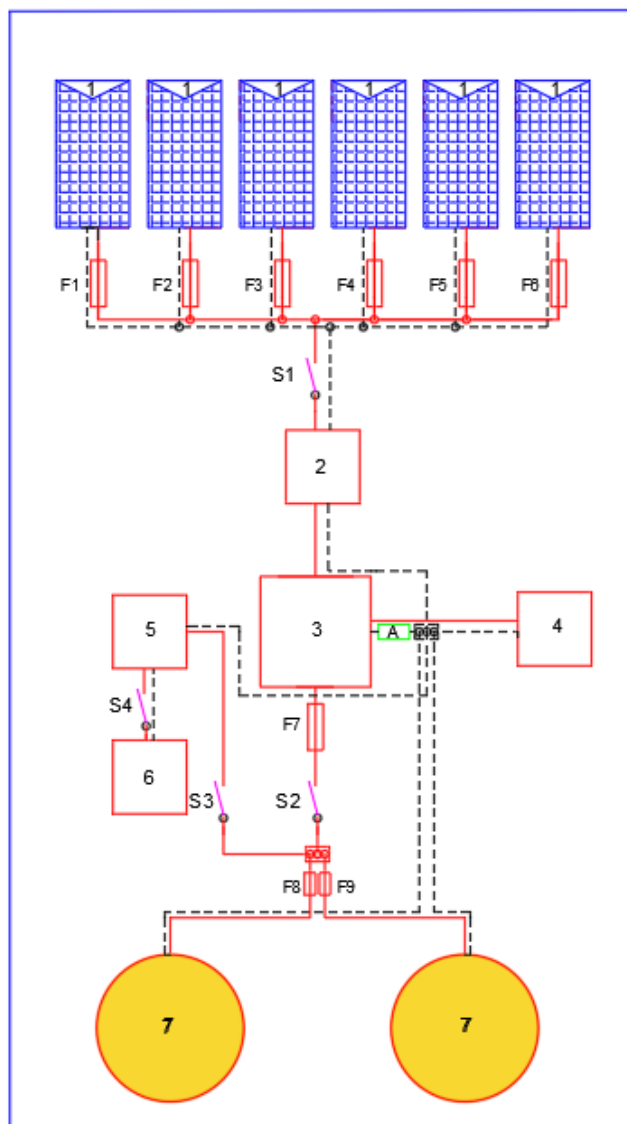
**As características da embarcação são:**

- Comprimento: 6,98m
- Largura: 2,40m
- Deslocamento: 2,3 t
- Motorização: 2 Motores Elétricos de 2000Wh 24 Volts DC
- Baterias: 6 baterias AGM, 290Ah 12 V
- Gerador solar: Painéis 6 x 205W
- Velocidade máxima: 7 nós
- Autonomia: 6-9h sem sol na velocidade recomendada
- Tipo de navegação: Categoria 5

## 2.2 Descrição elétrica da embarcação

Neste subcapítulo é abordada a constituição do sistema elétrico da embarcação (figura 15), que é constituído pelo sistema de proteção utilizado fusíveis (Fx), os equipamentos elétricos (números) e os dispositivos de corte de energia (Sx).

Inicialmente o sistema elétrico estava disperso pelos vários compartimentos da embarcação. Durante o projeto foram centralizados os equipamentos elétricos e definidos os novos traçados para as condutas elétricas.



Legenda:

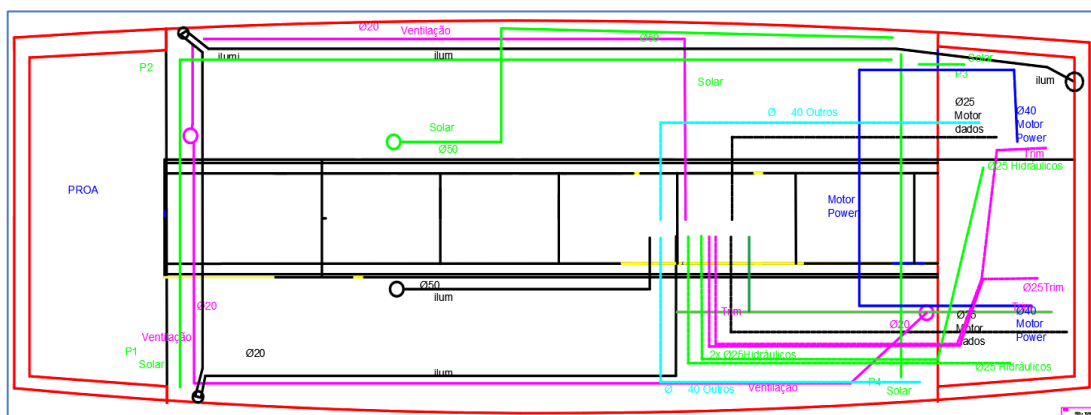
- 1-Painéis Solares fotovoltaico;
- 2-Carregador solar MPPT;
- 3-Banco de baterias tipo AGM;
- 4-Carregador de cais AC/DC 230/24 Volts;
- 5-Convertor DC/DC 24/12 Volts;
- 6-Comando e monitorização;
- 7-Motor elétrico;
- S1 - Corte de energia dos painéis solares;
- S2 - Corte de energia das baterias;
- S3 - Corte de alimentação da Consola;
- S4 - Cortes dos circuitos de comando;
- F1 a F6- Fusíveis dos painéis solares 10A;
- F7 - Fusível geral das baterias 250A;
- F8 e F9 - Fusíveis dos motores 130A;
- A – Sensor (Amperímetro/Voltímetro);

Figura 15 - Diagrama de blocos do sistema elétrico de potência



### 2.2.1 Esquema de passagem da rede de condutas

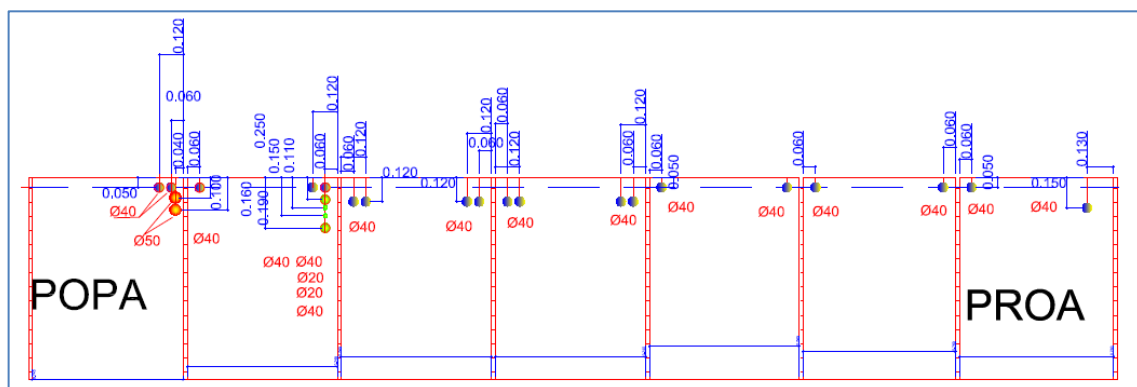
O esquema da distribuição das condutas na embarcação é indispensável para a implantação do sistema elétrico, que iremos descrever nas próximas secções, na figura 16 podemos identificar a embarcação a vermelho, os vários circuitos elétricos com cores diferentes, desde a ligação dos motores a azul, a produção fotovoltaica a verde e o sistema de iluminação a preto e violeta.



**Figura 16 - Condutas elétricas**

A embarcação é constituída por duas partes distintas, produzidas em separado, o casco e a espinha que posteriormente são juntas formando uma estrutura única.

Antes da espinha ser colocada dentro do casco, são efetuadas todas as furações necessárias, para a colocação dos tubos de distribuição elétrica, conforme podemos observar na espinha (figura 17), com a descrição da altura e diâmetro dos furos.



**Figura 17 - Esquema de furação para instalação da tubagem**

Saliento que esta é uma embarcação concebida para uma utilização elétrica, logo não devem existir condutores soltos, nem à vista, evitando ao máximo os riscos elétricos e a deterioração precoce por processos de corrosão ou galvânicos muito frequente em meios marítimos.

Um dos aspetos fundamentais consiste na colocação dos condutores elétricos, porque a embarcação está constantemente sujeita a vibrações provocadas pela ondulação. Assim, devem os



**Figura 18** - Batentes para tubos

condutores elétricos ter o melhor acondicionamento possível, não deixando arestas vivas que possam danificar ou deixar entrar humidade para o seu interior. A solução encontrada foi a utilização de batentes (ver figura 18) e um bom isolamento das extremidades com manga termo retrátil evitando a entrada de humidade no interior dos condutores elétricos.

### 2.2.2 Conceção do sistema de condutas do casco

Após a colocação da espinha no casco (figura 19), já com a furação efetuada (ver figura 17), é necessário colocar toda a tubagem, para posteriormente ser revestida com espuma, o que permite a sua fixação e uma maior compartimentação e flutuabilidade da embarcação, evitando o naufrágio em caso de inundação. Após a colocação de toda a rede de tubos é executada a laminagem, para fechar hermeticamente toda a parte inferior do casco, exceto no local central onde vão ser colocadas as baterias.



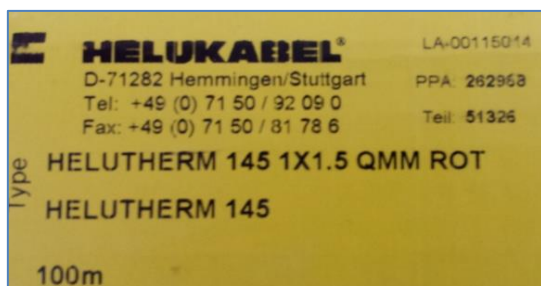
**Figura 19** - Condutas elétricas da embarcação

### 2.2.3 Conceção do sistema de cablagem

A escolha dos condutores utilizados foi criteriosa, utilizando condutores com características especiais.

Os condutores a utilizar são multifilares, conforme definidos pela norma ISO 10331 referente a tensão inferiores a 50 volts dc. Tendo os condutores as características que garantam uma robustez e qualidade adequadas ao local onde estão instalados, tomámos a opção de utilizar condutores aprovados pelas entidades que efetuam certificação de embarcações, com por exemplo a Lloyd's [14] “empresa certificadora de produtos”.

Os condutores devem ser livres de halogénio, de cor vermelha para o positivo e preta para o negativo como mínimo da referência H05V-K para todos os circuitos, com elevada resistência ao calor entre -30° C e 120°C, e boa resistência à humidade, conforme figuras 20 e 21 e anexo II onde estão descritas pormenorizadamente as suas características.



**Figura 21** - Exemplo dos condutores 1,5mm<sup>2</sup>; Fonte: Helukabel



**Figura 20** - Exemplo dos condutores 2,5mm<sup>2</sup>; Fonte: Helukabel

Foram efetuados os cálculos da secção dos condutores para todas as ligações, considerando uma queda de tensão máxima nas ligações inferior a 2,5%.

Apresenta-se de seguida os cálculos da ligação das baterias aos motores utilizando a fórmula de cálculo da resistividade, referida na tabela n.º 1.

$$R = \rho * \frac{l}{S} \quad (1)$$

R=resistência      ρ =resistividade

s = secção em mm<sup>2</sup>    l= comprimento

Material	Resistividade (Ω mm <sup>2</sup> /m)	Condutibilidade (S m / mm <sup>2</sup> )
Alumínio	0,02857	35
Cobre	0,0172	58
Constantan	0,5	2
Estanho	0,11 – 0,14	9,1 – 7,1
Ferro	0,10 – 0,15	10 – 6,7
Mercurio	0,95	1,05
Níquel	0,10	10
Prata	0,016	62,5
Platina	0,095	10,5
Chumbo	0,204	4,9
Tungsténio	0,055	18,2
Zinco	0,063	15,9

**Tabela 1- Resistividade a 20 graus Celcius**



UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA  
MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA  
ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E  
TELECOMUNICAÇÕES

Para o cálculo da secção dos condutores foi considerada a resistividade do cobre a uma temperatura de 70° Celcius ( $\rho = 0,0225 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ ), pois os condutores estão acondicionados dentro de condutas e no interior da embarcação.

Efetuada os cálculos para uma queda de tensão de 2,5% em 24 volts temos 0,6 Volts de queda de tensão máxima admissível. Na instalação a distância máxima dos condutores é de 10 metros entre as baterias e os motores, e um consumo de máximo de 83,3 Amperes, foram efetuados os cálculos:

$$R = \rho * \frac{l}{S} ; \quad R = \frac{U}{I} \quad (2)$$

$$\frac{U}{I} = \rho * \frac{l}{S} \rightarrow S = \rho * \frac{l * I}{U} \quad (3)$$

U= tensão; l= comprimento; I= intensidade; p= resistividade; R=resistência

$$S \geq \frac{0,0225 * 10 * 83,3}{0,6} ; S \geq 31,23 \text{ mm}^2$$

A partir dos cálculos concluímos que deve ser colocado um condutor de 31,23mm<sup>2</sup> de secção para cada motor. Corrigida a secção calculada para um valor disponível comercialmente, foram utilizados condutores de 50 mm<sup>2</sup>.

Para confirmação dos cálculos foi analisada a documentação da TorQeedo [15] empresa que fornece os motores. Na tabela 2 descreve a recomendação do fabricante relativamente à sessão dos condutores, que se aproxima muito dos cálculos já efetuados, confirmando-os.

**Pérdida de potencia en vatios en función de la sección y de la longitud del cable**  
En el caso del Cruise 2.0 de Torqeedo, 24 V, 2.000 W

		Sección del cable en mm <sup>2</sup>							
		50	35	25	16	10	6	4	2
Longitud del cable en m	1	2,3	3,3	4,7	7,3	11,7	19,5	29,3	58,6
	3	7,0	10,0	14,1	22,0	35,1	58,6	87,8	175,7
	5	11,7	16,7	23,4	36,6	58,6	97,6	146,4	292,8
	7	16,4	23,4	32,8	51,2	82,0	136,6	204,9	409,9
	10	23,4	33,5	46,8	73,2	117,1	195,2	292,8	585,6

■ Pérdidas del cable <2,5%    ■ Pérdidas del cable >2,5%

Tabela 2 -Tabela da TorQeedo de condutores;

## 2.2.4 Sistemas de proteção

Os sistemas de proteção devem ser adequados ao meio onde estão inseridos, neste caso por tratar-se de uma embarcação, é necessário proteger de forma adequada as pessoas e os equipamentos. Nas seguintes subsecções iremos descrever os circuitos de proteção geral do banco de baterias, dos painéis solares e do sistema de comando.

### 2.2.4.1 Sistema de proteção contra curto circuitos

O sistema de proteção contra curtos circuitos foi efetuado utilizando proteção com fusíveis, para os troços de potência, os suportes de fusível, a utilizar nos condutores positivos da instalação, estão protegidos contra salpicos de água e são de fácil observação quando fundidos, como podemos



**Figura 22** - Suporte de fusíveis *fonte: Imnasa*

ver na figura 22.

Na ligação entre as baterias e o barramento, considerando dois motores de 2kW, com a tensão de 24 volts utilizando a fórmula (4) a intensidade máxima calculada é de 166 Amperes. Como os fusíveis devem ter um poder de corte 1,5 vezes a corrente nominal (ou seja, 249A), foi utilizado o padrão comercial 250 de Amperes (ver figura 23). Em seguida apresenta-se os cálculos associados.



**Figura 23** - Fusível ANL

$$P = U \cdot I ; I = \frac{P}{U} \quad (4)$$

$$I = \frac{2 \times 2000}{24} \rightarrow I = 166,66 \text{ A}$$

$$I_f = I \times 1,5 \rightarrow I_f = 249,9 \text{ A} \quad (5)$$

U= tensão; P= potência; I= intensidade,  
I<sub>f</sub>= Intensidade do fusível;

Na proteção individual dos motores utilizando a fórmula (4) para uma potência de 2kW, a intensidade é de 83,33 A. Foi calculado o fusível utilizando a fórmula (6). O resultado foi de 125 A. Foi utilizado o valor recomendado pelo fabricante dos motores 130 A.

$$I = \frac{2000}{24} \rightarrow I = 83,33A ; \quad If = I \times 1,5 \rightarrow If = 125A \quad (6)$$

Na ligação dos painéis solares ao MPPT “carregador Solar” foi utilizado o suporte de fusíveis, exemplificado na figura 24, que permite o corte e a fácil substituição do fusível de cartucho cilíndrico, tipo Gpv, utilizado em instalações fotovoltaicas.

O cálculo efetuado para os fusíveis foi o seguinte:

Para uma intensidade nominal de 6 A o corte deve ser efetuado a 1,5 vezes a corrente nominal, ou seja, 9 A, foi tomada a opção de colocar 10A por ser o valor comercializado. Foram colocados fusíveis de 10 A, um em cada string de painéis



**Figura 24** - Suporte de fusível; Fonte ABB

$$If = 6 \times 1,5 \rightarrow If = 9A \quad (7)$$

No que se refere aos circuitos de comando devem os mesmos ser protegidos na sua generalidade por fusíveis de 2 A (ver figura 25), um por cada circuito, exceto na ligação da bomba de água e na buzina que devem ser protegidas por 10 e 5 Amperes respetivamente. Os valores são calculados com base no procedimento referido na alínea anterior, ou seja 1,5 vezes o valor nominal.



**Figura 25** - Suporte de fusível de painel; Fonte : Innasa

### 2.2.4.2 Sistema de proteção Galvânica

A corrosão galvânica é um processo eletroquímico em que um metal sofre corrosão com a libertação de eletrões, ficando a sua estrutura frágil. Numa embarcação foram detetadas anomalias (ver figuras 26 e 27), apesar da embarcação ter permanecido na água apenas 8 dias. Após observação deste facto, foi estudado o processo e analisada a documentação sobre corrosão galvânica, nomeadamente da Motolusa [16].

Apesar do motor já ter um ânodo de zinco, junto da hélice, foi proposto a incorporação de dois zincos adicionais (figura 28), um de cada lado da embarcação, ligados a todos os dispositivos metálicos da embarcação com um condutor elétrico. Após esta alteração efetuada não voltaram a ser detetados este tipo de problemas.



Figura 26 - Corrosão galvânica nas partes não submersas

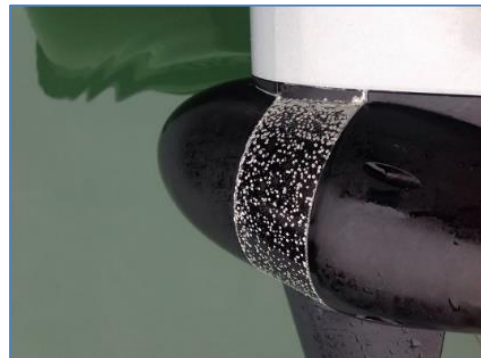


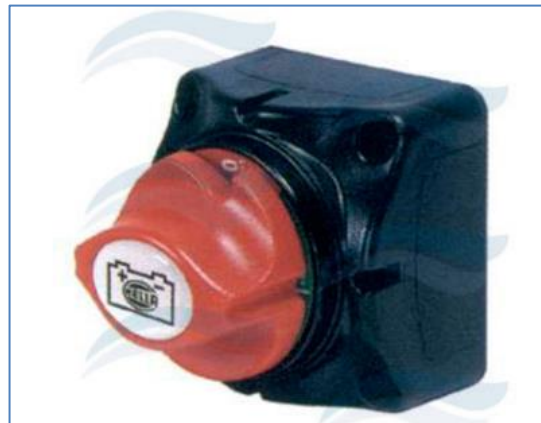
Figura 27 - Corrosão galvânica no motor



Figura 28 - Ânodos de sacrifício de zinco

### 2.2.5 Equipamento de corte de emergência

Como o sistema elétrico instalado na embarcação tem duas fontes de energia (baterias e painéis solares), devem as mesmas ser desligadas em caso de emergência ou em procedimentos de manutenção, protegendo desta forma as pessoas e a embarcação. Para o efeito foram utilizados dois interruptores mecânicos de corte de 24 Volts com capacidade até 275 Amperes, exemplificado pela figura 29, um para desligar os painéis solares e outro para desligar o banco de baterias, localizados junto ao skipper.



**Figura 29** - Exemplo interruptor de corte; Fonte: Imnasa

Neste capítulo foram relatadas as características da embarcação, a evolução do processo de produção, a qualidade e os sistemas elétricos principais da embarcação.

No próximo capítulo iremos descrever o sistema elétrico de produção, consumo e armazenamento da embarcação.



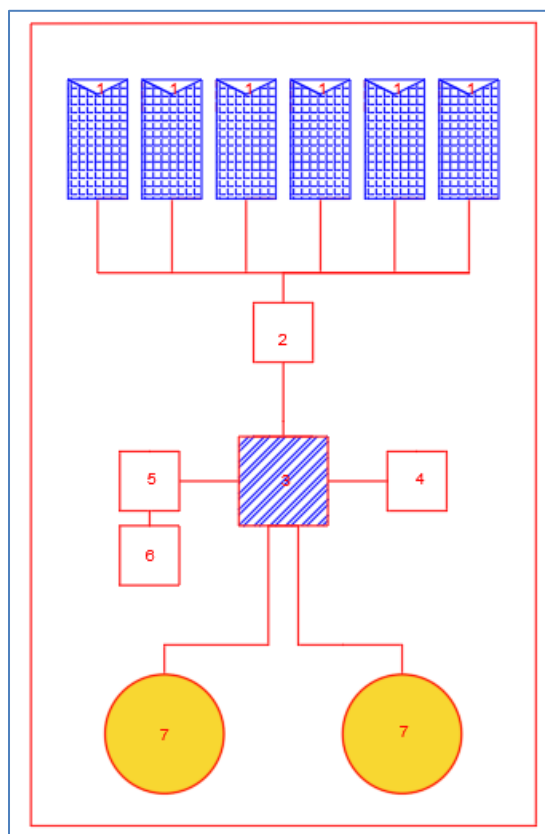


**UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA**  
**MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA**  
**ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E**  
**TELECOMUNICAÇÕES**

## Capítulo 3 – Sistema de produção, armazenamento e consumo de energia da embarcação

Neste capítulo iremos descrever a metodologia e as considerações adotadas na escolha dos diferentes sistemas de produção e armazenamento energético, finalizando com a descrição dos motores utilizados. A figura 30 representa o diagrama de blocos da embarcação que vai ser descrito neste capítulo, ou seja, representa a ligação entre os vários dispositivos.

Na figura, os diferentes blocos funcionais são: (1) os painéis solares fotovoltaicos, que ligam ao MPPT (2) que permite converter a energia proveniente dos painéis na tensão necessária para as baterias (3). Além destes, na figura, é apresentado o carregador de terra 230VAC/24VDC (4), em (5) o sistema de comando, em (6) o dispositivo de monitorização e por final em (7) os motores elétricos.



Legenda:

- 1- Painéis Solares fotovoltaico.
- 2- Carregador solar MPPT .
- 3- Baterias AGM.
- 4- Carregado de cais AC/DC 230/24 V
- 5- Conversor DC /DC 24/12 volts.
- 6- Comando e monitorização.
- 7- Motor elétrico.

**Figura 30** - Diagrama de blocos do sistema energético da embarcação

Fazendo um breve resumo das secções deste capítulo, começamos com a secção 3.1 que descreve os diferentes tipos de painéis solares. Na secção 3.2 são abordados os diferentes tipos de carregadores de baterias a partir da produção fotovoltaica, na secção 3.3 analisaram-se os diferentes tipos de baterias, a secção 3.4 refere-se ao conversor DC/DC utilizado, a secção 3.5 relata a constituição dos sistemas de comando e na secção 3.6 descreve-se o tipo de motores elétricos utilizados.

### 3.1 Painéis solares

Os painéis solares são uma forma de produção de energia económica, através da transformação da energia luminosa em energia elétrica. Esta conversão é efetuada em células fotovoltaicas semicondutoras, cujo funcionamento é semelhante ao de um diodo fotossensível.

As células solares (figura 31), são compostas por um eléctrodo superior em forma de grelha que deixar passar os raios luminosos. Sobre este eléctrodo é colocada uma camada antirreflexo para aumentar a quantidade de luz absorvida. Para a condução desta corrente, existem dois eléctrodos nas camadas do semiconductor dopados de forma diferente, uma camada N, onde existe um excesso de eletrões e uma camada P com um défice de eletrões.

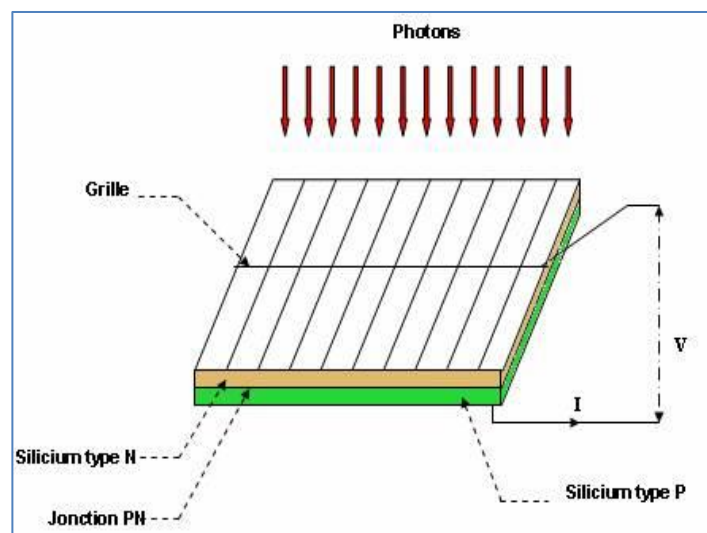


Figura 31 - Esquema painel solar Fonte: *lee.ist.utl.pt*;

Na tecnologia de fabrico de células solares o material semiconductor mais utilizado é o silício. O silício é tetravalente, o que significa que cada átomo de silício se pode ligar a quatro

outros átomos de silício vizinhos. Também podem ser utilizados outros, como o arseniato de gálio, com camadas finas de CdTe (telureto de cádmio), o CIS (cobre, índio, selénio) e ainda o CIGS (cobre, índio, gálio, selénio).

Analisando a figura 32, ao incidir fótons na camada N (-), os eletrões periféricos saltam a zona de depleção, ( $\Delta V$ ) criando assim uma corrente contínua unidirecional.

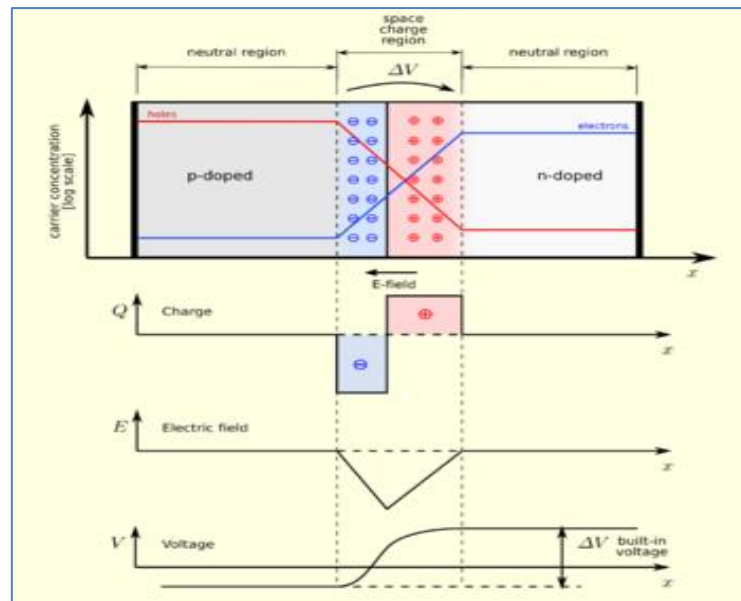


Figura 32 - Esquema de uma célula solar; Fonte: lee.ist.utl.pt;

### 3.1.1 Tecnologia das células solares

Uma célula fotovoltaica pode ser representada por um circuito elétrico equivalente, (figura

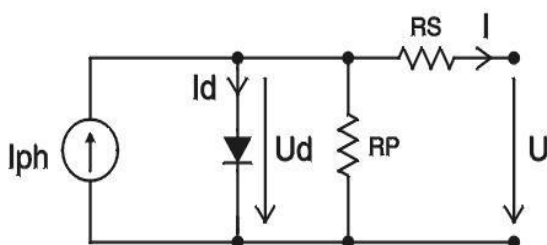


Figura 33 - Esquema elétrico de uma célula fotovoltaica; Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; Projeto de Dissertação; Painel Fotovoltaico em Matlab

33), com uma fonte de corrente ( $I_{ph}$ ) resultante da incidência solar, em paralelo com um diodo ( $d$ ), uma resistência ( $R_p$ ) que representa a dissipação térmica da célula, e resistência ( $R_s$ ) que representa a resistência interna da fonte. O circuito pode ser simulado utilizando um diodo 1N4001, uma resistência  $R_p$  de  $200\Omega$  e  $R_s$   $3m\Omega$ .



O funcionamento da célula pode ser descrito da seguinte forma. Quando existe radiação solar e consumo de corrente, a tensão na fonte de corrente ( $I_{ph}$ ) mantém-se entre os 0,4 e 0,6 volts. Este tipo de funcionamento é denominado funcionamento em carga. Quando não existe carga (consumo energético) a tensão na célula sobe acima dos 0,7 volts e o diodo entra em condução permitindo a passagem de corrente. Desta forma a célula evita que a corrente passe pela resistência  $R_P$ , que representa a dissipação térmica da célula, protegendo a célula da destruição por aquecimento.

### 3.1.2 Painéis solares

Existem vários tipos de painéis solares que podem ser divididos em três famílias:

- **Monocristalinas** que utilizam um só cristal de Silício por célula;
- **Policristalinas**, com vários cristais de Silício;
- **Amorfas**; gás de silício projetado sobre uma lâmina de vidro;

Os painéis solares fotovoltaicos monocristalinos e policristalino são constituídos por silício. A principal diferença entre as tecnologias é o método utilizado na fundição dos cristais. No monocristalino mantêm-se a cor escura original das células e um só cristal, no policristalino os cristais de silício são fundidos num bloco, que depois é cortado e fatiado sendo possível observar esta formação de múltiplos de cristais (policristalino).

Os amorfos são compostos por células CdTe, CIS, CIGS. As células de CdTe têm por base o telúrio de cádmio, material ótimo que apresentar uma elevada absorção da radiação solar. As células de CIS ( $CuInSe_2$ ) têm por base o cobre, o índio e o selénio. As células de CIGS são constituídas pelos mesmos elementos das CIS, mas com a particularidade de o índio formar uma liga com o Gálio, o que permite obter melhores desempenhos.

Na tabela 3 estão representados os rendimentos típicos obtidos nas tecnologias mais utilizadas.

Tecnologia	Rendimento Típico [%]
Monocristalinas	12-21
Policristalinas	11-16
Amorfas	9-16

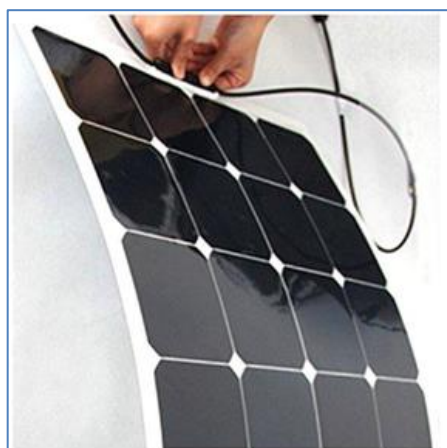
**Tabela 3** - Eficiência das diferentes tecnologias.

Analisando as principais vantagens dos diferentes tipos de painéis solares mono e poli cristalinos (tabela 4), os painéis monocristalinos tem a vantagem que produzirem mais energia em menor área, melhor eficiência com menor radiação solar, melhor funcionamento com radiação difusa e melhor funcionamento com temperaturas elevadas. A sua principal desvantagem é o preço mais elevado.

Tipo	Eficiência/área	Coefficiente de temperatura	Preço	Eficiência - radiação solar difusa
Monocristalinos	+	+	-	+
Policristalinos	-	-	+	-

**Tabela 4** - Comparação entre células mono e policristalinas

Após a análise dos vários tipos de painéis solares, voltemos à construção da embarcação. Um dos grandes problemas é a sua baixa velocidade, que se deve ao facto do seu peso ser bastante



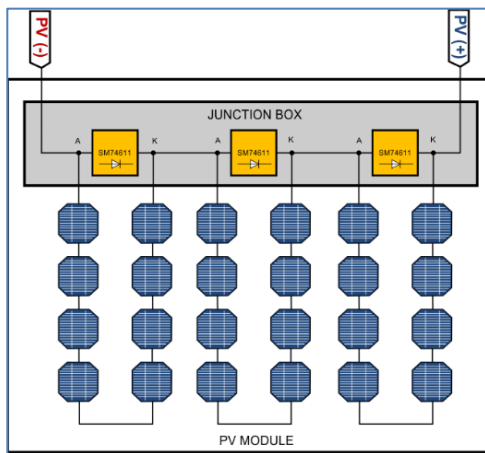
**Figura 34** - Painel solar Flexível Monocristalino; Fonte: *GWL Power (EVPower a.s.)*

elevado, especialmente na cobertura, que origina uma subida do ponto de centro de massa. Existe uma proposta de diminuição do peso, alterando os painéis solares atuais com 15,5kg cada, (de 205W), por outro tipo de painel mais leve, como o da figura 34, com 1,8kg e 100W com excelente eficiência. O painel solar proposto é monocristalino, flexível, com eficiência de 21% e de peso reduzido (1,8kg). Com a utilização destes painéis é possível reduzir o peso total de 93kg para 21,6kg nomeadamente na bimini (cobertura da embarcação) permitindo dessa forma baixar o centro de massa da embarcação e aumentar a sua estabilidade. Além disso

para a mesma área de ocupação estes painéis têm maior rendimento. Estão, por isso, a ser considerados na construção das novas embarcações.

### 3.1.3 Aumento da Eficiência por colocação de díodos.

Um painel solar é construído por um grupo de células todas colocadas em série. Uma série

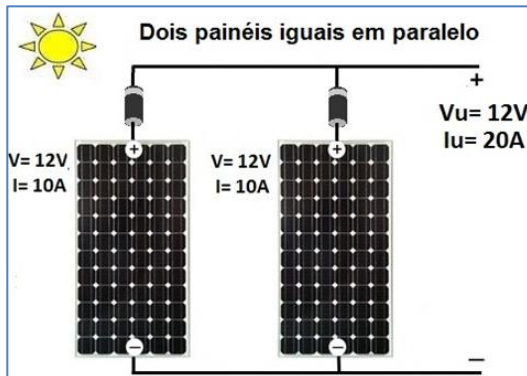


**Figura 35** - Díodos colocados nas séries de células; Fonte: *infineon-technologies*

deixa de funcionar quando qualquer elemento limita a passagem da corrente. E o que acontece com as células “sombreadas” (zonas sem incidência solar). As zonas sombreadas para além de não produzirem energia elétrica limitam a produção das outras (figura 35).

Para resolver este problema os fabricantes de painéis optaram por dividir a serie principal em series mais pequenas ao colocar díodos de *bypass* entre cada serie, que conduzem quando a serie está sombreada, permitindo a passagem da corrente da serie anterior diretamente para a serie seguinte.

Nas configurações que utilizam vários painéis solares em paralelo o problema das zonas sombreadas também se manifesta, pois, os painéis sombreados tendem a limitar a energia produzida pelos iluminados. Nos testes efetuados verificou-se, na prática, que quando sombreávamos alguns painéis a sua corrente era negativa, o que indicava que estavam a funcionar como recetores, além de estarem a consumir energia aqueciam, o que poderia danificar as células e diminuir a sua vida útil. A utilização de díodos entre os painéis em paralelo (ver figura 36) evita o retorno das correntes. Preferencialmente estes díodos devem ser do tipo Schottky (ver figura 37), por terem uma queda de tensão de 0,3V inferior aos 0,7V dos díodos convencionais. Como os painéis na embarcação nunca recebem a mesma radiação solar, devido ao sombreamento ou à posição da embarcação, deve-se evitar que aqueles que estão a produzir menos não prejudiquem os outros, diminuindo dessa forma a eficiência.




**Figura 36** - Díodos nos paralelos de painéis; Fonte: infineon-technologies.



**Figura 37** - Díodos MC4 Fonte: Suncon

No futuro os díodos poderão ser substituídos por dispositivos com menores quedas de tensão, melhorando dessa forma a produção energética. Uma possível solução é a utilização de transístores Mosfet, como por exemplo o Infineon BTS740 [17] da figura 38, que consegue conduzir com uma queda de tensão muito reduzida devido à sua resistência interna muito baixa, da ordem dos miliOhms, Chris Goeltner [18].



**PROFET® BTS 740 S2**

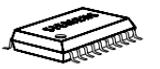
**Smart High-Side Power Switch**  
**Two Channels: 2 x 30mΩ**  
**Current Sense**

**Product Summary**

Operating Voltage	$V_{DS(on)}$	5.0...34V	
	Active channels	one	two parallel
On-state Resistance	$R_{ON}$	30mΩ	15mΩ
Nominal load current	$I_{L(NOM)}$	5.5A	8.5A
Current limitation	$I_{L(SC)}$	24A	24A

**Package**

P-DSO-20-9



**General Description**

- N channel vertical power MOSFET with charge pump, ground referenced CMOS compatible input, diagnostic feedback and proportional load current sense monolithically integrated in Smart SiPMOS® technology.
- Providing embedded protective functions

**Figura 38** - Mosfet BTS740; Fonte: Chris Goeltner.

### 3.2 Processo de carga das baterias

O método de carregar as baterias é fundamental para a sua durabilidade. Hoje utilizam-se processos interativos de análise do estado da carga da bateria. Este processo aplica-se tanto aos carregadores de baterias a partir da energia solar como a partir de carregadores de cais quando a embarcação se encontra ancorada.



Na figura 39 estão representados os vários estágios de carga, genericamente, as diferentes fases de carga de uma bateria:

- O primeiro “*bulk*” (carga) ocorre quando a bateria está bastante descarregada, é carregada com uma corrente elevada constante e uma tensão que é inicialmente pequena e vai aumentando até ao valor pré-determinado para o tipo de bateria.
- O segundo “*absorption*” (absorção), a tensão é mantida elevada e constante, a corrente vai diminuindo progressivamente até atingir um valor mínimo, quando acontece é realizado o processo de equalização com um aumento pequeno da tensão e corrente.
- No terceiro “*float*” (Flutuação) em que a bateria está quase carregada, diminui-se um pouco a tensão para com valor constante e diminui-se a corrente progressivamente.
- O quarto processo é do “*Storage*” (Manter a carga), a tensão e a corrente são reduzidas ao mínimo, mas de vez enquanto é efetuado um aumento pequeno de tensão e corrente para manter a bateria ativa.

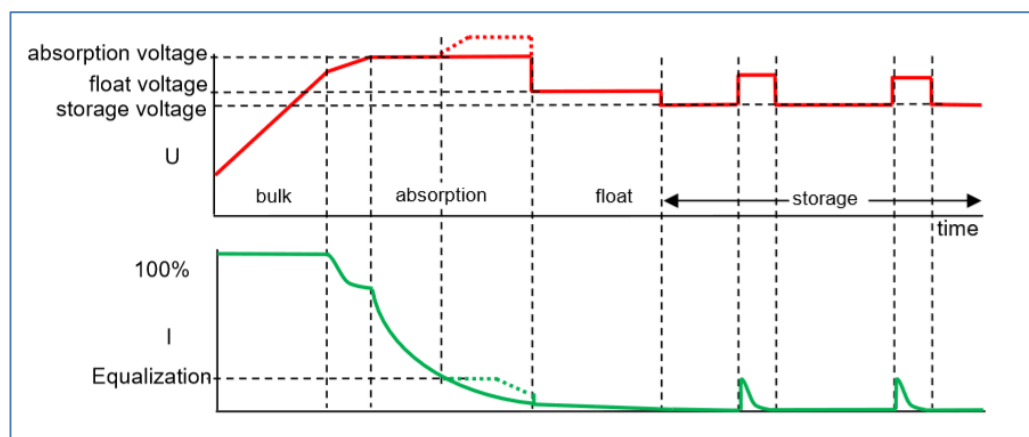
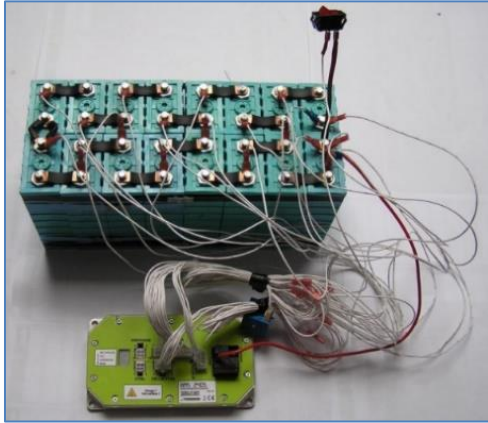


Figura 39 - Processo de carga de uma bateria; Fonte Victron energy

### 3.2.1 BMS – Battery Management System

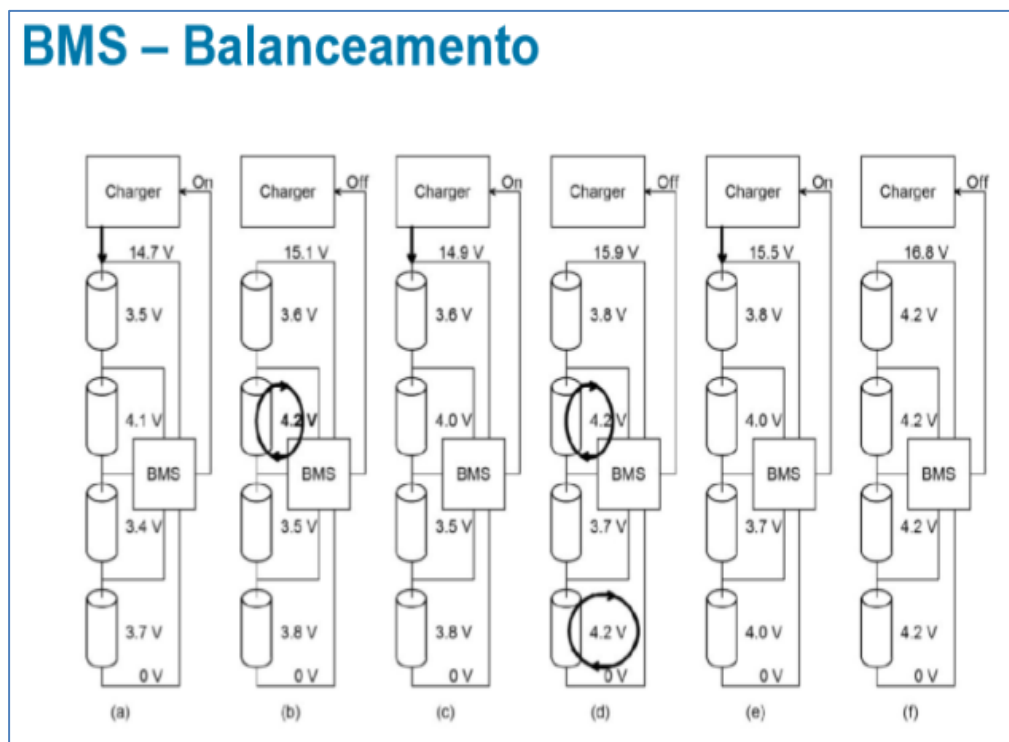


Além dos sistemas de carga das baterias, em alguns tipos de baterias é necessário um processo de controlo de carga designado por BMS, *Battery Management System*, [19], que é um sistema de controlo de carga (ver figura 40).

Sempre que utilizamos baterias de lítio temos de ter um sistema de gestão da carga e descarga, que têm como objetivo a segurança, a melhoria da vida útil e o melhor desempenho da bateria.

**Figura 40** - Pilhas lítio com BMS;  
Fonte: Ev-power ; bms

Para prevenir acidentes, cada grupo de baterias inclui um minicomputador, equipado com sensores de tensão e temperatura, para controlo do processo de carga e descarga. As suas funcionalidades são fundamentais para evitar que qualquer célula de Lítio exceda o limite de carga ou descarga, impedindo desta forma o aumento de temperatura e o risco de aquecimento excessivo. Para cada tipo de bateria de lítio existe uma configuração específica de carga e descarga.



**Figura 41** - Controlo de carga; Fonte: Ev-power.

Na figura 41 (a)...(f), temos um exemplo do processo de carga de uma bateria de 4 células, onde podemos observar o controlo de tensão. O BMS antes de iniciar a carga analisa a tensão em cada célula, se todos os valores estiverem dentro dos padrões definidos, inicia-se a carga (a), até que seja detetada alguma célula com valores de tensão elevada, quando ocorre é interrompido o seu carregamento (b), e inicia-se o processo de balanceamento das cargas. Quando os valores das tensões das células voltam a ser muito semelhantes inicia-se de novo o carregamento (c). O processo vai-se repetindo (d) e (e) até que todas as células atingem o valor máximo de tensão de carga, desligando-se o carregamento (f).

Na figura 42 temos o esquema de um circuito de carga de baterias de lítio que utiliza um BMS para monitorizar as 16 células individualmente e controlar a sua carga, através da utilização do rele “Main switch”, que permite desligar ou ligar a carregamento.

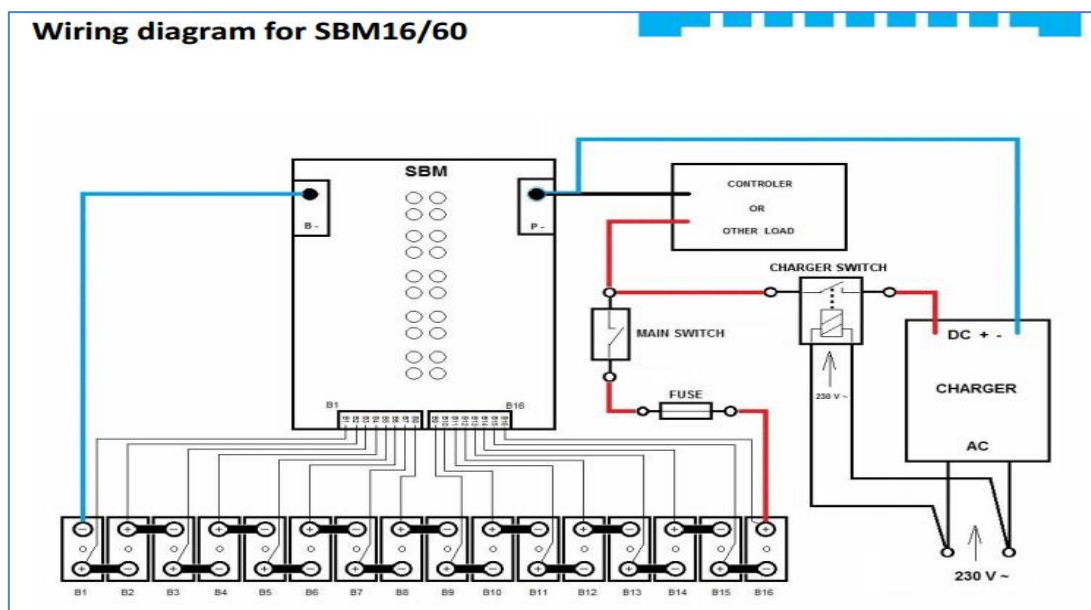


Figura 42 - BMS Fonte: Ev-power.

### 3.2.2 Carregador solares de baterias

Existem duas formas de carregar as baterias a partir dos painéis solares, a primeira diretamente, o que não é muito aconselhável porque a tensão e a corrente elétrica variam com a incidência solar. A outra forma consiste na utilização de controladores de carga. Existem dois tipos

de controladores, Modulação por Largura de Pulso (PWM - Pulse Width Modulation) ou Seguidor do Ponto de Máxima Potência (MPPT - Maximum Power Point Tracker), que efetuam um processo de carga específico para cada tipo de bateria, contribuindo para uma maior vida útil.

### 3.2.2.1 Carregador solares PWM

O carregador PWM, utiliza pulsos para efetuar a carga, aumentando assim a vida útil da bateria, mas têm a limitação de não otimizar a carga quando a tensão dos painéis solares é inferior ou superior à definida para a carga, por esse motivo não foi utilizado este tipo de carregador solar.

### 3.2.2.2 Controladores solares MPPT

O controlador de carga MPPT “Maximum power point tracking”, foi desenvolvido para desempenhar a função de procurar o ponto de máxima potência como descrito na figura 43, muito mais eficiente do que um carregador PWM, que funciona na zona verde do gráfico.

Quando a tensão dos painéis é inferior à pretendida, o MPPT, aumenta a tensão e diminui a intensidade. Quando a tensão é superior à pretendida para a carga, o controlador converte a tensão excedente num aumento da intensidade da corrente, garantido desta forma sempre a máxima transferência de potência.

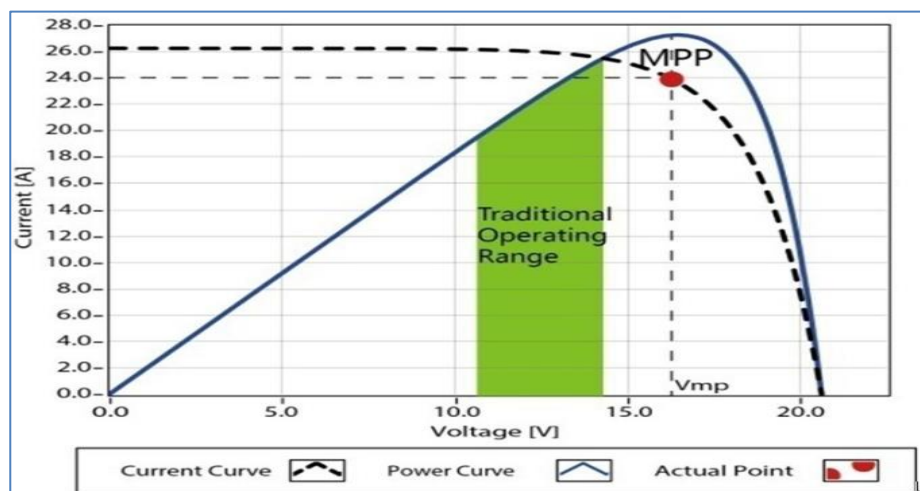


Figura 43 - Princípio de um regulador MPPT; Fonte panda energia solar.



Figura 44 - MPPT 100/50;  
Fonte: [elee.ist.utl.pt](http://elee.ist.utl.pt); mppt

Na embarcação o controlador utilizado, por opção, foi da marca Victron Energy modelo 100/50 do tipo MPPT de 24 volts, (figura 44) para carregar 6 baterias de 12 V, ligadas em séries duas a duas e 3 em paralelos, conseguindo carregar até 50 Amperes por hora. Conforme caracterização do MPPT 100/50 referidas no anexo III.

### 3.2.3 Carregador de baterias no cais



Figura 45 - Victron energy  
Skylla Fonte: [victronenergy](http://victronenergy)

Além do sistema solar de carregamento de baterias, a embarcação dispõe de um sistema que permite carregar durante a ancoragem no cais, permitindo em caso de necessidade uma carga rápida. Assim, foi escolhido um carregador 230V/24V da marca Victron Energy modelo Skylla-i TG24/80 de 24V DC, com uma corrente de carga que poderá atingir aos 80 amperes por hora (figura 45).

## 3.3 Estudo do funcionamento de diferentes tipos de baterias

O estudo dos diferentes tipos de baterias é fundamental para a escolha de um bom sistema de armazenamento de energia. Com o objetivo de compreender melhor os diversos tipos de baterias e selecionar a que melhor se adapta às embarcações solares, foi efetuado o estudo que vai ser descrito nas seguintes subsecções. Nas iniciais são descritas as baterias de chumbo, seguidas das baterias de lítio, e finalmente a conclusão com a comparação dos diferentes tipos de baterias e os critérios que levaram à escolha.

### 3.3.1 Baterias de Chumbo-Ácido

Na figura 46 podemos observar uma bateria de chumbo e ácido, normalmente utilizada no arranque de motores de explosão, de descarga elevada durante pouco tempo. A sua tensão varia entre os 13,6 a 13,9 Volts e só consegue disponibilizar cerca de 60% de energia/capacidade indicada pelo fabricante. Ou seja, uma bateria deste tipo de 100Ah, só são utilizáveis cerca de 60Ah.



Existem também baterias de Ácido, com ciclos profundos vulgarmente designada “*Deepcycle*”, preparadas para sistemas que necessitam de descarga contínua durante várias horas.

Este tipo de baterias de ácido-chumbo não é o adequado para sistema estáticos, porque a distribuição do ácido deixa de ser uniforme, provocando um desgaste prematuro das placas de chumbo.

**Figura 46 - Bateria ácido-chumbo;**  
*Fonte: Rolls battery.*

### 3.3.2 Baterias de Chumbo-Ácido-Gel

Nas Baterias de gel, o eletrólito encontra-se misturado com sílica. Não precisam de manutenção por serem hermeticamente fechadas. Têm tensões que variam entre 14,1 a 14,3 Volts, disponibilizam cerca de 70% da energia/capacidade indicada pelo fabricante, ou seja, numa bateria deste tipo de 100Ah, são utilizáveis cerca de 70 Ah. Este tipo de bateria, é ótimo para sistemas solares, pois, não necessitam de manutenção. A sua principal desvantagem é não permitirem elevadas intensidades de descarga.

### 3.3.3 Baterias de Chumbo-Ácido-AGM da 1ª geração

As Baterias de gel Absorbent Glass Mat (AGM) da 1ª geração, não precisam de manutenção (baterias AGM ou secas) (figura 47). Têm uma tensão que varia entre os 14,4 a 14,7

volts, disponibilizam cerca de 90% dos de energia/capacidade indicada pelo fabricante, ou seja, uma bateria deste tipo de 100 Ah, são utilizáveis cerca de 90 Ah.



Figura 47 - Separador AGM

O processo de carga deve ser efetuado por um carregador específico, para que a esperança de vida útil varie entre os 8 a 10 anos. Podem ser montadas em qualquer posição, porque não libertam qualquer tipo de gás ou eletrólito, reduzindo a necessidade de ventilação e resistem a temperaturas elevadas (60°C), assim como temperaturas negativas (-30°C). Apenas têm uma limitação, são de descarga lenta, o que limita muito a potência da embarcação.

### 3.3.4 Baterias de Chumbo-Ácido-AGM da 2ª geração

As baterias de Ácido e chumbo AGM de 2ª Geração (figura 48) não precisam de manutenção. Têm uma tensão que varia entre 14,7 a 14,9 volts e disponibilizam cerca de 90% da energia/capacidade indicada pelo fabricante. Mantêm algumas das características da primeira geração, contudo, não têm a limitação das anteriores e podem fornecer picos de corrente elevados de carga e descarga. Tem uma resistência interna pequena e disponibilizam um grande numero ciclos de carga e descarga, pelo que são uma solução a considerar.

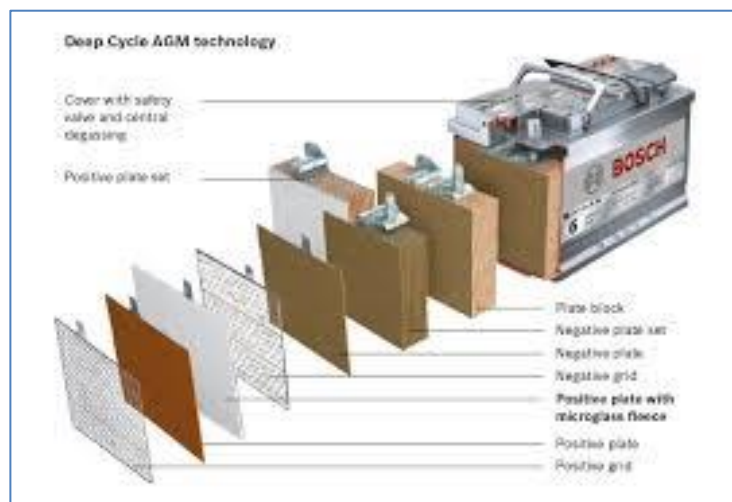


Figura 48 - Bateria AGM 2ª geração; Fonte **Bosch**

### 3.3.5 Baterias de íões de lítio

As baterias de lítio são hoje o topo da tecnologia de armazenamento de energia. No entanto, algumas das soluções são instáveis existindo o perigo de aquecimento excessivo. A tecnologia do lítio já não é recente, em 1912, Gilbert Newton Lewis, químico Americano, apresentou trabalhos



efetuados na pesquisa com baterias de lítio, mas só em 1970 apareceram no mercado as primeiras pilhas.

Em 1992 a Sony surge no mercado com pilhas recarregáveis, baseadas na pesquisa do físico John Goodenough. Este tipo de pilhas é hoje designado por 18650 devido às suas dimensões (figura 49).

Existem várias combinações de lítio tendo sempre o Ânodo (-) de Lítio metálico e o Cátodo (+) de outro material.

As pilhas de lítio permitem cargas e descargas rápidas, até 5C, o que é ótimo em termos de utilização para sistemas que exigem processos rápidos.

Figura 49 - Pilhas 18650;

Fonte: Panasonic.

#### 3.3.5.1 Baterias de LiCoO<sub>2</sub> ( Lítio Oxido de Cobalto )

As baterias LiCoO<sub>2</sub>, (figura 50), utilizam lítio e cobalto. São baterias que podem ser carregadas até 4,2V e descarregadas até a 2,5V. Abaixo desta tensão deixam de ter a capacidade de recarga. Não devemos também exceder o limite de carga porque são consideradas inseguras, conforme descrito em algumas publicações como:

A Cadex Electronics [20], refere o seguinte: “O uso incorreto das baterias de lítio (sobrecarga, curto-circuito) poderá provocar explosão ou incêndio”.

Este tipo de baterias, LiCoO<sub>2</sub>, são mais económicas na sua produção, porque estão padronizadas em pilhas para computadores portáteis e telemóveis, apesar do seu número de cargas e descargas ser inferior a outros tipos de baterias de lítio.



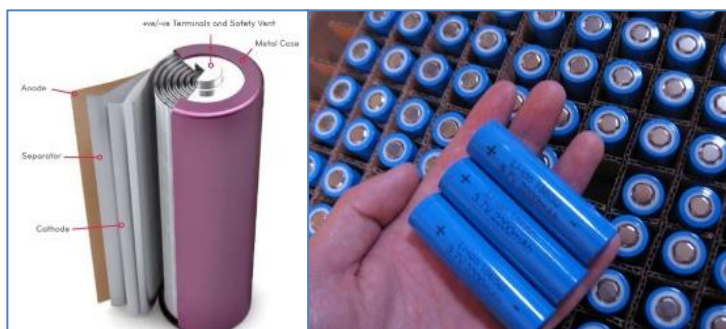


Figura 50 - Pilhas designação 18650 Fonte: Panasonic.

A título de exemplo a Tesla, fabricante de automóveis elétricos, utilizou inicialmente pilhas LiCoO<sub>2</sub> fabricadas pela Panasonic, cujas características estão especificadas no anexo IV deste projeto. Podemos observar na figura 51 o banco de baterias de um Tesla.



Figura 51 - Tesla pack de baterias LiCoO<sub>2</sub>; Fonte: Christopher

### 3.3.5.2 Baterias de LiFePO<sub>4</sub> (Lítio Fosfato de Ferro)

As baterias LiFePO<sub>4</sub>, Lítio e fosfato de ferro apresentam uma corrente de descarga elevada, estável, ciclos de vida longos. A sua densidade de energia é menor do que as células li-Ion (Li-Co), mas maior de que as células (NiMH) níquel-hidreto metálico. A tensão de funcionamento varia entre 3,0V e 3,55 V (figura 52). Apesar de terem um custo de produção elevado, como disponibilizam um número maior de ciclos de vida, o custo/benefício é melhor.

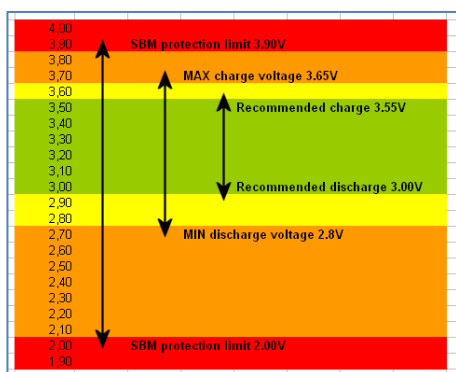
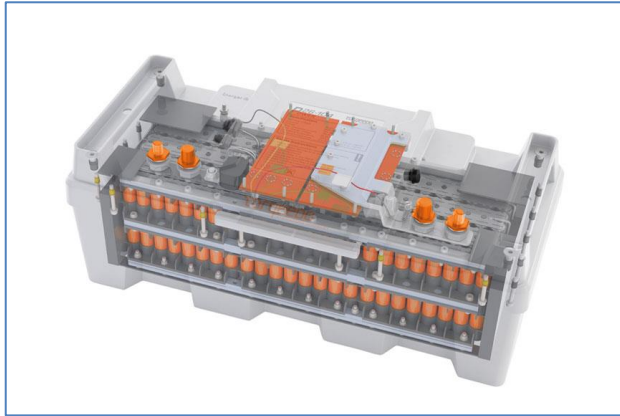


Figura 52 - Processo de carga e descarga LiFEPO<sub>4</sub>; Fonte: Ev-power ; bms

### 3.3.5.3 Óxido de lítio-manganês-níquel-cobalto (LiNiMnCoO<sub>2</sub> ou NMC)



**Figura 53** - Bateria LiMNC; *Fonte Torqeedo*

As células LiMNC (figura 53) são uma das combinações mais bem-sucedidas da atualidade, utilizando a boa densidade da potência das células de Cobalto e Níquel. O Manganês tem a vantagem de formar uma estrutura com baixa resistência interna, o que permite o carregamento rápido e a descarga de elevada de corrente.

Esta combinação é atualmente a mais interessante em preço/qualidade, sendo escolhida para a maioria dos veículos elétricos, como o Nissan Leaf, o Chevy Volt e o BMW i3.

### 3.3.6 Comparação dos diferentes tipos de baterias

Na tabela 5, podemos identificar os vários tipos de baterias, com as suas vantagens e desvantagens, nomeadamente a tensão por célula, densidade de carga, número de ciclos de vida até atingir os 50% da sua capacidade, segurança e percentagem útil da capacidade máxima da bateria quando descarrega e feita a 5C.

Tipo de bateria	Tensão [Volts]	Densidade de energia [wh/Kg]	Ciclos de vida até ficar 50% da carga	Segurança	Percentagem útil da capacidade máxima da bateria quando descarregada a 5C; ( $C = h^{-1}$ ) (*)
Pb acido	2	35	> 2000	Media	18%
Pb Gel	2,1	40	>1500	Boa	
Pb AGM	2,2	45	>1500	Boa	
LiCoO <sub>2</sub> (LCO)	3,6	175	>1500	Pequena/Media	85%
LiFePO <sub>4</sub> (LFP)	3,2	105	>2000	Media	
LiNiMnCoO <sub>2</sub> (NMC)	3,7	185	>2000	Media	

**Tabela 5** - Características de vários tipos de baterias. Baseada na tabela “<http://www.sta-eletronica.com.br/artigos/tipos-de-baterias-de-li-ion>”;

(\*) valores considerados a partir de “<http://www.hybridsteingroup.com/rentabilidad-y-funcionalidad-de-el-litio-frente-a-otros-tipos-de-baterias/>”

Para a análise da percentagem da energia útil da bateria, temos como referência  $C$  que representa a disponibilidade de descarga durante um determinado tempo ( $C = h^{-1}$ ). Considerando uma descarga efetuada a  $1C$  significa que a bateria consegue disponibilizar a sua energia em Ah durante uma hora. Na tabela 5 os cálculos foram efetuados para  $5C$  que são 12 minutos, para as baterias de chumbo apenas 18% da capacidade é utilizável, enquanto que, nas mesmas condições, nas baterias de lítio é utilizável 85%.

### 3.3.7 A escolha da bateria

Para escolher a bateria para a embarcação, devemos tomar em consideração as limitações do espaço disponível para alojar as baterias. Inicialmente as baterias utilizadas eram de ácido-chumbo com válvula, de ciclo profundo o que permite descargas profundas. O espaço disponibilizado foi pensado em função deste tipo de baterias, quatro baterias Rolls de 504Ah [21] a C20 e 12V. Um dos inconvenientes é o facto de serem baterias de rendimento baixo, isto é, para uma carga de 100Ah só conseguimos utilizar 60 Ah e não permitirem descargas/cargas elevadas durante longos períodos.



Outra desvantagem é a obrigatoriedade de extração permanente dos gases produzidos durante o carregamento, não esquecendo ainda, a necessidade de observação frequente das células para verificação do nível do eletrólito.

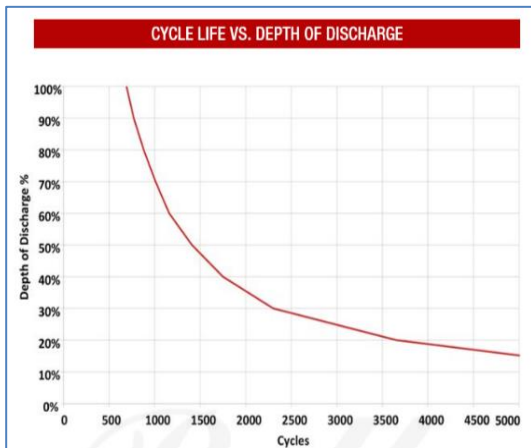
Devido aos seus inconvenientes foi proposta a alteração do tipo de bateria, (sem libertação de gases durante a carga, com grande capacidade de carga/descarga e mais económica) de referência Rolls S12-290 de 260Ah (figura 54).

**Figura 54 - Bateria Rolls marítimas;**  
Fonte: Rolls battery , s12 290AGM

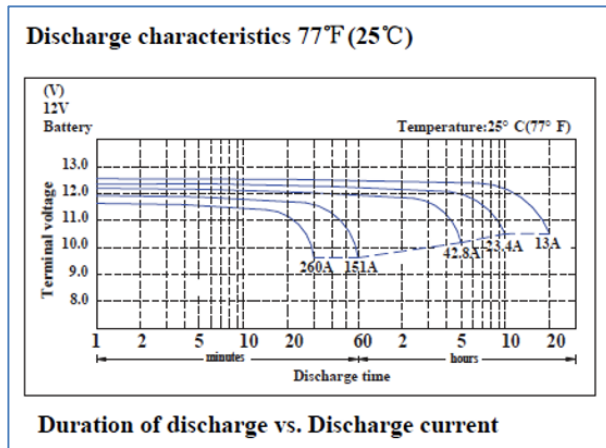
Para a escolha do novo tipo de bateria a utilizar tivemos em consideração o seguinte:

- A tensão de trabalho;
- A sua capacidade de armazenamento (Ah);
- A corrente de carga máxima, para calcular o tempo que necessitamos para a sua carga;
- Quantos ciclos de vida faz até ficar a 50% da sua capacidade de armazenamento, (ver figura 55);

- A partir da capacidade de descarga constante (figura 56), podemos observar que o tempo de descarga é função da intensidade.



**Figura 55** - Percentagem da carga em função da sua utilização; *Fonte: Rolls battery.*



**Figura 56** - Características da descarga da bateria; *Fonte: Rolls battery.*

A bateria escolhida para o Sunconcept 7.MT foi a Rolls S12 290AGM, por ter uma tensão de 12 volt por bateria, ser hermeticamente fechada, sem manutenção, que pode ter uma descarga com intensidade elevada em regime permanente até 260A e com possibilidade de carga rápida até 91 A. Esta bateria tem um preço acessível quando comparado com o preço elevado das soluções de Lítio.

### 3.4 Conversor DC/DC 24/12 volts



**Figura 57** - Conversor 24 Volts para 12Volts; *Fonte: Victron energy*

Para o funcionamento do sistema de controlo, iluminação, monitorização e bomba de extração de água, que funcionam exclusivamente a (12 volts), é necessário converter a tensão da série de baterias 24 Volts, para a tensão de funcionamento dos equipamentos (12 volts). Para o efeito foi utilizado um conversor da marca Victron Energy modelo Orion 24-12, que pode fornecer até 40 amperes, (ver figura 57).

### 3.5 Sistema de Comando e Controlo

Nas subsecções seguintes são analisados os circuitos de comando e controlo da embarcação, que permitem controlar as suas funções vitais (ver figura 58). Na embarcação SunSailer temos presentes: o sistema de bomba de água tem um controlo manual ou automático, o sistema de iluminação de navegação, o sistema de iluminação de cortesia, o sistema de iluminação do compartimento, o sistema de elevação dos motores e a buzina que têm funcionamento exclusivamente manual.



**Figura 58 - Sistema de comando**

Além do sistema de comando, existe o sistema de controlo e monitorização, que disponibiliza informação no local com a utilização de displays ou na Internet, pelo navegador ou com a aplicação para Android desenvolvida para o projeto, que informam das condições da embarcação, que será descrito em pormenor no capítulo seguinte.

### 3.5.1 A bomba de escoamento de água

A bomba de escoamento de água é um dos equipamentos fundamentais numa embarcação, pois possibilita em caso de necessidade retirar a água do interior da embarcação, evitando desta forma o naufrágio. Na embarcação, a bomba de água pode ser acionada manualmente no interruptor do painel de instrumentos, ou automaticamente através de um sensor de boia colocada no seu interior, que deteta a presença de água e ativa o escoamento automático.

### 3.5.2 Controlo de subida e descida os motores

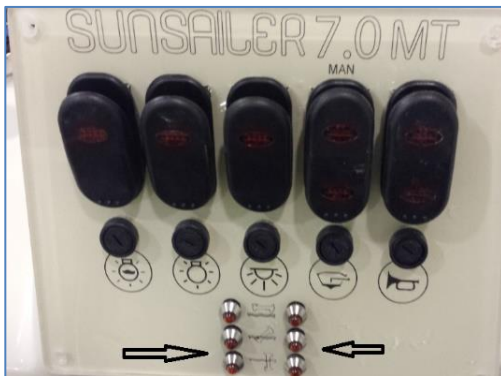


Figura 59 - Sinalização da posição dos motores

O processo de subida e descida dos motores pode ser manual ou elétrico, utilizando um interruptor de pressão com duas posições: subida ou descida. Estes acionam um extensor elétrico colocado na cadeira do motor. A posição atual do motor é disponibilizada através de leds no painel de comando, identificados com setas na figura 59.



Figura 60 - Ampola magnética



Figura 61 - Íman utilizado

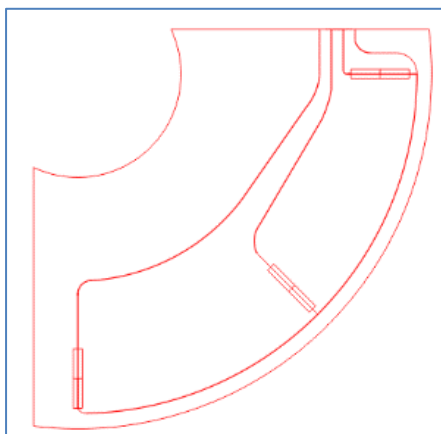


Figura 62 - Estrutura de suporte das ampolas magnéticas

Para recolher a informação da posição dos motores foram utilizados sensores “ampolas magnéticas”, figura 60, e o íman da figura 61 que fazem abrir e fechar o interruptor da ampola magnética do circuito dos leds. Para o efeito foram desenhadas duas peças em acrílico, fresadas na CNC com os respetivos recortes (ver figura 62), para a colocação das ampolas e condutores elétricos.

### 3.5.3 Monitorização da potência gerada e consumida

A motorização da potência de carga e descarga da bateria é efetuada no monitor de bateria da Victron Energy BMV-700, que é constituído pelo monitor (figura 63) e o Shunt (ver figura 64). O shunt é colocado no condutor negativo de saída/entrada das baterias, que através de uma pequena queda de tensão permite calcular a intensidade da corrente, em conjunto com a tensão nas baterias funciona também como wattímetro.



**Figura 63 - Monitor;**  
*Fonte: Victron energy.*



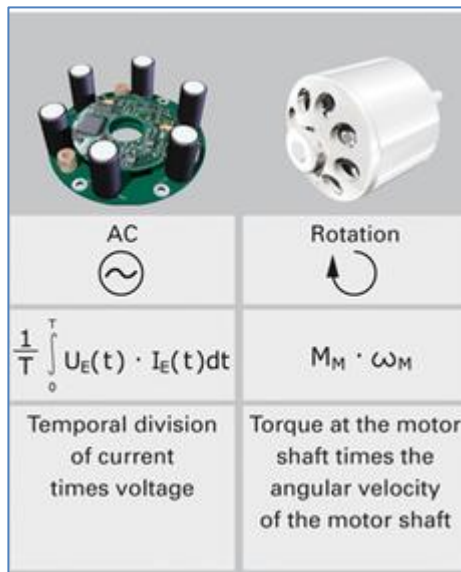
**Figura 64 - Shunt de aquisição de dados;**  
*Fonte: Victron energy.*

### 3.6 Motores Elétricos

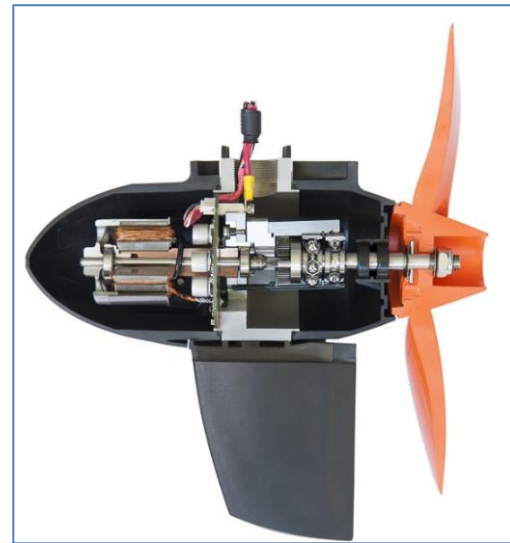


**Figura 65 - Motor Torqeedo;**  
*Fonte: Torqeedo.*

O sistema de proporção da embarcação é elétrico de corrente alternada, mas alimentado a corrente contínua, a conversão do tipo de corrente é feita no seu interior, permitindo dessa forma a utilização de motores mais eficientes. Os motores são trifásicos de corrente alternada e o controlo da rotação do motor é feito através de uma modulação PWM. A embarcação está equipada com dois motores elétricos da marca Alemã Torqeedo modelo Cruise 2.0R de 2000W cada (ver figura 65).

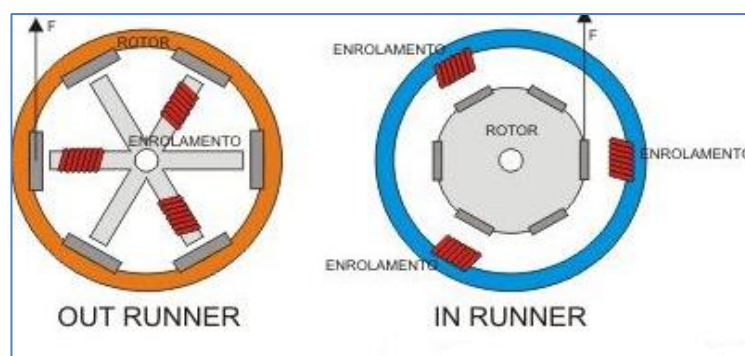


**Figura 66 - Motor Torquedo esquema;**  
*Fonte: Torquedo.*



**Figura 67 - Motor Torquedo;** *Fonte: Torquedo*

O tipo de motores utilizado é sem escovas, de binário elevado, representado pelas figuras 66 e 67. Tem um momento da força elevado, devido à colocação do sistema magnético na parte exterior “OUT RUNNER” (ver figura 68), identificado na imagem com a força F, como o momento da força é a multiplicação da força exercida pelo seu braço, quanto mais no exterior for colocada a força, maior e o seu momento.



**Figura 68 - Momentos da força do Motor** *Fonte: elabz.com.*

O motor utilizado, está colocado junto da hélice, estando o conversor DC/AC instalado junto do motor (figura 69).



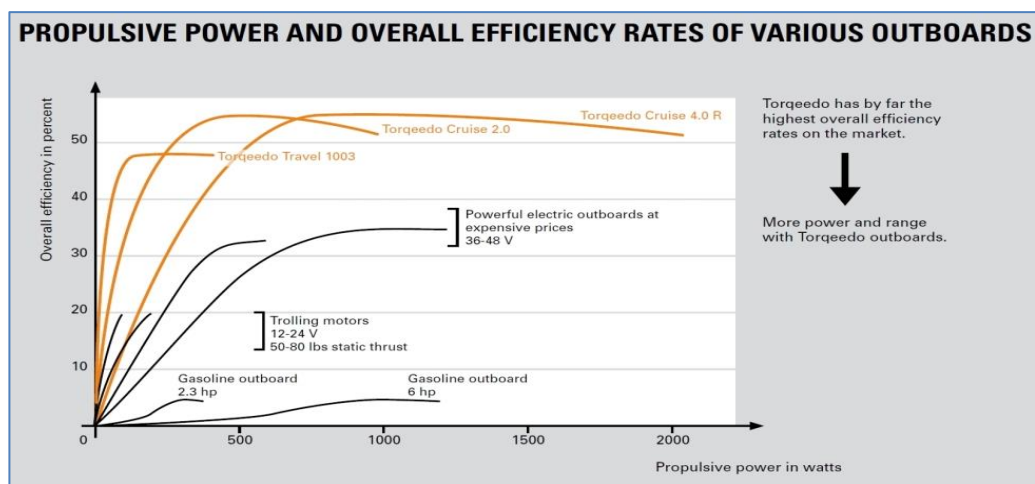
Um dos problemas nos motores náuticos é o seu arrefecimento, o mais usual é utilizarem a circulação de água para arrefecimento. Este motor como está dentro de água o problema de arrefecimento não se coloca.



**Figura 69** - Interior do motor Torqeedo 2kw

Na figura 70, podemos observar a comparação de potência propulsiva e eficiência entre alguns tipos de motores para embarcações. No eixo vertical está indicada a percentagem da eficiência e no eixo horizontal a potência de propulsão.

Observando a potência propulsiva do motor elétrico da Torqeedo Cruise 2.0 de 1,3 HP “cavalos” (assinalado a laranja), com o motor a gasolina com 6 HP (a preto), podemos verificar que são muito semelhantes em termos de potência propulsiva.



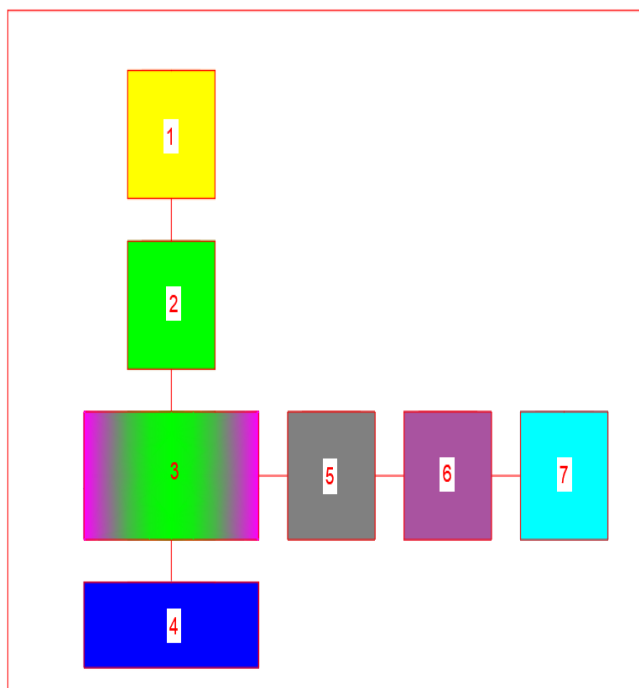
**Figura 70** - Comparação e eficiência entre motores; *Fonte: Torqeedo.*

## Capítulo 4 – O sistema de Monitorização

O sistema de monitorização serve para informar o piloto da embarcação e os armadores das condições em que se encontra a embarcação, as condições climáticas, as atmosféricas, a disponibilidade energética e informação da sua localização.

Este capítulo descreve o sistema de monitorização identificando o hardware utilizado, como sensores e placas de processamento da informação, e são apresentados os aspetos fundamentais do desenvolvimento do software. Para o desenvolvimento do sistema de monitorização foi utilizada uma abordagem de computação física (*Physical Computing*) em que o software é desenvolvido e testado em simultâneo com o desenvolvimento do hardware.

O diagrama de blocos da figura 71 representa a constituição do sistema de monitorização da embarcação que é constituído pelos seguintes dispositivos:



**Figura 71** - Diagrama de blocos do sistema de monitorização

Legenda:

- 1 - Sensores que permitem recolher: a informação energética com voltímetros e amperímetros, a pressão atmosférica, a temperatura, a bussola e o Gps;
- 2 - Placa de aquisição de sinais que foi concebida e desenhada para o projeto, que interliga os sensores ao microcontrolador;
- 3- Placa Microcontrolador Arduino Mega;
- 4 - Displays que disponibilizam localmente a informação da embarcação;
- 5 - Placa Ethernet que possibilita a ligação ao microcontrolador por conector RJ45;
- 6 - Router wifi que disponibiliza a ligação de wifi aos passageiros da embarcação;
- 7 – Modem Pen 3G da rede móvel para ligação à Internet.

## 4.1 Sensores

Para recolher a informação da embarcação foram implementados vários sensores, voltímetros, amperímetros, bússola, termómetro, barómetro e GPS, que serão descritos neste capítulo.

Os voltímetros foram construídos no “circuito impresso”, bloco 2 da figura 71. Para os amperímetros foi usado um sensor de efeito Hall colocado nos condutores elétricos. A bússola, o termómetro e barómetro apenas utilizam o PCB como dispositivo de interligação. Porque a placa base do microcontrolador tem apenas duas ligações de comunicação em serie, na ligação a estes dispositivos foi utilizando o I2C [22] (Inter-Integrated Circuit), protocolo para comunicação em bus onde cada dispositivo tem o seu próprio endereço.

### 4.1.1 Os voltímetros

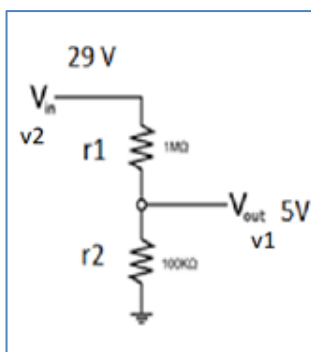


Figura 72 - Divisor de tensão

Os voltímetros implementados servem para verificar a tensão das baterias e dos painéis solares. Como a tensão das baterias é aproximadamente de 29 volts e a placa do microcontrolador só funciona até aos 5 volts, é necessário converter a tensão de entrada. Com a utilização da fórmula 7 foram desenhados no PCB os divisores de tensão da figura 72.

$$V_{out} = \frac{r_2}{r_1+r_2} * V_{in} \quad (7)$$

Para que os valores obtidos sejam os mais corretos possíveis são posteriormente calibrados por software, usando o código C.

#### Código implementado em linguagem C do divisor de tensão

```
int vcc = 5; // valor real da alimentação do microcontrolador, Vcc ( acerto da tensão por software)
int r1 = 1000000; // valor da resistencia  colocar em r1 1MΩ
int r2 = 100000; // valor da resistencia  colocar em r2 100KΩ
```

```
float v1; // declarando as variaveis para receber os calculos
float v2; // declarando as variaveis para receber os calculos
float leitura = analogRead (A10); // instrução de leitura na porta Analogica 10 do microcontrolador
v1 = (leitura * vcc) / 1024.0; // converter o valor V1 de analogico em digital
v2 = v1/(r2 / (r1 + r2)); // efectuar os calculos
```

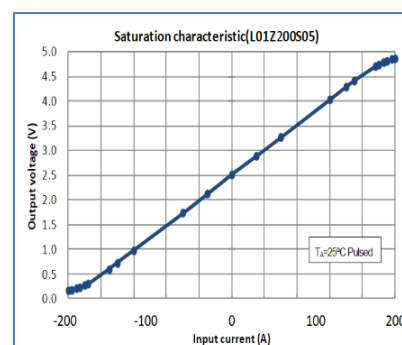
#### 4.1.2 Os amperímetros

Os amperímetros instalados servem para efetuar a medição da corrente elétrica, necessária para os cálculos da potência. Os amperímetros utilizados foram para corrente DC, não invasivos em que não é necessário cortar os condutores para a sua instalação, basta colocá-lo á volta do condutor percorrido pela corrente elétrica. Os sensores utilizados são de Efeito Hall, que é um transdutor que, quando submetido à aplicação de um campo magnético gerado por uma corrente responde com uma variação da tensão.

Foram utilizados amperímetros da marca Tamura modelo L01Z 200 S05, ver figura 73, que funciona a 5V e a sua tensão de saída é função linear da corrente de entrada como podemos observar na figura 74. Foram utilizados sensores de 200 A para 5 volts de saída, sendo estes bastante lineares, o que é ótimo para evitar os erros de aproximação.



**Figura 73** -Amperímetro Tamura; Fonte: Tamura



**Figura 74** - Função de transferência; Fonte: Tamura tecnologias.

### 4.1.3 A bússola

A bússola instalada serve para indicar direção da proa da embarcação, ou seja, a direção de deslocamento. Para a funcionalidade de bússola, foi utilizado o módulo Compass 3-Axis HMC5883L apresentado na figura 75. É um dispositivo de deteção de campo magnético com interface digital. O módulo converte as linhas do campo magnético da terra numa saída de tensão diferencial em 3 eixos X, Y, Z, neste caso foi utilizado apenas os parâmetros do eixo X para funcionar como bússola.



Figura 75 - Compass 3-Eixos HMC5883L

Foi também utilizada a correção da declinação magnética do local Faro ( $-1^{\circ} 59'$ ), para que os resultados tenham o menor erro possível (figura 76).

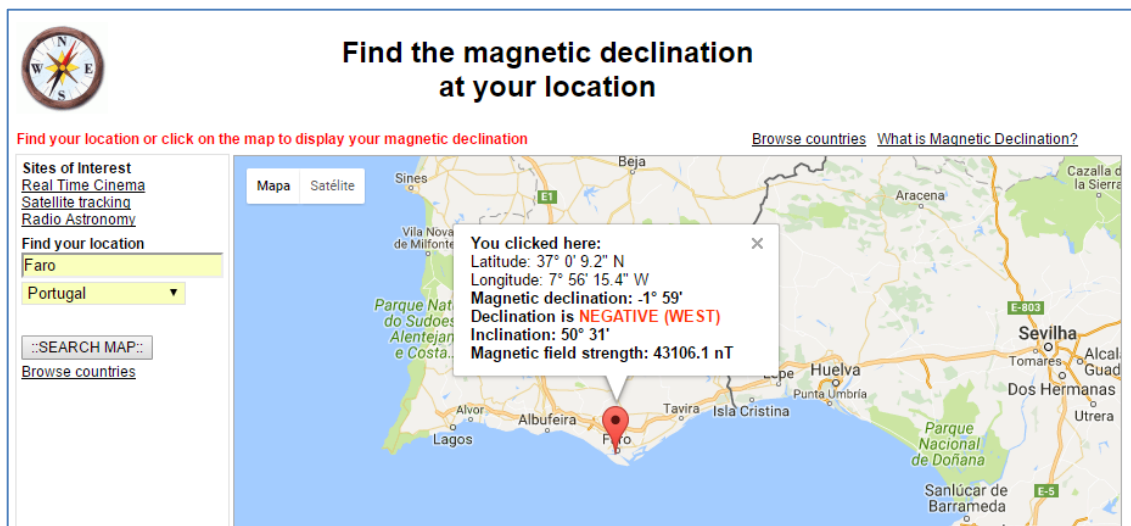
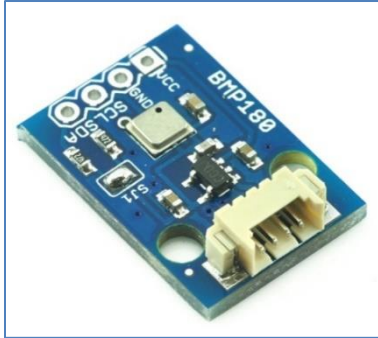


Figura 76 - Correção magnética da terra

#### 4.1.4 Os sensores de pressão atmosférica e temperatura



**Figura 77** - Placa que aquisição de sinal, pressão atmosférica e temperatura.

Como todos os navegadores devem estar informados das condições meteorológicas, o sistema de monitorização tem um sensor de pressão atmosférica “barómetro” que utiliza o circuito integrado BMP180, (ver figura 77), que é um sensor usado para detetar a pressão atmosférica e temperatura desenvolvido pela Bosch.

A placa BMP180 possui uma faixa de medições entre 30.000 e 110.000 Pa.<sup>1</sup> que proporciona uma precisão absoluta de 0,02hPa (hectopascal; 10<sup>2</sup>), além de fornecer uma medição de temperatura entre -45°C e 85°C, com precisão de +-2°C.

O **BMP180** é um sensor digital, cuja comunicação foi realizada através da interface serie I2C.

#### 4.1.5 O GPS



**Figura 78** - Modulo GPS

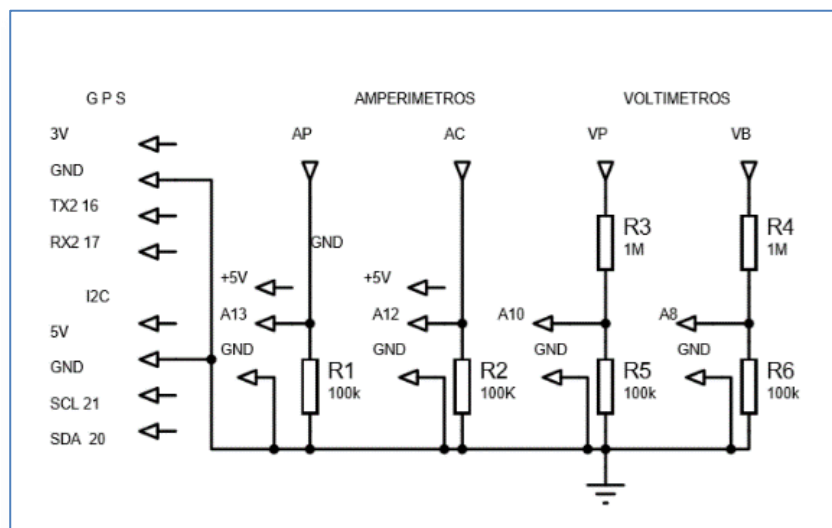
O dispositivo de localização GPS utilizado é o Gy-neo6 da figura 78. Este comunica como um microcontrolador por interface serial RS232 (sem sincronismo), que já tem bibliotecas de programação desenvolvidas em C++. Este dispositivo disponibiliza informações das coordenadas, velocidade e horário UTC (horário universal), que podem ser disponibilizadas no display local, ou nas aplicações web. Este mini GPS pode ter uma antena incorporada ou externa, sendo a antena externa mais rápida na sincronização e aquisição de sinal.

<sup>1</sup> O símbolo "Pa" significa Pascal, que é a unidade padrão de medida para pressão no SI (Sistema Internacional de Unidades). 1 Pa equivale a força de 1N aplicada uniformemente sobre uma superfície de 1 m<sup>2</sup>.

## 4.2 O projeto do sistema de aquisição de sinais

O projeto do sistema de aquisição de sinais foi baseado no esquema da figura 79 que foi implementado numa placa PCB apropriada para ser inserida diretamente nos pinos da placa principal (motherboard) que contém o microcontrolador.

Como era necessário construir uma placa, e como o número de dispositivos ligados à placa principal do microcontrolador era elevado, utilizou-se o PCB como interconexão.



**Figura 79** - Esquema de circuito para aquisição de sinal

A placa onde se encontra implementado o sistema de aquisição de sinais é constituída pelos sensores descritos, anteriormente, na secção 4.1, as fontes de alimentação para os sensores, as ligações dos *bus* de comunicações I2C e RS232 e os pinos de ligação para encaixar na plataforma computacional Arduino-Mega.

Na figura, são apresentadas as entradas:

- VP e VB tensões provenientes dos painéis solares e das baterias, respetivamente, que como descrita na secção 4.1.1 passam por um divisor de tensão antes de serem aplicadas aos pinos analógicos A8 e A10 do Arduino-Mega.

- AP e AC é a tensão proveniente dos amperímetros descritos na sessão 4.1.2 que ligam nos pinos A12 e A13 da motherboard, estes sensores são alimentados por 5 volt e gnd (negativo).

- A ligação do GPS é feita nos pinos (+3v, gnd, TX e RX), por sua vez os TX e RX, como descrita na secção 4.1.5, são ligados aos pinos 16 e 17 do Arduino-Mega.

- As ligações do Bus I2C nos pinos (+5V, gnd, SCL e SDA), ligam o PCB com os sensores de temperatura pressão atmosférica, bussola e display, antes de serem ligados aos pinos (+5V, gnd, 21 e 20) do Arduino-Mega.

No PCB da figura 80 podemos identificar as ligações, porque já dispomos de pinos para a ligação das fichas. Podemos observar na horizontal dois conjuntos de 8 pinos (1 a 8), que são as ligações que encaixam no microcontrolador fazendo uma interligação sem utilizar condutores. Os conjuntos de 4 pinos do lado esquerdo são as ligações para os dispositivos três dispositivos I2C usados mais duas ligações suplementares. Em baixo também de 4 pinos está a ligação RS232 ao GPS.

Na vertical temos 2 conjunto de 3 pinos que são as ligações dos amperímetros, descritos na sessão 4.1.2, e dois pinos individuais VP VB para ligar a entrada da tensão proveniente das baterias e painéis solares.

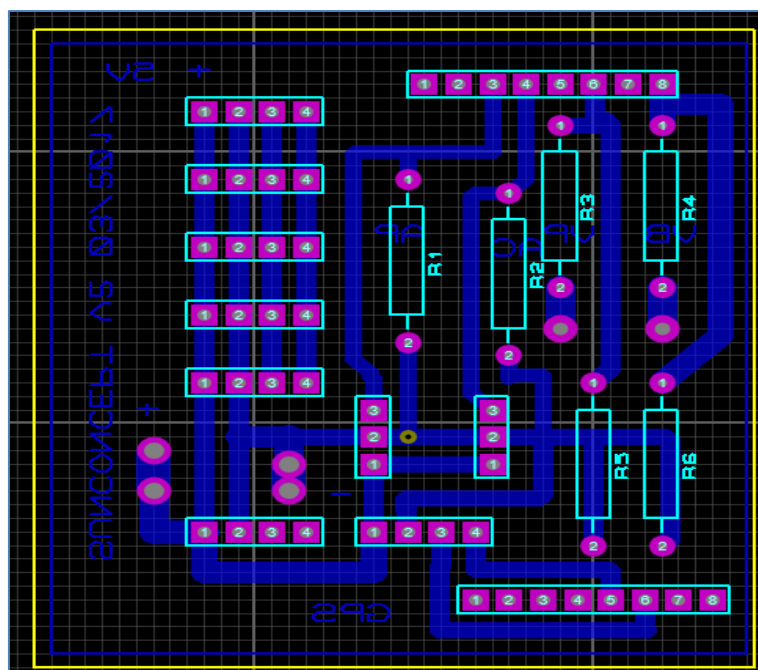


Figura 80 - Pcb para aquisição de sinal

Na figura 81, podemos observar os dois conjuntos de placas que se encaixam na placa base do microcontrolador, a placa PCB desenhada para o projeto e a placa Ethernet que vai ser descrita em sessão posterior, conforme o pretendido as placas ligam-se perfeitamente formando uma estrutura única.



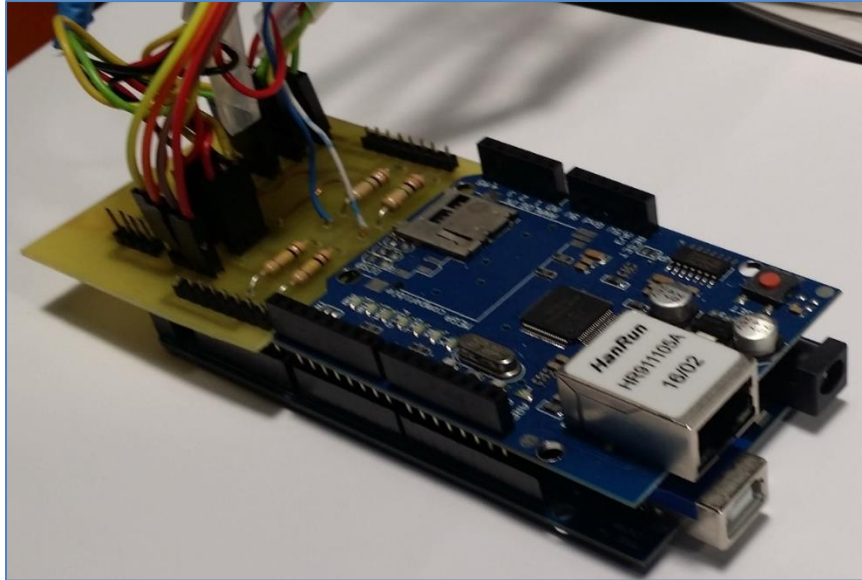


Figura 81 - Conjunto microcontrolador, placa pcb e Ethernet W5100

### 4.3 A escolha da plataforma computacional

O projeto foi desenvolvido na plataforma Arduino open-source que disponibiliza uma aplicação para o desenvolvimento de aplicações.

A placa utilizada foi o Arduíno Mega, microcontrolador de 8 bits de arquitetura RISC avançada ATmega2560, que tem 256 KB de Flash (mais 8 KB que são utilizados para o bootloader), 8 KB de RAM e 4KB de EEPROM. Atinge 16 MIPS, operando em 16 MHz. Possui multiplicador por Hardware e diversos periféricos, que aumentam as possibilidades da plataforma. Dentre as quais destacam-se 4 canais de comunicação serial, SPI, I2C, 16 entradas analógicas, 15 saídas PWM e 6 pinos para serem utilizados como interrupções externas.

### 4.4 Informação disponibilizada nos displays

Os displays servem para informar o *skipper* localmente do nível de energia, da meteorologia e da localização da embarcação. Toda a informação é apresentada em quatro displays de 20 caracteres por 4 linhas, que podem ser vistos na figura 82.



Figura 82 - Displays apresentação

Quando se liga o dispositivo são apresentadas durante 10 segundos as seguintes informações:

- 1 Display1, Nome da empresa, nome da embarcação e versão do software;
- 2 Display 2, Contactos da empresa;
- 3 Display 3, Número da embarcação;
- 4 Display 4, O nome do Wifi e a password para utilização dos tripulantes e passageiros da embarcação;

Para a ligação da placa principal aos displays foi utilizado o protocolo I2C que permitiu minimizar o número de ligações. Cada display tem um endereço único, sendo o endereço padrão I2C para este módulo o 0x77. Para efetuar as ligações entre o microcontrolador e os displays, é necessário apenas uma linha de bus com apenas 4 condutores, positivo, negativo, SDA e SCL.

#### 4.4.1 O Display 1

Após o arranque inicial os displays entram em modo de funcionamento normal (figura 83). O display 1 informa da posição da proa (ponto cardeal), a temperatura em graus centígrados, a pressão atmosférica (mB) e o tempo disponível de utilização das baterias, cujo algoritmo será explicado neste subcapítulo.



Figura 83 - Monitor display 1

Para o cálculo do tempo de navegação disponível foi efetuado um algoritmo que utiliza a fórmula (8). Esta fórmula calcula o tempo de navegação disponível, considerando a produção fotovoltaica e o consumo atual, desde que as condições de vento, sol e correntes marítimas se mantenham inalteráveis

$$Aut = ((bateria) + (Pin - Pout) \cdot h) / motor; \quad (8)$$

**Aut= Autonomia [h]; bateria = potência armazenada na bateria [Wh]; h=1 hora**  
**Pin= potência produzida [W]; Pout = potência consumida [W]; motor = potência média do motor [W]**

A informação da autonomia resolve o problema da ansiedade de ficar sem energia para a viagem, prevendo a autonomia da embarcação, em que *Aut.* é o tempo de energia disponível para a navegação, *bateria* é energia armazenada na bateria, *Pin-Pout* é a diferença de potência produzida e consumida e *motor* é o consumo médio dos motores. Como exemplo do cálculo da autonomia, considerando que a energia armazenada na bateria é de 20kWh (100% da carga), a energia produzida pelos painéis solares 1kW, a energia consumida de 2kW (prevendo um consumo médio dos motores de 2kW), resulta uma autonomia de 9 horas.

#### 4.4.2 O Display 2

O segundo display (figura 84), apresenta a corrente consumida, a potência consumida (consumo), a potência produzida pelos painéis, a tensão da bateria (obtida nos voltímetros e amperímetros incorporados na cablagem) e ainda a percentagem de carga.



Figura 84 - Display 2 - Monitor de consumo, produção e carga das baterias

A informação da percentagem de carga é muito intuitiva para o skipper, o método utilizado para o cálculo da percentagem de carga foi o da análise da tensão da bateria, no entanto este método não é muito exato para determinar o tempo de utilização disponível.

Para uma melhor informação do tempo de utilização disponível, deve-se recorrer ao display 1 representado na figura 84 onde a informação disponibilizada é referida em função da utilização atual em vez da tensão de carga das baterias.

Existem vários métodos para cálculo do estado da carga da bateria (SOC); a eficácia dos cálculos depende do modelo de estudo utilizado.

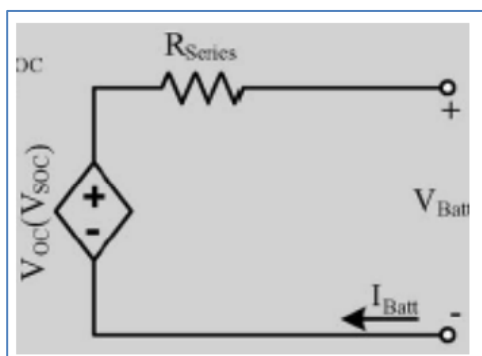


Figura 85 - Modelo simples de uma bateria

Conforme o documento de estudo do estado da arte realizado pela Faculdade de Engenharia do Porto em 2011 [23], existe o modelo simples, (figura 85) onde apenas é considerada a resistência interna e a tensão. Este foi o modelo utilizado para o cálculo da percentagem da carga neste trabalho.

#### 4.4.3 O Display 3

O terceiro display ver figura 86 e 87, é destinado à “navegação ecológica”, informando o skipper do consumo e produção de energia instantânea e assim possibilitando uma gestão eficiente dos recursos energéticos.

Em relação à gestão energética é pertinente abordar a quantidade de CO<sub>2</sub> que se deixou de produzir ao utilizar a energia fotovoltaica. É apresentada no display a quantidade de CO<sub>2</sub> em kg que se deixou-se de produzir durante a viagem, para isso utilizou-se a multiplicação da potência produzida pelo coeficiente 187,85 Co<sub>2</sub>(g/kWh), conforme o simulador CO<sub>2</sub> da EDP 2017 [24].



Figura 86 - Display 3 - Eficiência

Na parte inferior da figura 88 temos a informação para uma navegação ecológica, onde o sentido das setas para a direita ou para a esquerda representam quando a produção energética é maior que o consumo ou quando a produção energética é menor que o consumo, respetivamente.



Figura 87 - Display 3 - Eficiência

Existe um ponto de equilíbrio de energia (figura 88), onde o consumo e a produção energética são muito semelhantes, ponto de navegação em equilíbrio em que ambas as setas apontam para o centro do ecrã.

Esta informação é muito importante para o piloto da embarcação, permitindo navegar sem consumir a energia armazenada, pois apenas se utiliza a energia produzida pelos painéis solares da embarcação que dispõe de 1200W, deixando a energia armazenada nas baterias para uma eventual necessidade.



Figura 88 - Ponto de navegação ecológico

#### 4.4.4 O Display 4

No quarto display (figura 89), é disponibilizada a informação do GPS com as coordenadas, latitude e longitude, a velocidade em nós e o horário UTC. O dispositivo utilizado é o Gy-neo6, que comunica com o microcontrolador por interface serial, permitindo também utilizar os sistemas de localização nas aplicações via web. Deste modo, podemos a qualquer momento saber a localização da embarcação, para por exemplo disponibilizar as coordenadas para os meios de socorro marítimos.



Figura 89 - Display 4 -Informação Gps

#### 4.5 Comunicação Ethernet



**Figura 90** - Placa base e Ethernet W5100

A interface Ethernet permite comunicar para o exterior as informações disponibilizadas nos monitores da embarcação, podendo ser acedida localmente ou na Internet por browser ou utilizando a aplicação para android desenvolvida no projeto, que será descrito no capítulo 5.

Na figura 90, podemos observar a placa base do microcontrolador (em cima), e a placa de rede Ethernet W5100 (em baixo), que disponibiliza a ligação de rede por conector RJ45, tendo ainda local de inserção de um cartão MicroSD, para armazenamento da página Html ou gravação de dados. Neste trabalho não foi utilizado o dispositivo MicroSd. A página que disponibiliza a informação foi programada diretamente na memória interna do microcontrolador.

#### 4.6 O Router



**Figura 91** – Router wireless

Para a comunicação da informação via Ethernet é necessário a utilização de dispositivos que permitam fazer a interligação. Foi utilizado o router Ethernet / USB da figura 91, que disponibiliza três recursos, a rede física através de um cabo UTP ligado a placa Ethernet, a rede Wifi (Acesso Point interno da embarcação) e a comunicação USB com o modem que faz a ligação à rede móvel 3G ou 4 G.

Nesse dispositivo estão configuradas todas as funcionalidades assinaladas na figura 92 (wifi; rede; Internet ) implementadas para comunicação com o exterior disponibilizando o seguinte:

- Ligação wifi à aplicação de monitorização remota;
- Ligação wifi à Internet para os utilizadores que se encontram na embarcação.

Além das funcionalidades descritas, foi configurada a ligação ao servidor de DNS “Domain Name System” do no-ip.com, que relaciona o nome do endereço “Sunsailer14” com o ip da rede 3G utilizada, permitindo aceder à aplicação digitando apenas com o nome do endereço (Sunsailer14).

Como a porta de comunicação utilizada por defeito em html é a 80, é complexo o encaminhamento de um pedido de acesso proveniente do exterior (Internet) a um dispositivo da rede interna utilizando essa porta. Foi atribuído um endereço ip fixo dentro da mesma gama de ips do router à placa Ethernet, configurando a porta de comunicação 9417 para comunicação com a página interna. Posteriormente foi configurado no router o roteamento da porta para o dispositivo de monitorização ficando o endereço final com o formato “sunsailer17.ddns.net:9417”.

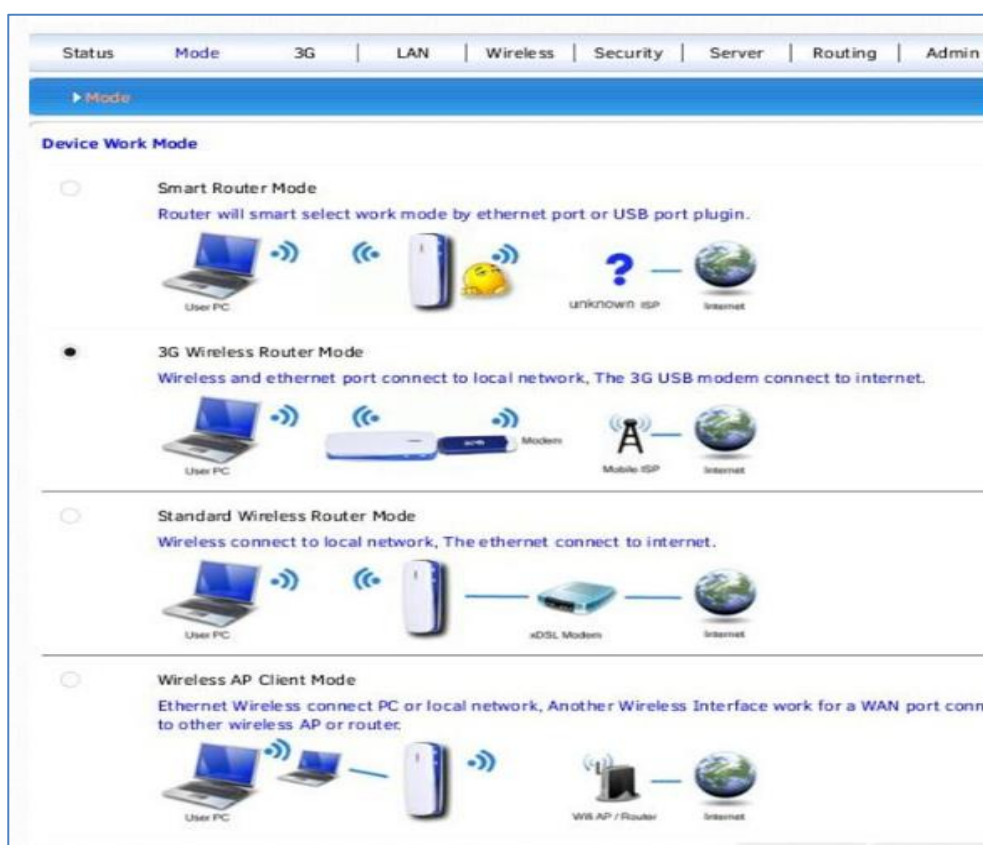


Figura 92 - Modos de configuração do router



#### 4.7 O modem 3G



O Modem utilizado foi uma Pen USB 3G, figura 93, que permite fazer a interligação com a Internet da rede móvel, utilizando a tecnologia 3G.

A escolha do modelo do modem foi criteriosa porque nem todos os modelos disponibilizam drives USB de ligação ao router utilizado.

**Figura 93** - Modem  
USB 3G



## Capítulo 5 - Desenvolvimento das interfaces remotas com o utilizador

Uma das principais funções do sistema de monitorização é a de disponibilizar toda a informação da embarcação localmente nos displays ou à distância, utilizando wifi e Ethernet através da página html e aplicação android.

O software do sistema de monitorização foi programado em C++ e compilado com a aplicação Arduino Ide [25]. O software desenvolvido serviu para operacionalizar os sistemas de monitorização, nomeadamente os voltímetros, amperímetros, termómetro, barómetro, bússola e GPS descritos no capítulo 4, e para o desenvolvimento de uma página html que permite o acesso remoto, via Internet, ao sistema de monitorização. Além disso, foi desenvolvida uma aplicação para Android com as mesmas funcionalidades da página html.

Os dois sistemas de monitorização remota são descritos neste capítulo, nomeadamente na secção 5.1 descreve-se a página html para acesso por browser, na secção 5.2 está descrita a aplicação desenvolvida para instalação em dispositivos moveis Android.

## 5.1 Página html

O software além da funcionalidade de recolher a informação proveniente dos sensores, funciona como servidor de páginas Html, (ver figura 94), alojada na memória do microcontrolador.

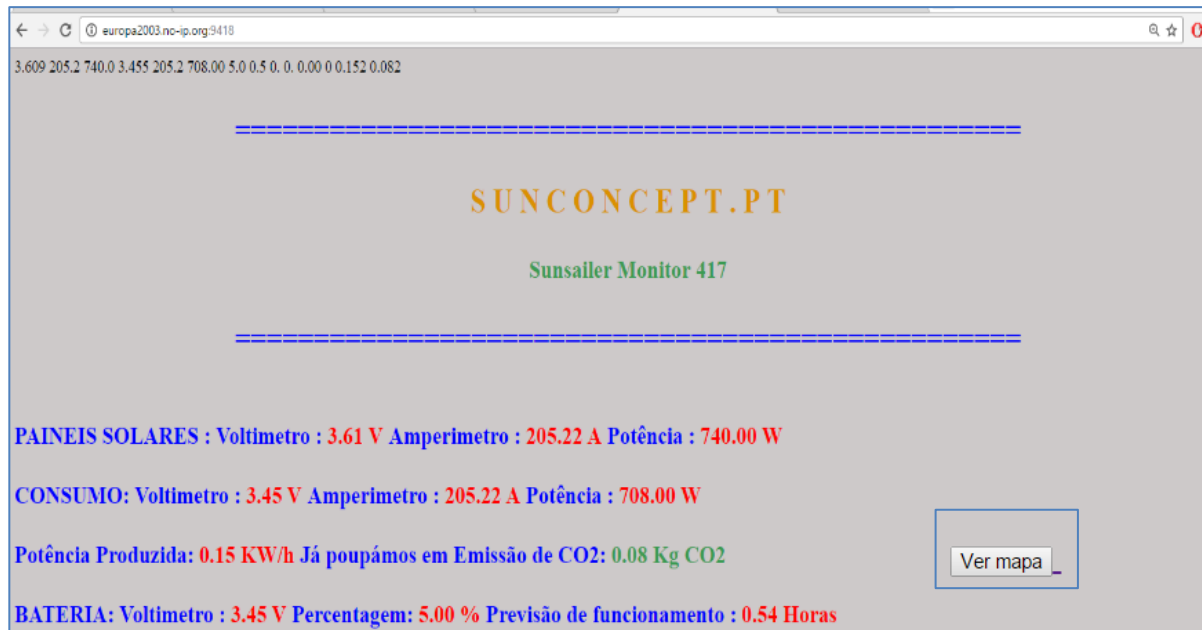


Figura 94 - Página web disponibilizada

Na página html podemos ver a potência, consumida e produzida durante a viagem da embarcação, o cálculo do que foi poupado em emissões de CO<sub>2</sub>, a tensão, a percentagem de carga das baterias, bem como a disponibilidade energética em tempo de utilização nas condições atuais de funcionamento e ainda a localização geográfica da embarcação.

A localização da embarcação, pode ser efetuada utilizando o botão “Ver Mapa”, disponibilizado na parte inferior da página, que abre automaticamente um novo separador com o mapa (Google Maps), onde é assinalado o local, em que encontra a embarcação.

A localização da embarcação, (ver figura 95), é importante, não só para casos de emergência, mas também para a gestão da frota. Esta funcionalidade permite que as empresas de atividades marítimas turísticas, possam saber a localização das embarcações e o estado da carga das baterias, para coordenar a disponibilidade das embarcações.

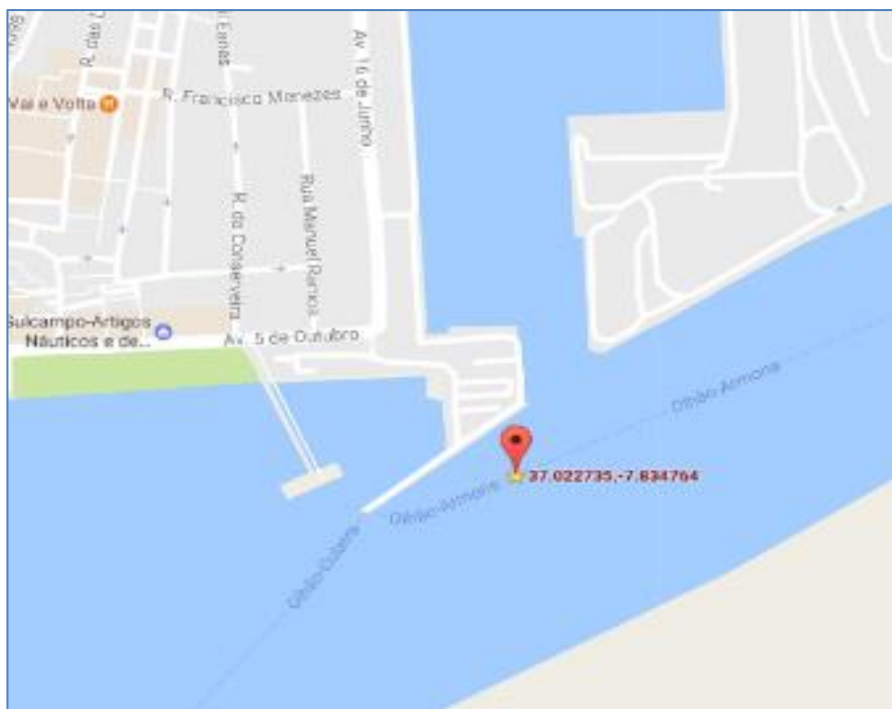


Figura 95 - Posição da embarcação página web

## 5.2 Software da informação para Android

Atualmente a existência de aplicações para dispositivos móveis é cada vez mais comum. Foi desenvolvida uma aplicação para Android, que pode ser utilizada em substituição da página html e do display de monitorização descrito no capítulo 4.

A aplicação tem o logotipo da empresa e intitula-se “SunSailer n” onde o “n” é o número de identificação de cada embarcação, para que no futuro possa ser criado um site onde estarão disponíveis online a informação sobre todas as embarcações produzidas pela empresa.

Esta aplicação foi realizada no Appinventer [26] utilizando linguagem de blocos (figura 96). A aplicação utiliza os mesmos recursos disponibilizados pela página html. No diagrama de blocos existe um ciclo do while<sup>2</sup>, para efetuar a captura da informação proveniente do sistema de

---

<sup>2</sup> do while (fazer enquanto)

monotorização e transmitir os valores que vão posteriormente ser apresentados no ecrã de informação.

O desenvolvimento de aplicações Android no Appinventer<sup>3</sup> é efetuada no site “<http://appinventor.mit.edu>”. Depois de concluída a construção do programa, o software é copilado no site e fica disponível para ser descarregado e instalado em qualquer equipamento Android.

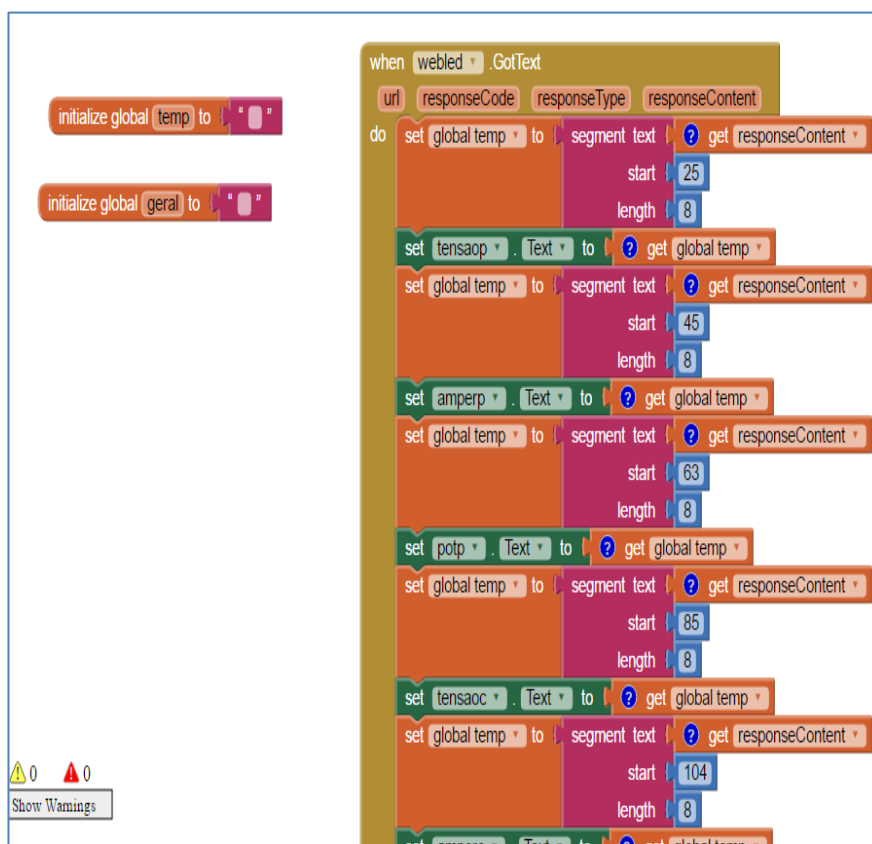


Figura 96 - Appinventer exemplo <http://ai2.appinventor.mit.edu>.

Na figura 97, podemos ver a aplicação Android instalada num smartfone, onde é apresentada a tensão, a intensidade, da energia produzida, consumida, a percentagem de carga da bateria, a autonomia e a poupança em CO2 durante a viagem.

<sup>3</sup> Google App Inventor é uma ferramenta desenvolvida pela Google que permite a criação de aplicativos para smartphones que utilizam o sistema operacional Android



Figura 97 - Aplicação para Android

Na parte inferior do ecrã (ver figura 98), é disponibilizada outra da funcionalidade que é a apresentação das coordenadas geográficas e a indicação da posição geográfica da embarcação no mapa da figura 99. Existe ainda a possibilidade de interligação com algumas aplicações de GPS para smartphones em Android para calcular o percurso até à embarcação. Para tal, basta clicar no

botão verde “Ver Mapa” e escolher a aplicação a utilizar que esteja já instalada no equipamento ou online através do google maps.



Figura 98 - Aplicação Android

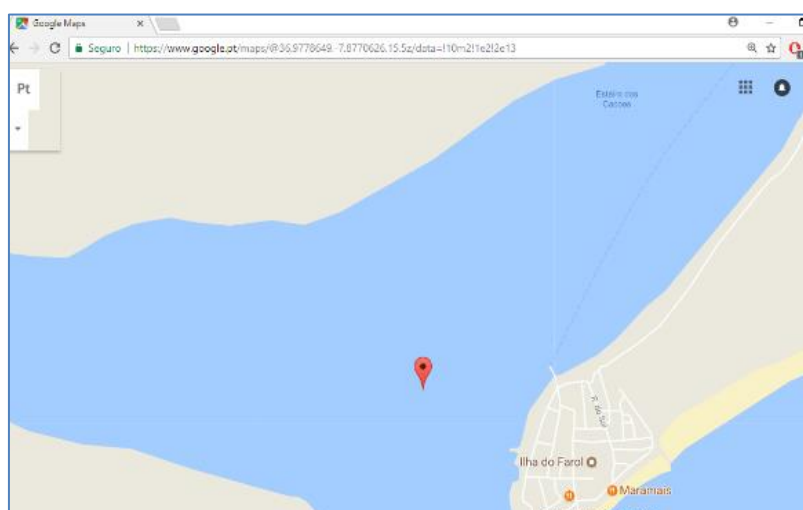


Figura 99 - Localização da embarcação

## Capítulo 6 – Projetos em desenvolvimentos

Como pretendemos uma evolução constante, e queremos fazer cada vez melhor, estamos atualmente a planear a execução de uma nova embarcação de maiores dimensões, um catamaran de 12 metros utilizando o mesmo conceito eletro-solar.

O Catamaran elétrico-solar (figura 100), foi desenhado em conjunto com uma empresa de design industrial, para que a embarcação tenha uma imagem moderna, inovadora e aerodinâmica.



**Figura 100** - Catamaran de 12 metros

Além do design inovador, a equipa de construção naval da empresa concebeu uma estrutura de casco leve, utilizando materiais compósitos por (Infusão de Resina) [27], normalmente utilizados em alta competição de vela, aumentando a resistência e diminuindo o peso, possibilitando assim uma maior eficiência energética.

Depois de desenhada a embarcação efetuaram-se ensaios de simulação, em simulador computacional de fluidos, de modo a analisar se a sua construção cumpre as normas internacionais de navegação e os padrões de inovação que propúnhamos para este projeto.





## 6.1 Sistema elétrico da embarcação

O sistema elétrico foi concebido para utilizar várias motorizações entre os 30kW e 50kW, adaptando-se o convés às funcionalidades pretendidas pelo cliente. Contudo, mantém-se a estrutura do casco e bimini (cobertura), como 40 painéis solares monocristalinos com a taxa de eficiência de 21%, que disponibilizam 6 kW de produção fotovoltaica máxima.

Está planeada a utilização de 2 motores elétricos de 15kw e a implementação opcional de 2 bancos de baterias com baterias Rolls AGM com 80kWh, e ou 2 bancos de baterias lítio (LiNiMnCoO 2) com 120 kWh.

Se se pretender utilizar só a energia solar sem necessidade de carregamento em terra, a capacidade de navegação da embarcação depende da radiação solar recebida. Simulando a produção fotovoltaica recebida pela embarcação no Photovoltaic Geographical Information System [28] para a costa sul de Portugal no pior mês do ano (dezembro), em que a produção média diária é de 10,5kw. Considerando que a embarcação se move a 6 nós, com um consumo de 2 kW, e utilizando a fórmula (10), podemos estimar que a embarcação pode navegar em média até 31,5 milhas náuticas diárias ou seja 58 km. Sendo a produção anual de energia estimada em 8,8 MW por ano podendo navegar até 26400 milhas, que são 48892 km.

$$\text{Milhas percorridas por dia} = \frac{P_{\text{solar}} (kW)}{P_{\text{motor}} (kW)} \cdot \text{Velocidade (Milhas/dia)} \quad (9)$$

Na figura 101 está representada a potência elétrica e a potência efetiva (potência necessária para o deslocamento) em função da velocidade de deslocação. Na figura podemos observar que com o aumento da velocidade o fosso entre a curva de Potência elétrica e efetiva aumenta, isto acontece porque com o aumento da velocidade temos uma diminuição da eficiência da embarcação. Considerando que a potencia máxima dos motores é de 30kw podemos verificar que a velocidade máxima de navegação é de 12 nós e que nessa altura a eficiência é de aproximadamente 60%.

Este tipo de embarcação exige uma navegação diferente do habitual, onde o skipper deve encontrar o ponto de máxima eficiência, pois, só assim consegue garantir que a navegação seja possível durante várias horas, apenas com a energia solar, sem utilizar a energia armazenada nas baterias. Uma vez que a produção dos painéis fotovoltaicos é de 6kw podemos ver no gráfico que

a velocidade da embarcação para uma navegação ininterrupta enquanto existe radiação solar é de 6 nós.

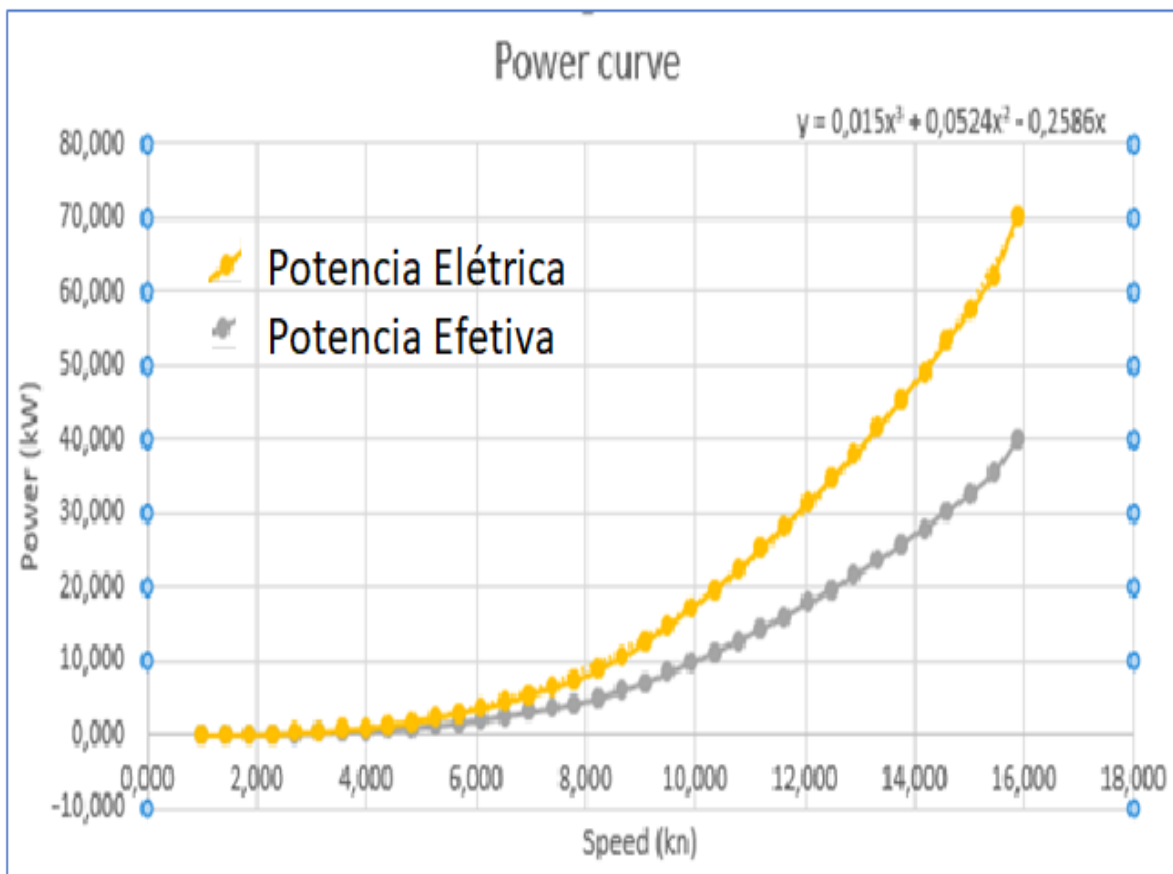


Figura 101 - Curva da potência em função da velocidade.

Para esta embarcação está a ser desenvolvido um novo sistema de monitorização com as seguintes características:

- Uma aplicação instalada num computador com um ecrã de 19 polegadas tátil, que disponibiliza a informação energética da embarcação e permite ligar/desligar dispositivos através do ecrã.

- Utiliza o bus de dados NMEA2000 [29] (protocolo de comunicação usado para conexão de sistemas marítimos), para interligar os diversos dispositivos e displays à plataforma computacional.

- Utiliza os equipamentos dos fabricantes para as medições elétricas, sem a necessidade de utilização de voltímetros e amperímetros externos.



UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA  
MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA  
ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E  
TELECOMUNICAÇÕES

-Disponibiliza controlo automático de emergência, fogo / inundação, utilizando sensores de temperatura / fumo e bombas de escoamento de água, utilizando um autómato.

-Disponibiliza informação sobre temperatura, pressão atmosférica, GPS, Radio SDR para receção de AIS (sistema de posicionamento de embarcações via radio).

- Permite a interligação com a rede Ethernet para comunicação, com o exterior via wifi, 4G ou satélite. Com esta nova embarcação pretende a empresa chegar a um público alvo diferente, e confirmar a sua posição de liderança a nível nacional na navegação eletro-solar e ecologia.



## Capítulo 7 – Conclusão

Os peritos na Cimeira de Paris sobre o clima, preveem que o aquecimento global cause um aumento significativo dos níveis dos oceanos. Como grande parte da população mundial vive junto ao mar, poderemos ter 500 milhões de pessoas afetadas pelo fenómeno. Logo, é urgente tomar medidas que alterem estas previsões. O desenvolvimento tecnológico pode dar uma ajuda preciosa no desenvolvimento de sistemas de mobilidade mais eficientes.

Este relatório apresenta o projeto e implementação das embarcações eletro-solares da empresa SunConcept, estas embarcações permitem uma melhor gestão dos recursos energéticos e uma diminuição da poluição. O principal foco do projeto foi o desenvolvimento de todos os sistemas elétricos da embarcação desde a produção, armazenamento e consumo aos sistemas de proteção e monitorização. Foi dada especial ênfase ao sistema de monitorização não só na sua conceção, mas também na elaboração de informação relevante a disponibilizar para a melhoria das prestações da embarcação.

Com este projeto conclui-se que é fundamental a monitorização para que as embarcações elétricas, consigam ser eficientes e representem uma alternativa efetiva.

Esperamos ter contribuído para uma visão diferente das embarcações electro solares, por um lado com a melhoria económica da sua utilização, por outro, como contribuição para a conservação da natureza, pela diminuição da pegada ecológica para um mundo sustentável, onde as pessoas possam desfrutar do prazer de navegar numa embarcação diferente e estar em harmonia com a natureza.

Até à data a empresa SunConcept já vendeu 15 embarcação SunSailer e já tem diversas encomendas nacionais e internacionais para a sua nova embarcação descrita sumariamente no capítulo 6.



**UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA**  
**MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA**  
**ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E**  
**TELECOMUNICAÇÕES**



## Referencias bibliográficas

- [1] Transatlantic21, <http://www.transatlantic21.org/>, acesso 20/05/2017;
- [2] Tûranor PlanetSolar, artigo do inhabitat” MS Tûranor PlanetSolar: Inhabitat Reports Live from the World’s Largest Solar-Powered Boat, Yuka Yoneda 13/06/2017;
- [3] Volitan, Fonte: designnobis.com, acesso 20/05/2017;
- [4] Solliner, Fonte Solliner.pl, acesso 20/05/2017;
- [5] Victron Energy, <https://www.victronenergy.pt/>; acesso 20/05/2017;
- [6] Victron Energy, Datasheet-Color-Control-GX-EN.pdf; acesso 20/05/2017
- [7] Cayenne Dashboat, mydevices.com; acesso 20/05/2017;
- [8] ISO 16315:2016 “Documento em anexo”;
- [9] ISO ISO 10133 “Documento em anexo”;
- [10] ISO10240 “Documento em anexo”;
- [11] ISO 8999 “Documento em anexo”;
- [12] ISO 11192:2005 “Documento em anexo”;
- [13] ACAP/APICAN, Anexo I;
- [14] Lloyd's Empresa certificação e Auditoria; <https://www.lr.org/en/marine-shipping/>; acesso 02/07/2017;
- [15] TorQeedo, [torqeedo-cruise-RT-manual-IT-ES-PT.pdf](https://www.torqueedo.com/pt-manual-it-es-pt.pdf); acesso 08/07/2017;
- [16] Motolusa, Ânodos sacrificiais – proteção catódica.pdf, acesso 08/07/2017;  
[http://www.motolusa.pt/folder/novidade/documento/12 Conselhos Anodos sacrificiais protecao catodica.pdf](http://www.motolusa.pt/folder/novidade/documento/12_Conselhos_Anodos_sacrificiais_protecao_catodica.pdf) ; acesso 20/05/2017;
- [17] Infineon BTS740, <https://www.bucek.name/pdf/bts740s2.pdf> ; acesso 20/05/2017;
- [18] Chris Goeltner, Texas Instruments; <http://www.powerguru.org/smart-bypass-diode-paves-the-way-for-electronics-in-solar-panels/>, acesso 02/07/2017;
- [19] Battery Management System, [www.ev-power.eu/](http://www.ev-power.eu/); acesso 02/07/2017;
- [20] A Cadex Electronics, A Cadex Electronics [20]; 02/07/2017;
- [21] Rolls Battery, Rools baterias Rolls-S12-290-Datasheet.pdf; acesso 02/07/2017;
- [22] I2C – protocolo de comunicação <http://www.arduino.br.com/arduino/i2c-protocolo-de-comunicacao>; acesso 02/07/2017;
- [23] Faculdade de Engenharia do Porto, 2011, Modelos de Baterias – Estado de arte.pdf ; acesso 02/07/2017;
- [24] Simulador CO2, Fonte EDP2017, <https://www.edp.pt/particulares/apoio-cliente/simulador-co2/> acesso 05/08/2017
- [25] Arduino IDE, <http://playground.arduino.cc/Portugues/Referencia>; acesso 02/07/2017;
- [26] Appinventor, <http://ai2.appinventor.mit.edu/>, acesso 22/08/2017;



UNIVERSIDADE DO ALGARVE - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA  
MESTRADO ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÓNICA  
ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E  
TELECOMUNICAÇÕES

- [27] Produção de Componentes em Materiais Compósitos por Infusão de Resina; Rodrigo Augusto Veríssimo Sousa Franco, tese de mestrado, acesso 02/08/ 2017;
- [28] Photovoltaic Geographical Information System, simulador solar;  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>, acesso 02/07/2017;
- [29] NMEA2000, <https://www.nmea.org>; acesso 02/05/ 2017;



**Anexos I**

**Anexos II**

**Anexos III**

**Anexos IV**