



**Sistema de Planeamento e Controlo de Execução para Veículo de  
Superfície Não Tripulado - Lista de Requisitos**

Equipa E

Orientador    João Sousa

Líder da Equipa    Carlos Pinto

Lista de Requisitos realizado no âmbito da unidade curricular  
Sistemas de Engenharia - Automação e Instrumentação do  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

## Registo de Versões

Versão	Data	Descrição
0.1	20/10/2020	Criação do documento base segundo o template definido
0.2	20/10/2020	Outline inicial (estrutura)
0.3	23/10/2020	Objetivo do documento e estrutura geral da apresentação de requisitos
0.4	24/10/2020	Junção das secções de requisitos
0.5	24/10/2020	Adição de uma secção para legislação
0.6	24/10/2020	Revisão em equipa dos requisitos

# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Objetivo da Lista de Requisitos</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Visão Geral do Sistema</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Estruturação das Tabelas de Requisitos</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Necessidades</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>Requisitos</b>	<b>5</b>
6.1	Requisitos Funcionais . . . . .	5
6.2	Requisitos de Performance . . . . .	5
6.3	Requisitos de Design . . . . .	6
6.4	Requisitos Alocados . . . . .	6
6.5	Requisitos Derivados . . . . .	7
<b>7</b>	<b>Legislações</b>	<b>8</b>
7.1	AIS . . . . .	10
7.2	Certificados de conformidade de alguns dos equipamentos eletrónicos . . . . .	10
7.3	Algumas Fontes Relevantes . . . . .	10
	<b>Lista de Tabelas</b>	<b>11</b>
	<b>Lista de Figuras</b>	<b>12</b>
	<b>Referências</b>	<b>13</b>

# 1 Introdução

A integração do sistema de controlo de um veículo (no caso USV) numa *toolchain* que consta com vários outros veículos necessita de uma análise de requisitos de modo a que todas as especificações do cliente e dependências da *toolchain* sejam cumpridas e consigam operar com o melhor nível de performance possível.

O sistema pode ser dividido em uma parte de baixo nível que envolve o controlo direto dos motores e lemes, outra de alto nível que envolve o planeamento de rotas, gestão de recursos, análise e tratamento de dados e por fim a comunicação entre estas partes chave do sistema. Sem esquecer que o veículo operará num ambiente que requer o cumprimento de normas e legislações assim como uma interação contínua com outros veículos que operam no mesmo meio de modo a promover a segurança de todas as embarcações.

De um outro ponto de vista, esta análise representa também uma organização inicial do caderno de encargos do projeto, promovendo uma análise mais aprofundada e detalhada das tarefas que a equipa realizará de modo a atingir o produto final.

## 2 Objetivo da Lista de Requisitos

Este documento tem como objetivo a identificação e classificação de todos os requisitos fornecidos pelo cliente (necessidades), gerando requisitos com base nessas necessidades. Os requisitos serão estruturados e apresentados de forma concisa, em tabelas, como consta na secção 4.

O sistema em questão é brevemente descrito na secção 3.

Em cada uma das secções relativas a requisitos segue uma breve descrição dos conteúdos da mesma, e a respetiva tabela de requisitos. Na secção 5 serão especificados os requisitos fornecidos pelo cliente, na secção 6 apresentam-se os requisitos com base nas necessidades do cliente, subdivididos em requisitos: funcionais (secção 6.1), de performance (secção 6.2), de design (secção 6.3), alocados (secção 6.4) e derivados (secção 7.2).

Alguns requisitos farão referência a normas e legislações. Os artigos destas legislações e normas que considerámos mais relevantes para o âmbito do projeto estão enunciados na secção 7.

## 3 Visão Geral do Sistema

O sistema que se pretende conceber está representado na figura 1. O sistema atual, consiste apenas no catamarã - X-2601 - em si, com um microcontrolador Arduino implementado, com rotinas de controlo simples, e o LattePanda, que apenas é utilizado para programar o Arduino remotamente.

Todas as demais funcionalidades fazem parte do projeto: a implementação do Dune na placa LattePanda, com os conceitos de supervisor e de manobras, bem como a implementação de uma *Ground Control Station* (GCS), que será essencialmente um computador com a plataforma Neptus, responsável por enviar missões e monitorizar o USV, sendo que este último envia dados relativos à embarcação e, eventualmente, relativos à missão. O software do Arduino também será alterado ao longo do desenvolvimento do projeto, e, potencialmente, irão ser acrescentados sensores e/ou atuadores.

Assim, o sistema pode ser dividido numa parte de baixo nível que envolve o controlo direto dos motores e lemes, outra de alto nível que envolve o planeamento de rotas, gestão de recursos, análise e tratamento de dados e por fim a comunicação entre estas partes chave do sistema. Sem esquecer que o veículo operará num ambiente que requer o cumprimento de normas e legislações assim como uma interação contínua com outros veículos que operam no mesmo meio de modo a promover a segurança de todas as embarcações.

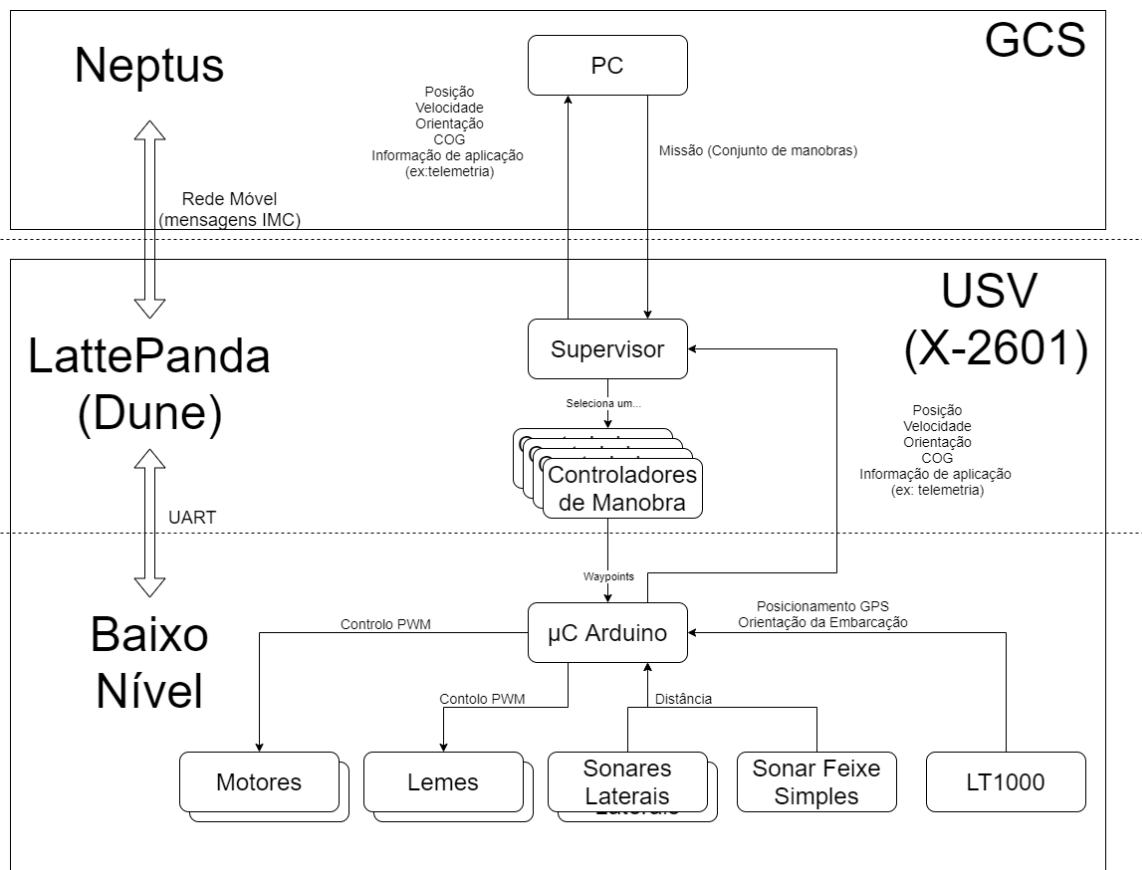


Figura 1: Esquemático geral do sistema que se pretende desenvolver.

## 4 Estruturação das Tabelas de Requisitos

As tabelas de requisitos serão estruturadas como consta na Tabela 1, em que os elementos da tabela estão ordenados, de uma forma não rigorosa, por prioridade (maior prioridade primeiro).

Tabela 1: Exemplo de tabela de requisitos.

Código de Requisito	Requisito Associado	Descrição	Classificação
Um código curto usado meramente para referenciar este requisito noutras tabelas, quando necessário	Código do requisito que levou à identificação do requisito em questão, maioria das vezes este requisito será uma necessidade do cliente. As necessidades do cliente não têm nenhum requisito associado.	Descrição sucinta do requisito em questão	Classificação do requisito em questão, sendo que pode ser um requisito "Essencial" ou "Opcional"

## 5 Necessidades

Entendem-se como necessidades, os requisitos fornecidos diretamente pelo cliente. São os requisitos que servem de base para os restantes, e formalizam o âmbito geral no qual se desenvolve o projeto.

Tabela 2: Requisitos do cliente.

Código de Requisito	Descrição	Classificação
N1	O sistema deve possuir interoperabilidade entre os demais veículos da Marinha	Essencial
N2	O sistema deverá dirigir-se autonomamente para os pontos de destino	Essencial
N3	O sistema deve ser eficiente, a nível energético	Essencial

## 6 Requisitos

Nesta secção serão apresentados todos os requisitos que derivam das necessidades do cliente, quer de forma direta, quer de forma indireta.

### 6.1 Requisitos Funcionais

Requisitos funcionais referem-se às tarefas que o sistema deve desempenhar, de forma genérica e de alto nível. Não inclui implementações específicas, nem definições detalhadas de como desempenhar a tarefa, nem de como desenvolver o sistema.

Tabela 3: Requisitos funcionais.

Código de Requisito	Requisito Associado	Descrição	Classificação
RF1	N1, N2, N3	O sistema deve ser capaz de calcular um caminho seguro e eficiente, com base no destino.	Essencial
RF2	N1	A plataforma de controlo e execução deverá ser capaz de comunicar o caminho ao USV.	Essencial
RF3	N2	A GCS deve conseguir planear missões simples (escolha de pontos de passagem).	Essencial
RF4	N2	Dado um ponto de destino, o USV deve ser capaz de atuar os motores e lemes de forma a se deslocar para esse mesmo destino.	Essencial
RF5	N2	A GCS deve conseguir planear missões complexas (manobras avançadas, de trajetos curvos definidos, etc.).	Opcional
RF6	N2	A GCS deve conseguir garantir condições de missão favoráveis.	Opcional
RF7	N3	O USV deve gerir a sua utilização energética.	Opcional
RF8	N2	Implementar uma rotina de segurança (retornar à base) no caso do USV perder comunicação (sem ser planeado), com a plataforma de planeamento e execução.	Opcional
RF9	N2	No caso da bateria/depósito estiverem quase esgotados, o USV deverá retornar à base.	Opcional
RF10	N2	O USV deve ser capaz de evitar obstáculos que surjam, em tempo real.	Opcional
RF11	N2	O USV deve ser capaz de evitar colisão com outras embarcações, obedecendo às COLREGS.	Opcional

### 6.2 Requisitos de Performance

O desempenho com que dadas tarefas têm de ser executadas. Estes requisitos terão, de forma geral, dados quantitativos concretos que permitam a validação (ou invalidação) do requisito de forma mensurável. Devido ao contexto e grau de incerteza do nosso projeto, deixaremos os requisitos de performance descreverem o desempenho do sistema de forma mais qualitativa, na perspetiva que futuras iterações deste documento terão dados quantitativos mais concretos.

Tabela 4: Requisitos de performance.

Código de Requisito	Requisito Associado	Descrição	Classificação
RP1	N2	O sistema tem de ser seguro e validado.	Essencial
RP2	N1	As comunicações do USV, nomeadamente com a GCS, devem ser realizadas em tempo útil.	Essencial
RP3	N3	A utilização dos lemes deve ser reservada a manobras rápidas.	Opcional
RP4	N2, N3	No caso de manobras: garantir a proximidade adequada entre pontos de destino adjacentes, de forma a promover maior eficiência energética e uma navegação mais suave. Consequentemente, garante-se uma rota mais próxima da planeada.	Opcional
RP5	N2	O USV deve chegar ao destino planeado sobre condições favoráveis.	Opcional
RP6	N2	A comunicação entre o USV e a GCS deve ser persistente.	Opcional
RP7	N2	Garantia da integridade e operacionalidade do USV.	Essencial
RP8	N3	Limitação do consumo energético com base no estado do carregador de baterias	Opcional

### 6.3 Requisitos de Design

A abordagem específica com a qual se vai obedecer às necessidades. Incluem detalhes mas específicos de hardware, algoritmos de software, e, em geral, soluções mais definidas a implementar no sistema.

Tabela 5: Requisitos de design.

Código de Requisito	Requisito Associado	Descrição	Classificação
RD1	N1	Desenvolver software no USV recorrendo à toolchain LSTS, integrando-o numa plataforma comum a outros veículos da marinha.	Essencial
RD2	N1	Utilizar o standard IEC AIS (IEC 62320-1) para identificação do próprio USV aos restantes, e vice-versa.	Opcional
RD3	N2	O USV deve planear as suas rotas de acordo com a norma ENC S-57	Essencial
RD4	N2	Integrar software de controlo de manobra e supervisão recorrendo à toolchain LSTS (mais especificamente o DUNE);	Essencial
RD5	N2	Deve ser criado um de perfil com parametrização específica ao USV / Configuração do perfil específico do USV.	Essencial
RD6	N3	No seguimento de um caminho, o USV não deve executar curva de cão.	Opcional
RD7	N1	O sistema deve estar integrado numa plataforma comum de planeamento e execução, que permita interoperabilidade com os veículos que façam uso da mesma plataforma.	Essencial

### 6.4 Requisitos Alocados

Sub-divisão de requisitos de mais alto nível, referidos nas secções anteriores.

Tabela 6: Requisitos alocados.

Código de Requisito	Requisito Associado	Descrição	Classificação
RA1	RD1	Desenvolver interface de sinal entre o catamarã e o sistema de planeamento e execução, recorrendo ao Dune.	Essencial
RA2	RD1	Desenvolver cálculos de caminho e de planeamento no Neptus/Dune.	Essencial
RA3	RF1	Deve ser utilizado um caminho seguro e eficiente, o que engloba navegar onde a profundidade excede o calado.	Opcional
RA4	RF1, RD3	Garantir o acesso a mapas e/ou cartas de navegação.	Essencial
RA5	RF6	Assegurar condições propícias de missão recorrendo às cartas de navegação segundo o standard ENC S-57	Opcional.

## 6.5 Requisitos Derivados

Requisitos que advém de outros requisitos de mais alto nível, referidos nas secções anteriores.

Tabela 7: Requisitos derivados.

Código de Requisito	Requisito Associado	Descrição	Classificação
Rd1	RD1	Interpretação das manobras, provenientes do Neptus, pelo LattePanda (Dune), gerindo os controladores de manobra a utilizar.	Essencial
Rd2	RA1	Envio dos waypoints do LattePanda para o Arduino.	Essencial
Rd3	Rd2, RA5	Assegurar que o Arduino controla os motores e lemes de forma a que o catamarã siga os waypoints.	Essencial
Rd4	RF11	O USV deve ser capaz de identificar outras embarcações com ou sem AIS.	Opcional
Rd5	RF6, RA4, RA5, RD3	Análise e tratamento de dados proveniente das Cartas de Navegação, pelo Neptus.	Essencial
Rd6	RD5	Assegurar funcionalidade dos periféricos através da configuração das tasks do toolchain do LSTS.	Essencial
Rd7	RD6	Quando o veículo está em movimento, deverá utilizar o rumo (COG) como referência para os controladores dos motores.	Opcional
Rd8	RD6	Quando o veículo inicia movimento, deverá utilizar a orientação da proa como referência para os controladores dos motores.	Opcional



## 7 Legislações

Para além dos requisitos, é necessário seguir algumas normas e legislações para uma implementação e utilização corretas. Contudo, como estas embarcações se tratam de uma tecnologia disruptiva, que ainda está em desenvolvimento, não existe grande legislação internacional específica para controlar o seu uso, embora existam esforços neste sentido. Contudo, é importante realçar a necessidade de criação de medidas normativas no âmbito global em relação a tais meios, assim como a necessidade do desenvolvimento de políticas públicas de âmbito marítimo tanto nacionais quanto internacionais acerca desta temática. Assim sendo, no que diz respeito à legislação portuguesa, de acordo com o decreto-Lei n.º 265/72, classificou-se a embarcação como sendo de investigação, ficando sujeita ao regime legal aplicável às embarcações auxiliares. Na falta de legislação nacional, foi utilizada a legislação das Nações Unidas (CNUDM).

Decreto-Lei n.º 265/72 ARTIGO 19.º

1 — As embarcações da marinha nacional, incluindo as do Estado não pertencentes à Armada, a forças e serviços de segurança interna e a outros órgãos do Estado com atribuições de fiscalização marítima, em conformidade com as actividades a que se destinam, classificam-se em:

- a) De comércio;
- b) De pesca;
- c) De recreio;
- d) Rebocadores;
- e) De investigação;
- f) Auxiliares;
- g) Outras do Estado.

ARTIGO 23.º-A

1 — As embarcações de investigação são as que dotadas de meios de propulsão mecânica se destinam, consoante a sua aptidão técnica, à investigação científica, oceânica ou costeira.

2 — As embarcações referidas no número anterior ficam sujeitas ao regime legal aplicável às embarcações auxiliares.

ARTIGO 19.º

(Pedidos de autorização)

2 - Os pedidos de autorização para a realização das actividades referidas no artigo anterior só poderão ser considerados: b) Desde que as actividades a realizar prossigam fins pacíficos, utilizem métodos científicos e técnicos e meios adequados, não interfiram com outras utilizações legítimas do mar, com respeito das leis e regulamentos em vigor, em particular os que visam proteger e preservar o ambiente aquático, os seus recursos e o património arqueológico subaquático;

**Qual é a entidade que em Portugal tem competência para receber pedidos relativos a projetos de investigação científica marinha e dar o respetivo consentimento?**

No caso de se subsumirem no quadro do Decreto-Lei n.º 38/2015 (Artigos 47.º e 57.º), os projetos de investigação científica marinha apresentados por entidades nacionais devem ser submetidos a Direção Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos que tem competência para emitir o título de utilização privativa do espaço marítimo nacional que autoriza a realização do projeto. Os projetos que incidam sobre as zonas marítimas adjacentes às Regiões Autónomas, até as 200 milhas náuticas, devem ser submetidos aos organismos competentes das Regiões Autónomas: no caso da Região Autónoma dos Açores a Direção Regional dos Assuntos do Mar; no caso da Região Autónoma da Madeira a Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais — entidades com competência para a emissão do título de utilização privativa que autoriza a implementação do projeto. Os projetos de investigação científica marinha apresentados por entidades estrangeiras

devem ser submetidos ao Ministério dos Negócios Estrangeiros que reencaminha os pedidos para as autoridades competentes. (Decreto-Lei n.º 38/2015 e Decreto-Lei n.º 52/85)

**Pode o Estado costeiro impor condições a entrada de navios não tripulados e UUVs nas suas águas interiores ou nos portos?**

Sim. O Estado costeiro tem soberania sobre as suas águas interiores e pode impor as condições que desejar para a entrada de navios não tripulados a UUVs nas suas águas interiores ou portos. Assim, pode especificar os portos que estão abertos a navios não tripulados a UUVs, impor determinadas condições para a sua entrada, incluindo relativamente a questões de segurança, a pode recusar a sua entrada, mesmo nos casos em que o navio não tripulado ou o UUV esteja em situação de perigo, desde que tal recusa não seja discriminatória nem constitua abuso de direito.

(Artigo 2.º, CNUDM)

**Quando os UUVs são usados em projectos de investigação científica marinha, é obrigatória a sua identificação no projeto?**

Sim. Quando um Estado ou uma organização internacional submete um projeto a um terceiro Estado para investigação científica marinha em área sob sua soberania ou jurisdição, tem de prestar ao Estado costeiro informação detalhada, nomeadamente sobre os métodos e os meios a utilizar, incluindo o nome, a tonelagem, o tipo e a categoria das embarcações e uma descrição do equipamento científico a ser usado na investigação. Por isso, sendo classificados como equipamentos, os UUVs devem ser devidamente identificados no documento do projeto.

**Quais são as obrigações que a legislação nacional impõe aos UUVs usados em projetos de investigação científica marinha?**

A entidade responsável pelo projeto de investigação está sujeita às seguintes obrigações no que aos UUVs diz respeito:

1. Obrigação de informação — a memória descritiva e justificativa do projeto deve conter informação sobre o equipamento usado, inclusive relativamente a UUVs;
2. Obrigação de manter o bom estado do ambiente marinho — esta é uma obrigação de todo o projeto, mas que se estende a todos os instrumentos e equipamentos usados. Por isso, os UUVs usados no projeto de investigação devem também cumprir esta obrigação;
3. Obrigação de remoção — qualquer equipamento usado, que, por qualquer motivo, se tenha afundado, deve ser removido do ambiente marinho após o término do projeto.

(Decreto-Lei n.º 38/2015 e Decreto-Lei n.º 52/85)

**Quais são as obrigações dos titulares dos navios não tripulados e dos UUVs no caso em que o mesmo se afunde?**

Os navios não tripulados devem ser obrigatoriamente removidos do ambiente marinho no caso de se terem afundado. Essa obrigação pertence ao proprietário, mas em certas condições de ameaça ao ambiente marinho, a remoção poderá ser feita pelas autoridades nacionais a expensas do proprietário. Os UUVs que sejam classificados como equipamento usados para projetos de investigação científica marinha devem ser obrigatoriamente removidos do ambiente marinho aquando da finalização do projeto, mesmo quando não se tenham afundado.

(Decreto-Lei n.º 64/2005 e Decreto-Lei 52/85)

**As fotografias, os vídeos e os registos sonoros captados por UUVs podem ser aceites como prova perante os tribunais internacionais previstos na CNUDM?**

Sim. As normas processuais que regulam os tribunais internacionais, nomeadamente o Tribunal Internacional de Justiça e o Tribunal Internacional do Direito do Mar, permitem que as partes possam apresentar, no âmbito da prova documental, fotografias, vídeos e registos sonoros. Não existem razões para fundamentar a recusa de tais provas, pelo facto de as mesmas terem sido recolhidas por UMs.

### **As fotografias, os vídeos e os registos sonoros captados por UMs podem ser aceites como provas perante os tribunais nacionais?**

Em princípio, a prova que seja constituída por fotografias, vídeos e registos sonoros pode ser submetida aos tribunais nacionais na categoria de prova documental. A sua admissibilidade em processos crime é mais restrita do que nos processos cíveis porque as condições legais impostas para que as mesmas sejam consideradas admissíveis são mais exigentes e limitadas. No entanto, tal exigência não se relaciona com o facto de as mesmas terem sido recolhidas por UMs.

## **7.1 AIS**

O AIS é regulamentado em todo o mundo por uma série de organizações nacionais e internacionais. Este regulamento rígido garante que todos os produtos AIS atendam aos padrões mínimos de desempenho, funcionalidade e interoperabilidade. Em 2007, foi aprovada uma nova norma mundial para estações de base AIS, a norma IEC 62320-1, sendo a mais utilizada actualmente.

O AIS colocado no X-2601 é um AIS de classe B, seguindo segundo o regulamento as normas nacionais.

## **7.2 Certificados de conformidade de alguns dos equipamentos eletrónicos**

Lattepanda:

<http://www.lattepanda.com/topic-f13t662.html>

Arduino:

[https://content.arduino.cc/assets/CE\\_MEGA2560.pdf](https://content.arduino.cc/assets/CE_MEGA2560.pdf)

[https://content.arduino.cc/assets/FCC\\_MEGA2560.pdf](https://content.arduino.cc/assets/FCC_MEGA2560.pdf)

## **7.3 Algumas Fontes Relevantes**

Direção Geral de recursos naturais, segurança e serviços marítimos [1].

Compilação de Legislação para as Actividades Marítimas [2].

Regulamento Geral das Capitánias- Marinha Portuguesa [3].

COLREGS - International Regulations for Preventing Collisions at Sea [4].

## Lista de Tabelas

1	Exemplo de tabela de requisitos. . . . .	4
2	Requisitos do cliente. . . . .	4
3	Requisitos funcionais. . . . .	5
4	Requisitos de performance. . . . .	6
5	Requisitos de design. . . . .	6
6	Requisitos alocados. . . . .	7
7	Requisitos derivados. . . . .	7

**Lista de Figuras**

1      Esquemático geral do sistema que se pretende desenvolver. . . . . 4

## Referências

- [1] “Legislação marítima - dgrm,” <https://www.dgrm.mm.gov.pt/legislacao-maritima>, accessed: 2020-10-26.
- [2] “Compilação de legislação para as actividades marítimas,” [https://www.marinha.pt/conteudos\\_externos/lexmar/PGPAT%20100/PGPAT\\_100\\_indice\\_internet.htm](https://www.marinha.pt/conteudos_externos/lexmar/PGPAT%20100/PGPAT_100_indice_internet.htm), accessed: 2020-10-26.
- [3] “Regulamento geral das capitánias- marinha portuguesa,” [https://www.marinha.pt/Conteudos\\_Externos/lexmar/PGPAT%20100/PGPAT%201000%20-%20Cap%C3%ADtulos/Cap%C3%ADtulo%20I%20Identifica%C3%A7%C3%A3o%20e%20opera%C3%A7%C3%A3o%20emb/RGC/Decreto-Lei%20265-72%20\(31%20JUL\)%20CONS.htm](https://www.marinha.pt/Conteudos_Externos/lexmar/PGPAT%20100/PGPAT%201000%20-%20Cap%C3%ADtulos/Cap%C3%ADtulo%20I%20Identifica%C3%A7%C3%A3o%20e%20opera%C3%A7%C3%A3o%20emb/RGC/Decreto-Lei%20265-72%20(31%20JUL)%20CONS.htm), accessed: 2020-10-26.
- [4] “Colregs - international regulations for preventing collisions at sea,” [http://www.mar.ist.utl.pt/mventura/Projecto-Navios-IMO-Conventions%20\(copies\)/COLREG-1972.pdf](http://www.mar.ist.utl.pt/mventura/Projecto-Navios-IMO-Conventions%20(copies)/COLREG-1972.pdf), accessed: 2020-10-26.