

ESCOLA SUPERIOR NÁUTICA INFANTE D. HENRIQUE

Departamento de Transportes e Logística



As condicionantes relacionadas com o efeito do vento nas manobras de atracação e largada nos navios de grandes dimensões O Caso Prático do Porto de Sines

Dissertação para obtenção do grau de mestre em Pilotagem

Margarida Russo de Oliveira Bagão

**Orientador: Especialista João Frade
Co-orientador: Mestre Miguel Vieira de Castro**

agosto/2015

ESCOLA SUPERIOR NÁUTICA INFANTE D. HENRIQUE

Departamento de Transportes e Logística



As condicionantes relacionadas com o efeito do vento nas manobras de atracação e largada nos navios de grandes dimensões O Caso Prático do Porto de Sines

Dissertação para obtenção do grau de mestre em Pilotagem

Margarida Russo de Oliveira Bagão

**Orientador: Especialista João Frade
Co-orientador: Mestre Miguel Vieira de Castro**

agosto/2015

(Esta página foi propositadamente deixada em branco)

Resumo

Ao longo da História da Marinha Mercante temos assistido a uma evolução gradual nas várias classes de navios existentes. Essa evolução, verifica-se ao nível da segurança, sistemas propulsores, porte bruto e restantes dimensões, o que tem originado um aumento considerável na dimensão dos navios. Para fazer face a toda esta evolução na indústria do transporte marítimo, os portos têm tido a necessidade de acompanhar essa evolução em todos os seus aspetos, na tentativa de oferecer as melhores infra-estruturas de modo a não perder competitividade, mantendo elevados os níveis de eficácia e eficiência.

Este estudo surge no âmbito de se poderem comparar as manobras de entrada e saída de vários navios de grandes dimensões com diferentes condições de carga, bem como que meios devem ser utilizados no caso de condições meteorológicas adversas no Porto de Sines.

O objetivo do estudo consiste em identificar as dificuldades provocadas pela intensidade e direção do vento nas manobras de aproximação, atracação e largada; identificar as zonas de maior risco para a segurança da manobra de aproximação sem o piloto a bordo, atracação e largada e caracterizar o efeito do vento nas manobras de atracação e largada no Porto de Sines.

O presente estudo, divide-se em duas partes. Na primeira parte, no capítulo 1 procede-se a uma revisão histórica da evolução dos navios de grandes dimensões. O enquadramento teórico e conceptual do estudo e uma revisão bibliográfica são abordados nos capítulos 2 e 3, e por fim, no capítulo 4 é feita uma abordagem sobre o Porto de Sines. Na segunda parte, no capítulo 1, foi feito o enquadramento metodológico e no capítulo 2 a apresentação, análise e interpretação dos resultados obtidos.

A metodologia aplicada neste trabalho foi realizada com recurso a métodos quantitativos, utilizando-se um inquérito por questionário de resposta fechada e a simulação de algumas manobras.

Os resultados obtidos demonstram que, independentemente da intensidade do vento, os navios com maior área velica são mais influenciados pelo seu efeito, e que o comportamento destes é

previsível. Os navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos, são mais dependentes da utilização de rebocadores devido à sua reduzida capacidade de manobra.

Salienta-se que na maior parte dos casos, para os Comandantes, o Porto de Sines é um porto bastante acessível e de confiança na manobra, as situações mais difíceis e de maior risco ocorrem quando a intensidade de vento é superior a 20 nós.

Palavras - Chave: Navio; Manobra; Porto de Sines; Intensidade e direção do vento.

Abstract

Throughout the history of the Merchant Marine we have gradually seen an evolution in the various classes of existing vessels, both in terms of safety, propeller systems, deadweight and other dimensions, which has led to a considerable increase in the dimension of the vessels. To face the developments in the shipping industry, ports need to monitor the evolution of the world fleet in all aspects in an attempt to provide the best infrastructure to receive the new vessels, and to not lose their competitiveness while maintaining high levels of effectiveness and efficiency.

This study appears in the context of being able to compare the berthing and the departure of large vessels at different load conditions, and what means should be used in case of bad weather conditions in the Port of Sines.

The objective of the study is to identify the difficulties caused by the wind during the approach, berthing and departure; to identify the highest risk areas for the approach, berthing and departure and characterize the effect of the wind during berthing and departure at the Port of Sines.

This study is divided in two parts. In the first part, in chapter 1 we proceed to a historical review of the evolution of large vessels, the theoretical and conceptual framework of the study, a literature review are discussed in chapters 2 and 3, and finally in chapter 4 is made a presentation of the Port of Sines. In the second part, in chapter 1 was made the methodological framework and in the chapter 2 the presentation, analysis and interpretation of the results.

The methodology used in this work was carried out using quantitative methods, using a survey questionnaire and the simulation of some manoeuvres.

The results show that, regardless of wind intensity, vessels more exposed to the wind are more influenced by their effect, and their behavior is predictable. Natural gas vessels, solid and liquid bulk, are more dependent on the use of tugs because of the reduced ability to manoeuvre.

In most cases, the Captains of the vessels consider that the Port of Sines is a very accessible and reliable port to manoeuver. The more difficult and riskier situations occur when the wind intensity is higher than 20 knots.

Keywords: Ship; Manoeuver; Port of Sines; Intensity and direction of the wind.

Agradecimentos

Com bastante gratidão e afeto gostaria de exprimir o meu profundo agradecimento a todos que de alguma forma contribuíram para que este “navio” chegasse a bom cais e com os cabos já estabelecidos.

Ao meu orientador, Especialista João Carlos Frade, pela disponibilidade e apoio que sempre demonstrou, assim como o rigor e a clareza de todas as suas observações.

Ao meu co-orientador e colega de trabalho, Mestre Miguel Vieira de Castro, pelo apoio, incentivo, compreensão, colaboração e sobretudo pela paciência.

Ao Comandante e colega de trabalho, João Gravato, pelo apoio, persistência, colaboração e particularmente pela disponibilidade.

Aos meus colegas do Porto de Sines, pelo apoio incondicional e colaboração, sem vocês não teria efetuado semelhante trabalho.

A todos os entrevistados que aceitaram colaborar nesta pesquisa.

À minha família, sobretudo ao Xavier, pela compreensão da minha indisponibilidade temporária.

“Shiphandling is neither an exact science nor a mysterious art. Skill and judgmente come from good old-fashioned knowledge. Timely application of knowledge comes through pratice and analysis of what you have done and what you might have done. You have anchors on a ship to be used. Choose speed accordingly”

“The art of shiphandling involves the effective use of forces under control to overcome the effect of forces not under control”

Charles H. Cotter 1962

Índice

Resumo.....	V
Abstract	VII
Agradecimentos.....	IX
Índice de figuras	XIII
Índice de tabelas	XIV
Índice de gráficos	XV
Lista de siglas e abreviaturas.....	XVII
Introdução.....	1
Parte I - Enquadramento Teórico e Conceptual do Estudo	3
Capítulo 1. Evolução histórica dos navios de grandes dimensões	3
1.1 Evolução dos navios porta-contentores	4
1.2 Evolução dos navios de transporte de graneis líquidos	8
1.3 Evolução dos navios de transporte de gás natural	12
1.4 Evolução dos navios de transporte de graneis sólidos.....	15
Capítulo 2. Sistemas de propulsão e governo	21
2.1 Sistemas Propulsores	21
2.1.1 Tipos de máquinas principais.....	21
2.1.2 A ação do hélice.....	24
2.1.3 Passo direito e passo esquerdo	27
2.2 Sistemas de governo	28
2.2.1 Lemes.....	28
2.2.2 Tipos de lemes	29
2.2.3 Forças geradas pelo leme. O momento da guinada.....	30
2.2.4 A ação combinada do leme com a máquina.....	34
2.2.5 Impulsores de proa e de popa.....	36
Capítulo 3. Elementos determinantes à manobrabilidade de navios de grandes dimensões em águas restritas	41
3.1 O ponto pivot.....	41
3.2 Vento	44
Capítulo 4. O Porto de Sines	51
Parte II - Trabalho empírico.....	59

Capítulo 1. Enquadramento Metodológico	59
1.1 Da problemática aos objetivos de estudo	59
1.2 Fundamentações das opções metodológicas.....	59
1.3 Processo e instrumentos de recolha de dados: o questionário, <i>PPU</i> (Unidades-Piloto Portátil) e simulação	60
1.3.1 Questionário.....	60
1.3.2 Unidade de piloto portáteis (<i>PPU</i>).....	63
1.3.3 Simulação.....	65
1.4 Processo e tratamento de dados	66
1.4.1 SPSS.....	66
1.5 Caracterização dos sujeitos.....	68
Capítulo 2. Apresentação, análise e interpretação dos dados.....	71
2.1 Análise do boletim de manobra	71
2.2 Análise da manobra de aproximação e de atracação	74
2.2.1 Aproximação à área de embarque do piloto	74
2.2.2 Posicionamento do navio para o embarque do piloto em segurança	77
2.2.3 Estabelecer cabos aos rebocadores	79
2.2.4 A bacia de manobra na rotação do navio	81
2.2.5 Número de rebocadores utilizados na manobra	83
2.2.6 Adequação do número de rebocadores e dos meios auxiliares do navio em situação de emergência por exemplo, falha de máquina, avaria dos rebocadores	85
2.3 Análise da manobra com as condições de vento atuais	87
2.3.1 Em que medida é que o vento influenciou a manobra de aproximação, rotação e atracação	87
2.3.2 Na aproximação com velocidade reduzida avante.....	92
2.3.3 Na rotação com velocidade reduzida avante.....	96
2.3.4 Na rotação com velocidade reduzida e navio com seguimento a ré	101
2.3.5 Na aproximação ao cais	105
2.4 Efeito do vento na largada do navio	108
2.4.1 Manobra efetuada com os meios do navio.....	110
2.4.2 Manobra efetuada com rebocadores	112
Conclusões	113
Bibliografia.....	117
Anexos.....	121

Anexo I- Características dos Terminais	122
Anexo II – Questionário	126

Índice de figuras

Figura 1 - Evolução dos navios porta-contentores	7
Figura 2 - Evelyn Maersk em manobra no Porto de Sines	7
Figura 3 - Evolução da área transversal do navio no Canal Suez	11
Figura 4 - Evolução dos Navios Tanques	12
Figura 5 - Navio Q-flex no Porto de Sines	14
Figura 6 - Navio graneleiro no Porto de Sines	15
Figura 7 - Hélice	24
Figura 8 - Hélice de passo fixo	26
Figura 9 - Hélice de passo variável	27
Figura 10 - Tipos de leme	29
Figura 11 - Comparação entre o leme convencional e o <i>becker rudder</i>	30
Figura 12 - Ação do leme, forças existentes quando o navio tem seguimento avante com máquina avante	31
Figura 13 - Ação do leme, forças existentes quando o navio tem seguimento a ré com máquina a ré	32
Figura 14 - Forças que atuam no leme	33
Figura 15 - Uso do impulsor lateral com o navio parado	38
Figura 16 - Uso do impulsor lateral, navio com seguimento avante	39
Figura 17 - Uso do impulsor lateral, navio com seguimento a ré	39
Figura 18 - Ponto pivot com navio parado	41
Figura 19 - Ponto pivot em navio com seguimento avante	41
Figura 20 - Ponto pivot em navio com seguimento a ré	42
Figura 21 - Momento de rotação num navio parado	43
Figura 22 - Momento de rotação num navio com seguimento avante	43
Figura 23 - Momento de rotação num navio com seguimento a ré	44
Figura 24 - Centro vélico em navio parado	47
Figura 25 - Centro vélico em navio com seguimento avante	47
Figura 26 - Centro vélico em navio com seguimento a ré	48
Figura 27 - Centro vélico em navio com caimento à popa e seguimento avante	48
Figura 28 - Centro vélico em navio com caimento à popa e seguimento a ré	49
Figura 29 - Porto de Sines	52
Figura 30 - Terminal Multipurpose do Porto de Sines	54
Figura 31 - Terminal de Contentores do Porto de Sines	55
Figura 32 - Modo de navegação no <i>PPU</i>	64
Figura 33 - Modo de atracação no <i>PPU</i>	65
Figura 34 - Aproximação à área de embarque de piloto	74

Figura 35 - Área de embarque de piloto.....	77
Figura 36 - Zona de rotação dos navios porta-contentores	81
Figura 37 - Zona de rotação para navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos.....	82
Figura 38 - Simulação de navio porta-contentores com 340 metros de comprimento fora a fora, com vento de noroeste de 24 nós	88
Figura 39 - Simulação de navio porta-contentores com 349 metros de comprimento fora a fora, com vento de oeste de 30 nós	90
Figura 40 - Simulação de navio de gás natural com 290 metros de comprimento fora a fora e ventos de noroeste com intensidade de 15 nós.....	92
Figura 41 - Simulação de navio porta-contentores com 294 metros de comprimento fora a fora, e com ventos sul-sudoeste com intensidade de 24 nós	93
Figura 42 - Rotação do navio MSC Carole com 294,11 metros de comprimento fora a fora e com vento entre leste e sul e intensidade entre 15 e 20 nós	97
Figura 43 - Rotação do navio AL Sahla com 315,6 metros de comprimento fora a fora, vento com direção entre sul e leste e intensidade de 15 a 20 nós	99
Figura 44 - Rotação com velocidade reduzida avante do navio Astro Polaris com 274 metros de comprimento fora a fora, com vento entre oeste e sul e intensidade entre 15 e 20 nós	100
Figura 45 - Rotação do navio MSC Carole com 294,11 metros de comprimento fora a fora, com seguimento a ré, vento entre leste e sul e intensidade entre 15 e 20 nós.....	102
Figura 46 - Simulação com navio porta-contentores de 294 metros de comprimento fora a fora, na rotação e com velocidade reduzida a ré	102
Figura 47 - Rotação com seguimento a ré, navio Al Sahla com 315,6 metros de comprimento fora a fora, vento com direção entre sul e leste e intensidade de 15 a 20 nós.....	104
Figura 48 - Rotação com seguimento a ré do navio Astro Polaris com 274 metros de comprimento fora a fora, com vento entre oeste e sul com intensidade entre 15 e 20 nós...	105
Figura 49 - Aproximação ao cais do navio MSC Carole com 294,11 metros de comprimento fora a fora, vento entre leste e sul, com intensidade entre 15 e 20 nós	107
Figura 50 - Aproximação ao cais do navio Al Sahla com 315,6 metros de comprimento fora a fora, vento com direção entre sul e leste e intensidade de 15 a 20 nós	107
Figura 51 - Aproximação ao cais do navio Astro Polaris com 294 metros de comprimento fora a fora, com vento entre oeste e sul com intensidade entre 15 e 20 nós.....	108

Índice de tabelas

Tabela 1 - Evolução do Canal do Suez	10
Tabela 2 - Evolução dos navios de gás natural	15
Tabela 3 - Categorias dos navios graneleiros.....	17
Tabela 4 - Efeito do passo fixo num navio com velocidade a ré	27
Tabela 5 - Navio de passo variável, com efeito direito e leme normal	35

Tabela 6 - Conversão de kW para Shp e tf.....	37
Tabela 7 - Correção para o ângulo de incidência do vento na superfície do navio.....	45
Tabela 8 - Força que o vento exerce numa superfície em <i>tf</i>	46
Tabela 9 - Trem de reboque para atracação e mudança de navios no Porto de Sines.....	56
Tabela 10 - Trem de reboque para navios que transportem gás natural no Porto de Sines.....	57
Tabela 11- Número de rebocadores utilizados por manobra.....	73
Tabela 12 - Na aproximação com velocidade reduzida e navio com seguimento avante, quando duas opções foram escolhidas	96

Índice de gráficos

Gráfico 1 - Distribuição por classe (GT).....	4
Gráfico 2 - Número de navios a nível mundial	18
Gráfico 3 - Número de navios por GT	19
Gráfico 4 - Evolução do número de navios que escalam o Porto de Sines	51
Gráfico 5 - Movimentos entre fevereiro e junho de 2014 no Porto de Sines.....	70
Gráfico 6 - Navios analisados	71
Gráfico 7 - Questionários entregues na atracação ou largada por tipo de navio.....	72
Gráfico 8 - Percentagem de impulsores de proa nos navios analisados.....	73
Gráfico 9 - Aproximação à área de embarque de piloto nos navios porta-contentores	75
Gráfico 10 - Aproximação à área de embarque de piloto nos navios de transporte de gás natural, graneis líquidos e sólidos	76
Gráfico 11 - Posicionamento do navio para o embarque do piloto em segurança nos navios porta-contentores.....	78
Gráfico 12 - Posicionamento do navio para o embarque do piloto em segurança nos navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos	78
Gráfico 13 - Estabelecer os rebocadores nos navios porta-contentores	79
Gráfico 14 - Estabelecer os rebocadores nos navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos.....	80
Gráfico 15 - Zona de rotação nos navios porta-contentores.....	82
Gráfico 16 - Zona de rotação nos navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos.....	83
Gráfico 17 - Número de rebocadores utilizados nos navios porta-contentores.....	84
Gráfico 18 - Número de rebocadores utilizados nos navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos	84
Gráfico 19 - Meios adequados nos navios porta-contentores	85
Gráfico 20 - Meios adequados nos navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos.....	86
Gráfico 21 - Influência do vento na aproximação dos navios porta-contentores.....	87
Gráfico 22 - Influência do vento na aproximação nos diversos tipos de navios.....	88

Gráfico 23 - Influência do vento na rotação nos navios porta-contentores.....	89
Gráfico 24 - Influência do vento na rotação nos diversos tipos de navios.....	90
Gráfico 25 - Influência do vento na atracação nos diversos tipos de navios	91
Gráfico 26 - Aproximação à zona de rotação nos navios porta-contentores.....	93
Gráfico 27 - Aproximação à zona de rotação nos navios de transporte de gás natural.....	94
Gráfico 28 - Aproximação à zona de rotação nos navios de transporte de graneis sólidos	95
Gráfico 29 - Aproximação à zona de rotação nos navios de transporte de graneis líquidos....	95
Gráfico 30 - Rotação com velocidade reduzida avante nos navios porta-contentores.....	97
Gráfico 31 - Na rotação com velocidade reduzida avante nos navios de transporte de gás natural.....	98
Gráfico 32 - Rotação com velocidade reduzida avante nos navios de transporte de graneis sólidos.....	99
Gráfico 33 - Rotação com velocidade reduzida avante nos navios de transporte de graneis líquidos.....	100
Gráfico 34 - Rotação com velocidade reduzida e o navio com seguimento a ré nos navios porta-contentores	101
Gráfico 35 - Rotação com velocidade reduzida e os navios com seguimento a ré	103
Gráfico 36 - Aproximação ao cais nos navios porta-contentores.....	105
Gráfico 37 - Aproximação ao cais.....	106
Gráfico 38 - Dificuldade na largada dos navios porta-contentores	109
Gráfico 39 - Dificuldade na largada nos navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos.....	110
Gráfico 40 - Manobra efetuada com os meios próprios nos navios porta-contentores	111
Gráfico 41 - Manobra efetuada com meios auxiliares nos navios porta-contentores	112

Lista de siglas e abreviaturas

AIS	- <i>Automatic Identification System</i>
ANSI	- <i>American National Standards Institute</i>
APS	- Administração dos Portos de Sines e do Algarve, S.A.
AR	- A ré
AV	- A vante
BB	- Bombordo
DGPS	- Sistema de posicionamento global e diferencial
DL	- Decreto-Lei
DWT	- <i>Deadweight Tonnage</i>
EB	- Estibordo
ETA	- <i>Estimated Time of Arrival</i>
FPSO	- <i>Floating ,Production, Storage and Offloading Vessel</i>
GPS	- Sistema de posicionamento global
GT	- <i>Gross tonnage</i>
IALA	- <i>International Association of Lighthouse Authorities</i>
IMO	- International Maritime Organization
ISO	- <i>International Organization for Standardization</i>
km	- Quilómetro
kW	- Kilowatts
LNG	- <i>Liquefied Natural Gas</i>
Marin	- <i>Maritime Reesearch Institute Netherlands</i>
MT	- <i>Metric Tons</i>
Pilot-plug	- Ligação do <i>PPU</i> ou de um computador portátil ao Sistema de AIS do navio, partilhando informação em tempo real.
PPU	- <i>Portable Pilot Unit</i>
RPM	- Rotações por minuto
SHP	- <i>Shaft horsepower</i> , unidade de medida da potência no veio
SPSS	- <i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
TEU	- <i>Twenty-Foot Equivalent Unit</i>
TF	- Tonelada força
TXXI	- Terminal de Contentores de Sines

ULCC	- <i>Ultra Large Crude Carrier</i>
ULCS	- <i>Ultra-Large Container Ship</i>
VHF	- <i>Very High Frequency</i>
VLCC	- <i>Very Large Crude Carrier</i>
VTS	- <i>Vessel Traffic Services</i>
WIRELESS	- Rede sem fios

Introdução

Esta dissertação surge da necessidade de aprofundar o conhecimento sobre o comportamento de navios de grandes dimensões em condições meteorológicas variadas, e com o intuito de caracterizar o seu comportamento nestas diferentes condições dentro dos limites operacionais de manobra e governo, no caso específico do Porto de Sines.

Desde sempre os navios foram evoluindo, tanto em tamanho e capacidade de carga, como nos meios propulsores e em sistemas de governo, obrigando os portos a adaptarem-se rapidamente para conseguirem condições de competitividade e assim conquistarem escalas destes gigantes do mar, que de dia para dia vão sendo cada vez mais sofisticados.

Neste trabalho será feita uma análise teórica de alguns dos fatores que afetam as manobras dos navios de grandes dimensões em águas restritas, nomeadamente os navios transportadores de graneis líquidos, sólidos e de gás natural, com comprimento fora a fora superior a 250 metros e também a navios porta-contentores com comprimento fora a fora superior a 270 metros, caracterizando os seus diferentes comportamentos em condições meteorológicas similares.

No caso prático do Porto de Sines, o objetivo passa por identificar, avaliar e caracterizar, o efeito do vento de vários quadrantes e com diferentes intensidades, demonstrando simultaneamente em que medida os meios auxiliares do próprio navio e externos (rebocadores), podem influenciar a sua manobrabilidade.

A problemática aqui apresentada reside na dimensão dos navios e de que forma o efeito do vento afeta o seu comportamento em águas restritas.

Nesta investigação procedeu-se a um reconhecimento documental/bibliográfico visando obter, na literatura existente, um amplo conhecimento do tema; o estudo das diferentes características, comportamentos e meios propulsores dos navios de grandes dimensões em diversas situações de intensidade e direção de vento, recorrendo a um boletim de manobra preenchido pelos pilotos do Porto de Sines e a realização de inquéritos aos Comandantes dos navios tipo, seguindo um guião simples e comum sobre a análise da manobra; procedeu-se à

gravação de algumas manobras através da utilização do *PPU (Portable Pilot Unit)* e ainda houve a oportunidade de simular algumas das manobras realizadas no Porto de Sines.

Os objetivos deste estudo passam por identificar as dificuldades provocadas pelo vento nas manobras de aproximação, atracação e largada; identificar as zonas de maior risco para a segurança da manobra de aproximação sem o piloto a bordo, atracação e largada e caracterizar o efeito do vento nas manobras de atracação e largada no Porto de Sines.

Assim, esta dissertação terá âmbito profissional e académico, proporcionando uma atualização de conhecimentos sobre os meios de propulsão e governo, sobre os elementos meteorológicos que afetam um navio de grandes dimensões, sobretudo o vento e sobre as ajudas externas (rebocadores) numa manobra em águas restritas.

Contém também uma parte quantitativa e qualitativa, obtida *in loco*, onde se pode verificar, analisar e quantificar todos os dados recolhidos em questionário junto dos Comandantes dos navios e a análise de algumas manobras obtidas através do *PPU* e de simuladores.

Numa manobra todos os aspetos devem ser sempre avaliados, antes de o piloto embarcar verifica as características do navio, as condições de vento e mar e os meios disponíveis para manobra, com a finalidade de assessorar o Comandante a chegar a porto com a melhor segurança e rapidez, garantido sempre a preservação do meio ambiente, segurança das pessoas, do navio e das infraestruturas portuárias. Sendo uma tarefa difícil, exigente e perigosa, o trabalho do piloto nunca pára pelo que é fundamental a sua dedicação profissional.

Parte I - Enquadramento Teórico e Conceptual do Estudo

Capítulo 1. Evolução histórica dos navios de grandes dimensões

Atualmente no comércio mundial, 90% da movimentação de mercadorias é efetuada por via marítima (IMO, 2013), portanto, os portos marítimos constituem uma peça vital nesta atividade.

Com a constante evolução tecnológica dos navios, também os portos marítimos se vêm obrigados a adaptar-se de modo a acompanhar o progresso. A tecnologia de ponta e os sistemas de gestão operacionais são fundamentais para permanecerem competitivos no mercado internacional.

Segundo United Nations, (2012 : 44) “O transporte marítimo lida com mais de 80% do volume do comércio mundial sendo responsável por mais de 70% do seu valor. Desde 1970, o comércio marítimo mundial expandiu-se em média 3,1% ano, atingindo cerca de 8,4 bilhões de toneladas em 2010. Neste ritmo e assumindo que não haverá grande reviravolta na economia mundial, é esperado para o comércio transoceânico um aumento de 36% até 2020 e deverá dobrar até 2033. Embora o comércio a granel represente a maior parte do comércio transoceânico por volume, a carga contentorizada cresceu mais de três vezes entre 1985 e 2010”.

Os países em desenvolvimento impulsionam o crescimento no comércio de mercadorias, sendo a África e a América Latina os fornecedores de matérias-primas para a China, que por sua vez exporta bens de consumo para estas regiões (United Nations, 2012, p. 42).

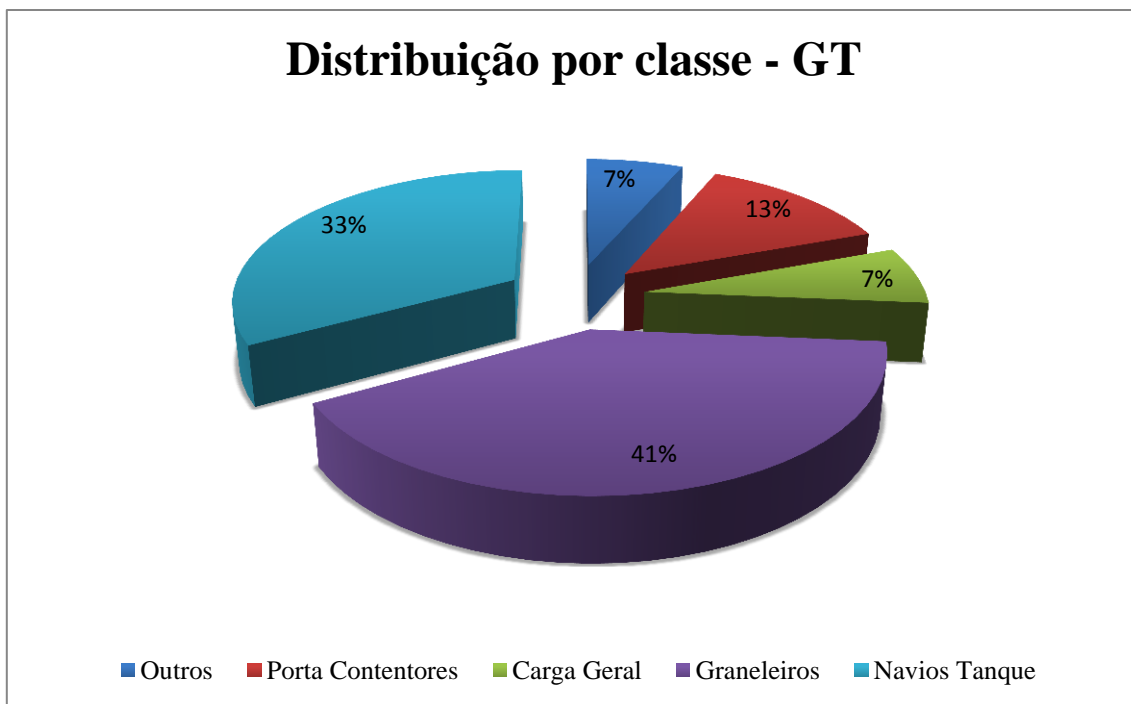


Gráfico 1 - Distribuição por classe (GT)

Fonte: Review of Maritime Transport 2012 (United Nations, 2012)

1.1 Evolução dos navios porta-contentores

A génese dos navios porta-contentores nos anos 50 e a evolução que se seguiu, constituiu uma das facetas mais marcantes da engenharia naval do século XX, sendo que o primeiro navio porta-contentores saiu do porto de *Newark* em *New Jersey* para o Porto de *Houston* no *Texas* em 26 de Abril de 1956. O “*Ideal-X*”, transportava 58 contentores com 35 pés¹ juntamente com uma carga normal de 15.000 toneladas de petróleo. A ideia de transformar este navio tanque num porta-contentores foi de *Malcom McLean*, um magnata no transporte rodoviário que viu um enorme potencial na carga contentorizada, principalmente pelos custos de carga e descarga. As vantagens económicas deste tipo de transporte tornaram-se evidentes para a indústria naval, o que levou *McLean* a fundar a *SeaLand*, uma das maiores empresas de transporte de carga contentorizada, tendo sido comprada em 1999 pela *Maersk* (Maersk/SeaLand, 2013).

¹ Na altura a unidade de 35 pés representava o tamanho do camião padrão

Surgiu assim o início da era dos porta-contentores, no princípio eram navios de granel alterados e que podiam carregar até 1.000 TEUs² tanto que usavam guindaste a bordo, visto os terminais portuários ainda não estarem preparados nem devidamente equipados para lidar com este tipo de carga.

Com o aumento da carga contentorizada, surgiu a necessidade de standardizar os equipamentos, assim em 1968 a *ISO (International Standards Organization)* uniformizou as dimensões dos contentores, resultando nas seguintes medidas: 10', 20', 30' e 40' (pés) de comprimento, com altura de 8' (pés), podendo no entanto ter outras medidas. Porém antes deste acontecimento, houve um longo período de discussões a respeito de qual seria a opção padrão, dividindo-se os países entre a *ISO* e a associação norte-americana *ANSI (American National Standards Institute)*.

Segundo Couco (2008) “A padronização evita a construção de equipamentos e de contentores de diversos tipos e tamanhos, o que levaria a investimentos desnecessários e dificultaria a operação”.

Os navios de transporte de contentores da segunda geração começaram a entrar no mercado em 1970, com capacidade para velocidades na ordem dos 20/24 nós, nessa época os terminais portuários iniciaram a sua adaptação para os poderem receber.

Em 1980 iniciou-se a era dos *Panamax* (tinham capacidade de 3.400 TEUs), com as economias de escalas a fazerem pressão para a construção de navios porta-contentores cada vez maiores para que o custo TEU/milha fosse cada vez menor. Nessa época, estes navios possuíam a dimensão máxima para a travessia do Canal do Panamá.

O *Panamax Max* acabou por ser uma evolução do *Panamax*, com o intuito de aproveitar ao máximo as limitações do Canal do Panamá, resultando num navio estreito, com capacidade até aos 4.500 TEUs.

² Unidade equivalente a 20 pés, *Twenty-foot equivalente unit*

Em 1996 surgiu o *Post Panamax*, tendo-se conseguido atingir os 6.600 TEUs, estes navios apesar de conseguirem transportar muito mais contentores e terem um custo TEU/milha bastante competitivo, tinham problemas em escalar certos portos devido ao seu calado o que obrigou os portos a inovarem e que o Canal do Panamá também se adaptasse.

Atualmente o Canal do Panamá permanece com importantes obras de alargamento e expansão, com a finalidade de contemplar a passagem dos *New Panamax*, com capacidade para 12.500 Teus, aguardando-se a inauguração.

Em 2006, a *Maersk* introduziu uma nova classe de navios com capacidade na faixa dos 11.000 a 14.500 TEUs, com o “*Emma Maersk*” (Classe E), estes navios são maiores do que as especificações do Canal do Panamá. Em Junho de 2013 foi lançado o *Triple E* com capacidade para 18.000 TEUs, dando enfoque á economia de escala, eficiência energética e ecológica. Apesar destas limitações, a *Maersk* consegue que estes navios escalem portos entre a Asia e a Europa, combinando o transporte transoceânico com os *feeders*, para que a carga chegue a todo o lado, mesmo a portos menos desenvolvidos.

Nos últimos dois anos, surgiram também o “*CSCL Globe*” da *China Shipping Container Lines* com capacidade para 19.100 TEUs e o “*MSC Oscar*”, com capacidade para 19.224 TEUs.

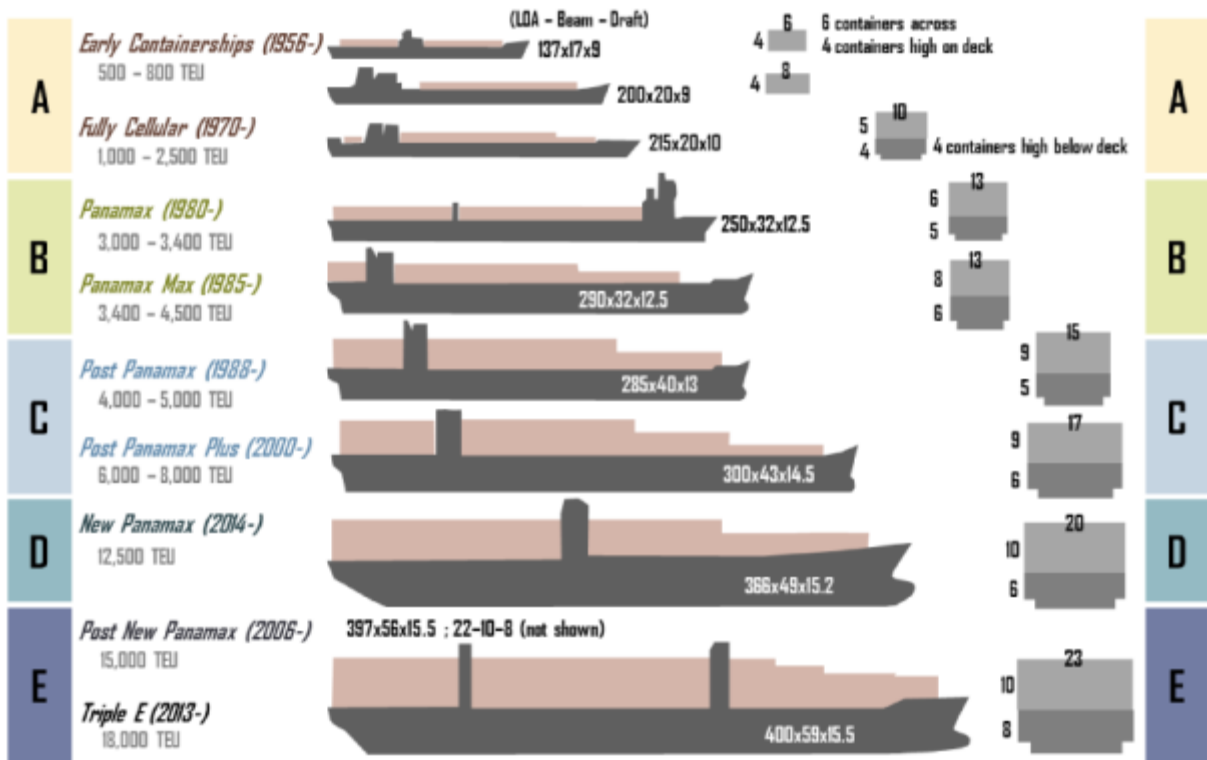


Figura 1 - Evolução dos navios porta-contentores

Fonte: (Rodrigue, 2012)

No dia 22 de março de 2015, fez escala no Porto de Sines o “*Evelyn Maersk*”, com capacidade para 15.500 TEUs, sendo o primeiro navio com 398 metros de comprimento fora a fora a escalar este Porto.



Figura 2 - Evelyn Maersk em manobra no Porto de Sines

Fonte: o autor

1.2 Evolução dos navios de transporte de graneis líquidos

Os navios petroleiros, cerca de 33% (United Nations, 2012) da frota mundial, constituem o segundo maior segmento do mercado e aquele em que se encontram os maiores navios que já existiram até aos dias de hoje, os do tipo *ULCC (Ultra Large Crude Carrier)*.

O título de maior navio do mundo pertence desde 1976 ao petroleiro “*Jahre Viking*” (ex-“*Seawise Giant*”) com 564.739 DWT (*Deadweight Tonnage*). Antes do choque petrolífero dos anos 70 chegaram a ser projetados petroleiros com 1 milhão de toneladas de porte, mas nunca chegaram a ser construídos. A doca 13 da Lisnave, na Margueira, foi construída para receber petroleiros até 1 milhão de toneladas.

Originalmente, o transporte de petróleo e seus derivados era apenas feito em barris de madeira, sendo depois substituídos por depósitos em metal. Em 1873 surge o primeiro navio tanque a vapor, o “*Vaderland*”, construído em Inglaterra nos estaleiros *Palmers Shipbuilding and Iron Company*, para armadores Belgas.

“Estes primeiros navios fizeram história, pois devido à inovação nos transportes que representava, foi possível baixar custos e facilitar a distribuição de combustíveis em larga escala para qualquer parte do mundo, com o passar do tempo foram sendo construídos navios maiores e mais especializados. Durante a Primeira Guerra Mundial, o mundo começava a mudar, visto surgirem mudanças para toda a sociedade e por consequência também para o transporte marítimo. Em 1915 é construído o primeiro navio tanque, o “*USS Maumee*” capaz de abastecer outros navios a navegar, o que acabou por alterar as visitas a terra dos navios da marinha de guerra. Com esta evolução, entre 1916 e 1921, começam a ser construídos mais de 400 navios tanque. Em 1925 *Daniel Keith Ludwig*, o pai e o rei dos supertanques, começa o seu negócio e a evolução deste tipo de navios confunde-se com a sua própria vida.”, segundo Azevedo (2011).

Ludwig comprou um velho cargueiro chamado “*Phoenix*”, ao qual tentou adaptar os porões transformando-os em tanques, no entanto esta adaptação não correu muito bem, visto que os rebites utilizados na época deixavam passar algumas fugas, o que motivou que ocorressem misturas explosivas em compartimentos vazios, essas misturas originaram uma explosão em

que morreram dois tripulantes tendo também ferido gravemente o próprio *Ludwig*. Após este acidente decidiu-se a investir na construção de navios com cascos soldados em vez de utilizar os rebites.

Como se tem verificado ao longo da história mundial, os mercados ditam as leis. Após a depressão de 1929 o mundo volta a crescer e a consumir mais petróleo, o que torna necessária a construção de navios maiores com maior capacidade de carga, surge assim uma nova geração de navios tanques, de construção padronizada e rápida, visto que a frota mundial se mantinha parada e envelhecida.

Surge por esta altura a guerra pela tonelagem da qual *Ludwig* e mais três gregos controlavam 70 % da frota mundial, este problema estendeu-se até ao início dos anos 70 quando se deu outra crise.

O Canal de Suez é fechado em 1956 acabando por dividir as águas, os armadores tradicionais não resistiram a estas mudanças, visto ser necessário renovar novamente a frota e aumentar a capacidade dos navios, pois estes agora tinham uma rota maior a percorrer e teriam de ter mais capacidade de carga para serem rentáveis. A fim de não se gerar uma crise na cadeia logística, a indústria naval foi forçada a dar início à era dos Supertanques.

Apesar de esta nova evolução nos navios tanques, os portos não tinham ainda capacidade nem meios para os receber, a solução passou pelo alívio da carga em fundeadouro e pela construção de novos portos.

“O primeiro navio tanque com mais de 100.000 toneladas foi o “*Universe Apollo*” cujo armador era *Ludwig*.” (Azevedo, 2011).

Oliver Cromwell disse, no século XVII: “Quem dominar os mares controlará o mundo”, durante esta época, o Canal do Suez era constantemente aberto e fechado por isso as grandes companhias petrolíferas tentavam a todo custo construir navios maiores, que conseguissem carregar cada vez mais carga para que o valor total do frete fosse maior e o custo unitário menor, o que se traduzia em grandes lucros em economia de escala.

“Devido ao facto do Canal Suez também ter limitações (de *DWT* e de estar sempre fechado quando havia conflitos militares) surgem os *VLCC* (*Very Large Crude Carrier*) e logo depois o *ULCC*, ou seja em apenas 10 anos passamos de navios com apenas 100.000 *DWT* (*Universe Apollo*) para 320.000 de *DWT* (*Universe Iran*).” (Azevedo, 2011).

Item	Unidade	1869	1956	1962	1980	1994	1996	2001	2010
Comprimento	Km (quilómetro)	164	175	175	189,80	189,80	189,80	191,80	193,30
Largura a 11 metros de profundidade	Metros		60	89	160/175	170/190	180/200	195/215	205/255
Profundidade da água	Metros	8	14	15,5	19,5	20,5	21	22,5	24
Calado máximo	pés	22	35	38	53	56	58	62	66
Navio carregado	<i>DWT</i>	5000	30000	60000	150000	170000	185000	210000	240000

Tabela 1 - Evolução do Canal do Suez

Fonte: (Suez Canal Authority, 2008)

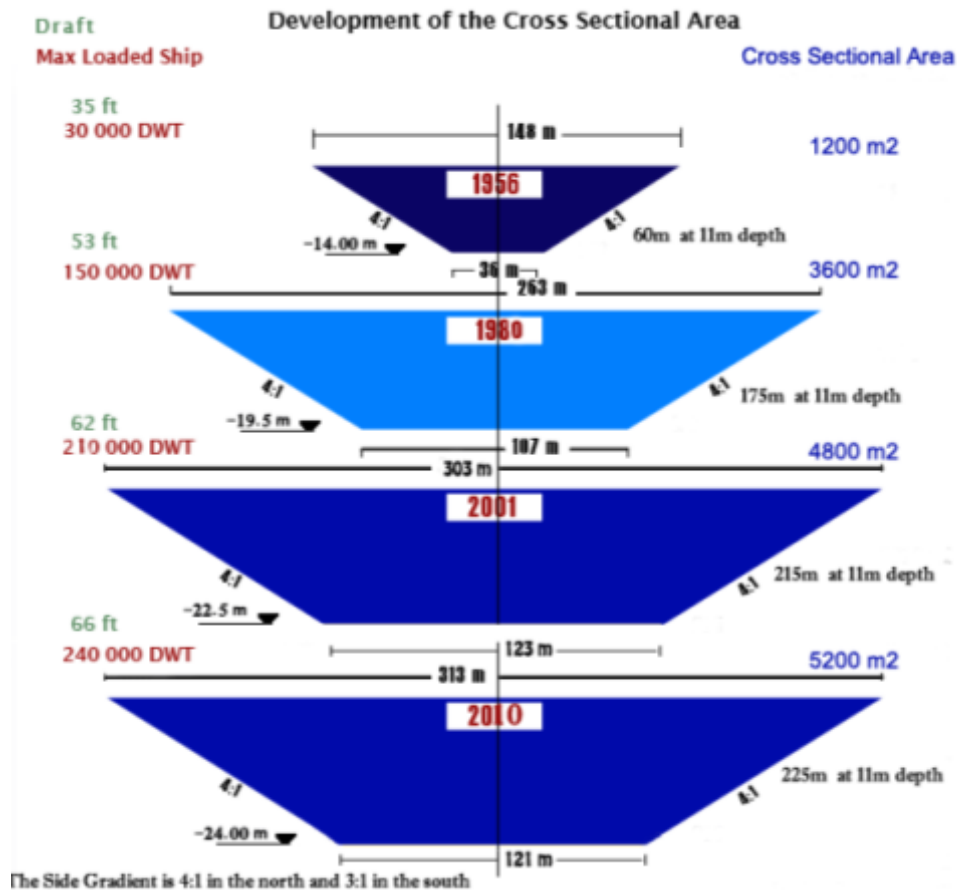


Figura 3 - Evolução da área transversal do navio no Canal Suez

Fonte: (Suez Canal Authority, 2008)

Os petroleiros acima de 320.000 toneladas ficaram conhecidos como os *ULCC*.

Autores como (Eyres, 1998), (Kummerman, 1979) e (Taggard, 1980), dizem que em 1976 a *Shell* e a *Elf* encomendaram os que viriam a ser os maiores navios já construídos no mundo, tanto que foi necessário construir uma doca para esse efeito em *Chantiers de l'Atlantique em Saint Nazaire* na França. Estes navios foram chamados de *Batillus Class*, mas como a indústria do petróleo se encontrava a meio de uma crise, havendo centenas de *VLCC* sem carga para transportar e com valores de fretes baixíssimos, estas construções acabaram por ser um grande fracasso.

Em 1979 os primeiros *VLCC* que tinham sido construídos, começaram então a ser desmantelados devido ao facto de a situação económica não melhorar, da descoberta de novas jazidas de petróleo na Austrália e no Mar do Norte e de se manter a recessão económica, o

que impossibilitava a viabilidade desta classe de navios. Mesmo assim, é construído o maior navio do mundo até aos dias de hoje o *ULCC “Seawise Giant”* para os sócios *Universe Tankership* e *C. T. Yang* (o homem mais rico da China), o “*Seawise Giant*” apesar de ter aparecido numa época desfalecida e com um futuro muito negro pela frente, transportou petróleo até 2004. Durante o tempo que se manteve em serviço, devido á sua dimensão e calado, certos portos não o podiam receber, então fundeava e descarregava para navios mais pequenos. Em 2004 a *Maersk Oil* comprou-o e mudou-lhe o nome para “*Knock Nevis*” tendo passado a trabalhar como *FPSO (Floating, Production, Storage and Offloading Vessel)* no Qatar, em 2009 foi vendido para a Índia e começou a ser desmantelado em 2010.

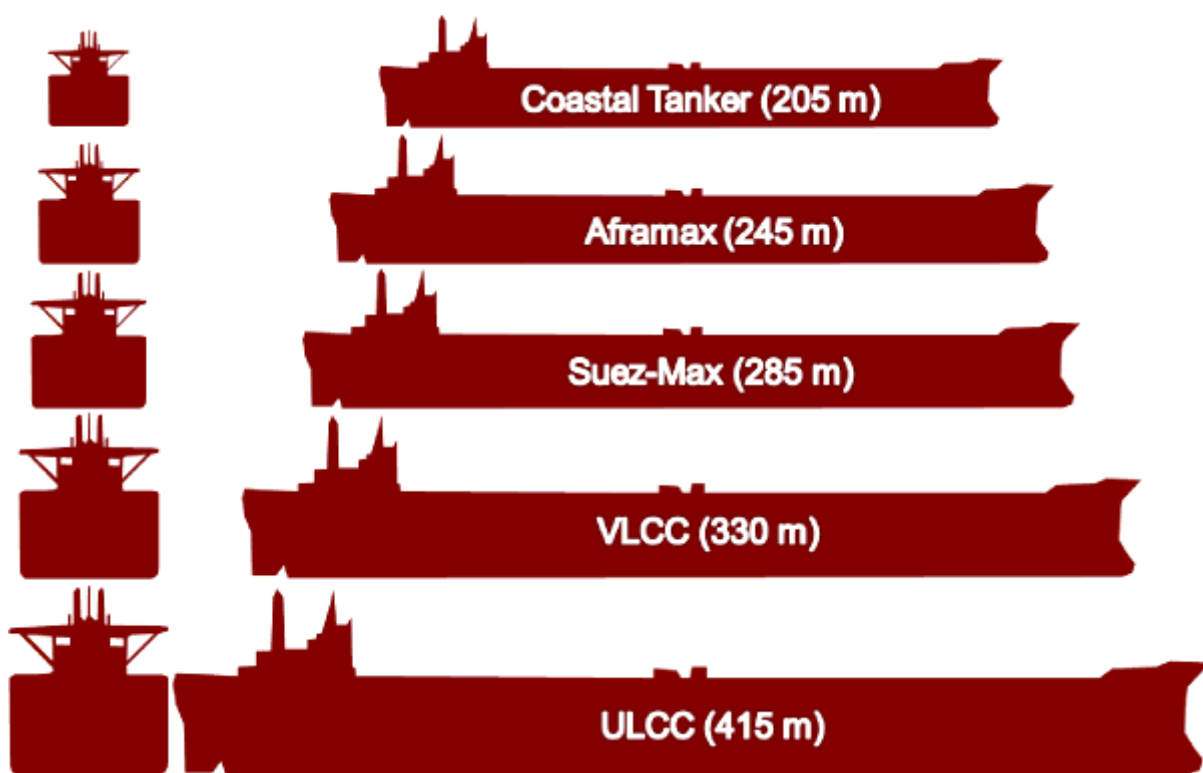


Figura 4 - Evolução dos Navios Tanques

Fonte: (Slack, 2009)

1.3 Evolução dos navios de transporte de gás natural

O gás natural é utilizado há bastantes anos mas começou a ter um melhor aproveitamento no final do século XXI com a invenção do *Bunsen*, que misturava ar com gás natural e também devido à construção de um gasoduto à prova de fugas em 1890.

Apesar da construção de alguns gasodutos, estes não eram suficientes para o transporte a longas distâncias e em grandes quantidades.

“Em 1959 surge o primeiro navio de transporte de gás natural o “*Methane Pioneer*”, que anteriormente tinha sido um cargueiro de abastecimento aos navios de guerra dos Estados Unidos e que fora transformado para este tipo de transporte. Possuía cinco tanques em alumínio com uma capacidade para 5000m³ de gás natural” (Shearar, 2007, p. 138). A sua primeira viagem foi efetuada desde Louisiana até ao Reino Unido e isto fez com que se chegasse à conclusão que o transporte de gás natural através do mar era possível e sobretudo seguro.

A indústria do transporte de gás natural começou deste modo, em 1964, com os primeiros embarques desde a Argélia para o Reino Unido e tem aumentado até aos dias de hoje.

Seguidamente, em 1964 foram construídos o “*Methane Princess*” e o “*Methane Progress*” com uma capacidade de 27.000m³, equipados com tanques independentes de alumínio (*Conch System*), ou seja, utilizavam o mesmo sistema de armazenamento que o seu antecessor “*Methane Pioneer*”.

Em 1960, iniciaram-se pesquisas num novo tipo de contenção de carga, o sistema de membrana, que consiste na utilização de uma membrana metálica suportada pela estrutura do navio através de uma barreira isoladora, podendo expandir e contrair livremente. A vantagem principal deste sistema consistia no melhor aproveitamento do espaço com uma menor utilização do aço.

Em 1973 *Leif Höegh & Co* construiu o primeiro navio de gás natural com tanques esféricos o “*Norman Lady*”. Este foi o protótipo do sistema de contenção de carga esférica *Moss*. Teve, por isso, um papel importante na indústria dos navios de *LNG* (*Liquefied Natural Gas*), visto que hoje em dia este sistema ainda é usado e fiável. (Noble, 2010)

Os navios de transporte de *LNG* nos anos 70 usavam três tipos de sistemas de armazenamento de carga.

Durante os anos seguintes foram testados vários tipos de sistemas de contenção de carga, sendo que hoje em dia existem perto de 20 sistemas diferentes aprovados e separam-se em duas categorias: com membrana ou *independent self-supporting*.

Com a expansão do mercado internacional e sobretudo com a evolução das tecnologias, alguns destes navios passaram da propulsão a turbinas de vapor para motores diesel elétricos.

Qatar Gas foi a empresa pioneira no desenvolvimento de dois tipos de navios *LNG*, o *Q-Flex* e o *Q-Max*, tendo cada um deles capacidade entre os 210.000 e 266.000 m³, respetivamente.

O *Q-Flex* surgiu pela primeira vez em 2007 e utiliza o sistema de membrana, o *Q-max* surgiu pouco tempo depois e a sigla *max* significa o comprimento máximo permitido para atracação no Qatar, que é de 345 metros.

De notar que no dia 25 de Abril do ano de 2014, o Porto de Sines recebeu o primeiro *Q-Flex*.



Figura 5 - Navio Q-flex no Porto de Sines

Fonte: o autor

Os navios de transporte de *LNG* evoluíram lentamente em relação aos outros tipos de navios, visto dependerem muito da capacidade dos portos possuírem terminais dedicados e com características próprias para os receber, e também pelo facto de se pretender, cada vez mais, maximizar as entregas da carga, garantindo sempre os mais altos níveis de segurança da navegação, da carga e dos espaços confinados e, sobretudo, uma maior redução do impacto ambiental.

Tipo	Capacidade
Q-Max	>250.000cm ³
Q-Flex	200-250.000cm ³
Standart	100-200.000cm ³
Small	<100.000cm ³

Tabela 2 - Evolução dos navios de gás natural

Fonte: (Noble, 2010)

1.4 Evolução dos navios de transporte de graneis sólidos

Os navios graneleiros lideram a frota mundial com 41% (United Nations, 2012) da sua capacidade, visto que são concebidos para transportar carga diversificada desde carvão, minério, grão entre outros.



Figura 6 - Navio graneleiro no Porto de Sines

Fonte: o autor

Anteriormente transportava-se a carga estivada em sacos ou em paletes, era carregada/descarregada com o auxílio de gruas ou de guindastes, na época estes navios atingiam já os 150 metros de comprimento. Devido ao mesmo problema que ocorreu nos

navios de transporte de contentores, estes também tiveram de adaptar-se para conseguirem carregamentos mais eficientes, descargas mais rápidas e garantir a possibilidade de transportar mais carga.

A partir dos anos 60 começam a surgir com o aspeto que têm nos dias de hoje, mas o primeiro graneleiro especializado a vapor e reconhecido como tal, foi o “*SS John Bows*” em 1852 (Duron, 1999).

Em 1902 surge o primeiro navio auto-descarregador, o “*Hennepin*” tendo diminuído gradualmente o tempo de operação ao cais. Com propulsão *diesel*, começam a surgir em 1911 (Duron, 1999).

O final da Segunda Guerra Mundial trouxe o desenvolvimento, a evolução e a procura destes navios, pois o comércio internacional começou a aumentar entre as nações industrializadas e as trocas entre os países Europeus e o resto do mundo estavam também em franco desenvolvimento, aumentando assim a necessidade de ganhos em economia de escala e a tentativa de redução do tempo de carregamento e descarga.

O maior navio graneleiro do mundo, construído até hoje, é o “*Vale Brasil*”, transporta minério de ferro, tendo um comprimento fora a fora de 362 metros e uma capacidade até 400.000 toneladas.

Os graneleiros também são classificados pelo seu porte:

Tipo	<i>DWT</i>
Handysize	24.000 a 35.000
Handymax	35.000 a 50.000
Supramax	50.000 a 61.000
Panamax	61.000 a 80.000
Capesize	80.000 a 199.000

Tabela 3 - Categorias dos navios graneleiros

Fonte: (Guide, S.D.)

Nos dias que correm a evolução dos navios depende sobretudo da economia de escala, através da qual os armadores tentam ter um custo mais reduzido de TEU/m³/ton/milha.

Ao longo da história verifica-se que os navios vão evoluindo conforme o mercado internacional, por vezes cometem-se erros, mas o que impulsionou a evolução destes gigantes foram sobretudo as necessidades verificadas em cada época.

Por vezes as instalações portuárias não conseguem acompanhar a sua evolução, quer a nível de infraestruturas, como os cais, defensas, quer a nível de acessibilidade aos portos e aos próprios cais.

Surgem também problemas a nível estrutural, pois com aumento das dimensões, há que ter em conta, cada vez mais, a fadiga dos materiais, bem como a sua manutenção, existindo atualmente um grande número de normas *IMO (International Maritime Organization)* a cumprir para que os navios de grandes dimensões possam navegar em segurança.

De acordo com a *Equasis* (banco de dados que abrange toda a frota mundial), conseguimos verificar que em 2012, 20,2% da frota mundial correspondia aos navios de carga geral e logo a seguir 18,8% aos rebocadores. Os navios tanques surgem com 14,8% da frota mundial.

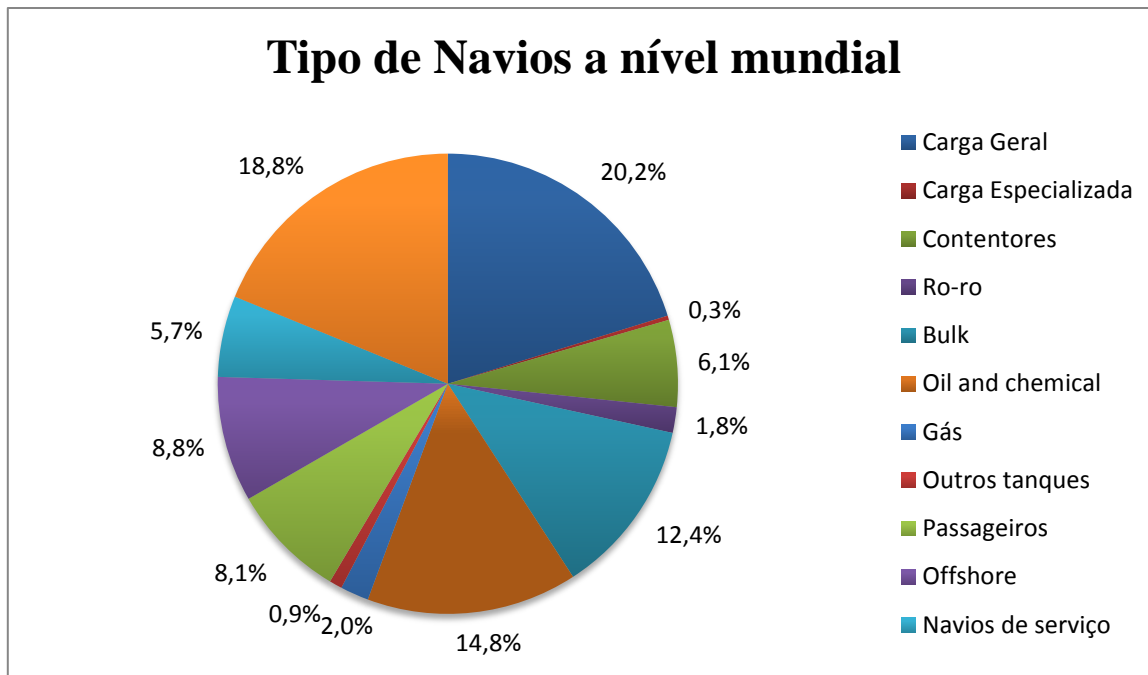


Gráfico 2 - Número de navios a nível mundial

Fonte: Adaptado (Equasis, 2012)

Verifica-se ainda que classificam os navios por *GT (Gross tonnage)*, considerando assim navios pequenos com *GT* menor que 500, navios médios com *GT* menor que 25.000, navios grandes com *GT* compreendido entre 25.000 e 60.000 e navios muito grandes com um *GT* maior que 60.000.

Podemos então concluir que 45,48% dos navios que existem têm *GT* compreendido entre 500 e 25.000, apenas 12,42 % possuem *GT* entre 25.000 e 60.000.

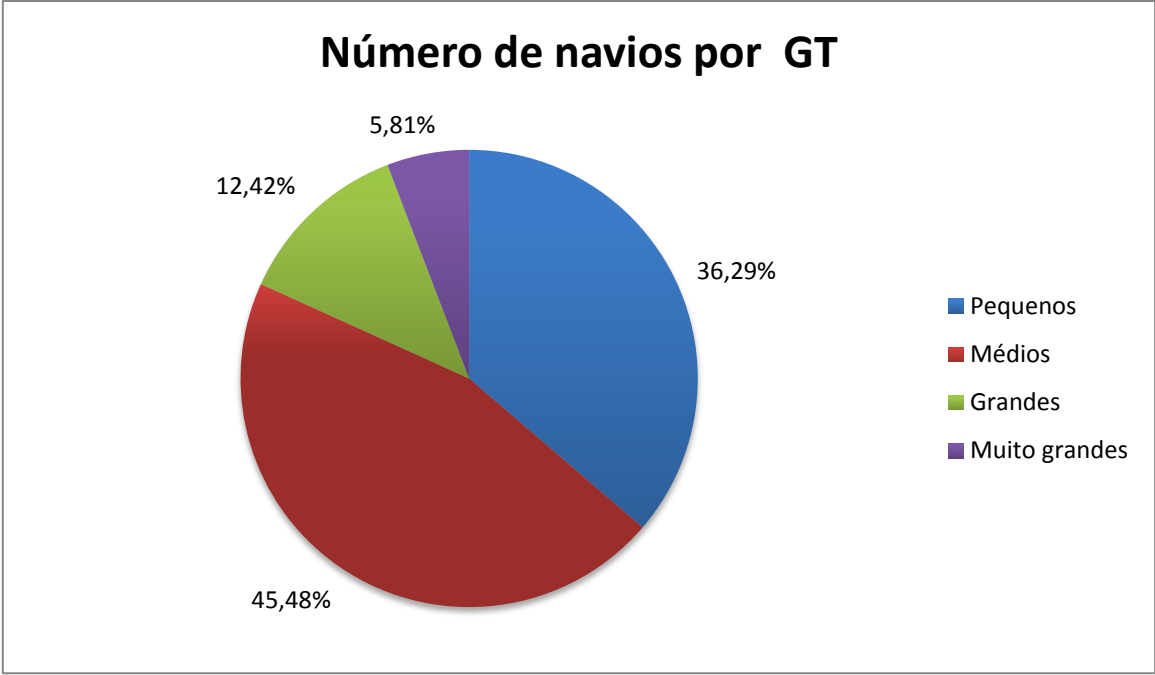


Gráfico 3 - Número de navios por GT

Fonte: Adaptado (Equasis, 2012)

(Esta página foi propositadamente deixada em branco)

Capítulo 2. Sistemas de propulsão e governo

2.1 Sistemas Propulsores

2.1.1 Tipos de máquinas principais

Quando qualquer corpo se movimenta na água, existe sempre uma força oposta ao movimento provocando-lhe resistência ao seu movimento. A análise desta força envolve um processo complexo e é estudado em mecânica dos fluidos (normalmente envolve fórmulas complexas, modelos numéricos e testes) que não faz parte do âmbito do estudo presente.

Os fatores que afetam diretamente este movimento são:

- A forma do casco;
- A condição do casco;
- Estruturas que o navio tenha que alterem a sua hidrodinâmica;
- O estado do mar (ondas, correntes, ventos).

Para se conseguir movimentar qualquer tipo de navio, é necessário exercer uma força que provoque um seguimento no sentido desejado, sendo aqui que entram os sistemas de propulsão.

Serão abordados de seguida os vários sistemas de propulsão existentes.

O sistema de propulsão de um navio é formado pelo conjunto constituído pela(s) máquina principal, veio e hélice.

Quando se inicia uma manobra de atracação/largada de um navio, tem que se ter em conta o tipo de propulsão, pois quanto maior a potência e eficácia da máquina, maior será a sua capacidade de manobra, daí ser muito importante a velocidade mínima para manobrar, o passo do hélice (no caso de navios com passo variável este pode ser positivo ou negativo) e a

resposta de transmissão (diferença de tempo que existe desde a máquina a ré e até máquina avante).

Os principais tipos de máquinas de propulsão são:

➤ Turbinas a vapor

Demoram algum tempo arrancar e muito tempo até parar, tanto que não se pode parar de imediato a máquina sem risco de avaria. A potência a ré é muito baixa, sendo mais ou menos 1/3 da potência avante. Ao inverter o sentido de rotação usa-se muito vapor.

➤ Motores *Diesel* acoplados diretamente a veios propulsores

Não funcionam com rotação baixa pois como são motores lentos (abaixo de 150 *RPM* (rotações por minuto)), a sua rotação mínima de funcionamento traduz-se numa velocidade relativamente elevada para manobrar em espaços restritos. Têm a mesma força avante e a ré, param quase instantaneamente e têm uma boa potência de arranque.

➤ Motores *Diesel* acoplados a uma caixa redutora

Existem motores lentos (abaixo das 150 *RPM*), motores de alta velocidade (acima de 500 *RPM*) e motores de média velocidade (entre 150 e 500 *RPM*). Podem ser reversíveis e têm a mesma potência avante ou a ré. Param quase instantaneamente e possuem uma boa potência de arranque.

➤ Propulsão diesel-elétrico

Os hélices podem rodar com baixas rotações avante ou a ré e respondem rapidamente às solicitações. Podem também ser facilmente interrompidos, mas não rapidamente revertidos.

➤ Motores *Diesel* com hélice de passo variável

Consegue-se usar com mínimo avante ou a ré. Possuem a mesma força avante ou a ré. A direção de propulsão pode ser quase que imediatamente interrompida ou revertida através da rotação das pás do hélice.

➤ Turbinas a gás com hélice de passo variável

O passo mínimo pode ser usado avante ou a ré. Praticamente a mesma potência está disponível nas duas direções. A direção de propulsão pode ser quase que imediatamente interrompida ou revertida com a rotação das pás do hélice.

Os diferentes sistemas de propulsão mostram diferenças do ponto de vista da sua flexibilidade, força, atrasos na resposta, etc. Os motores diesel-elétrico e os motores turbo-elétrico são os sistemas de propulsão que oferecem maiores vantagens e mais segurança. As turbinas são o tipo de sistema que apresentam mais desvantagens e os motores *diesel* apresentam uma posição intermédia. Atualmente os motores mais utilizados são *diesel* sendo que os de vapor já quase não existem.

A potência efetiva (W) necessária para a propulsão de um navio depende de um grande número de fatores, em particular das características geométricas do casco. Resumidamente, para velocidades de cruzeiro de um navio, pode ser expressa pela seguinte equação:

$$W = K_{VD} \times \Delta^{\frac{2}{3}} \times V_f^3 \text{ (Puertos Del Estado, 2000)}$$

Em que, W é a potência efetiva fornecida pelo motor;

K_{VD} O coeficiente principal que depende das características do navio e das condições de operação consideradas (normalmente é determinado em ensaios com modelos);

Δ Deslocamento do navio em toneladas;

V_f Velocidade (em nós) relativa do navio sobre a água.

A aplicação correta desta equação para todos os casos possíveis ultrapassa o âmbito deste trabalho, tanto que só é referida como exemplo.

Mesmo assim, podemos conhecer a potência efetiva do motor, sabendo qual o impulso no hélice (T_p), através da seguinte equação:

$$W = T_p \times V_r \text{ (Puertos Del Estado, 2000)}$$

Sendo V_r a velocidade do navio sobre a água em nós. Através da mesma equação surge que :

$$T_p = K \times \Delta^{\frac{2}{3}} \times V_r^2 \text{ (Puertos Del Estado, 2000)}$$

2.1.2 A ação do hélice

O hélice é o meio propulsor mais utilizado dos navios. A aplicação do hélice é baseada em fenômenos físicos de propulsão, em que o movimento provocado pelas pás num fluido, gera um impulso que se move no eixo longitudinal do navio.

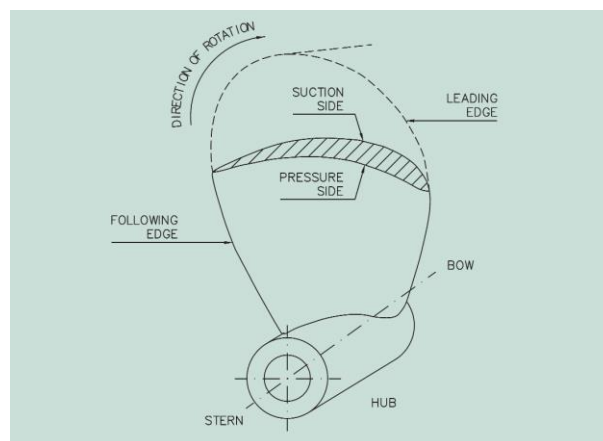


Figura 7 - Hélice

Fonte: (Puertos Del Estado, 2000)

A dinâmica do hélice pode ser estudada através do Princípio de *Bernoulli* e pela Terceira Lei de *Newton*.

O hélice é caracterizado pelo seu diâmetro, altura, número de pás e do impulso que pode gerar ao rodar a uma determinada velocidade. A maioria dos hélices têm 4 ou 5 pás, mas também existem com 2, 3, 6 e 7 pás.

A velocidade do navio e a força propulsora são controladas pela velocidade de rotação do hélice, ou seja, se a água fosse um meio rígido o passo do hélice representaria o avanço que o hélice produziria no navio a cada rotação e a velocidade assim seria determinada pela seguinte fórmula:

$$V = p \times n \text{ (Baptista, 2013)}$$

Sendo, p o passo do hélice, que consiste no comprimento medido na direção do veio correspondente a uma rotação da pá; e n o número de rotações por minuto.

Claro que este tipo de cálculo seria um cálculo teórico, pois na prática temos que contar com outros fatores, como seja o avanço que se dá na água por cada rotação, que é inferior ao passo, daí existir uma diferença entre a velocidade teórica e a velocidade real, conhecida por recuo do hélice (V') que podemos calcular através da seguinte equação:

$$\frac{p-a}{p} = \frac{V-V'}{V} \text{ (Baptista, 2013)}$$

O coeficiente de recuo varia com bom tempo, entre 5 e 10% para navios de um só hélice.

De referir que os hélices podem ter passo direito ou esquerdo, por exemplo, considera-se um navio de passo esquerdo quando ao navegar a ré a proa tende para bombordo.

Os hélices mais utilizados são: o hélice de passo fixo e hélice de passo variável.

Em certos pontos, devido à aceleração da água através da pá do hélice, surgem pequenas bolhas de ar que causam uma redução no rendimento do sistema propulsor, este fenómeno é chamado de cavitação e pode dar origem a vibração, desgaste e alguns danos no próprio hélice.

O hélice de passo fixo é o mais utilizado nos navios de grandes dimensões, aqui a velocidade do navio regula-se através da variação de velocidade de rotação do hélice e conseqüentemente da máquina principal, sendo que para inverter a marcha do navio, tem que se chegar à rotação zero e arrancar com a máquina principal em sentido de rotação contrário.



Figura 8 - Hélice de passo fixo

Fonte: (Olds, S.D.)

No hélice de passo variável as pás montam-se separadamente no cubo e podem sofrer um deslocamento angular durante a rotação. As pás rodam através de um sistema hidráulico, que faz variar o passo.

É possível ajustar o passo a velocidades de progressão mínimas que, combinadas com o leme, nos permitem governar o navio por muito tempo. Na redução da velocidade, quando esta é muito grande e não condiz com o passo introduzido, o fluxo de água que passa pelo hélice é reduzido formando grande turbulência por ré do hélice a qual tem efeitos negativos sobre o leme, logo deve reduzir-se a velocidade e o passo gradualmente, caso contrário governar o navio torna-se muito difícil.

Em navios com máquinas de alta rotação, mesmo em passo nulo, o hélice pode descarregar grandes quantidades de água lateralmente, com o navio já atracado, devemos ter isso em consideração pois pode acontecer algum seguimento avante ou a ré, o que levará o navio a afastar-se do cais.

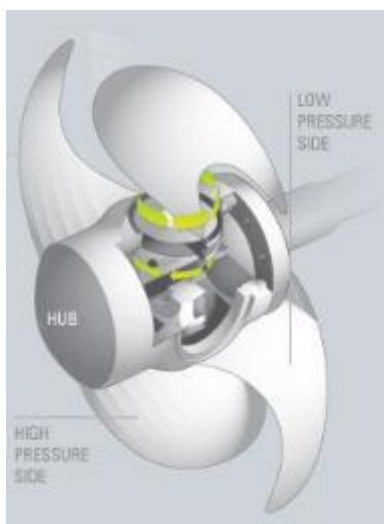


Figura 9 - Hélice de passo variável

Fonte: (Olds, S.D.)

2.1.3 Passo direito e passo esquerdo

Por vezes os navios “vão ao passo”, este efeito transversal deriva da ação do hélice e acontece quando a água é deslocada para um lado ou para outro, provocando um movimento do casco a partir da deflexão do fluxo de água. Este efeito é mínimo quando o navio se desloca avante, mas quando este tem seguimento a ré, o fluxo de água vem para vante fazendo deslocar a popa do navio para um lado ou para outro.

Este efeito é mais acentuado nos navios de menores dimensões e quando a velocidade a ré ultrapassa os 2 nós.

Passo Fixo	
Efeito Direito	Efeito Esquerdo
Popa vai para bombordo	Popa vai para estibordo

Tabela 4 - Efeito do passo fixo num navio com velocidade a ré

Os navios de passo variável, normalmente comportam-se de maneira oposta aos de passo fixo.

2.2 Sistemas de governo

2.2.1 Lemes

O leme é o órgão do navio que lhe altera a direção, faz portanto alterar o rumo. É constituído por duas partes principais, a porta e a madre do leme.

As funções principais do leme são:

- Produzir um movimento numa direção necessária para que o navio comece a guinar;
- Manter o navio a guinar nessa direção, vencendo a resistência da pressão da água que age sobre o casco e que tende a impedir esse movimento.

Na prática, o leme permite que quando um navio está a navegar, tentando seguir uma determinada direção que o efeito do mar e do vento tendem a alterar, ele continue a conseguir mantê-la.

A eficiência do leme depende do fluxo incidente sobre si; se a velocidade do fluxo incidente é baixa ou nula o desempenho do leme é mínimo, se o leme estiver a meio nenhum ângulo é formado com o fluxo incidente e as forças geradas no leme serão apenas as forças longitudinais do navio.

A velocidade do fluxo incidente é dado pela velocidade do navio avante ou a ré, é modificado pelo posicionamento do leme, pela forma do casco e pelo fluxo induzido pelo hélice.

Nunca nos podemos esquecer que a manobrabilidade de um navio está diretamente ligada ao leme projetado (B. J. Lamb, 1961) e que o mesmo deve ser posicionado o mais próximo do casco levando sempre em consideração a construção e o seu acesso para manutenção.

2.2.2 Tipos de lemes

Ao longo dos tempos foram desenvolvidos vários tipos de leme, sendo o mais conhecido, o leme convencional. Hoje em dia existem lemes que podem atingir ângulos desde os 45° até aos 70°. A evolução dos vários tipos de leme tem sido de maneira a melhorar cada vez mais a eficiência da guinada, aumentando assim a capacidade de manobra dos navios.

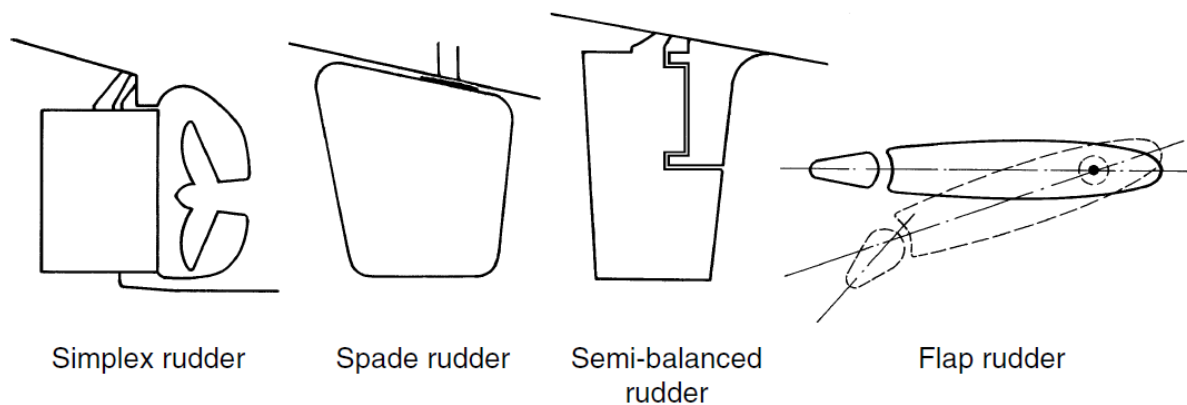


Figura 10 - Tipos de leme

Fonte: (Bertram, 2000)

O leme de *flap* ou *becker rudder* consiste num leme com dois elementos em que a componente de vante, roda cerca de 35° para cada bordo como um leme normal, e a secção de ré, o “*flap*”, roda mais 35° movido por um pino situado a ré da madre. Confere boa manobrabilidade a baixa velocidade, especialmente se combinado com hélice de passo variável, visto que com uma tacada de máquina avante e com o leme trancado a um bordo tem aproximadamente o mesmo efeito que um impulsor lateral de popa.

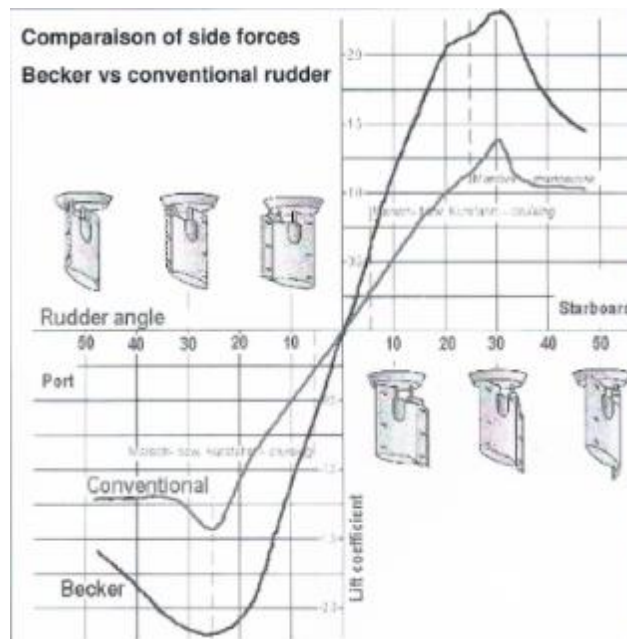


Figura 11 - Comparação entre o leme convencional e o *becker rudder*

Fonte: (Shiphandling, 2009)

O leme de *schilling* tem uma particularidade que é o formato elíptico na extremidade de vante e a forma de rabo de peixe na extremidade de ré, com chapas no topo e na base que impedem a fuga da água por cima ou por de baixo, garante assim um contacto mais eficiente com o fluxo de água, mesmo com ângulos iguais a 70 graus (Cajaty, 2002).

A eficiência dos lemes depende, da adequação entre o seu tamanho, do propulsor e da proporcionalidade entre a sua área e as dimensões do navio.

2.2.3 Forças geradas pelo leme. O momento da guinada.

Da análise às forças geradas no leme por um fluxo de água incidente com um certo ângulo, verificamos que se podem dividir em duas componentes: uma na direção do leme devido às forças de atrito que são desprezáveis, outra perpendicular à porta do leme “PT”, que consiste na força de pressão normal ou força do leme cujo ponto de aplicação é chamado centro de pressão da porta do leme.

O efeito desta força “PT” quando projetada no centro de gravidade do navio pode também ser decomposto em dois componentes, longitudinais e transversais “ P_{TL} ” e “PTN” e o momento

que se cria é o “momento de guinada”, que tende a virar o navio no plano horizontal (ignorando outros momentos secundários sobre outros eixos).

Se estes efeitos forem analisados quando o navio está a navegar a vante, com a máquina também a vante, a componente transversal “PTN” faz com que o navio rode para o lado oposto aquele para onde o leme está posicionado e o momento tende a rodar o navio para o lado que o leme atua.

No caso de o navio estar com a máquina a ré e com seguimento a ré, a componente longitudinal “PTL” tende a abrandar o seguimento do navio, sendo que a componente transversal “PTN” faz com que o navio rode para o lado que o leme foi metido, neste caso o momento “Me” faz com que a proa se desloque para o lado oposto para onde o leme guina.

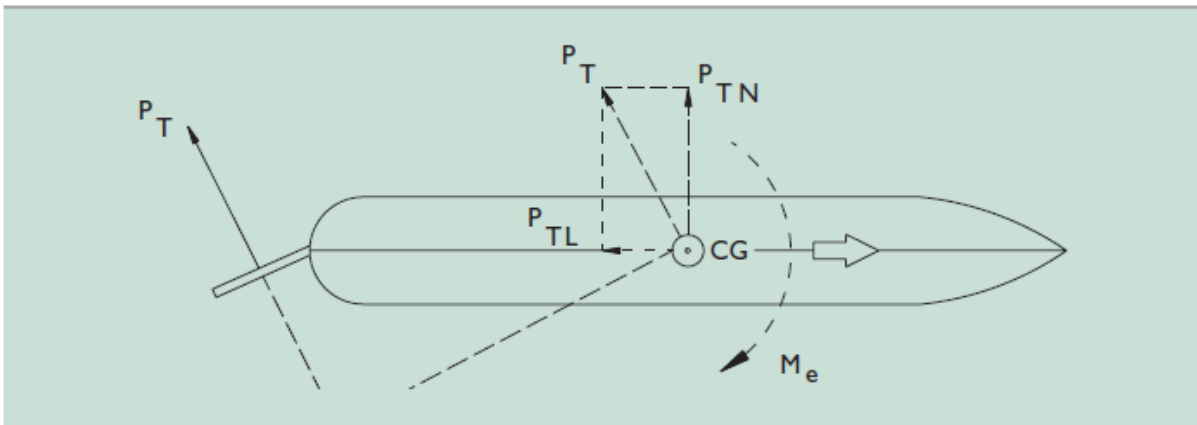


Figura 12 - Ação do leme, forças existentes quando o navio tem seguimento avante com máquina avante

Fonte: (Puertos Del Estado, 2000)

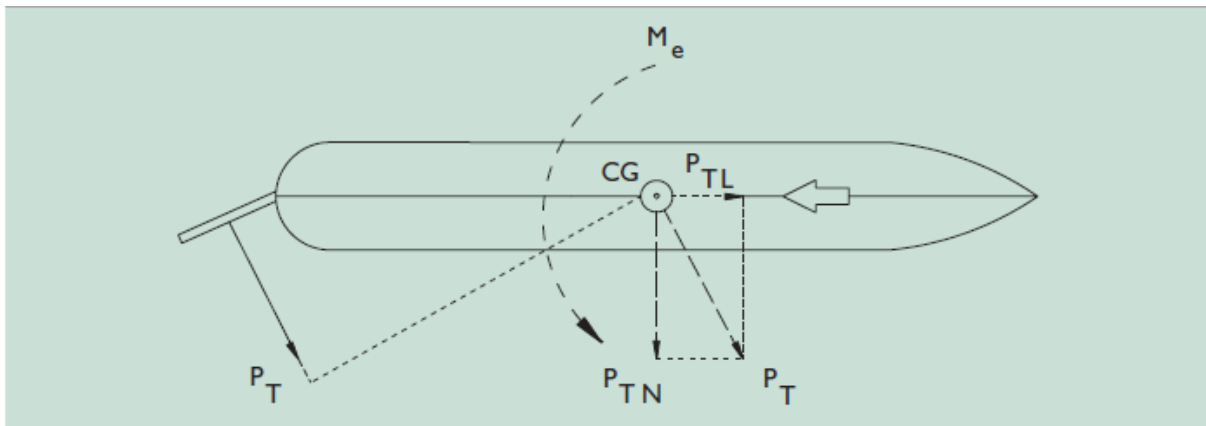


Figura 13 - Ação do leme, forças existentes quando o navio tem seguimento a ré com máquina a ré

Fonte: (Puertos Del Estado, 2000)

As forças resultantes podem ser calculadas para lemes convencionais através da “Fórmula de Joessel”:

$$P_T = \frac{K_T \times S_T \times V_T^2 \times \sin a_T}{0,2 + 0,3 \times \sin a_T} \quad (\text{Puertos Del Estado, 2000})$$

P_T Força resultante perpendicular à porta do leme;

K_T constante com valor de 41,35;

S_T área da porta do leme em m^2 ;

V_T Velocidade incidente na porta do leme em nós;

a_T ângulo do leme:

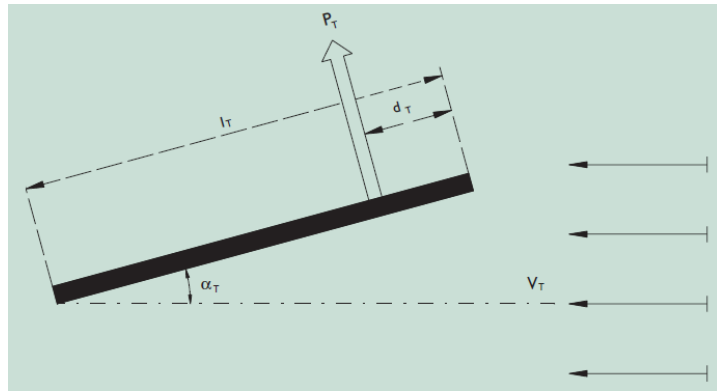


Figura 14 - Forças que atuam no leme

Fonte: (Puertos Del Estado, 2000)

Para aplicarmos estas equações referidas teremos de saber as características do navio e em particular, a área da porta do leme “ S_T ”. Na ausência deste valor, podemos utilizar a equação da “*Det Norske Veritas*” que pode ser aplicada em navios com um leme convencional a ré do hélice (para outros tipos de leme esta área deve ser aumentada em pelos menos 30%):

$$S_T = \frac{D \times L_{pp}}{100} \left(1 + 25 \left(\frac{B}{L_{pp}} \right)^2 \right)$$

S_T área da porta do leme ,

D calado do navio completamente carregado,

L_{pp} comprimento entre perpendiculares

B boca do navio.

O momento de guinada nestes lemes convencionais é teoricamente máximo quando o ângulo é de 45° , mas na prática o máximo efeito é alcançado com menores valores de leme, aproximadamente 35° , valor que com as fórmulas de “*Joessel*” é aceitável. Isto acontece devido ao facto de com ângulos maiores existir uma separação de massas no lado de sucção da porta do leme o que causa pressão num dos lados e faz com que a força útil do leme diminua, daí a construção de lemes especiais, precisamente para prevenir este efeito.

2.2.4 A ação combinada do leme com a máquina

Anteriormente analisaram-se os vários tipos de máquinas principais, o efeito dos vários tipos de hélice e dos vários tipos de lemes.

Para um navio de passo fixo e com um leme convencional, podemos prever o seu comportamento e as forças que são aplicadas a ré. Neste caso, ao colocar-se força na máquina e/ou guinar-se o leme, apenas se altera a direção lateral e magnitude da força aplicada a ré do navio, a habilidade para podermos manobrar é mesmo essa, saber qual a combinação mais adequada para atingirmos o nosso objetivo.

Em navios com vários hélices/ lemes pode também prever-se o tipo de comportamento deste, mas aí teremos de levar em conta as diferentes forças aplicadas nos diversos pontos, sabendo que se pode obter uma rotação do navio mais rápida especialmente quando uma das máquinas está avante e a outra a ré.

A tabela seguinte mostra o comportamento de um tipo de navio de passo variável, com efeito direito com um leme normal. Aqui foram consideradas condições meteorológicas normais, ou seja sem efeito do vento, mar e corrente.

Máquina a vante			Máquina a Ré		Navio com seguimento a vante e com máquina a ré	Navio com seguimento a ré e máquina avante
Leme	Navio parado	Navio com seguimento avante	Navio parado	Navio com seguimento a ré		
A meio	Guina suavemente para BB (bombordo), quando começa a ganhar seguimento este efeito desaparece	Mantém o rumo com uma guinada suave para BB	Guina para EB (estibordo) claramente	Guina para EB devagar	Mantém o rumo depois guina para EB devagar	Indeterminado
Todo a BB	Guina para BB claramente	Guina para BB rapidamente	Guina para EB rapidamente	Guina para EB rapidamente	Guina suavemente para BB e depois rapidamente para EB	Guina para BB devagar
Todo a EB	Guina para EB muito devagar	Guina para EB rapidamente	Guina para EB muito devagar	Primeiro guina para EB se tiver muito pouco seguimento, depois com leme a meio e ganhando velocidade guina ligeiramente para BB	Guinar ligeiramente para EB muito devagar. Se metermos a meio guina devagar para BB	Guina para EB devagar
Efeito do leme	Alto	Muito alto	Muito baixo	Baixo. Melhora quando está tudo parado	(1)	Alto

Tabela 5 - Navio de passo variável, com efeito direito e leme normal

Fonte: (Puertos Del Estado, 2000)

(1)- Guinar-se o leme todo é muito importante, visto que este quadro engloba o comportamento típico do navio quando o leme é colocado e o hélice revertido.

2.2.5 Impulsores de proa e de popa

Alguns navios, principalmente os mais recentes, estão equipados com impulsão auxiliar à proa e/ou à popa. Estes estão instalados nas obras vivas em túneis transversais, o que permite “empurrar” a proa ou a popa para um lado ou para o outro.

O objetivo destes hélices é auxiliar o navio numa manobra de atracação ou de largada e só podem ser utilizados a velocidades muito baixas ou mesmo quando o navio está praticamente parado, devido ao facto de com velocidades maiores que 5 nós (depende de navio para navio) não serem eficazes.

Convém sempre verificar se este pode trabalhar com a máxima potência, pois acontece frequentemente que a sua funcionalidade tem limitações (limite de tempo para a potência máxima, insuficiência de geradores, potência insuficiente em relação ao porte do navio ou nas variações do caimento etc.).

A potência dos impulsores laterais são normalmente dadas em kilowatts (kW).

A conversão aproximada para a potência (*shp*) é de:

$$1 \text{ shp} = 0,74 \text{ kw}$$

$$100 \text{ shp} = 1 \text{ Tf}$$

<i>kW</i>	<i>Shp</i>	<i>Tf (tonelada força)</i>
500	676	6
750	1014	10
1000	1351	13
1500	2027	20
1750	2364	24
2000	2702	27

Tabela 6 - Conversão de kW para Shp e tf

Adaptado: (Captain R.W.Rowe, 2000)

➤ Uso do impulsor lateral com navio parado

Quando o navio se encontra parado, normalmente usa-se o impulsor de proa ou o da popa para auxiliar na manobra, mas sem nunca esquecer que, apesar de este se encontrar parado, está muito perto do cais.

Quando o navio se encontra parado e o impulsor de proa está ativado, o ponto pivot encontra-se bem a ré a uma distância da popa aproximadamente igual à boca do navio, o que corresponde ao melhor rendimento do impulsor de proa, qualquer movimento a vante ou a ré fará deslocar o ponto pivot para posições menos favoráveis encurtando o braço do momento.

Nestas situações, por vezes nota-se um movimento do navio avante que se deve parcialmente à formação de pressão positiva no bordo da guinada, que por sua vez cria um fluxo de água à proa que, se tiver velocidade suficiente, gera uma zona de baixa pressão por vante do navio e o faz ganhar seguimento a vante.

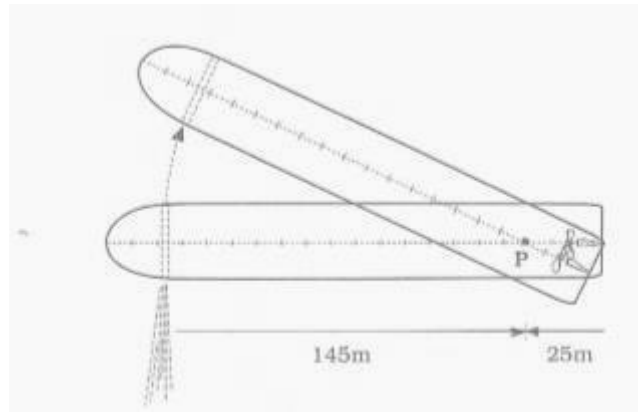


Figura 15 - Uso do impulsor lateral com o navio parado

Fonte: (Captain R.W.Rowe, 2000)

➤ Uso do impulsor com navio a vante

Ao usarmos o impulsor de proa com seguimento avante, devemos ter cuidado com a velocidade do navio, pois quando esta é superior a 3 nós por vezes não surte o efeito desejado, consequência de se gerar turbulência no túnel do impulsor devido à grande massa de água que passa ao longo do costado e que faz com que o jacto de água à saída do impulsor enfraqueça. Quando se está com seguimento avante, a posição do ponto pivot (o ponto pivot ou ponto de rotação de um navio, pode definir-se como sendo o ponto em torno do qual o navio roda durante uma guinada, no capítulo 3 este tema será abordado detalhadamente) desloca-se para vante a cerca de $\frac{1}{4}$ do comprimento do navio a contar da proa.

Ao guinar com o leme todo metido a um bordo, quando o navio começa a ganhar velocidade avante a posição do ponto pivot desloca-se, como já foi referido anteriormente, e nesta situação o efeito do impulsor de proa fica sobre o ponto pivot, dando ideia que a proa continua a rodar, mas na realidade está a deslocar-se lateralmente, quando a velocidade aumenta o ponto pivot desloca-se sensivelmente para meio navio e, se por um lado, o momento de rotação aumenta, por outro, a eficácia do impulsor diminui, devido ao aumento da velocidade.

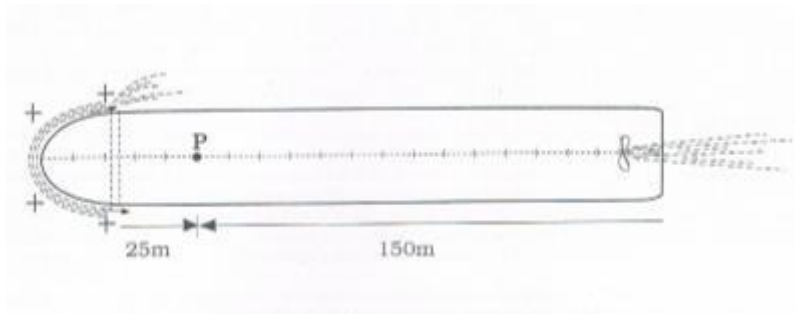


Figura 16 - Uso do impulsor lateral, navio com seguimento avante

Fonte: (Captain R.W.Rowe, 2000)

Nas manobras de atracação ou largada, o uso dos impulsores laterais, em condições normais, é bastante útil, visto que pode afastar ou aproximar o navio do cais facilmente fazendo com que ele se desloque lateralmente para bombordo ou estibordo, quando se navega a ré, consegue-se usá-lo como um leme, controlando-se o efeito do passo.

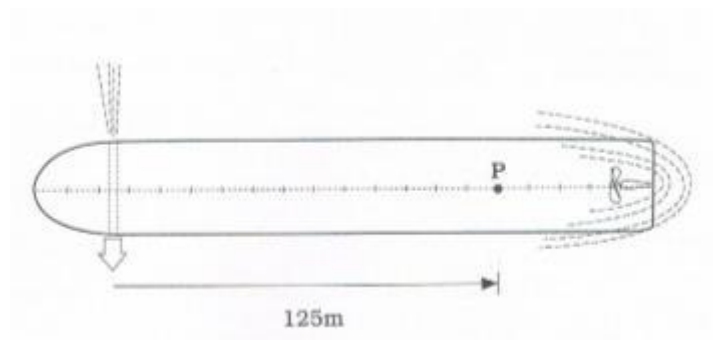


Figura 17 - Uso do impulsor lateral, navio com seguimento a ré

Fonte: (Captain R.W.Rowe, 2000)

(Esta página foi propositadamente deixada em branco)

Capítulo 3. Elementos determinantes à manobrabilidade de navios de grandes dimensões em águas restritas

3.1 O ponto pivot

O ponto pivot ou ponto de rotação de um navio, pode definir-se como sendo o ponto em torno do qual o navio roda durante uma guinada, ele é equidistante do centro do círculo de rotação numa guinada estabilizada.

Considerando um navio parado, em situação de linhas direitas e com condições de tempo sem vento nem corrente e águas paradas, não existindo forças envolvidas, o ponto pivot coincide com o centro de gravidade, aproximadamente a meio navio.



Figura 18 - Ponto pivot com navio parado

Fonte: (Captain R.W.Rowe, 2000)

Quando o navio se encontra a velocidade constante a avante, temos duas forças em ação, o impulso para vante do navio e a resistência longitudinal sobre este impulso, criado pela água que se encontra pela proa. Assume-se desta forma que o ponto pivot se encontra aproximadamente a cerca de $\frac{1}{4}$ do comprimento do navio a partir da proa.

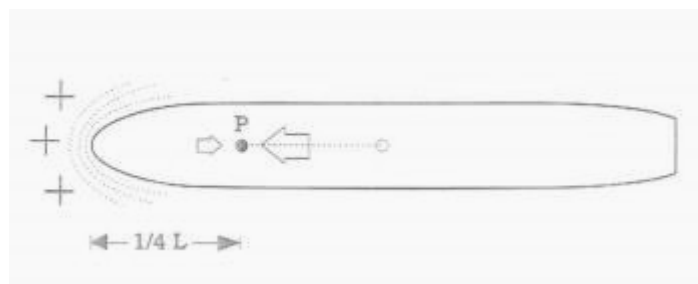


Figura 19 - Ponto pivot em navio com seguimento avante

Fonte: (Captain R.W.Rowe, 2000)

Quando o navio se encontra com velocidade a ré, temos a situação inversa, o momento da velocidade a ré tem que ser balançado pela resistência longitudinal, e neste caso, ele desloca-se para ré a cerca de $\frac{1}{4}$ do comprimento do navio a partir da popa.

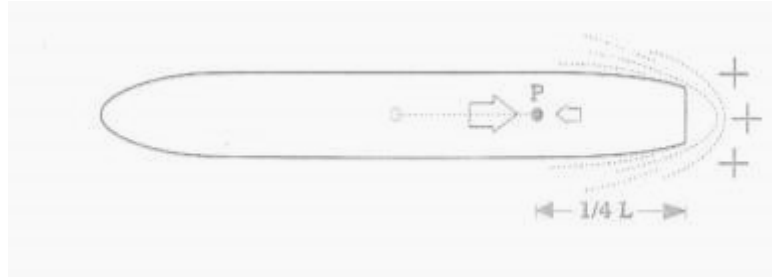


Figura 20 - Ponto pivot em navio com seguimento a ré

Fonte: (Captain R.W.Rowe, 2000)

De notar que o que se demonstra aqui é só um exemplo prático, para cálculos mais elaborados ter-se-iam que considerar vários fatores como a aceleração, a forma do casco entre outros.

Devem considerar-se também importantes os efeitos inconstantes que ocorrem nos momentos de rotação e que podem influenciar o navio, como a força do leme, os impulsores de proa, a força dos rebocadores, os ventos e as correntes, etc.

Momentos de rotação

Supondo que temos um navio parado com um comprimento fora a fora de 160 metros e com dois rebocadores com 15 toneladas de tração, um à proa e outro à popa, estabelecidos a uma distância de 80 metros do ponto pivot. O momento de rotação neste caso, iguala-se e não existe rotação, verificando-se um movimento lateral do navio. (Captain R.W.Rowe, 2000)

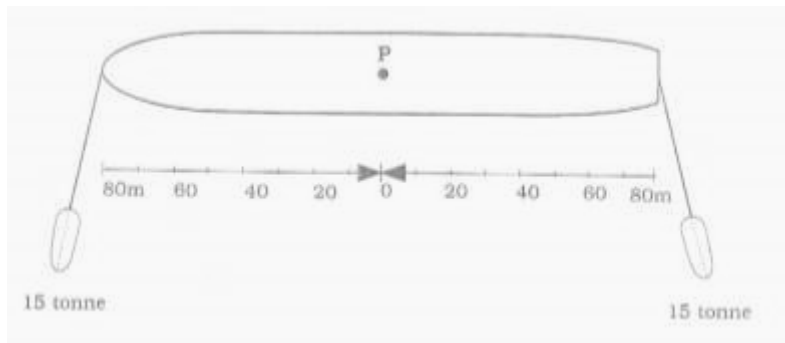


Figura 21 - Momento de rotação num navio parado

Fonte: (Captain R.W.Rowe, 2000)

Se o navio se encontrar com determinado seguimento avante e considerando os mesmos rebocadores referidos na situação anterior, verifica-se que o ponto pivot se encontra a vante, a cerca de 40 metros da proa, o rebocador da proa possui um movimento de rotação menor ($40 \text{ metros} \times 15 \text{ tf} = 600 \text{ tf} \times \text{metro}$) do que o rebocador da popa ($120 \text{ metros} \times 15 \text{ tf} = 1800 \text{ tf} \times \text{metro}$). Daqui resulta que a popa do navio guinará para bombordo. (Captain R.W.Rowe, 2000)

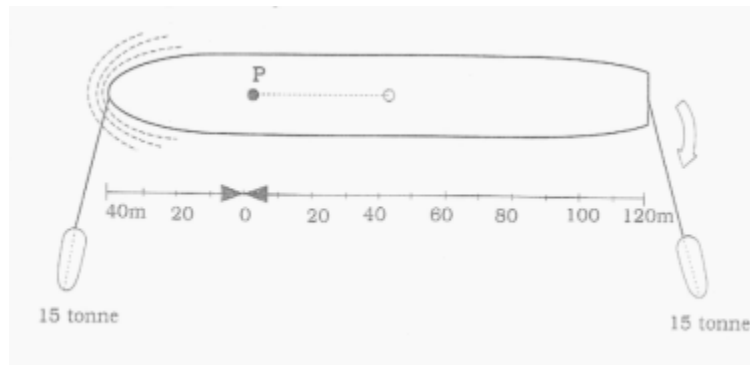


Figura 22 - Momento de rotação num navio com seguimento avante

Fonte: (Captain R.W.Rowe, 2000)

Se o navio se encontrar com seguimento a ré, verifica-se que o ponto pivot se encontra a ré a 40 metros da popa, o rebocador da proa possui um movimento de rotação maior ($120 \text{ metros} \times 15 \text{ tf} = 1800 \text{ tf} \times \text{metro}$) do que o rebocador da popa ($40 \text{ metros} \times 15 \text{ tf} = 600 \text{ tf} \times \text{metro}$). Daqui resulta que a popa do navio guinará para estibordo. (Captain R.W.Rowe, 2000)

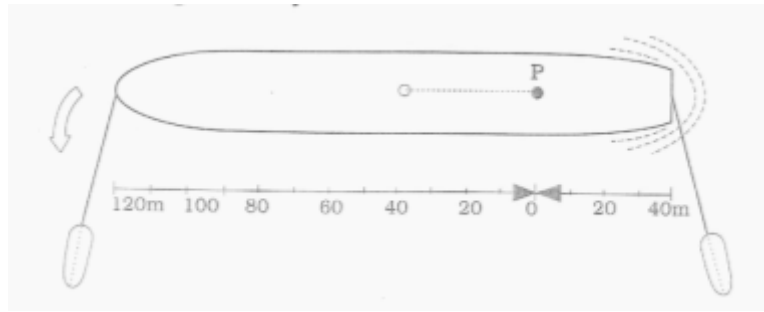


Figura 23 - Momento de rotação num navio com seguimento a ré

Fonte: (Captain R.W.Rowe, 2000)

3.2 Vento

Conforme temos descrito, existem muitas variáveis que podem influenciar um navio durante uma manobra em águas restritas. O efeito do vento talvez seja das variáveis mais complexas e difíceis de quantificar e prever, visto que por vezes surgem rajadas que não são previsíveis e noutras situações o vento acalma repentinamente.

A força do vento segundo Bayle (S.D.), é representada é pela seguinte fórmula:

$$F = \frac{1}{2} \rho \times C_y \times V^2 \times S \text{ (Bayle, S.D.)}$$

Em que ρ é a massa volúmica do ar e em condições normais de temperatura e pressão (PTN) $\rho = 1,2922 \text{ kg/m}^3$, C_y é o coeficiente de arrasto, V a velocidade do vento em metro por segundo e S é a superfície de área vélica em m^2 .

Decompondo cada variável, verifica-se que:

- Quanto maior a temperatura, menor a densidade do ar, logo quanto mais frio for o vento maior o seu efeito;
- A força do vento é reduzida pela humidade;
- Ao aumentar de 30 para 35 nós de vento, verificamos que o vento aumentou 16%, mas o seu efeito aumentou 36%.

Determinar o coeficiente de arrasto para cada tipo de navio é por vezes complicado, mas os valores de referência utilizados atualmente são:

Navio tanque carregado – 0,75

Navios de contentores – 1,00

Navios de gás carregados – 1,00

Tendo sempre em consideração que um navio de transporte de gás é 45% mais influenciado pelo vento do que um navio tanque carregado.

Ao calcular-se a superfície de área velica não se pode desprezar que os navios, na maior parte das vezes, não se encontram em situação de linhas direitas.

Se o vento não soprar perpendicular ao costado do navio, à equação acima descrita multiplica-se pelo $\sin \alpha$. Em que α é o ângulo de incidência do vento com o costado do navio, ou então usar a tabela abaixo para se determinar o valor do coeficiente multiplicador do ângulo de incidência do vento com o navio.

Ângulo que o vento exerce na superfície do navio	15°	30°	45°	60°	90°
Coeficiente multiplicador	0,25	0,5	0,7	0,86	1

Tabela 7 - Correção para o ângulo de incidência do vento na superfície do navio

Fonte: (Bayle, S.D.)

Através desta simples fórmula, reduzida por (Bayle, S.D.) $F_{ton} = C_y \times S \times V^2 / 60$, onde S é a superfície lateral dividida por 1000, V é o vento em nós e C_y o coeficiente de arrasto, consegue usar-se a seguinte tabela para se obter uma noção da força do vento (normalmente aplica-se um coeficiente de segurança de 25%, e neste caso o C_y é 1):

		Área vélica em metros quadrados									
Nós	m/s	1000	2000	4000	6000	8000	10000	12000	14000	16000	18000
10	5	2	3	7	10	13	17	20	23	27	30
15	8	4	8	15	23	30	38	45	53	60	68
20	10	7	13	27	40	53	67	80	93	107	120
25	13	10	21	42	63	83	104	125	146	167	188
30	15	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270
35	18	20	41	82	123	163	204	245	286	327	368
40	21	27	53	107	160	213	267	3-20	373	427	480
45	23	34	68	135	203	270	338	405	473	540	608
50	26	42	83	167	250	333	417	500	583	667	750

Tabela 8 - Força que o vento exerce numa superfície em *tf*

Fonte: (Bayle, S.D.)

Por exemplo, um navio porta-contentores com um comprimento fora a fora de 320 metros, altura acima de água de 25 metros, com vento de 30 nós e com ângulo de 90° de incidência no navio, se este estiver equipado com um impulsor de proa com 2000kW (27 *tf*), utilizando dois rebocadores estabelecidos um à proa com 50 *tf* e outro á popa também 50 *tf*.

Neste caso a área vélica é de 320 metros x 25 metros = 8000m²

$$F = \frac{1 \times 8000 \times 30^2}{60} = 120 \text{ } tf$$

Assim, à proa dispomos de 27 *tf* através do impulsor de proa, mais 50 *tf* do rebocador e á popa 50 *tf* do rebocador, o que perfaz um total de 127 *tf* para aplicar durante a manobra do navio, nesta condição os meios auxiliares de manobra são considerados suficientes.

O comportamento de um navio exposto ao vento depende principalmente da superestrutura, forma do casco debaixo de água e da diferença de calados à proa à popa.

Se o navio está com caimento a ré, a proa deslocar-se-á para sotavento (lado oposto donde sopra o vento) com mais rapidez do que o resto do navio, isto verifica-se devido ao facto da água oferecer menor resistência nessa zona do que na restante.

Com o navio parado e em linhas direitas, o centro vélico encontra-se próximo do ponto pivot e usualmente não cria um momento de rotação que possa influenciar o navio, logo manterá a sua posição podendo apenas abater.

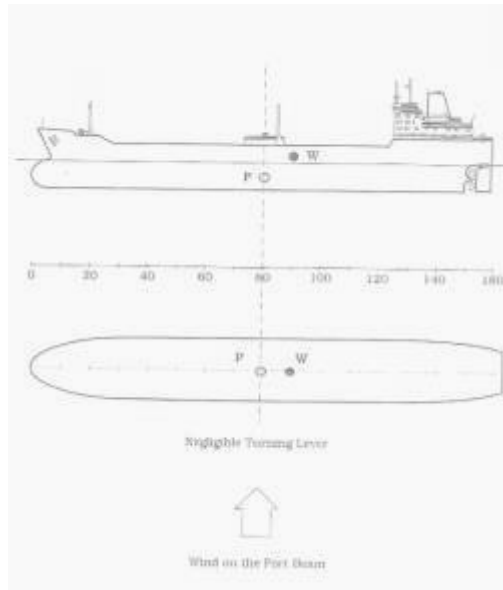


Figura 24 - Centro vélico em navio parado

Fonte: (Captain R.W.Rowe, 2000)

No caso de o navio estar com seguimento avante, verifica-se o deslocamento do ponto pivot também para vante, esta alteração de localização faz com que o equilíbrio que existia com o navio parado deixe de acontecer, surgindo um momento que faz com que o navio comece a rodar e aproar ao vento.

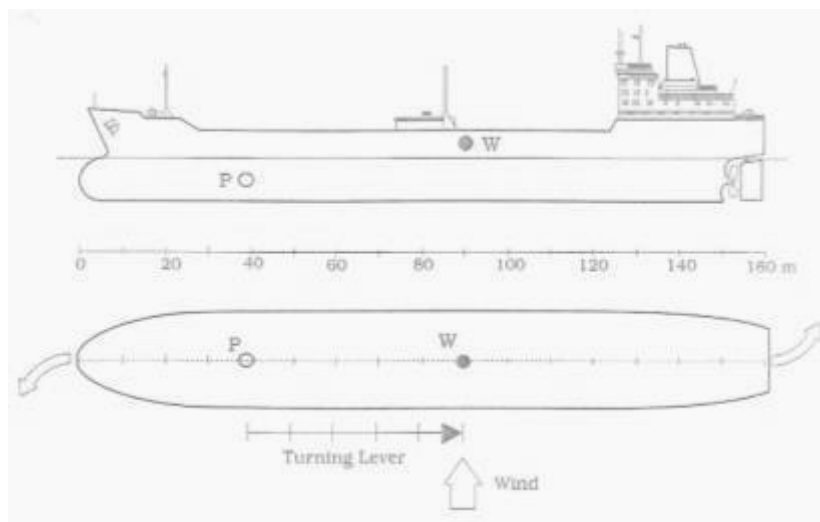


Figura 25 - Centro vélico em navio com seguimento avante

Fonte: (Captain R.W.Rowe, 2000)

Se o navio se encontrar com seguimento a ré, acontece o oposto. O ponto pivot desloca-se para ré, o que faz com que o navio comece a rodar apoiando ao vento.

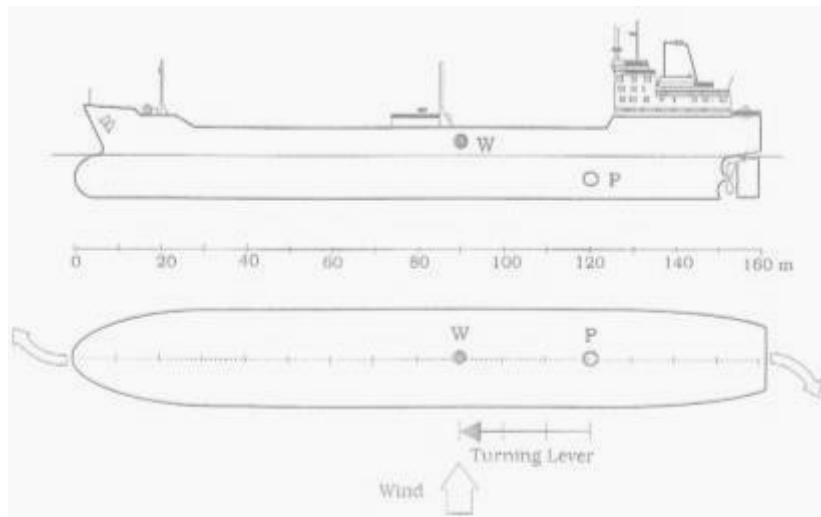


Figura 26 - Centro vélico em navio com seguimento a ré

Fonte: (Captain R.W.Rowe, 2000)

Como é sabido, a maior parte dos navios não se mantêm em situação de linhas direitas, assim no caso de o navio estar com caimento á popa, o aumento do bordo livre à proa faz deslocar o centro vélico “W” para vante, junto do ponto pivot. O momento de rotação torna-se assim menor e o navio perde tendência para aproar ao vento, em vez disso pode até afastar a proa do vento ou mesmo permanecer atravessado.

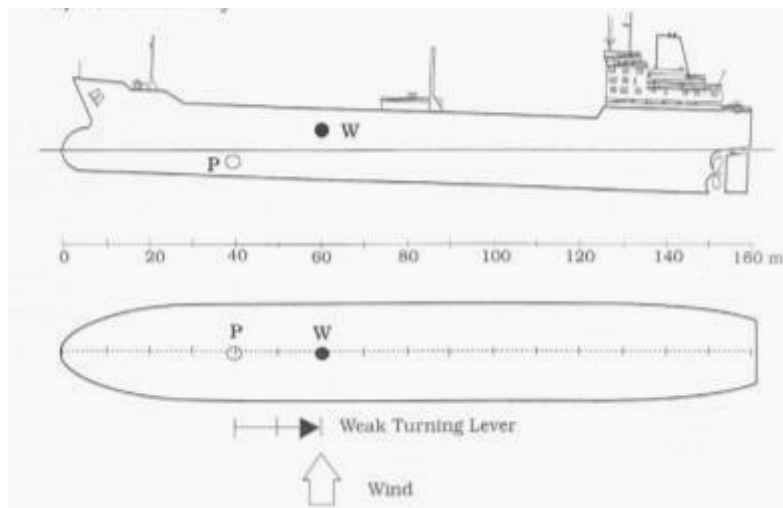


Figura 27 - Centro vélico em navio com caimento à popa e seguimento avante

Fonte: (Captain R.W.Rowe, 2000)

No caso de o navio ter seguimento a ré, este comportamento altera-se completamente, visto que o ponto pivot se desloca para ré fazendo aumentar o braço do momento consideravelmente, o navio tenderá a seguir com o vento, por vezes com rapidez.

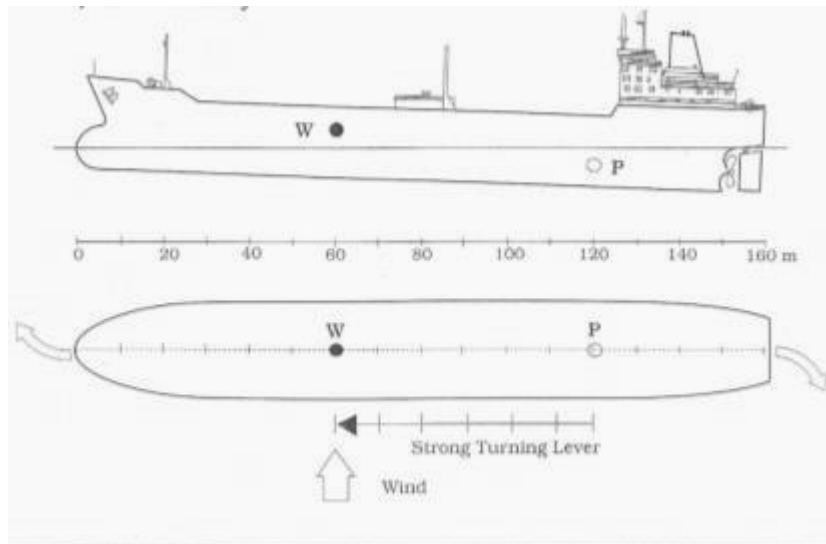


Figura 28 - Centro vélico em navio com caimento à popa e seguimento a ré

Fonte: (Captain R.W.Rowe, 2000)

Comparando a força transversal do vento no navio com a potência disponível dos meios auxiliares de manobra, podemos concluir que a conjugação dos meios auxiliares com a potência da máquina principal resulta para quase todas as intensidades de vento.

(Esta página foi propositadamente deixada em branco)

Capítulo 4. O Porto de Sines

Desde o século I d.C. que o Porto de Sines servia como porto de comércio, mas foi no início dos anos 70 que Sines foi escolhido como o local para a construção de um porto nacional de águas profundas, em resposta à crescente tendência mundial dos navios petroleiros de grande porte (APS, Administração dos Portos de Sines e do Algarve, S.A., 2013).

Em 1978 entrou em funcionamento e era um dos poucos portos europeus que permitia a acostagem de navios de grande porte, aumentando assim o tráfego nos graneis líquidos.

Com o decorrer dos tempos, este porto de águas profundas foi começando a dispor de terminais especializados, capazes de movimentar diferentes tipos de mercadorias com excelentes acessibilidades marítimas e sem constrangimentos.

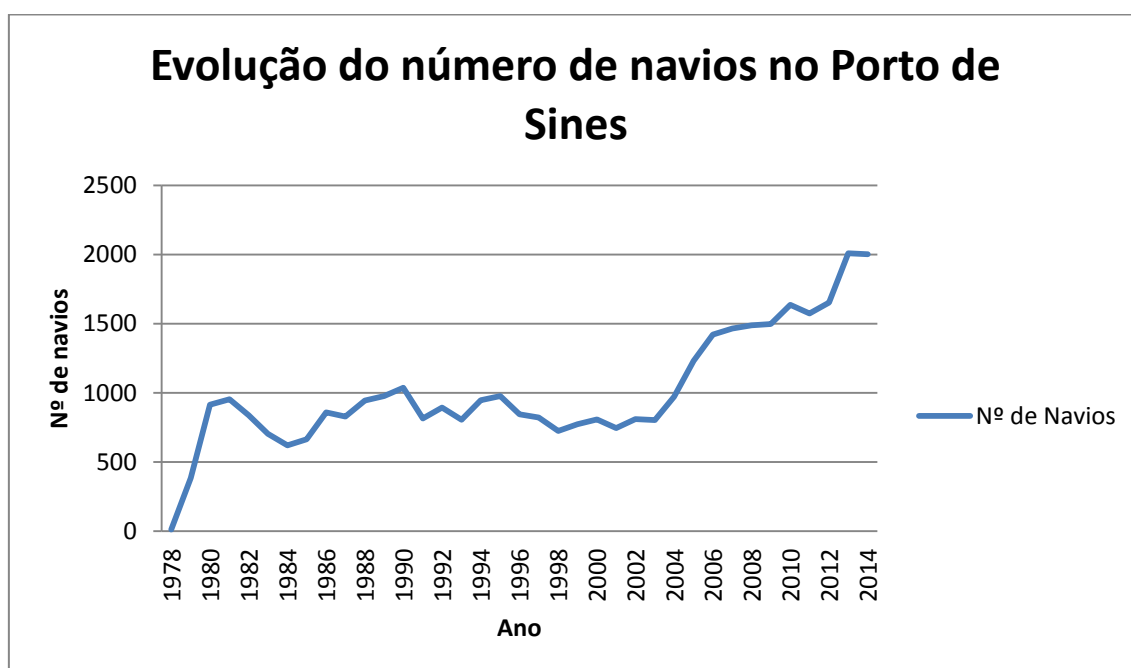


Gráfico 4 - Evolução do número de navios que escalam o Porto de Sines

Fonte: Adaptado (APS, Administração dos Portos de Sines e do Algarve, S.A.)

Hoje em dia é a principal porta de abastecimento energético do país (petróleo e derivados, carvão e gás-natural), posicionando-se já como um importante porto de carga geral e contentorizada com elevado potencial de crescimento para ser uma referência ibérica, europeia e mundial (APS, Administração dos Portos de Sines e do Algarve, S.A., 2013).

Dispõe de uma esteira de *pipelines* para a movimentação dos produtos entre o porto, a zona adjacente de atracagem e a ZILS – Zona Industrial e Logística onde estão instaladas as principais indústrias que utilizam o terminal, das quais se destacam a refinaria de Sines, petroquímica, fábrica de resinas e fábrica de negro de fumo.

A operação do terminal está a cargo da empresa CLT – Companhia Logística de Terminais Marítimos, pertencente ao grupo Galp Energia, em regime de concessão de serviço público de movimentação de cargas.

O terminal está equipado com um moderno sistema informático de comando e controlo que permite cumprir os mais elevados padrões de segurança nas operações que aí decorrem. Por outro lado, tem associada uma estação de tratamento de águas de lastro e resíduos que permite dar cumprimento a todas as exigências de ordem ambiental.

O TPQ - terminal petroquímico existe desde 1981 e é um terminal dedicado aos produtos petroquímicos, entre os navios e o complexo petroquímico localizado na ZILS – Zona Industrial e Logística de Sines. É operado pela Repsol Polímeros em regime de concessão de uso privativo.

Este terminal dispõe de dois postos de acostagem, com fundos de 12 metros ao zero hidrográfico, que permitem receber navios até 20.000 m³ de capacidade de carga, movimentando produtos como propileno, etileno, butadieno, ETBE³, etanol, MTBE⁴, mescla aromática, metanol.

Faz parte integrante do TPQ um parque de armazenagem com dois tanques criogénicos de armazenagem de etileno (25.000 m³) e propileno (22.000 m³), duas esferas de butadieno com 4.500 m³ cada, um tanque de ETBE com 10.000 m³ e um tanque de etanol com 6.000 m³.

O TMS – terminal multipurpose de Sines iniciou a sua exploração em 1992 em regime de concessão de serviço público à empresa Portsines e está vocacionado para a movimentação de granéis sólidos, carga geral e ro-ro.

³ Éter etil terciário butílico

⁴ Éter metil terciário butílico

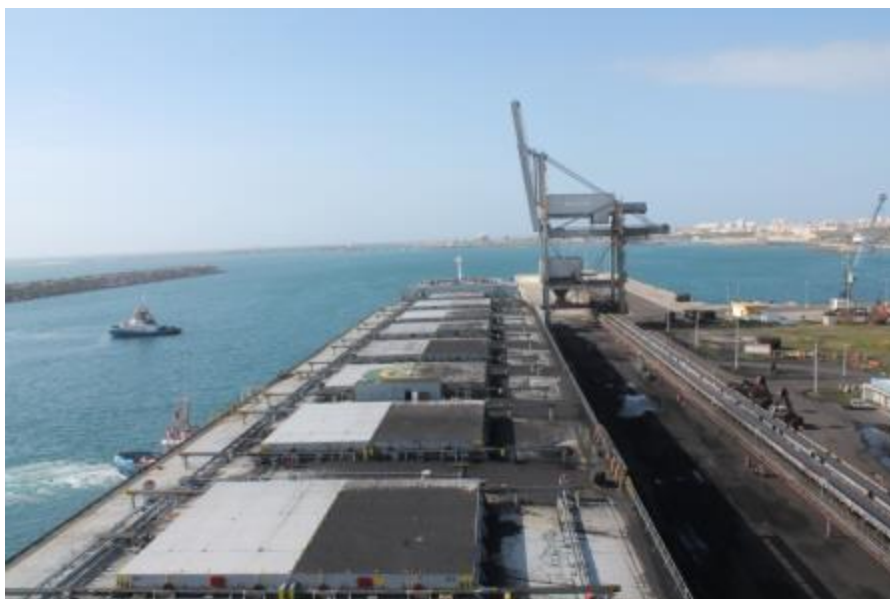


Figura 30 - Terminal Multipurpose do Porto de Sines

Fonte: o autor

Dispõe de 4 cais de acostagem, com um comprimento total de 645 metros no extradorso, e 296 metros no intradorso. Com fundos até 18 metros ao zero hidrográfico, permite a operação de navios até 190.000 toneladas de *DWT*.

Para a movimentação de granéis sólidos, nomeadamente o carvão para as centrais termoelétricas nacionais, o terminal está equipado com dois pórticos com uma capacidade média de movimentação de 2.000 toneladas por hora cada. Dispõe ainda de um parque de armazenagem de carvão, sendo o seu escoamento tipicamente realizado por tapete rolante para a central termoelétrica de Sines e por ferrovia para a central termoelétrica do Pego.

Para a carga geral existe uma ampla área de cais e de armazenagem que permite o célere escoamento das mercadorias através da rodovia e da ferrovia, existindo lotes disponíveis para a instalação de empresas na área adjacente ao terminal.

O TGN – terminal de gás natural iniciou a sua atividade em 2003, é operado em regime de concessão de uso privativo pela empresa REN Atlântico, movimentando até hoje mais de 50% do Gás Natural consumido em Portugal.

Apresenta-se como a principal fonte nacional de abastecimento deste produto e tem uma enorme importância estratégica nacional uma vez que se constitui como alternativa ao gasoduto terrestre.

Dotado de um posto de acostagem com fundos de 15 metros ao zero hidrográfico permite a receção de navios metaneiros até 225.000 m³. Para o armazenamento do gás natural recebido, o terminal dispõe de 2 tanques de armazenagem com capacidade para 120.000 m³ cada e um terceiro tanque com capacidade para 150.000 m³, oferecendo uma capacidade total de armazenagem de 390.000 m³ de gás natural liquefeito.

O Terminal de Contentores de Sines, denominado TXXI, iniciou operações em 2004, sendo operado em regime de concessão de serviço público pela empresa PSA Sines (PSA – *Port Singapore Authority*).



Figura 31 - Terminal de Contentores do Porto de Sines

Fonte: o autor

Com um plano de desenvolvimento faseado e sustentado, o Terminal XXI oferece fundos naturais até 17,5 metros ao zero hidrográfico, permitindo a acostagem dos grandes navios porta-contentores das rotas transcontinentais e dos navios das respetivas ligações *feeder*.

Atualmente, com um comprimento de cais de 940 metros e dotado de 9 pórticos *post-panamax* e *super post-panamax*, o terminal tem uma área de armazenagem com 24 hectares que permite disponibilizar uma capacidade total de 1.100.000 *TEU* por ano.

A fase seguinte de desenvolvimento pela PSA Sines compreenderá a construção de cais acostável com extensão útil de mais 210 metros, perfazendo um total de 940 metros. Tratar-se-á de aumentar a capacidade de movimentação do terminal para 1.700.000 *TEU* por ano.

No final do presente trabalho encontram-se as características gerais dos terminais.

➤ **Rebocadores para as manobras dos navios**

No regulamento de exploração e normas do porto de Sines, são indicados os meios auxiliares para cada manobra e para cada tipo de navio.

Como o estudo presente incide nos navios de grandes dimensões, apresenta-se em baixo uma tabela com os respetivos trens de reboque para manobras deste tipo de navios.

<i>DWT</i> (TM)	Terminal/Posto	Nº mínimo de rebocadores	Tração mínima (<i>T</i>)
>100.000<200.000	Qualquer posto *	3	200
200.000 <300.000	Qualquer posto*	4	225
>300.000	Qualquer posto *	5	250

Tabela 9 - Trem de reboque para atracação e mudança de navios no Porto de Sines

Fonte: (APS, Administração dos Portos de Sines e do Algarve, S.A.)

*- Trem de reboque para a atracação e mudança de navios que transportem, carreguem ou descarreguem mercadorias perigosas a granel, exceto para o terminal de gás natural.

Para os navios que descarreguem ou carreguem gás natural, além do número de rebocadores utilizados em cada manobra, faz-se também referência às condições meteorológicas:

Tipo Navio	Nº mínimo de rebocadores	Tração mínima	Vento/Velocidade	Ondulação			Visibilidade
				Dir.	Altura	Período	
Navio Q-Flex	5	220	<igual 10 m/s	SSW a NNW	<4,0mts	<9 seg	>1 milha
Outros	4	170	< igual 11m/s	SSW a NNW	<4.0mts	<9seg	>1milha
Outros	5	200	De 11m/s a 13 m/s	SSW a NNW	<4,0mts	<9 seg	>1milha

Tabela 10 - Trem de reboque para navios que transportem gás natural no Porto de Sines

Fonte: (APS, Administração dos Portos de Sines e do Algarve, S.A.)

Para os outros tipos de navios, o número e o tipo de rebocadores são definidos caso a caso pelo serviço de pilotagem.

Para a largada de navios que transportem, carreguem ou descarreguem mercadorias perigosas a granel, exceto os navios de transporte de gás natural, são utilizados 4 rebocadores quando possuem um *DWT* maior que 200.000.

Nos navios de transporte de gás natural são utilizados 4 rebocadores com uma força de tração mínima de 170 e no caso dos Q-Flex são utilizados 5 rebocadores com força de tração mínima de 220.

Valores de referência para limites operacionais no Porto

O período “*Daylight*⁵” é definido como o período entre meia hora antes do nascer do sol e duas horas antes do pôr do sol e aplica-se no terminal de graneis líquidos e no terminal multipurpose de Sines a navios que tenham um *DWT* superior a 110.000. No terminal de gás de natural aplica-se a navios com um comprimento fora a fora superior a 250 metros.

Para valores de referência em relação ao estado do mar, as limitações para todo o porto ocorrem quando este tem a direção de Nor-Noroeste a Sul com uma altura de 4,0 metros e um período de vaga de 10 segundos.

⁵ Luz do dia

Relativamente ao vento, o valor máximo admissível para manobra é de 10 metros/segundo para os navios Q-Flex, e de 13 metros/segundo para outros navios de transporte de gás natural. Para todos os outros navios, os valores de referência são definidos caso a caso pela pilotagem.

Os navios que carreguem ou descarreguem gás natural são os que apresentam mais limitações devido á perigosidade da carga, sendo que quando um destes navios está para entrar no porto são sempre avaliadas cuidadosamente as condições meteorológicas, principalmente as relacionadas com o vento, para o tempo expectável da sua estadia, garantindo-se sempre um período de pelo menos 30 horas para a sua operação.

Parte II - Trabalho empírico

Capítulo 1. Enquadramento Metodológico

1.1 Da problemática aos objetivos de estudo

Como sabemos cada manobra e cada navio são únicos, encontramos sempre condicionantes diferentes, sejam o tipo de navio, as condições meteorológicas, a visibilidade, o tráfego, etc..

A questão central do estudo, baseia-se na problemática do efeito do vento e de que forma afeta o comportamento dos navios de grandes dimensões em águas restritas com velocidade reduzida, no caso do Porto de Sines.

O objetivo do estudo é:

- Identificar as dificuldades provocadas pelo vento nas manobras de aproximação, atracação e largada no Porto de Sines;
- Identificar as zonas de maior risco para a segurança da manobra de aproximação sem o piloto a bordo, atracação e largada no Porto de Sines;
- Caracterizar o efeito do vento nas manobras de atracação e largada no Porto de Sines.

A investigação passa assim por um estudo exploratório, descritivo e correlacional.

1.2 Fundamentações das opções metodológicas

Este estudo é no seu todo, sobre as manobras de navios de grandes dimensões, sendo o objeto em análise o comportamento destes em águas restritas com condições meteorológicas adversas.

Num trabalho de investigação, primeiramente teremos de fazer alguma pesquisa e na perspetiva de Silveira (2009) “Só se inicia uma pesquisa se existir uma pergunta, uma dúvida para a qual se quer buscar a resposta. Pesquisar, portanto, é buscar ou procurar resposta para

alguma coisa.” A pesquisa aqui efetuada foi exploratória e explicativa, pois existiu o cuidado de se estar familiarizado com o problema e elaborou-se um levantamento bibliográfico sobre o assunto, ao mesmo tempo identificaram-se quais os fatores que afetam o propósito do nosso trabalho.

Depois da pesquisa, procedeu-se à escolha da metodologia, segundo Silveira (2009) “a metodologia interessa-se pela validade do caminho escolhido para se chegar ao fim proposto pela pesquisa; por isso não deve ser confundida com o conteúdo (teoria) nem com os procedimentos (métodos e técnicas). Desta forma, a metodologia vai além da descrição dos procedimentos (métodos e técnicas a serem utilizados na pesquisa), indicando a escolha teórica realizada pelo pesquisador para abordar o objeto de estudo”.

Assim, a metodologia aplicada a este trabalho foi realizada com recurso a métodos quantitativos, por ser um método objetivo, permitindo uma abordagem focalizada e pontual e conforme referido em Moreira (2003) “a informação obtida nas investigações é quase sempre tratada de forma quantitativa, isto é por meio de números”.

1.3 Processo e instrumentos de recolha de dados: o questionário, *PPU* (Unidades-Piloto Portátil) e simulação

1.3.1 Questionário

Sendo o principal objetivo deste estudo saber como o vento influencia as manobras de aproximação, atracação e largada de navios de grandes dimensões no Porto de Sines, o processo e instrumento de recolha de dados, foi elaborado através de um questionário dirigido aos Comandantes dos navios, de um boletim de manobra para o piloto de barra nomeado para manobra, à gravação de algumas manobras através da utilização do *PPU* e ainda houve a oportunidade de simular algumas das manobras realizadas no Porto de Sines.

Através de questionários aos Comandantes, tentou-se identificar as dificuldades provocadas pelo vento e as zonas de maior risco, verificando qual a opinião e perceção que cada um tem durante a manobra em espaços restritos. Seguidamente, através do boletim de manobra,

procuraram-se agrupar os vários tipos de navios, caracterizando a direção e a intensidade do vento e identificar o mesmo tipo de dificuldade.

O boletim de manobra consiste num relatório resumido usado para transmitir, de forma sucinta e esquemática, os resultados de uma análise. É utilizado, sobretudo quando os parâmetros em análise são de natureza quantitativa, mas pode também ser uma descrição objetiva e concisa de observações efetuadas.

O boletim de manobra foi baseado na “*Pilot Card*” que os navios apresentam ao piloto quando este vai a bordo e na folha de “Registo de Manobra”, que o próprio piloto elabora na presença do Comandante e através da qual obtém a sua concordância para a execução da manobra.

O questionário é composto por questões elaboradas em sequência desde que se inicia a aproximação ao porto até que o navio esteja atracado. É composto por duas partes, sendo a primeira sobre os aspetos críticos ou zonas de maior risco da manobra e a segunda parte sobre a influência do vento no navio, segundo a opinião do Comandante. O questionário encontra-se em anexo.

Optou-se pelo questionário de respostas fechadas, devido ao facto de haver uma “vantagem dupla de diminuir o trabalho envolvido na codificação. Permitindo uma maior economia de recursos e uma maior rapidez no tratamento dos dados, e de assegurar uma maior objetividade”, (Moreira, 2003), mas também devido ao tempo disponível para responder, assim, optou-se por um questionário curto e conciso, de forma a não originar respostas omissas ou recusas de participação.

O questionário é constituído por uma introdução que contém uma breve descrição do objetivo do estudo presente e um agradecimento pela colaboração; seguidamente tem o boletim de manobra a preencher pelo piloto que efetuou a manobra, onde se retiram as características gerais do navio, ou seja, comprimento fora a fora, *DWT*, calado médio, boca, potência da máquina principal, impulsor de proa e respetiva potência, tipo de passo, o número e a força de tração dos rebocadores utilizados. O piloto completa também uma tabela onde se caracteriza o vento (velocidade e direção). A última parte é elaborada pelo Comandante, e contém 13 itens

desde a aproximação ao porto até que o navio esteja atracado ao cais e pretende identificar quais as zonas de maior dificuldade/ risco na manobra.

No questionário de largada, optou-se por ter apenas 3 itens de forma a avaliar o efeito do vento.

Todas as respostas são fechadas, como referido anteriormente, tentando contornar as desvantagens deste tipo de questões, as alternativas foram elaboradas de forma exaustiva, tentando contemplar todas as possibilidades.

As alternativas de resposta estão organizadas por escalas de 1 a 5:

- Em relação aos pontos críticos durante a aproximação do navio, em que 1 é muito difícil e 5 muito fácil;
- Em relação ao vento atual, em que 1 significa que dificultou bastante e 5 que ajudou bastante;
- Na aproximação com velocidade reduzida e com o navio a navegar avante, na rotação com velocidade reduzida e o navio a navegar avante / a ré, e na aproximação ao cais:
 - O navio aproou
 - O navio afastou a proa do vento
 - Não teve efeito
 - O navio abateu
 - O navio adornou
 - Houve um aumento de velocidade
 - Houve uma diminuição de velocidade
- Na largada com os meios próprios do navio ou com os meios auxiliares externos (rebocadores):
 - Afastou a proa do cais
 - Afastou a popa do cais
 - Afastou completamente do cais
 - Não teve efeito
 - Manteve o navio ao cais

1.3.2 Unidade de piloto portáteis (PPU)

Através do *PPU*, gravaram-se algumas das manobras, o que possibilitou uma melhor compreensão das mesmas, a verificação em campo de qual o efeito do vento no navio e se de facto o que foi respondido nos questionários se ajustou aquilo que aconteceu.

As unidades-piloto portáteis ou *PPU*, são dispositivos de ajuda à navegação na aproximação aos portos e no seu interior, em áreas em que os obstáculos constituem impedimentos ao progresso seguro do navio.

Este equipamento utiliza o *GPS* como base de diferenciamento.

No Porto de Sines o software utilizado é o “Qastor” e contém recursos tais como:

- Perigo, deteção e prevenção;
- Planeamento de rotas e verificação detalhada;
- Dinâmica e profundidade abaixo da quilha;
- Navegação precisa em águas confinadas;
- Redução da maré em tempo real;
- Previsão do navio;
- Integração do *AIS* e visualizador do alvo com funções avançadas *CPA*;
- Gravação e reprodução;
- *DXF* sobreposição;

Possui um modo de navegação que calcula a posição, a proa verdadeira, o rumo, a previsão do movimento evolutivo, a velocidade em relação ao fundo bem como a sua velocidade de rotação angular, deteta distâncias a estruturas perigosas, faz a redução da maré, o cálculo do calado aéreo e do “pé de piloto⁶” do navio, tudo em tempo real.

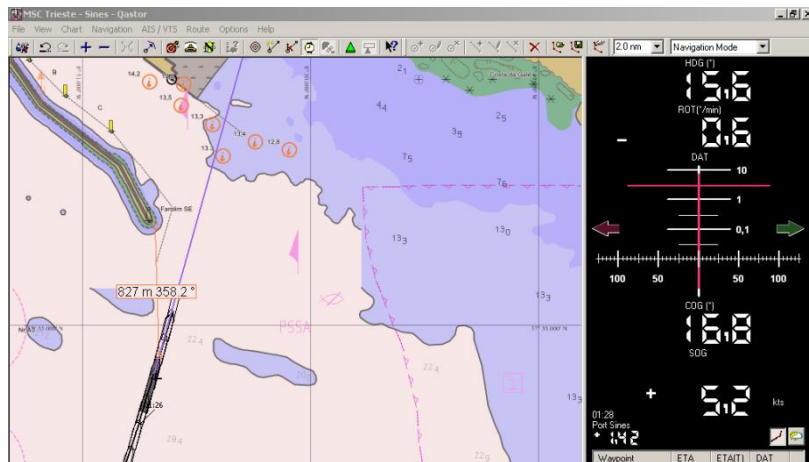


Figura 32 - Modo de navegação no PPU

Fonte: o autor

A grande maioria dos sistemas utilizam informação *GPS/DGPS* através do *Pilot Plug* do *AIS*, mas já existem alguns com informação própria *GPS/DGPS* obtida pelo próprio equipamento, pelo processo de comparação da fase das duas antenas. A gravação e reprodução da manobra são possíveis bem como a atualização das cartas de navegação.

Para além do modo de navegação descrito acima, possui também o modo de atracação, no qual obtemos informação da posição do navio em relação ao cais de acostagem, as distâncias laterais, velocidade lateral da proa e da popa e ainda o ângulo de ataque ao cais.

⁶ Segundo o Instituto Hidrográfico, constitui a distância mínima a manter entre a parte mais imersa do navio (casco e acessórios) e o leito do mar, canal, lago ou rio, fixada pelo navegante de acordo com o seu critério para as diferentes situações, de modo a evitar acidentes.

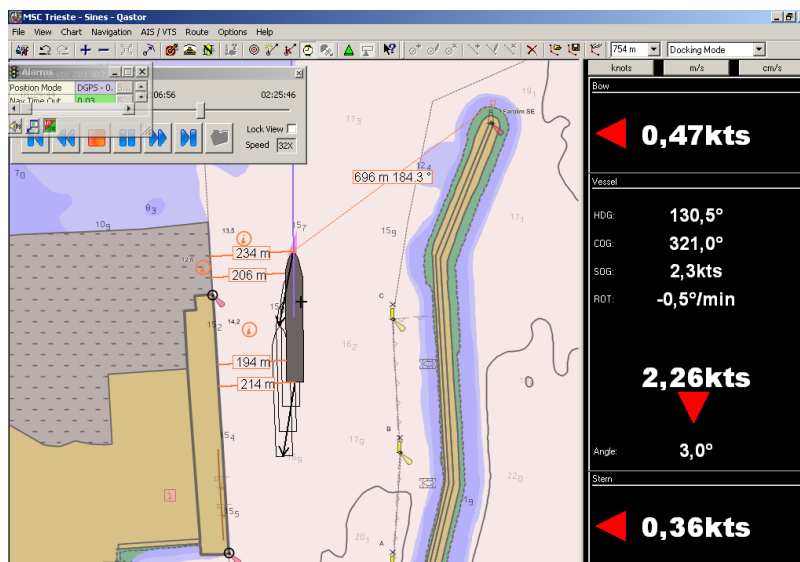


Figura 33 - Modo de atracação no PPU

Fonte: o autor

Como todos os equipamentos, o *PPU* também tem limitações, existindo por vezes incompatibilidade da informação recebida quer do navio quer do *PPU*, erros de comunicação no carregamento das características dos navios e respetivos resguardos e interferências no equipamento de comando da ponte. Estas unidades, apesar de constituírem uma preciosa ajuda à manobra hoje em dia, ainda não são certificadas.

1.3.3 Simulação

Os simuladores atuais reproduzem virtualmente ambientes reais ou imaginários e são cada vez mais aplicados em diversas áreas.

Quando se fala em formação de pilotos de barra, os simuladores são uma das opções a considerar visto haver uma considerável redução de custos e riscos, e pelo facto de se manter o controlo total das situações (condições meteorológicas, situações de emergência e falhas) que se pretende simular, além de que se consegue avaliar a simulação que foi feita e discuti-la ou comentá-la, analisando os eventuais erros e aprofundar o risco de cada manobra.

Houve a oportunidade de testar e avaliar situações possíveis de ocorrer durante as manobras de atracação e largada de navios porta-contentores e de gás natural, bem como testar as

dificuldades e condicionantes na interação rebocador/ navio em dois simuladores, um em Madrid e outro em Gotemburgo.

O simulador da Siport21 em Madrid é bastante realista, foi desenvolvido pela MARIN-MSCN⁷, segundo a própria Siport21 (2012) “reproduz o comportamento de um navio específico durante a execução das manobras de entrada ou saída do porto, submetido à ação dos agentes ambientais (vento, corrente, ondulação, profundidade limitada, sucção da margem, etc.) e auxiliado, se for o caso, por rebocadores. A instrumentação disponível na ponte de comando inclui elementos de controlo, indicadores e um sistema de intercomunicação com o porto, navios próximos e rebocadores. A imagem da vista da ponte é gerada por computador através de um sistema visual de alto desempenho, é apresentada num ecrã com amplitude horizontal de 260°, que permite uma correta perceção visual do progresso das manobras de aproximação e uma imersão total no ambiente simulado.”

O simulador em Gotemburgo utilizado para a simulação de manobras no terminal XXI, é bastante realista e foi desenvolvido pela Force Technology.

Este simulador está instalado numa sala que dispõe de todos os comandos e instrumentos de navegação e simulação, é composto por duas consolas, uma com os comandos do navio e outra com os comandos do rebocador, podendo interagir entre elas ou separadamente. Permite uma visão em tempo real do movimento do navio num ângulo de 360°.

1.4 Processo e tratamento de dados

1.4.1 SPSS

O tratamento estatístico dado ao boletim de manobra e aos questionários foi elaborado com o programa *SPSS*⁸.

Optou-se por fazer um questionário para a manobra de atração e outro para a manobra de largada. Visto que na largada do navio, o tempo de duração da manobra é menor e por isso

⁷ Maritime Research Institute Netherlands

⁸ SPSS- Statistical Package for the Social Sciences, aplicativo estatístico com variadas funções que permite analisar bases de dados com grandes dimensões.

existir menos tempo para a resposta do Comandante, o questionário da largada foi preenchido pelo piloto que efetuou a manobra.

No boletim de manobra, efetuou-se a recolha dos dados relativos ao navio, o tipo de navio a que se referia o questionário (navio porta-contentores, de gás natural, graneis sólidos ou líquidos), se era uma manobra de atracação ou de largada, uma média do comprimento fora a fora, da potência da máquina principal e do *DWT* dos navios inquiridos, qual o número de rebocadores utilizados na manobra e se os navios possuíam impulsor de proa ou de popa.

No questionário aos Comandantes, as perguntas foram divididas em duas partes, na primeira parte foi feita uma análise da manobra de aproximação e atracação e na segunda parte uma análise da manobra com as condições de vento atuais.

O objetivo na primeira parte do questionário era identificar os pontos críticos na manobra de aproximação e de atracação numa escala de 1 a 5, em que 5 a aproximação (por exemplo) era considerada muito fácil e 1 extremamente difícil. O questionário iniciou-se assim pela aproximação ao local de embarque de piloto, depois a manobra para proporcionar o melhor abrigo ao embarque do piloto, seguiu-se o momento de estabelecer os rebocadores ao navio, rotação do navio na bacia de manobra, o número de rebocadores utilizados na manobra e adequação dos meios auxiliares do navio e os próprios rebocadores em situação de emergência.

Na segunda parte, tentou-se compreender em que medida é que as condições de vento atuais tinham influenciado a manobra de aproximação, rotação, atracação e aproximação ao cais.

No caso de uma manobra de largada, as perguntas eram diferentes e o objetivo era saber como o vento tinha influenciado a largada do navio, se o navio utilizou os próprios meios ou se foram usados rebocadores.

Através do *PPU*, o objetivo era confirmar as respostas dos Comandantes ao questionário e compará-las com o que aconteceu na realidade, apesar de só se ter conseguido gravar algumas das manobras em que foi entregue questionário.

Como surgiu a oportunidade de se simularem manobras com navios porta-contentores e navios de transporte de gás natural, efetuaram-se comparações do acontecido na realidade com o que foi feito em ambiente simulado.

1.5 Caracterização dos sujeitos

O Comandante do navio é a autoridade máxima a bordo de um navio, ele é encarregue do governo e da expedição do navio, e nesta qualidade é responsável pelas faltas que cometer no exercício das suas funções, ele goza dos necessários poderes de representação judicial e extrajudicial fora do local da sede do proprietário ou do armador. Segundo o Decreto de Lei nº384/99, artigo 5º “capitão exerce os poderes conferidos, por lei ou contrato, com vista à boa condução da expedição marítima, designadamente os respeitantes ao navio, à carga e a quaisquer outros interesses naqueles envolvidos. (..)”.

Em relação, à obrigatoriedade de ter piloto a bordo, o mesmo decreto de lei, artigo 6º e) “A tomar piloto ou práctico em todas as barras de portos ou outras paragens, sempre que a lei, o costume ou a normal diligência o determinem”, apesar de ter piloto a bordo as suas responsabilidades não são afetadas, segundo o artigo 7º refere que “ Navegação com piloto 1 — O piloto, em quaisquer circunstâncias, é um assessor do capitão, o que não afecta a responsabilidade deste, do armador ou do proprietário do navio perante terceiros.”.

“O Piloto de Barra é uma figura antiga, sendo talvez uma das profissões mais antigas do mundo. Reza a história que já no antigo Egipto existiam Pilotos e nessa altura eram os pescadores, que conheciam muito bem os acessos e tinham a prática da pesca, que conduziam os navios a bom porto” (Correia, S.D.) . O primeiro regulamento de Pilotagem surgiu em 1824, mas só foi publicado em 1839.

Hoje em dia os Pilotos de Barra têm um conhecimento especializado sobre os navios e manobra em águas restritas, para além disso, têm de ter conhecimentos técnicos sobre o Porto em que exercem a sua função, como seja o tipo de fundos, as condições meteorológicas permanentes e os meios que podem utilizar.

A primeira coisa que o piloto da barra faz, quando chega a bordo de um navio é explicar cuidadosamente ao comandante qual será o trajeto que o navio seguirá, a manobra a efetuar, os meios a utilizar, as condições de tempo e toda a outra informação essencial à manobra para que o navio chegue em segurança ao cais. Por sua vez o Comandante, como está familiarizado com o navio transmite-lhe toda a informação necessária relativamente ao mesmo.

Segundo Dinis Pestana (2006) “chama-se população ao conjunto de todos os valores que descrevem o fenómeno que interessa ao investigador”. Neste estudo foi estabelecido que a população alvo eram todos os navios que escalassem o Porto de Sines entre os meses de fevereiro e julho de 2014. No que respeita à dimensão do universo de estudo, refere-se que durante este período houve 1589 manobras no Porto de Sines.

Dada a impossibilidade de estendermos o estudo a todas as manobras, houve necessidade de se proceder a uma seleção de modo a obtermos uma amostra significativa, assim sendo, decidiu-se constituí-la por todos os navios de transporte de graneis sólidos, líquidos e de gás natural com mais de 250 metros de comprimento fora a fora e navios porta-contentores com mais de 270 metros de comprimento fora a fora, que escalassem o Porto de Sines entre os meses anteriormente referidos e em que a força do vento fosse superior a 15 nós.

Dos dados recolhidos sabe-se que no Porto de Sines, das 1589 manobras efetuadas, 68,03% corresponderam a navios que estavam fora dos limites para o presente estudo e em 23,66% o vento era inferior a 15 nós apesar destes navios terem as dimensões acordadas. Assim, apenas foram analisados 6,54% das manobras efetuadas o que correspondeu a 104 questionários, em que 54 correspondem a atracções de navios e 50 a largadas de navio. O Gráfico 5 - Movimentos entre fevereiro e junho de 2014 no Porto de Sines apresenta as percentagens referidas anteriormente.

Movimentos entre fevereiro e junho de 2014

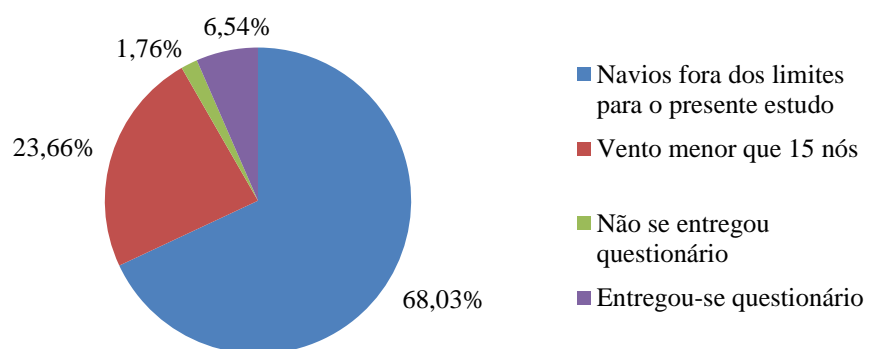


Gráfico 5 - Movimentos entre fevereiro e junho de 2014 no Porto de Sines

Fonte: o autor

Capítulo 2. Apresentação, análise e interpretação dos dados.

Os resultados dos questionários são apresentados em forma de gráficos e tabelas acompanhados de uma análise descritiva.

2.1 Análise do boletim de manobra

Através do boletim de manobra tentou saber-se quais os tipos de navios que mais escalam o Porto de Sines e quais as suas características principais.

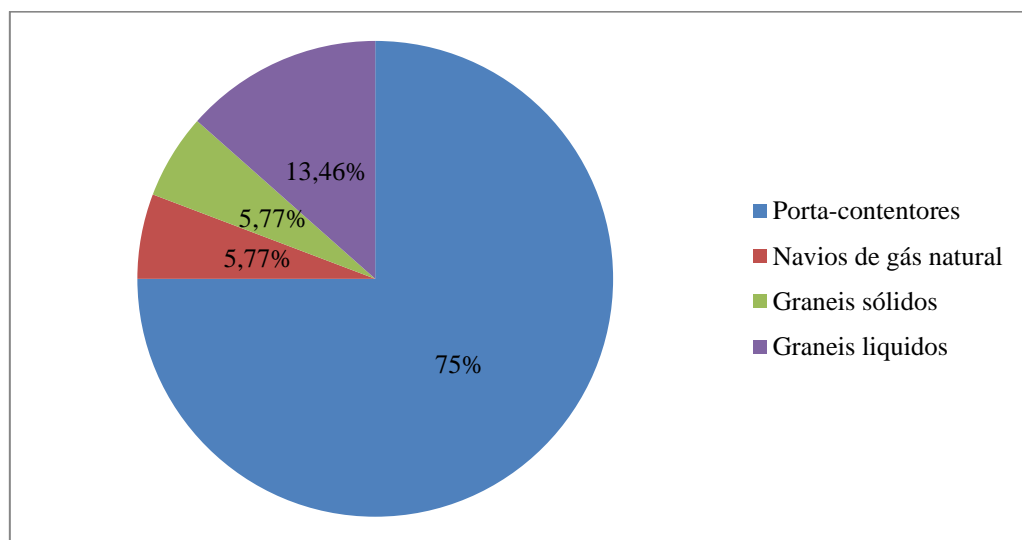


Gráfico 6 - Navios analisados

Fonte: o autor

Dos questionários entregues, 75% corresponderam a navios porta-contentores, 13,46% a navios de transporte de graneis líquidos e 5,77% a navios de transporte de gás natural e graneis sólidos.

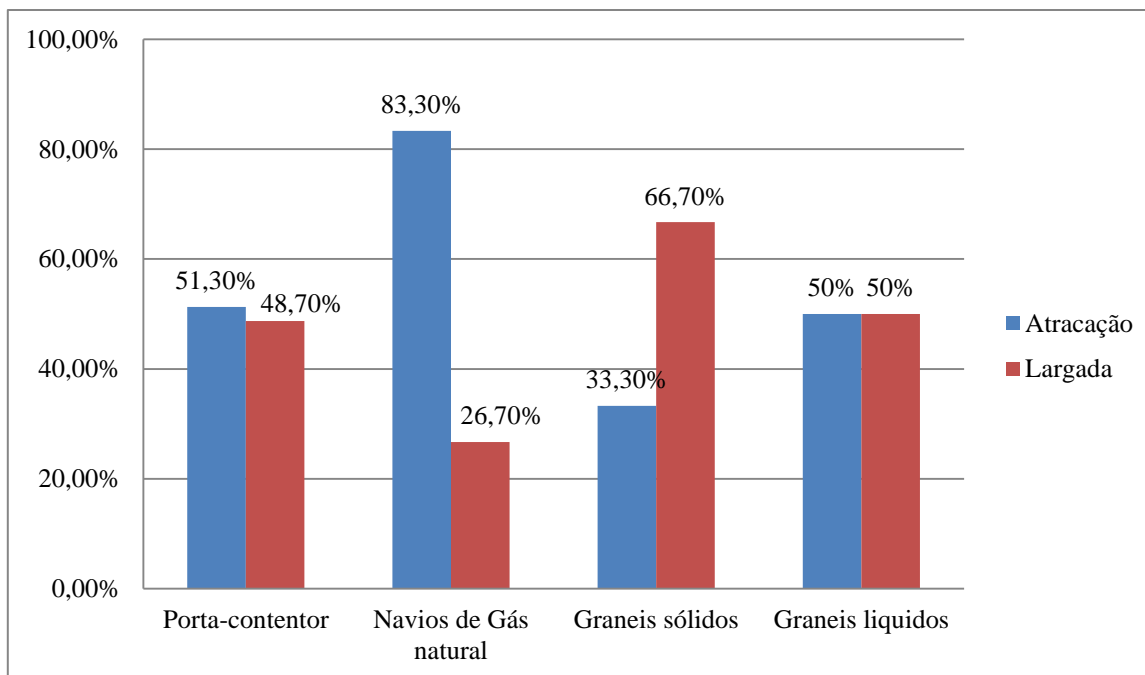


Gráfico 7 - Questionários entregues na atracação ou largada por tipo de navio

Fonte: o autor

O número de questionários entregues, tanto nas atracações como nas largadas, foi semelhante excepto nos navios de transporte de gás natural em que se contabilizaram 83,30% de questionários entregues na atracação do navio, e nos graneis sólidos em que só se contabilizaram 33,30% de questionários entregues na atracação do navio. Isto prende-se com o facto de o vento ser um fator não controlável e o nosso limite ter contemplado ventos superiores a 15 nós.

A média de comprimento fora a fora dos navios analisados foi de 299,81 metros, sendo o *DWT* médio de 96714,34. A potência da máquina principal em média é de 60327,51 *hp*.

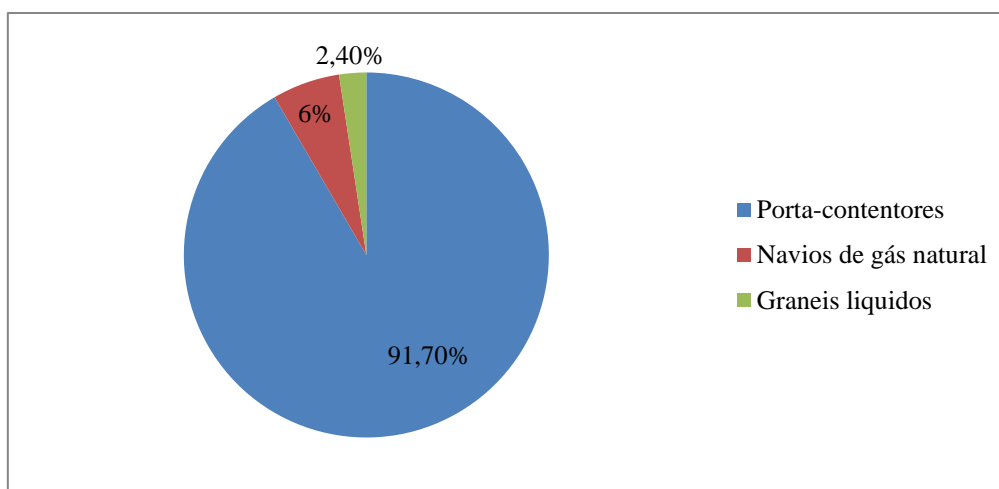


Gráfico 8 - Percentagem de impulsores de proa nos navios analisados

Fonte: o autor

Dos navios analisados sabe-se que 91,7% dos porta-contentores possuía impulsor de proa, apenas 6% nos navios de transporte de gás natural possuíam este equipamento e que nos graneis sólidos, nenhum dos navios estava equipado com esse equipamento auxiliar de manobra. Nos graneis líquidos, apenas um navio equipado com impulsor de proa, o que correspondeu a uma percentagem de 2,4%, sendo de notar que este navio se encontrava também equipado com hélice de passo variável.

Os navios analisados são todos de passo fixo, excepto um navio de transporte de graneis líquidos.

Tipo de navio/ Número de rebocadores utilizados	0	1	2	3	4	5
Porta-contentores	6,4%	47,4%	46,2%			
Navios de gás natural					83,3%	16,7%
Graneis sólidos				66,7%	33,3%	
Graneis líquidos				35,7%	64,3%	
Total	4,8%	35,6%	34,6%	8,7%	15,4%	1,0%

Tabela 11- Número de rebocadores utilizados por manobra

Fonte: o autor

Como foi dito anteriormente, para as manobras de navios de transporte de gás natural, graneis líquidos e graneis sólidos o número de rebocadores a utilizar já se encontra definido através do Regulamento de Exploração do Porto de Sines e respetivas normas, sendo esse conjunto

pré definido de meios de uso obrigatório, podendo no entanto ser aumentado, por questões meteorológicas ou outras de ordem técnica, mas nunca reduzido. No caso dos navios porta-contentores, o número de rebocadores a utilizar na manobra será requisitado caso a caso, conforme as instruções do piloto, baseando-se nas condições de tempo e mar e nas características próprias dos navios.

Das manobras analisadas, consegue verificar-se a utilização de um ou dois rebocadores para os navios porta-contentores. A utilização de 5 rebocadores acontece nas manobras de navios de transporte de gás natural Q-Flex, que atualmente escalam o porto de Sines.

2.2 Análise da manobra de aproximação e de atracação

2.2.1 Aproximação à área de embarque do piloto

A primeira pergunta tinha como objetivo saber qual a dificuldade do Comandante na aproximação à área para embarque de piloto.

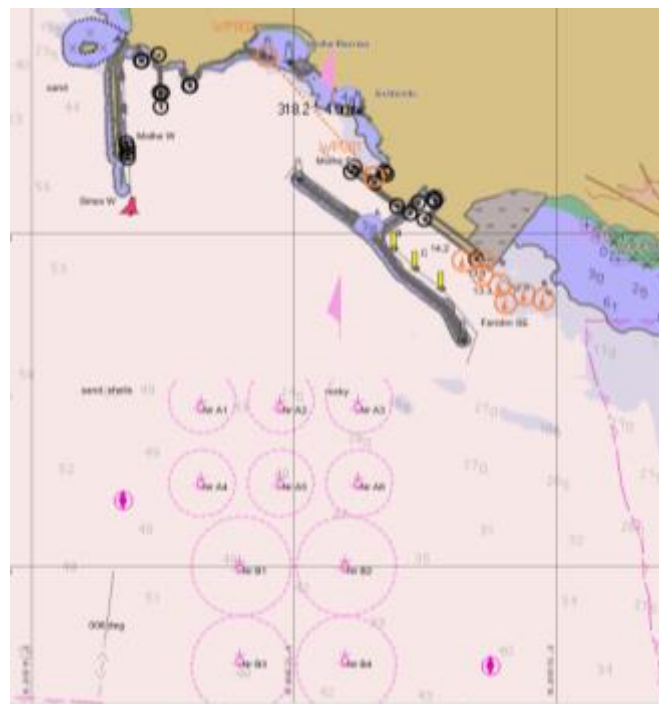


Figura 34 - Aproximação à área de embarque de piloto

Fonte: o autor

A posição de embarque de piloto situada a norte, é utilizada pelos navios que se dirigem para o terminal de graneis sólidos, líquidos, carga geral e de gás natural; enquanto a posição de embarque de piloto situada a sul é utilizada pelos navios que se dirigem para o terminal XXI.

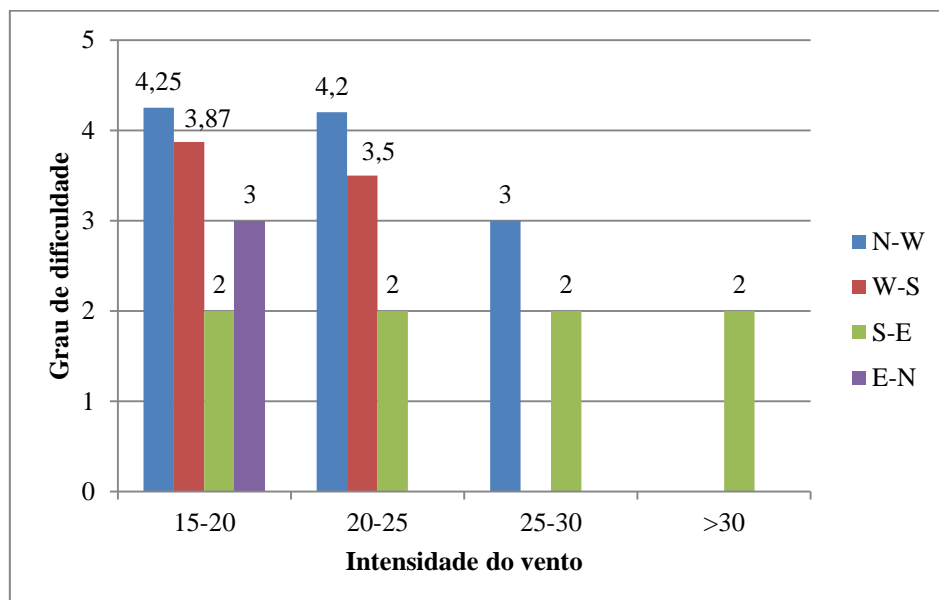


Gráfico 9 - Aproximação à área de embarque de piloto nos navios porta-contentores

Fonte: o autor

Analisando as respostas obtidas nos navios porta-contentores, verificou-se que com intensidades de vento entre os 15 e 20 nós, a maioria dos comandantes entende a aproximação como muito fácil quando o vento é entre norte e oeste, verificando-se o valor mais baixo, ou seja difícil, quando o vento tem direção entre sul e leste. Com uma intensidade de vento na casa dos 20/25 nós, verifica-se o valor mais elevado para direções entre norte e oeste e o valor mais baixo entre sul e leste. A partir dos 25 nós, o valor mais alto encontra-se quando o vento está entre norte e oeste, segundo os questionários a aproximação é normal, e os valores mais baixos encontram-se quando o vento se encontra entre sul e leste.

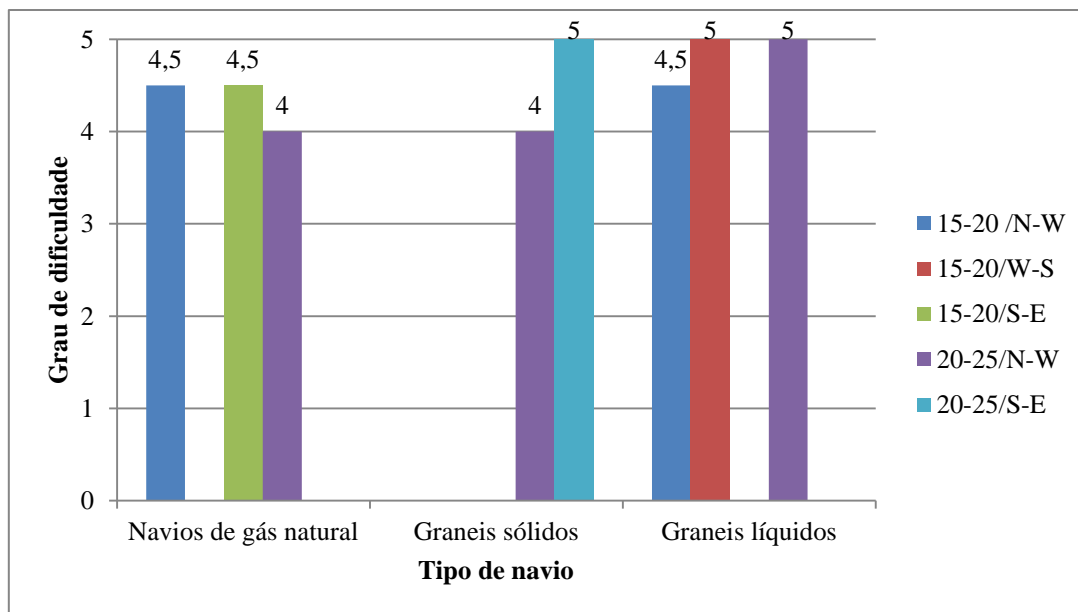


Gráfico 10 - Aproximação à área de embarque de piloto nos navios de transporte de gás natural, graneis líquidos e sólidos

Fonte: o autor

Nos navios de transporte de gás natural, a intensidade máxima verificada situou-se entre os 20 e os 25 nós (sendo especificamente de rajada) e foi com essa intensidade e direção entre norte e oeste que se obteve o valor mais baixo (aproximação considerada fácil). Os valores mais altos foram registados com intensidade entre 15/20 nós entre norte e oeste e entre sul e leste. Nas restantes opções não houve dados.

Nos navios de transporte de graneis sólidos, a situação com valores mais altos ocorre com ventos de intensidades entre os 20/25 nós entre norte e oeste, e a mais baixa com direção norte e oeste, apesar de a diferença ter sido pouca, a aproximação é considerada fácil e muito fácil pelos Comandantes. Com outras intensidades e direções de vento não houve dados.

Nos navios de transporte de graneis líquidos, só se conseguiram recolher dados para intensidades entre os 15/20 nós de vento e direções de norte-oeste e oeste sul e 20/25 nós e direção entre oeste e norte, as situações com pontuações mais altas mantiveram-se em ambos os casos e os Comandantes, nestas situações, foram unânimes na opinião de que a aproximação era bastante acessível/fácil.

Consegue-se então concluir que nos navios porta-contentores, com direções entre sul e leste a aproximação à posição de embarque de piloto é considerada difícil, independentemente da

intensidade. Nas restantes direções esta é considerada muito fácil e acessível, apesar de só se ter valores até aos 25 nós de vento.

Em relação aos navios de transporte de graneis sólidos, líquidos e de gás natural, a aproximação à posição de embarque de piloto é considerada fácil, com a limitação de só haver valores até aos 25 nós de vento.

2.2.2 Posicionamento do navio para o embarque do piloto em segurança

Depois da aproximação e dadas as condições de tempo, é necessário assegurar que o embarque do piloto se efetua em segurança tanto para o navio como para o próprio piloto.

Na figura abaixo, podemos verificar as duas zonas de embarque de piloto, na imagem da esquerda para o terminal de graneis líquidos, petroquímico, multipurpose e de gás natural, na imagem da direita a zona de embarque de piloto para o terminal de contentores.

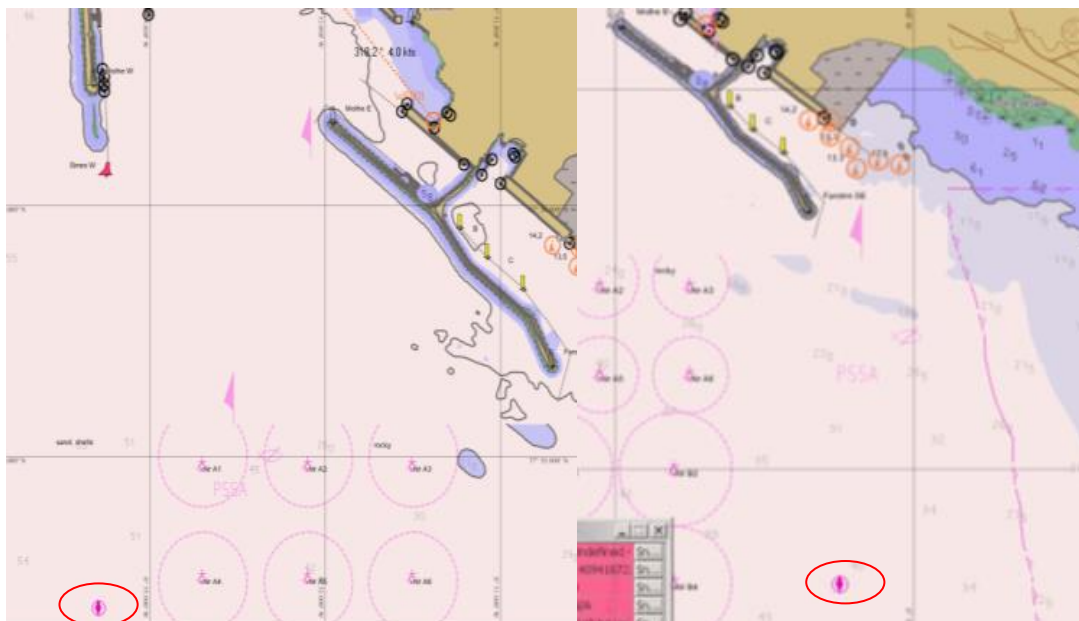


Figura 35 - Área de embarque de piloto

Fonte: o autor

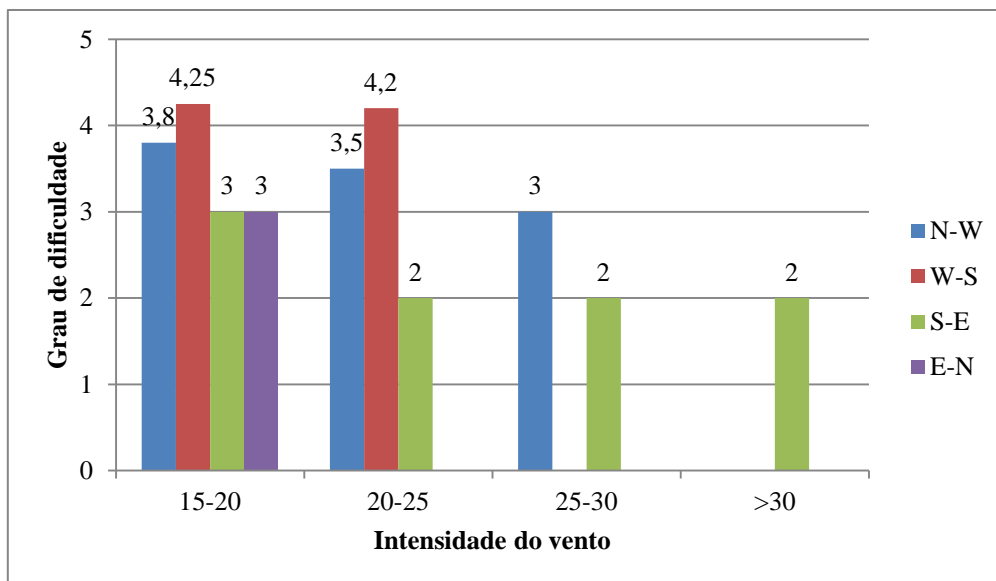


Gráfico 11 - Posicionamento do navio para o embarque do piloto em segurança nos navios porta-contentores

Fonte: o autor

Nos navios porta-contentores, a manobra para proporcionar o melhor abrigo ao embarque do piloto em segurança, é acessível (fácil) quando a intensidade do vento é entre 15/20 e tem direção entre oeste e sul. Quando a intensidade do vento começa a aumentar, os valores vão baixando, sendo que a situação mais difícil ocorre com as direções entre sul e leste, nos restantes casos os Comandantes declaram esta manobra como normal.

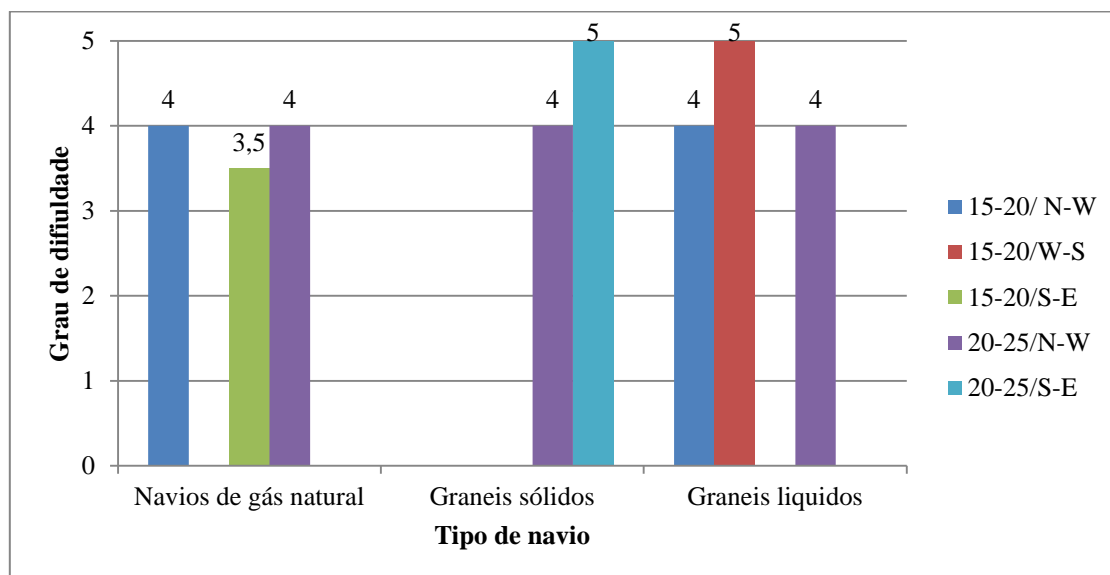


Gráfico 12 - Posicionamento do navio para o embarque do piloto em segurança nos navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos

Fonte: o autor

Pela análise dos questionários, verifica-se a situação com valores mais baixos nos navios de transporte de gás natural com ventos de 15/20 nós e direção entre sul e leste em que a

aproximação é quase normal. Nos navios de transporte de graneis sólidos e líquidos, verificamos que todos os valores se encontram altos, logo esta manobra é considerada bastante acessível para ventos até aos 25 nós.

A manobra para proporcionar o melhor abrigo ao embarque do piloto nos navios porta-contentores é considerada difícil com ventos entre sul e leste e partir dos 20 nós.

No caso dos navios de transporte de graneis sólidos, líquidos e de gás natural, os inquiridos afirmam que esta é acessível.

2.2.3 Estabelecer cabos aos rebocadores

Na ação de estabelecer o cabo do rebocador ao navio, sabe-se que existe sempre alguma dificuldade, tanto da parte do navio como da parte do próprio rebocador, visto que nem sempre as condições meteorológicas são as ideais e pela insuficiência de espaço no convés do rebocador.

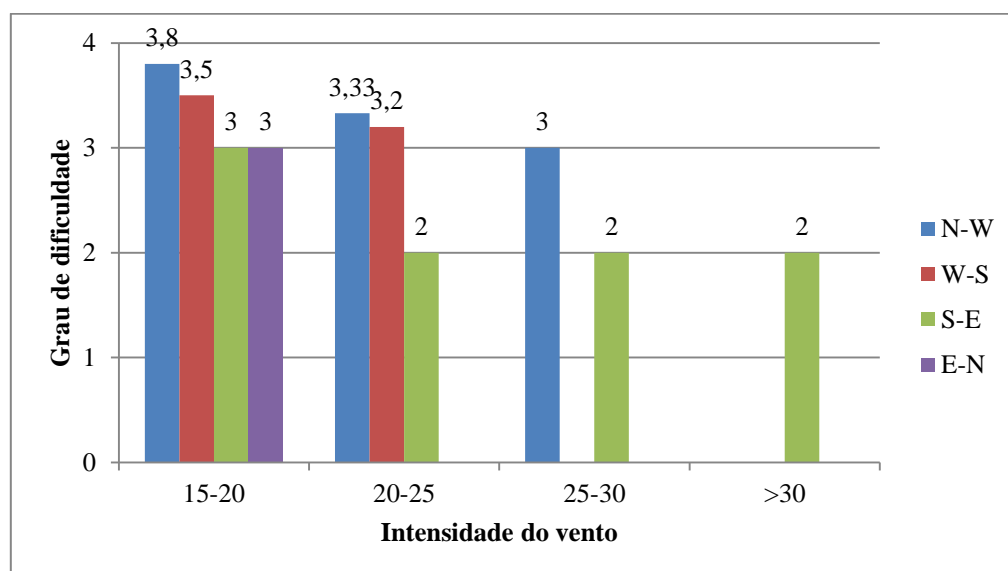


Gráfico 13 - Estabelecer os rebocadores nos navios porta-contentores

Fonte: o autor

No caso dos navios porta-contentores, verifica-se que o ponto mais alto acontece com intensidades de vento entre os 15/20 nós e com direção entre norte e oeste. Quanto mais

intenso o vento, maior a dificuldade, tanto que a pontuação vai baixando mesmo com direções diferentes.

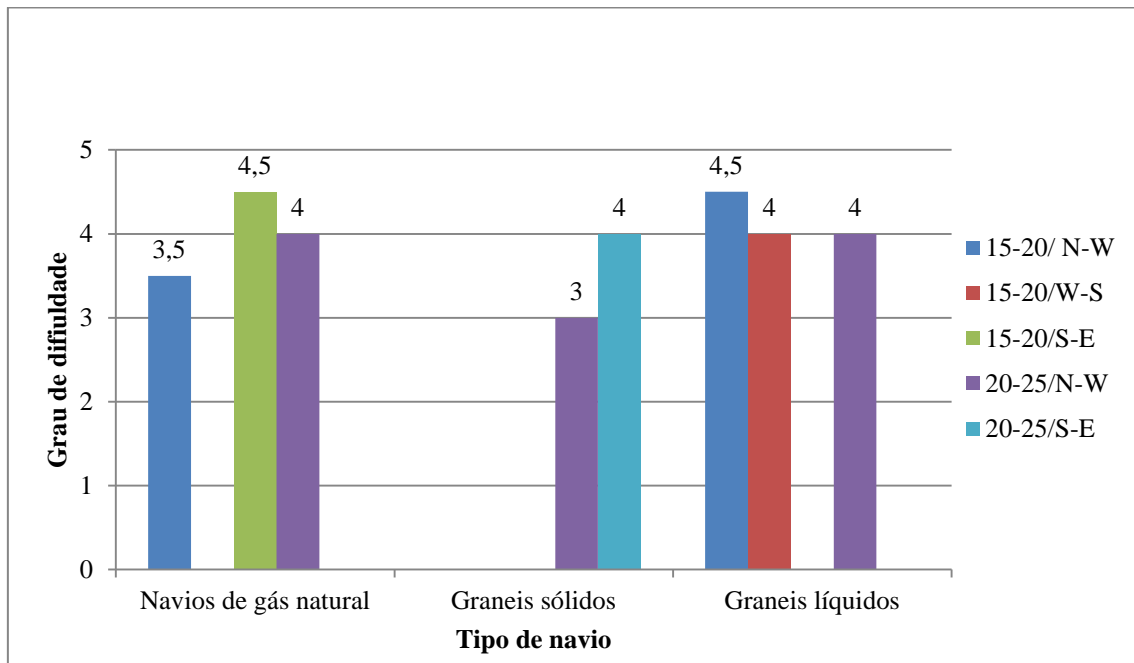


Gráfico 14 - Estabelecer os rebocadores nos navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos

Fonte: o autor

Nos navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos não se conseguiu obter informações para intensidades de vento superiores a 25 nós, mas segundo os dados recolhidos, consegue-se verificar que os Comandantes sentem segurança ao estabelecer os rebocadores independentemente da direção e até intensidades de vento de 25 nós.

Nos navios porta-contentores, o estabelecer o cabo aos rebocadores, verifica-se que com o aumento da intensidade do vento o grau de dificuldade vai aumentando, tanto que com mais de 20 nós de vento com direção entre sul e leste os Comandantes consideram difícil.

Nos restantes tipos de navios, o ato de estabelecer os rebocadores foi considerado fácil.

2.2.4 A bacia de manobra na rotação do navio

O objetivo desta questão era saber se os Comandantes se sentem em segurança com o espaço existente na bacia de manobra e se lhes parece ser suficiente, em termos de área, para as diversas condições de tempo e mar.



Figura 36 - Zona de rotação dos navios porta-contentores

Fonte: o autor

A figura em cima, mostra a zona de rotação de um navio porta-contentores (366 metros de comprimento fora a fora) em que o vento tinha de intensidade entre os 15/20 nós, e a direção entre norte e oeste.

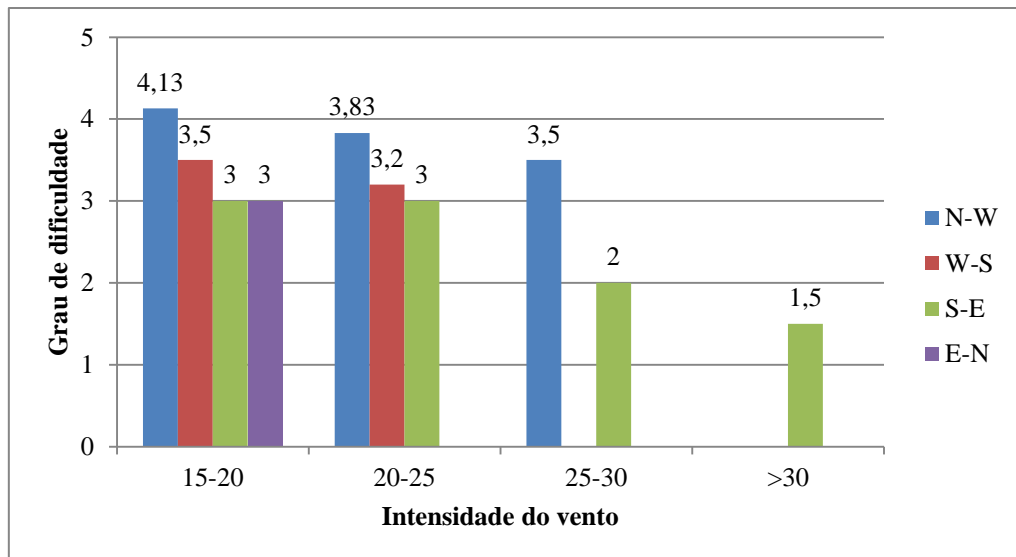


Gráfico 15 - Zona de rotação nos navios porta-contentores

Fonte: o autor

Em relação aos navios de transporte de contentores as opiniões mantêm-se similares, sendo que com ventos até aos 25 nós, os Comandantes consideram a zona de rotação normal, ou mesmo muito acessível, no caso de o vento ser entre norte e oeste. Quando o vento é superior a 25 nós, os valores médios mais baixos encontram-se para direções de sul e leste.



Figura 37 - Zona de rotação para navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos

Fonte: o autor

A figura acima mostra a zona de rotação de um navio de graneis líquidos e um de graneis sólidos. No navio de graneis líquidos a intensidade era de 20/25 nós e a direção entre norte e oeste. No navio de graneis sólidos a intensidade era de 15/20 nós e a direção entre norte e oeste. De notar, que a área de rotação dos navios de transporte de gás natural usualmente é a mesma utilizada pelos navios de transporte de graneis sólidos.

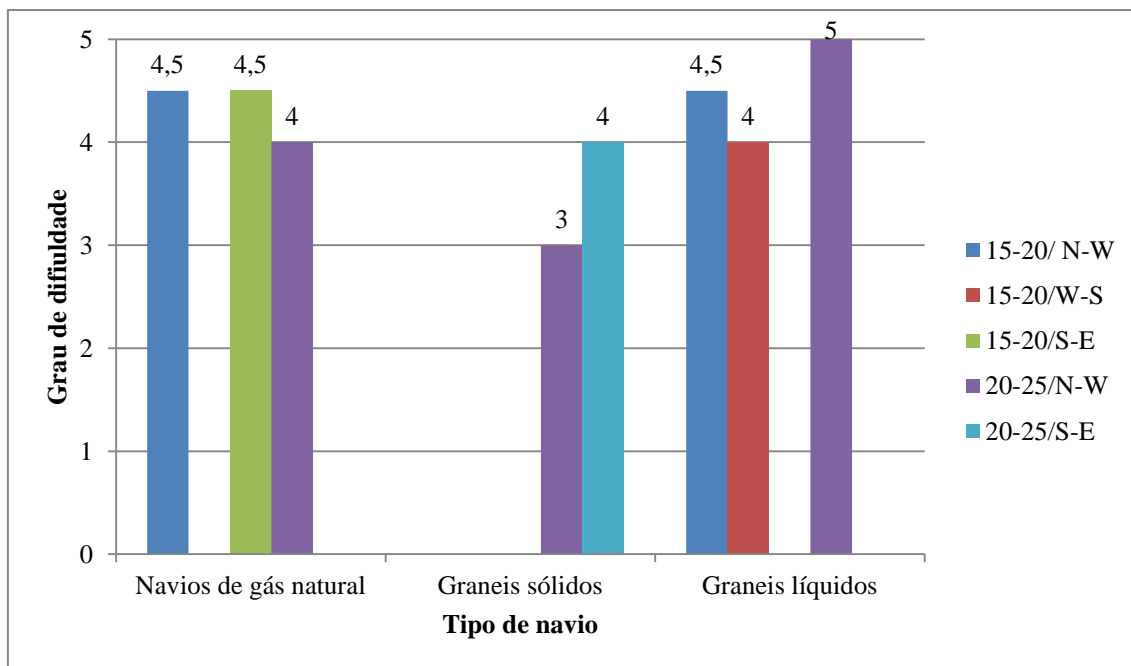


Gráfico 16 - Zona de rotação nos navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos

Fonte: o autor

Nos navios de transporte de gás natural, graneis líquidos e graneis sólidos, não houve dados para ventos superiores a 25 nós, mas segundo os dados recolhidos, a bacia de manobra é suficiente para a rotação do navio. O valor mais baixo ocorreu nos navios de transporte de graneis sólidos, com ventos entre os 20/25 nós e direção entre norte e oeste e foi considerado normal.

Nos navios porta-contentores consegue-se chegar à conclusão que a maior dificuldade é encontrada quando o vento é superior a 25 nós entre sul e leste.

Nos restantes navios, a opinião é unanime e consideram a zona de rotação bastante acessível.

2.2.5 Número de rebocadores utilizados na manobra

Como anteriormente já foi referido, no Porto de Sines está previamente estabelecido o número de rebocadores para cada manobra *standard*, excetuam-se as manobras de navios porta-contentores, em que esse número é estabelecido caso a caso.

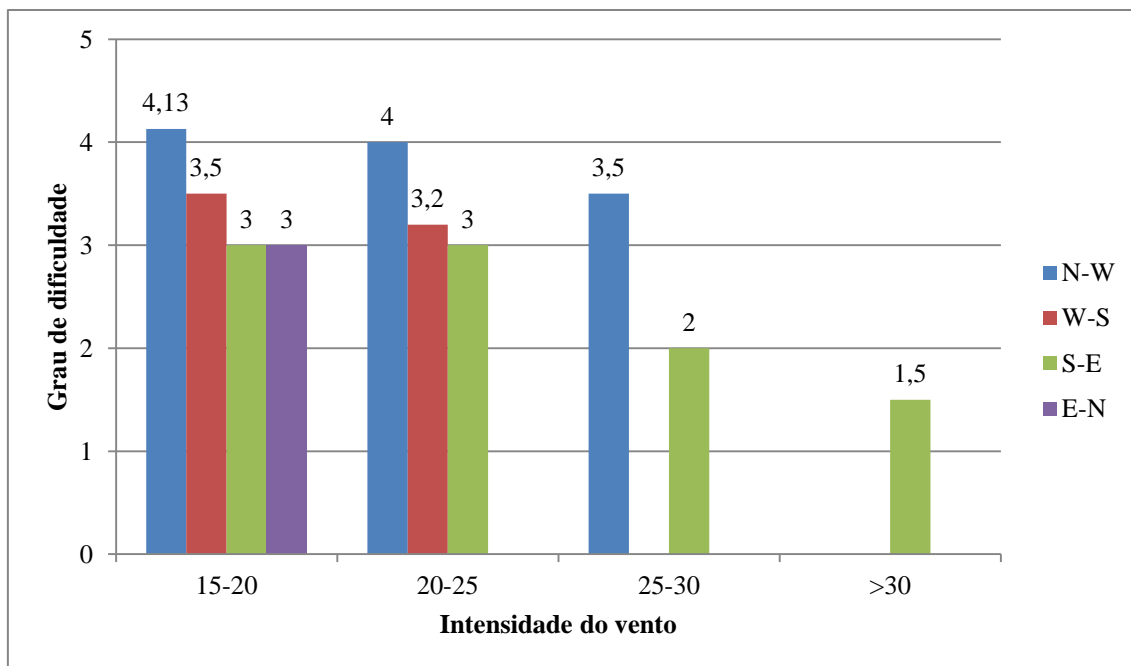


Gráfico 17 - Número de rebocadores utilizados nos navios porta-contentores

Fonte: o autor

Com ventos entre os 15/20 nós, o valor mais alto acontece quando o vento se encontra entre norte e oeste. Verifica-se que com o aumento da intensidade do vento, sobretudo com direções entre sul e leste os valores vão diminuindo ou seja o número de rebocadores vai-se tornando insuficiente para a manobra, segundo os dados recolhidos.

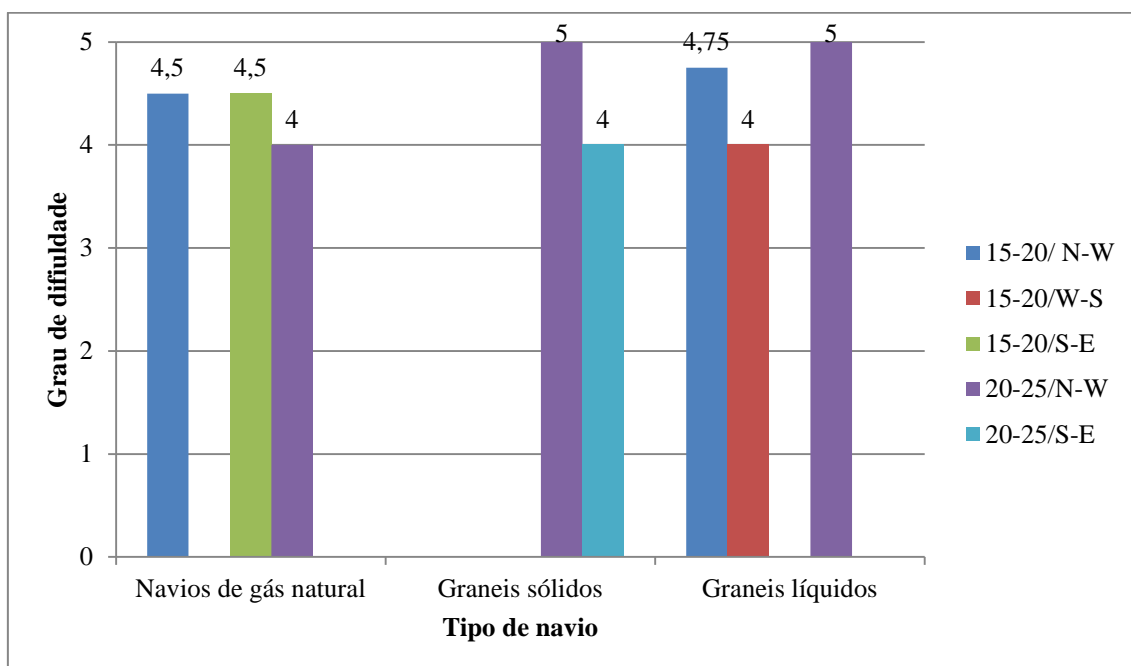


Gráfico 18 - Número de rebocadores utilizados nos navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos

Fonte: o autor

Relativamente aos outros navios, pela análise dos questionários verifica-se que os valores são semelhantes e que os rebocadores utilizados na manobra são adequados e suficientes. Com ventos com mais de 25 nós não houve dados.

Nos navios porta-contentores chega-se à conclusão que com o aumento da intensidade do vento os rebocadores são insuficientes para a manobra, sobretudo para ventos superiores a 25 nós e com direções entre sul e leste.

Nos restantes navios, conclui-se que os rebocadores são suficientes para as intensidades e direções de vento que se puderam apurar pelos questionários.

2.2.6 Adequação do número de rebocadores e dos meios auxiliares do navio em situação de emergência por exemplo, falha de máquina, avaria dos rebocadores

Como meios auxiliares de manobra faz-se referência dos meios próprios do navio, impulsores de proa/popa e máquina principal e aos externos, os rebocadores.

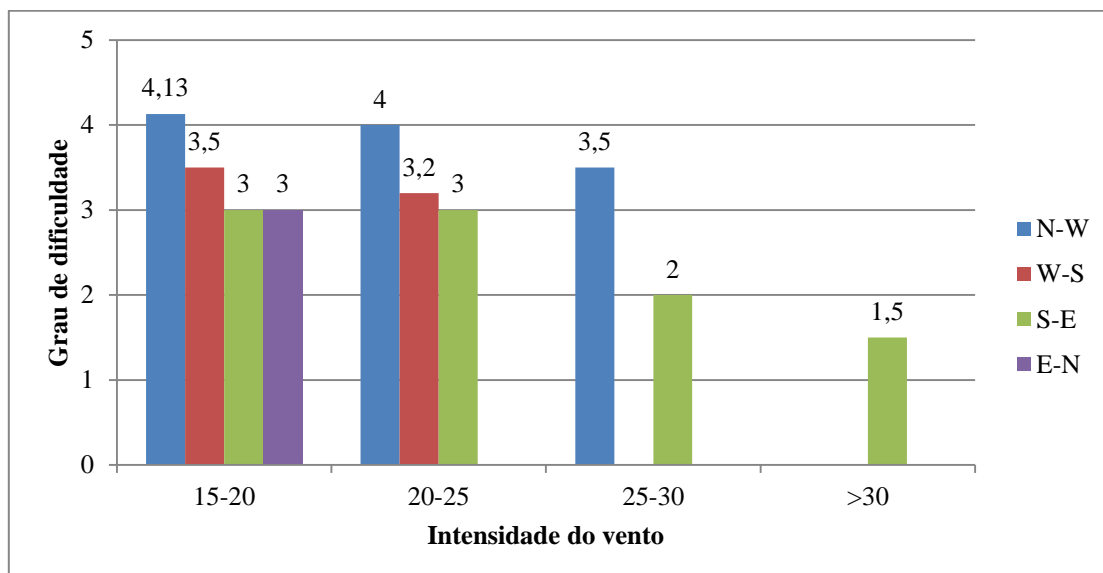


Gráfico 19 - Meios adequados nos navios porta-contentores

Fonte: o autor

Segundo os dados recolhidos, os comandantes dos navios porta-contentores são de opinião que até aos 25 nós de vento os rebocadores e o impulsor de proa são mais que suficientes, no caso de a intensidade de vento ser superior a 25 nós, entre norte e o oeste, estes ainda são

suficientes mas com ventos entre sul e leste a situação agrava-se. A partir dos 30 nós só se recolheram dados com direções entre sul e leste, e neste caso os meios são insuficientes.

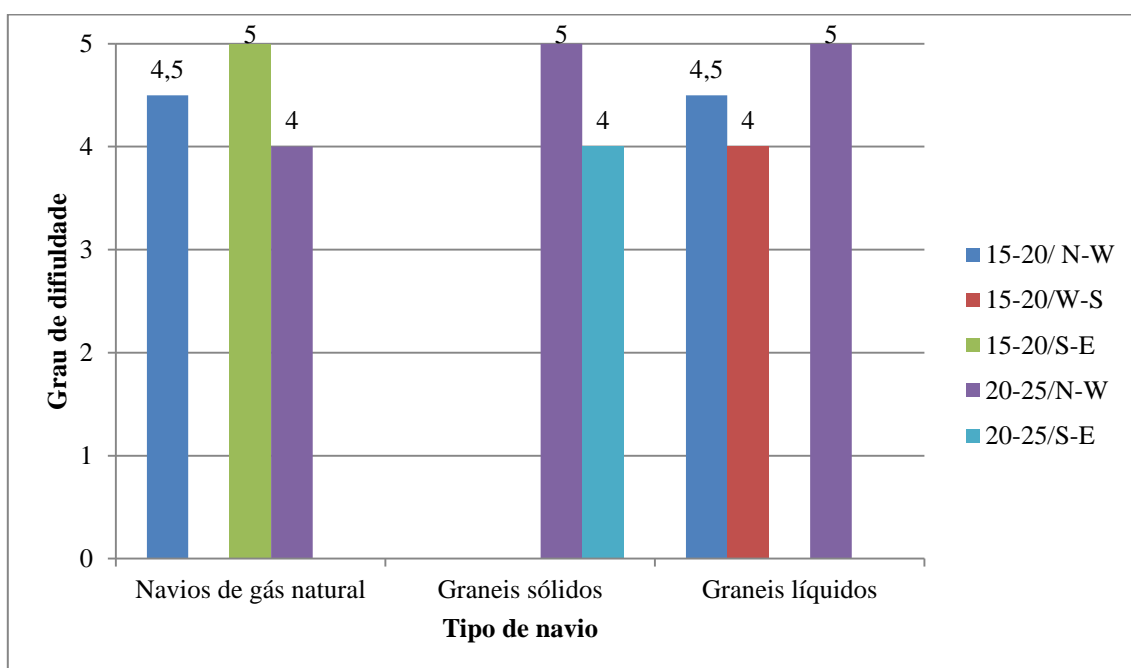


Gráfico 20 - Meios adequados nos navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos

Fonte: o autor

Nos restantes navios, segundo os dados recolhidos, os meios auxiliares internos e externos são mais que suficientes.

Numa situação de emergência, nos navios porta-contentores consegue-se concluir que a partir dos 25 nós de vento e com direção entre sul e este os Comandantes são da opinião que todos os meios disponíveis não são suficientes.

No caso dos restantes navios, os meios disponíveis são suficientes para controlar o navio em caso de uma emergência.

2.3 Análise da manobra com as condições de vento atuais

2.3.1 Em que medida é que o vento influenciou a manobra de aproximação, rotação e atracação

O vento influencia cada tipo de navio de maneira diferente e segundo os dados recolhidos, nos navios porta-contentores, quanto maior a intensidade, independentemente da direção maior a dificuldade.

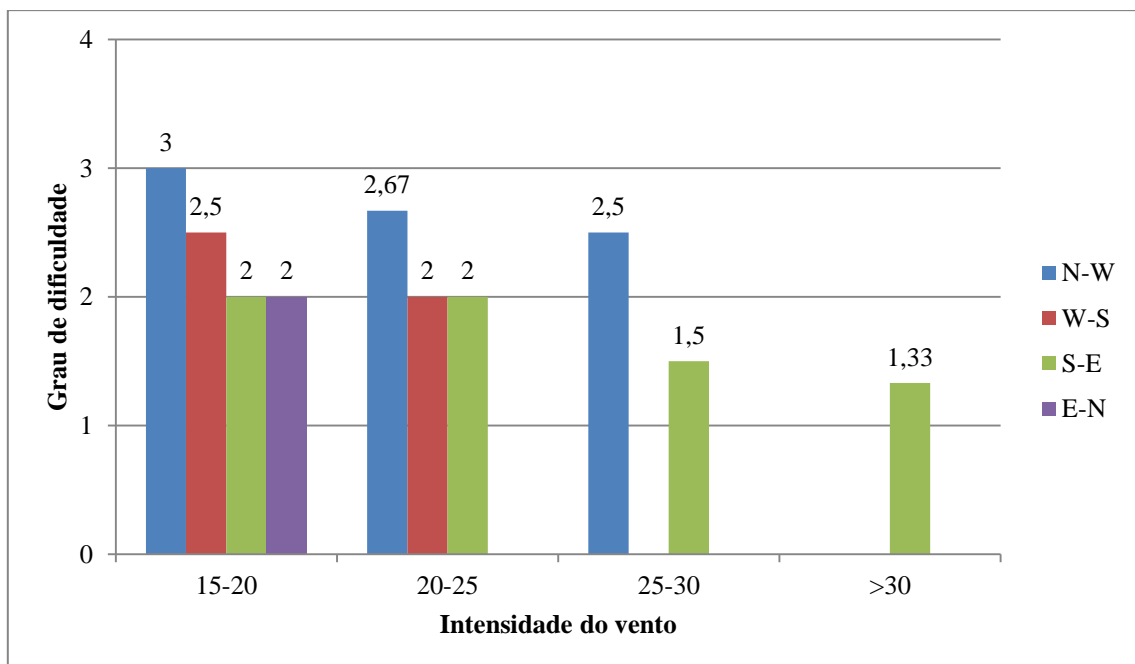


Gráfico 21 - Influência do vento na aproximação dos navios porta-contentores

Fonte: o autor

Segundo a média dos dados recolhidos, verifica-se que a maior dificuldade encontra-se com ventos entre sul e leste.

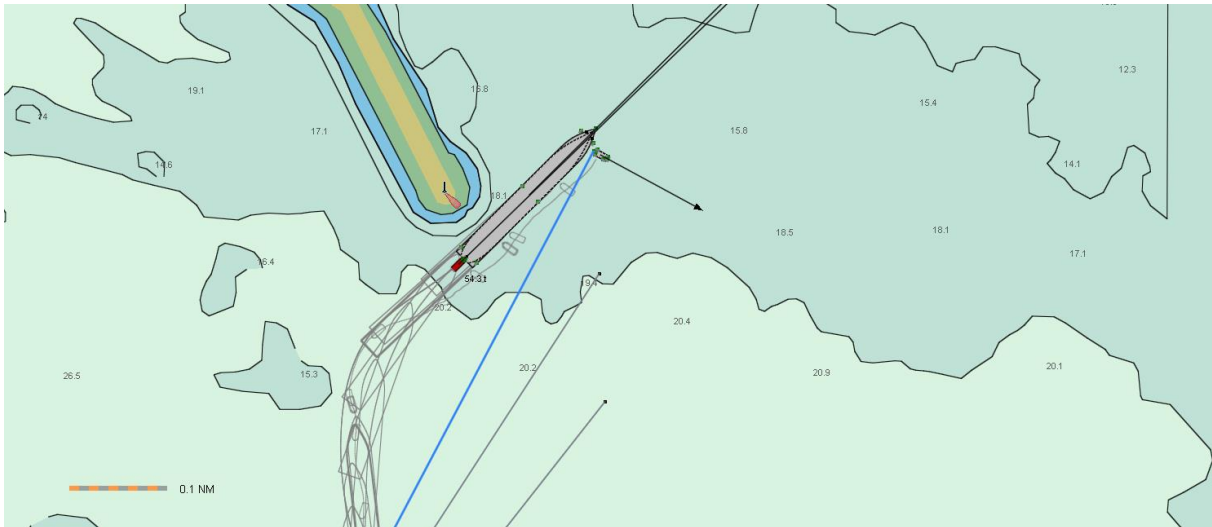


Figura 38 - Simulação de navio porta-contentores com 340 metros de comprimento fora a fora, com vento de noroeste de 24 nós

Fonte: o autor

Na simulação apresentada, verifica-se que o navio estava com tendência a aproar, e que apesar da velocidade de aproximação, houve alguma dificuldade em o controlar. A simulação comprova o que foi retirado dos questionários.

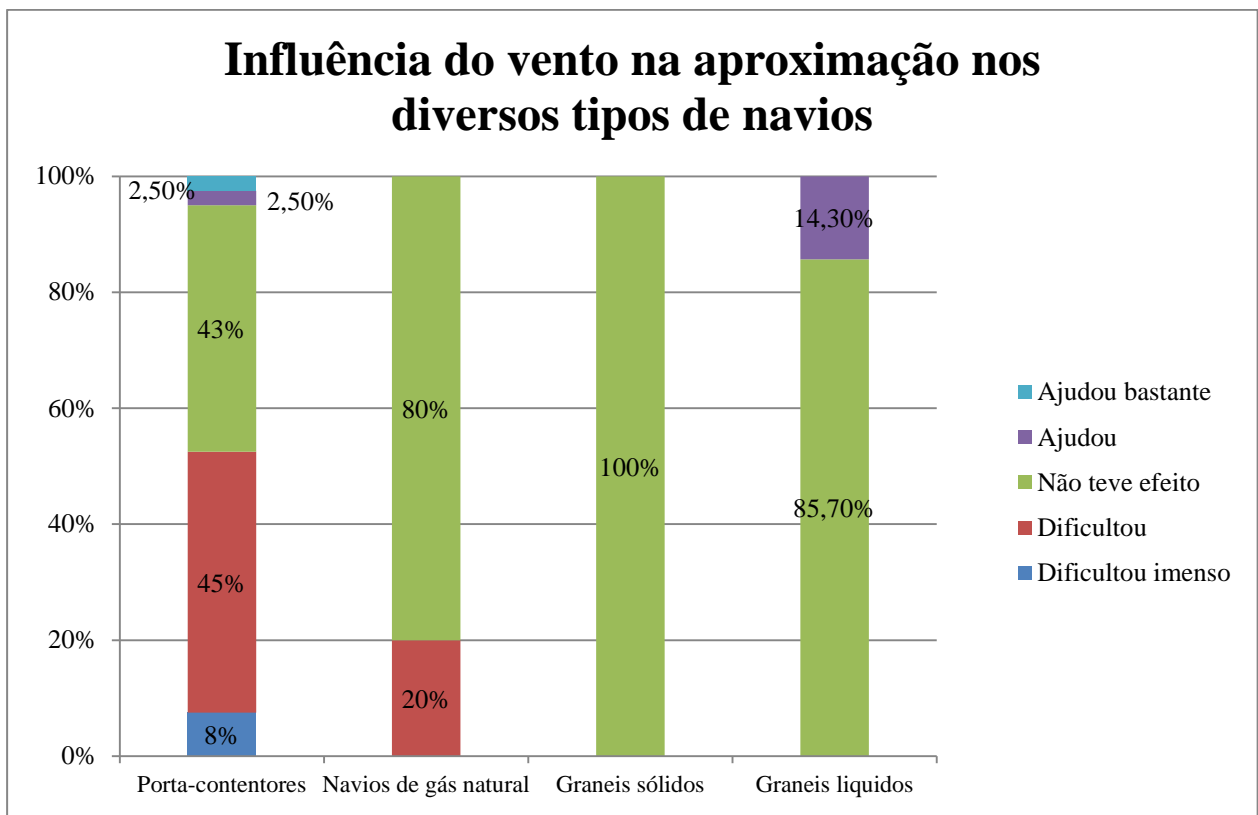


Gráfico 22 - Influência do vento na aproximação nos diversos tipos de navios

Fonte: o autor

Verificou-se que o fator que mais influência a manobra de aproximação é a intensidade do vento, quanto maior esta fosse, maior dificuldade existia. Visto que nos navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos os dados eram insuficiente, dadas as condições de vento não ultrapassarem os 20 nós, optou-se por estabelecer uma relação entre a dificuldade que o vento provoca e o tipo de navio.

Assim, consegue-se concluir que os navios que sofrem mais a influencia do vento na aproximação são os porta-contentores, sendo que em 45% das vezes a dificuldade aumento e em 8% dificultou bastante. Nos navios de transporte de gás natural em 80% das vezes o vento não teve efeito e nos restantes 20% dificultou.

Nos graneis sólidos não se sentiu o efeito do vento, enquanto que nos graneis líquidos em 85,7% o vento não teve efeito, nos restantes casos ajudou na aproximação.

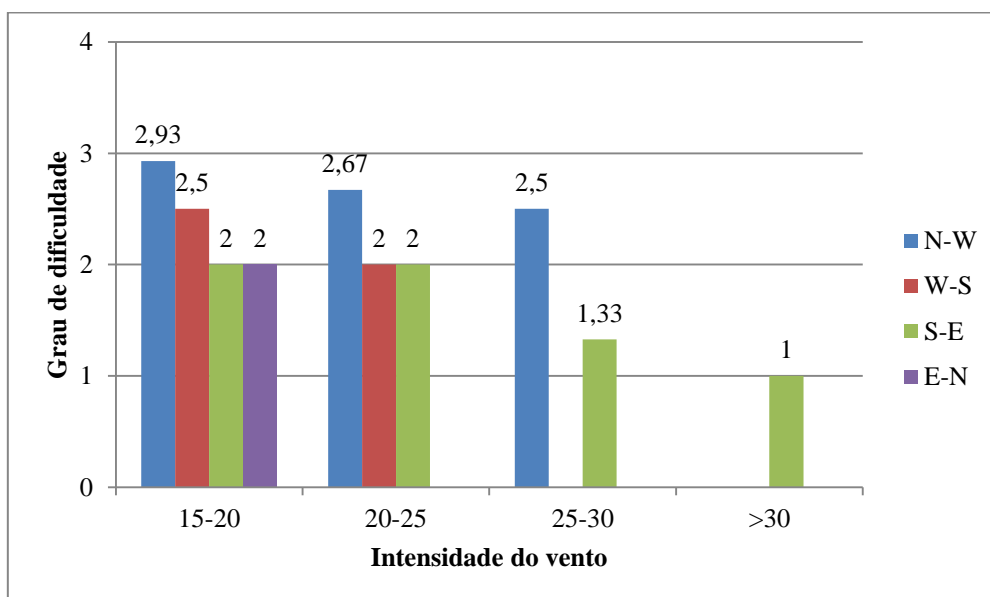


Gráfico 23 - Influência do vento na rotação nos navios porta-contentores

Fonte: o autor

Na rotação dos navios porta-contentores, verifica-se que o valor mais alto acontece quando o vento se encontra entre norte e oeste, com intensidades entre os 15 e os 20 nós e que a partir daqui o vento dificulta a manobra de rotação. Verifica-se também que independentemente da direção, a dificuldade vai aumentando com o aumento da intensidade do vento.

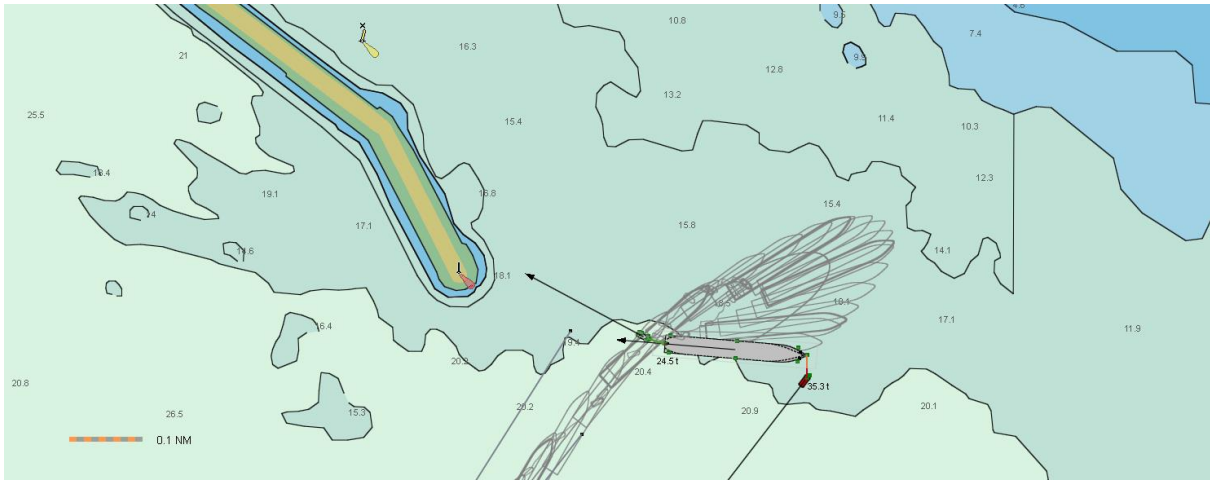


Figura 39 - Simulação de navio porta-contentores com 349 metros de comprimento fora a fora, com vento de oeste de 30 nós
Fonte: o autor

A simulação apresentada, confirma as respostas nos questionários, sobre a dificuldade na rotação do navio, nesta situação o vento tinha intensidade de 30 nós e direção oeste.

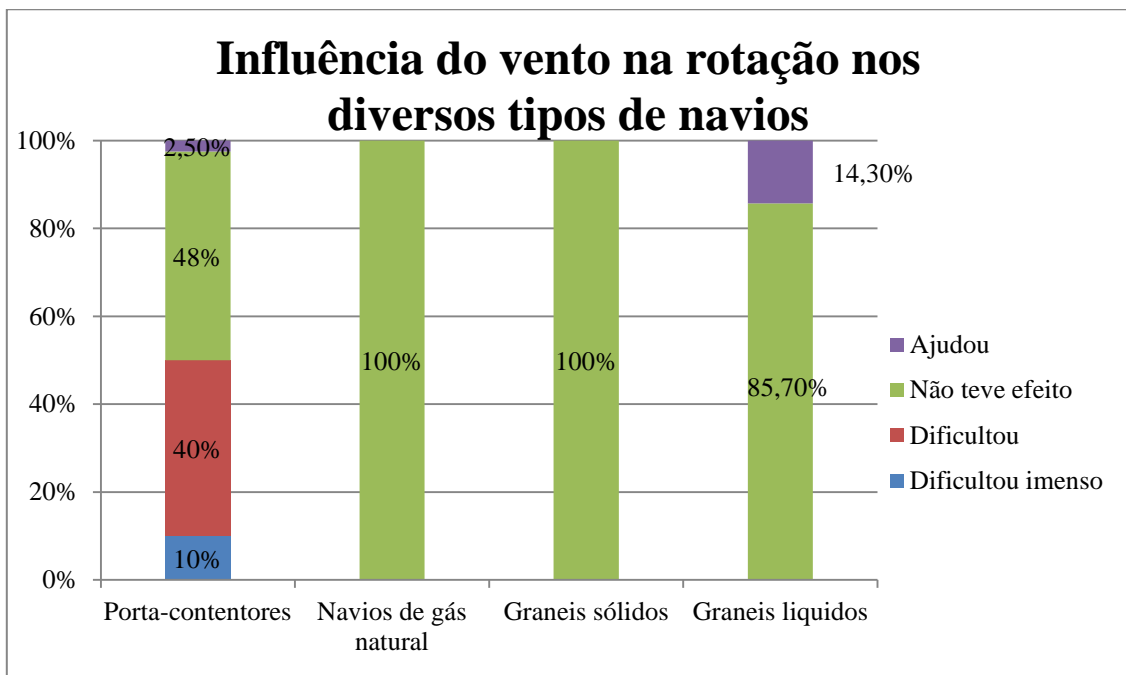


Gráfico 24 - Influência do vento na rotação nos diversos tipos de navios
Fonte: o autor

Ao fazer uma avaliação geral da influência do vento na rotação do navio, verifica-se que este tem mais influência nos navios porta-contentores, em 50% das situações recolhidas dificulta a manobra. Nos restantes navios, os dados recolhidos levaram-nos a concluir que o vento não teve efeito na rotação do navio.

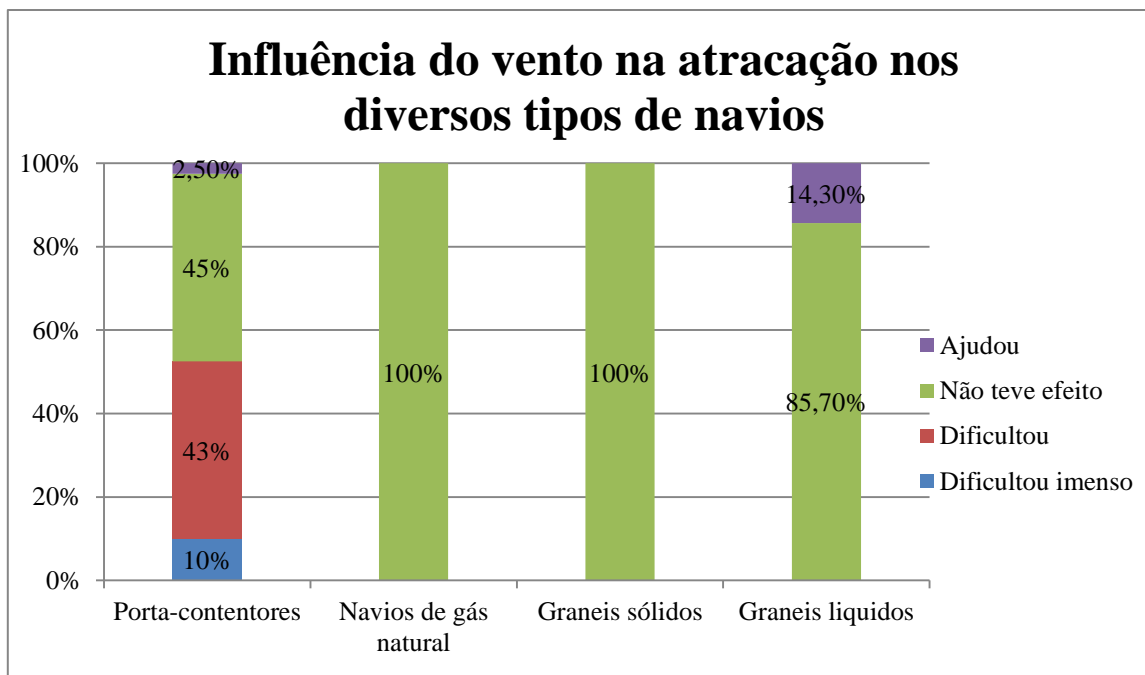


Gráfico 25 - Influência do vento na atracação nos diversos tipos de navios

Fonte: o autor

Na atracação os resultados foram idênticos aos anteriores, o efeito do vento sentiu-se mais nos porta-contentores independentemente da intensidade e da direção do vento, em que 53% dos inquiridos referem que o vento dificultou a atracar o navio.

Nos restantes navios, o efeito do vento na atracação não teve efeito, e dos dados recolhidos, conclui-se que apenas ajudou em 14,3% nos de graneis líquidos.

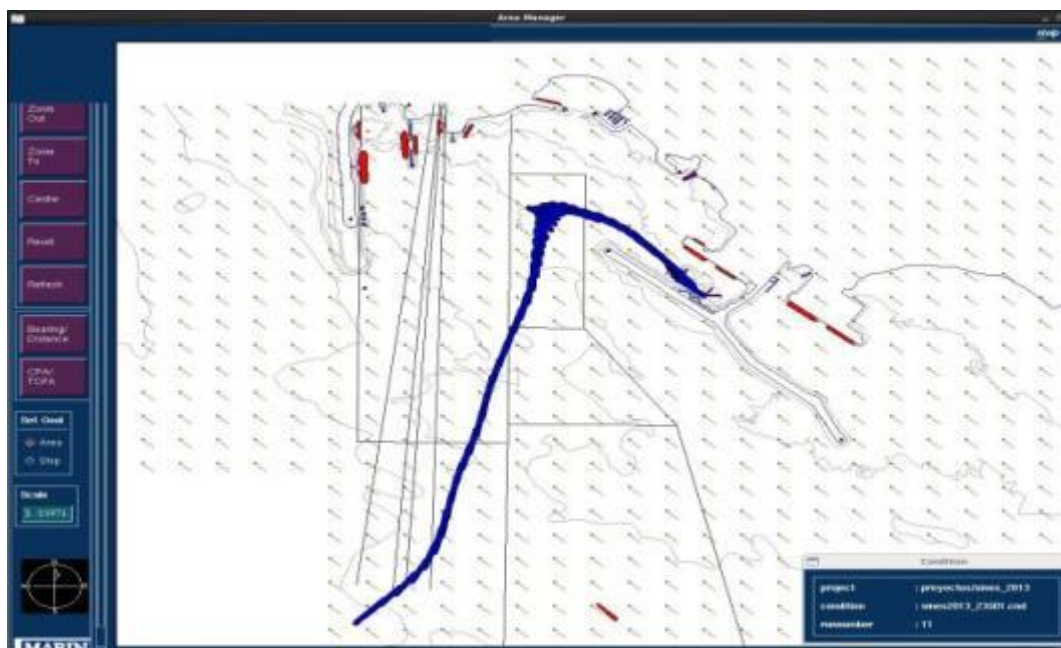


Figura 40 - Simulação de navio de gás natural com 290 metros de comprimento fora a fora e ventos de noroeste com intensidade de 15 nós
Fonte: o autor

A simulação apresentada, confirma as respostas nos questionários, de que o vento não influencia a manobra de aproximação, rotação e atracção.

2.3.2 Na aproximação com velocidade reduzida avante

Na aproximação com velocidade reduzida avante, era necessário escolher uma ou duas das várias opções: 1- o navio levou a proa ao vento, 2- o navio afastou a proa do vento, 3- não houve efeito, 4- houve um aumento da velocidade, 5- o navio abateu, 6- o navio adornou e 7- houve uma redução da velocidade.

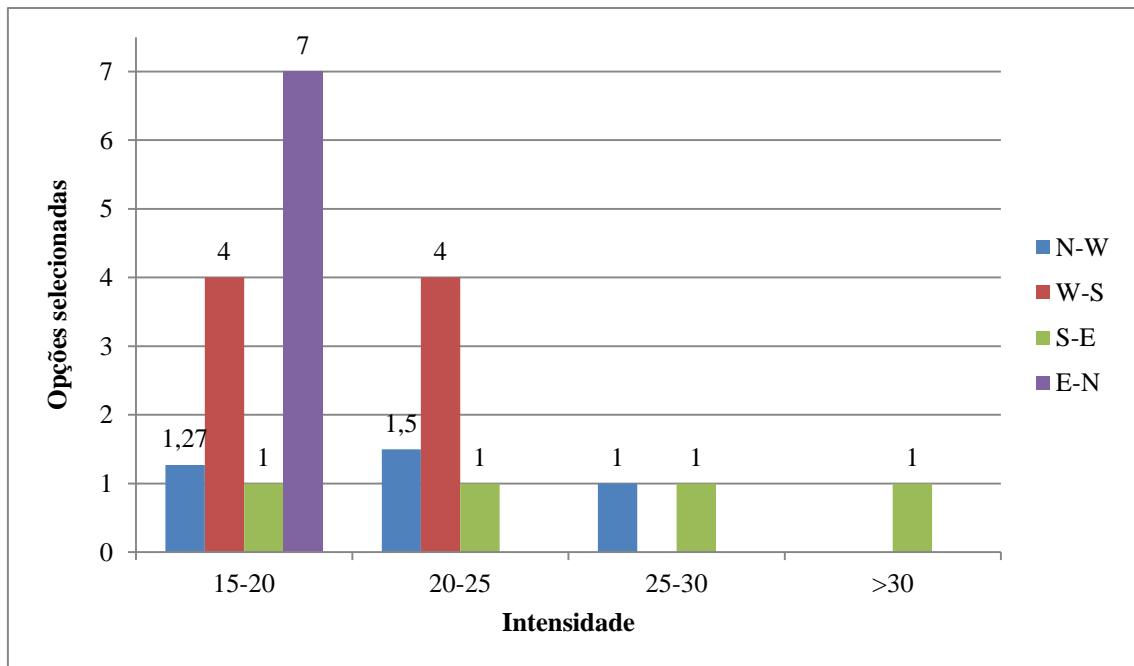


Gráfico 26 - Aproximação à zona de rotação nos navios porta-contentores

Fonte: o autor

Nos navios porta-contentores, verifica-se claramente que o navio tem tendência a aproar ao vento quando este se encontra entre oeste e norte ou leste e sul, independentemente da intensidade. Existe um aumento da velocidade quando os ventos têm direção entre sul e oeste independentemente da intensidade. Com direções entre leste e norte, só se conseguiram dados para ventos entre os 15 e 20 nós, havendo aqui uma redução de velocidade.

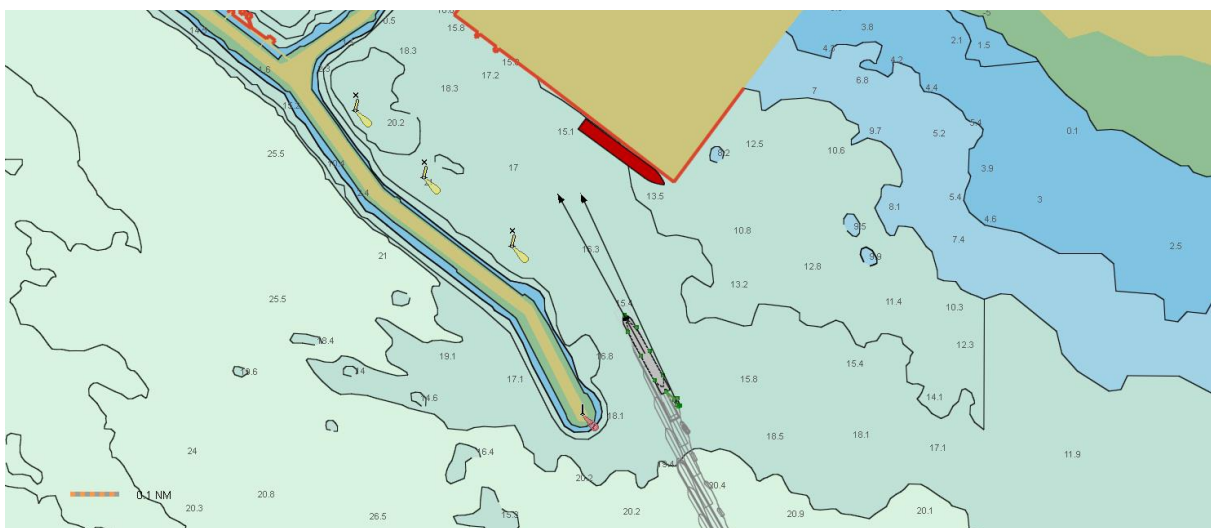


Figura 41 - Simulação de navio porta-contentores com 294 metros de comprimento fora a fora, e com ventos sul-sudoeste com intensidade de 24 nós

Fonte: o autor

Na simulação com um navio porta-contentores, verificou-se que na aproximação houve um aumento de velocidade, o que comprova os resultados obtidos nos questionários.

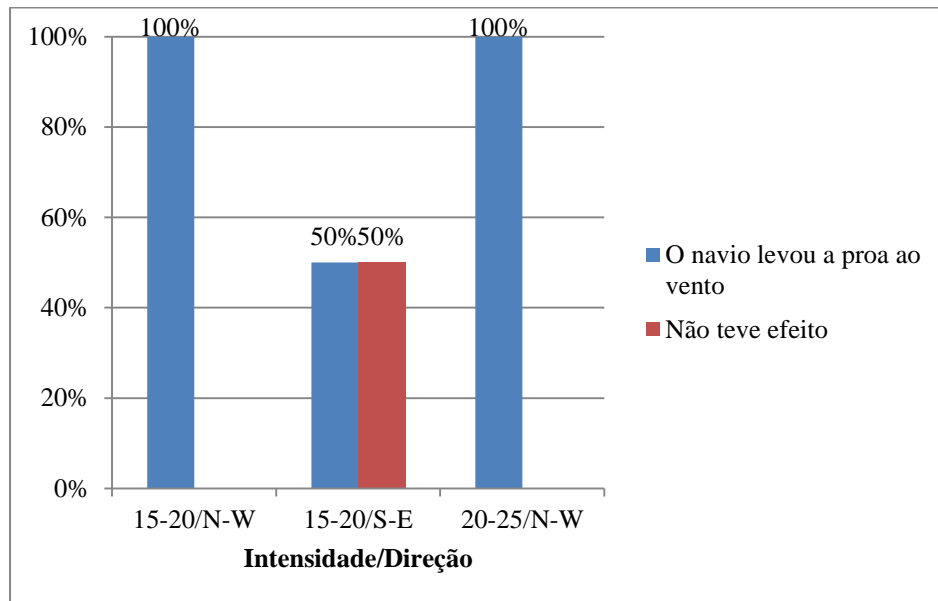


Gráfico 27 - Aproximação à zona de rotação nos navios de transporte de gás natural

Fonte: o autor

Os navios de transporte de gás natural têm tendência a levar a proa ao vento, quando este se encontra entre oeste e norte, mas quando a direção se encontra entre leste e sul, os dados recolhidos afirmam que estes navios têm tendência a proar ao vento, a outra metade refere que o vento não teve efeito. Esta discrepância de opiniões deve-se ao grande leque de possíveis direções de vento no quadrante em apreço (leste e sul), por exemplo refere-se o efeito do vento de sul, que é completamente diferente do produzido pelo vento de sul-sudeste.

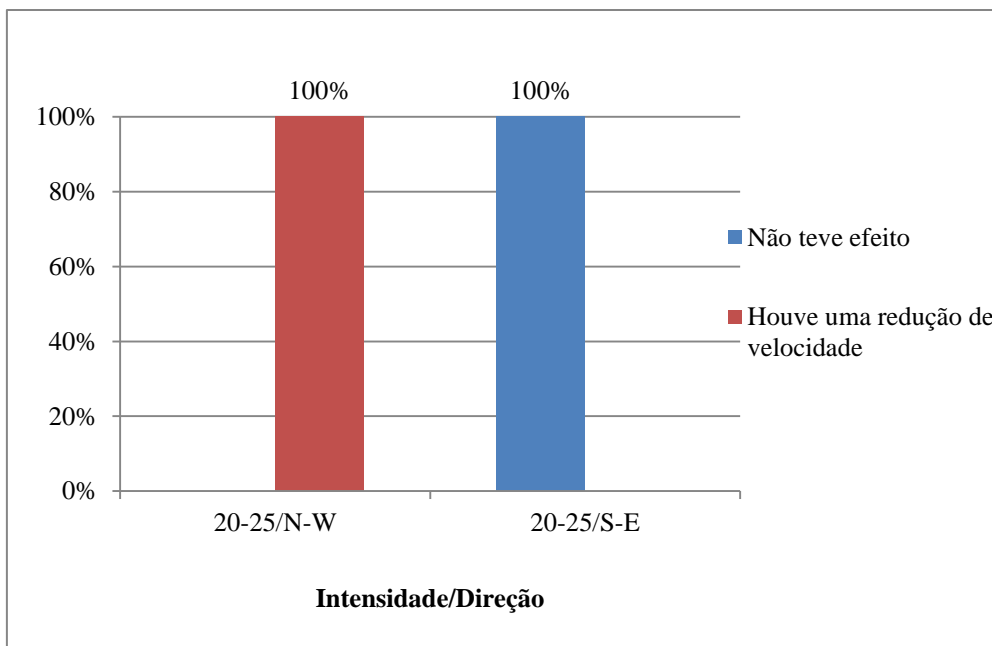


Gráfico 28 - Aproximação à zona de rotação nos navios de transporte de graneis sólidos

Fonte: o autor

Nos navios de transporte de graneis sólidos, com ventos entre oeste e norte, a opinião é unânime de que existe uma redução de velocidade, mas quando o vento se encontra entre leste e sul, mantendo a mesma intensidade entre os 20 e os 25 nós, os dados recolhidos dizem que não houve efeito.

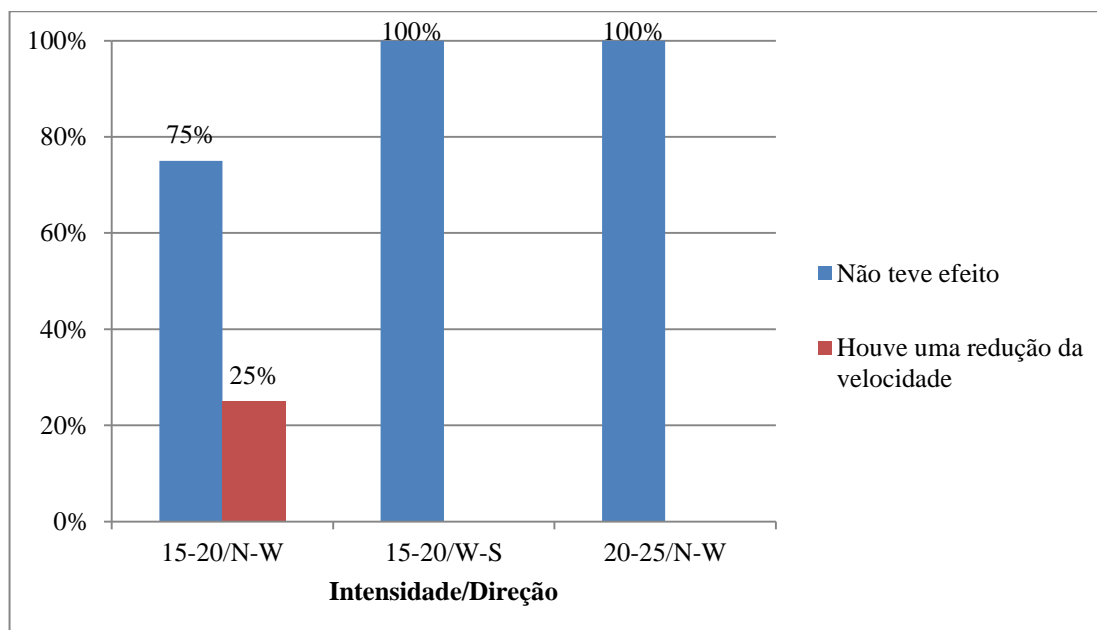


Gráfico 29 - Aproximação à zona de rotação nos navios de transporte de graneis líquidos

Fonte: o autor

Nos navios de transporte de graneis líquidos, os dados referem que, não se sentiu o efeito do vento, a exceção ocorre quando este se encontra entre oeste e norte com intensidades entre os 15 e os 20 nós, nesse caso 25% dos inquiridos afirmou que houve uma redução na velocidade.

Na aproximação, com velocidade reduzida e o navio com seguimento avante, havia a possibilidade de se selecionar nos questionários quais as opções que tinham ocorrido. Dos dados recolhidos conclui-se que era a direção do vento e não a sua intensidade que determinava o movimento do navio.

	Direção	Situação ocorrida	O navio abateu	Houve um aumento de velocidade	Houve uma redução de velocidade
Porta-Contentor	N-W	O navio levou a proa ao vento	15,0%		85,0%
	S-E	O navio levou a proa ao vento	50,0%	50,0%	
Navio de gás natural	N-W	O navio levou a proa ao vento	100,0%		
	S-E	O navio levou a proa ao vento	100,0%		

Tabela 12 - Na aproximação com velocidade reduzida e navio com seguimento avante, quando duas opções foram escolhidas

Fonte: o autor

Quando o vento se situa entre oeste e norte, os navios porta-contentores aproaram ao vento, e 15% dos inquiridos afirmaram que o navio abateu e 85% que houve uma redução de velocidade. Quando o vento era de direção entre leste e sul e o navio levou a proa ao vento, 50% afirma que o navio abateu e os outros 50% que houve um aumento da velocidade.

Nos navios de transporte de gás natural, houve também alguma tendência para essas duas opções e que quando o navio aproava ao vento também abatia, independentemente da direção.

2.3.3 Na rotação com velocidade reduzida avante

Apesar de as opções se manterem, não se verificou um aumento ou redução da velocidade nem o adorno do navio.

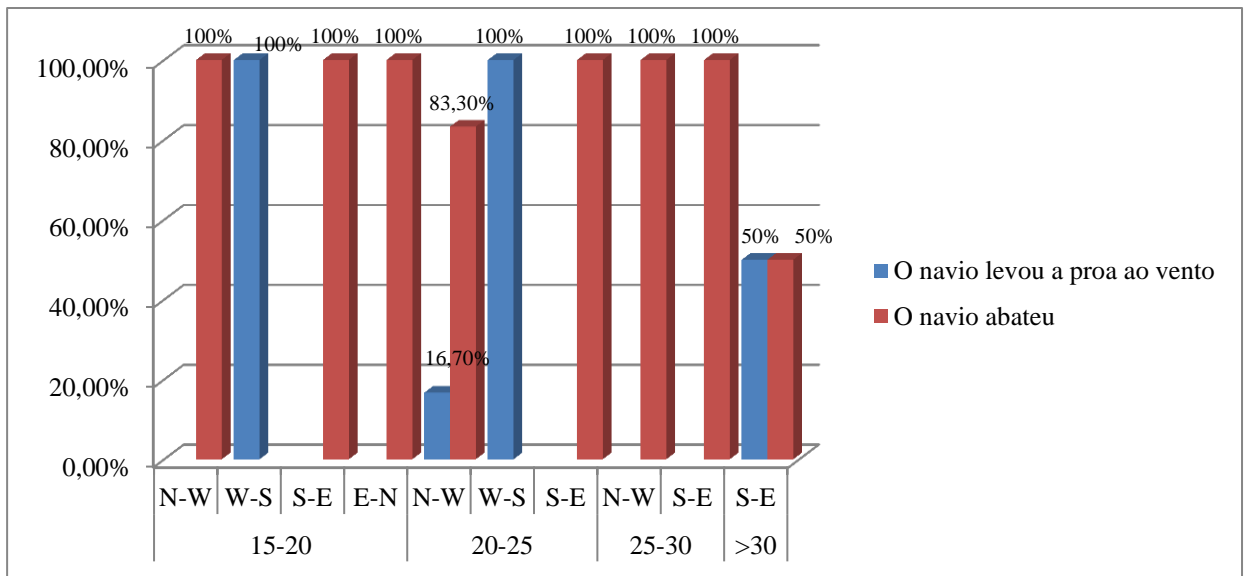


Gráfico 30 - Rotação com velocidade reduzida avante nos navios porta-contentores

Fonte: o autor

Nos navios porta-contentores verificou-se que os navios abateram na maior parte dos casos, apenas quando o vento se encontrava entre sul e oeste, independentemente da intensidade é aproaram ao vento. A exceção verifica-se quando o vento, tem intensidade entre 20 e 25 nós e direção entre oeste e norte, nesta situação 16,7% dos comandantes referem que o navio levou a proa ao vento e 83,3% que o navio abateu. Para a situação de ventos com mais de 30 nós e direção entre leste e sul, 50% dos inquiridos afirma que o navio levou a proa ao vento e os outros 50% que o navio abateu.

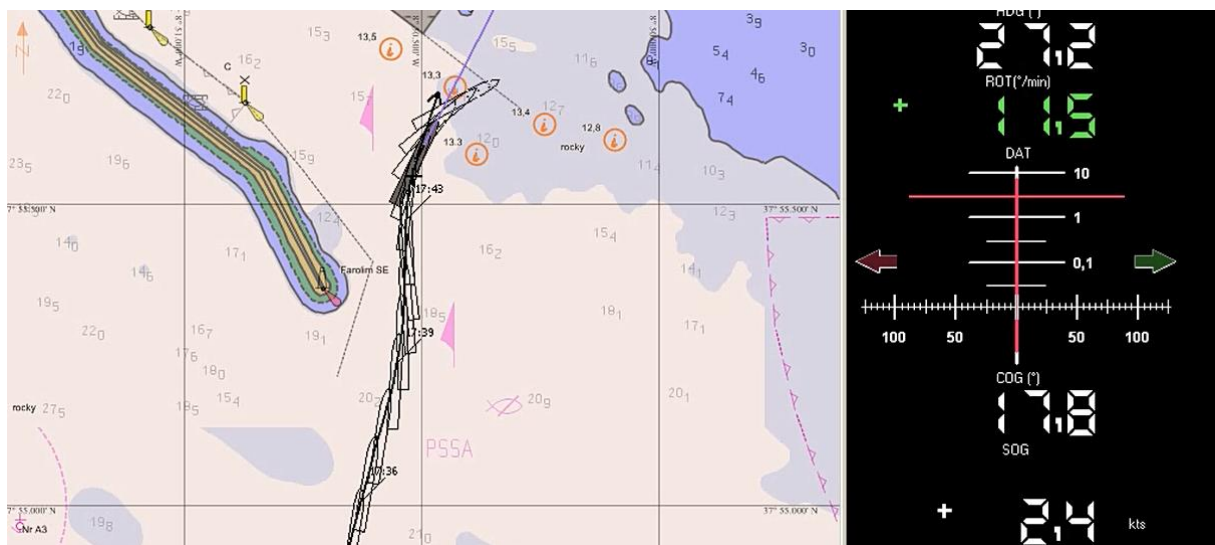


Figura 42 - Rotação do navio MSC Carole com 294,11 metros de comprimento fora a fora e com vento entre leste e sul e intensidade entre 15 e 20 nós

Fonte: o autor

Através do PPU, comprova-se que o navio estava com tendência abater.

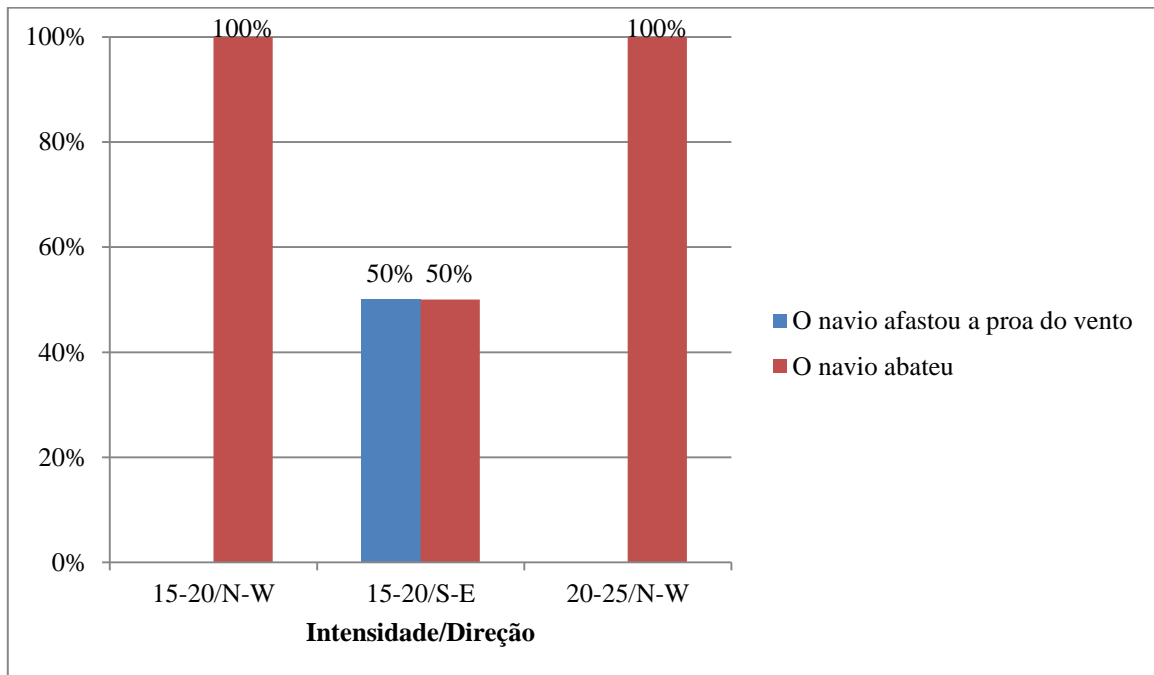


Gráfico 31 - Na rotação com velocidade reduzida avante nos navios de transporte de gás natural

Fonte: o autor

No caso dos navios de transporte de gás natural, verificou-se a tendência para abater, independentemente da intensidade e direção, exceto quando o vento se situa entre leste e sul, com intensidade entre os 15 e os 20 nós, em que 50% dos inquiridos afirmam que o navio afastou a proa do vento e os outros 50% que o navio abateu.

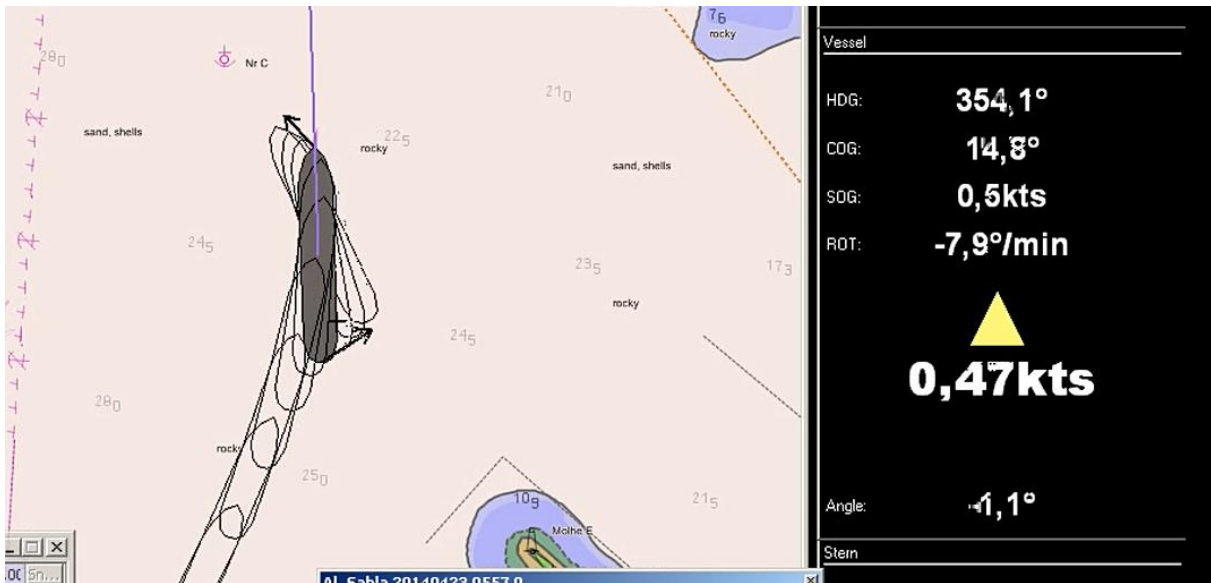


Figura 43 - Rotação do navio AL Sahla com 315,6 metros de comprimento fora a fora, vento com direção entre sul e leste e intensidade de 15 a 20 nós

Fonte: o autor

Pela gravação da manobra no PPU, verifica-se que o navio estava com tendência para afastar a proa do vento, o que comprova os 50% das respostas dadas.

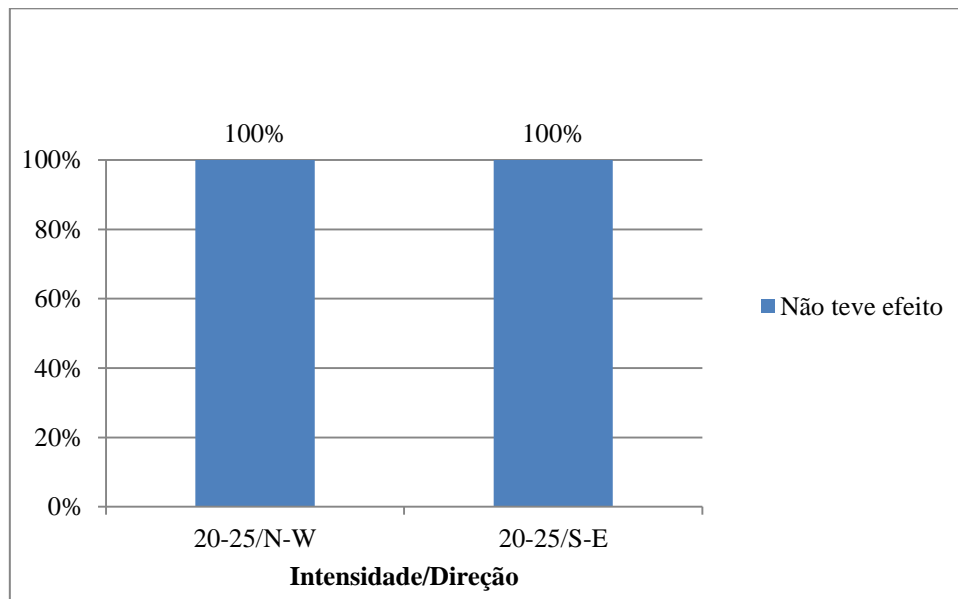


Gráfico 32 - Rotação com velocidade reduzida avante nos navios de transporte de graneis sólidos

Fonte: o autor

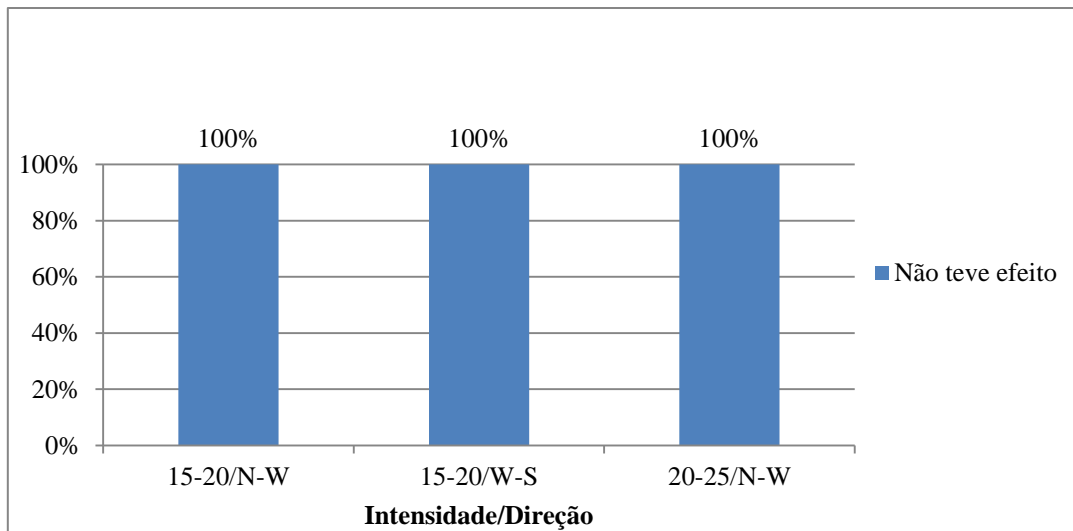


Gráfico 33 - Rotação com velocidade reduzida avante nos navios de transporte de graneis líquidos

Fonte: o autor

Nos navios de transporte de graneis sólidos e líquidos, os inquiridos afirmaram que não houve influência do vento.

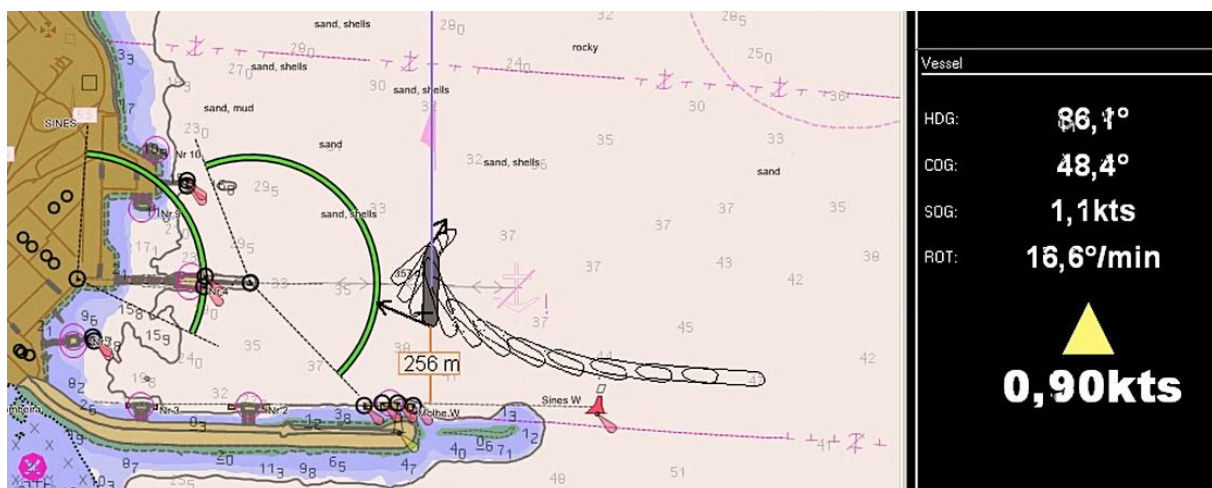


Figura 44 - Rotação com velocidade reduzida avante do navio Astro Polaris com 274 metros de comprimento fora a fora, com vento entre oeste e sul e intensidade entre 15 e 20 nós

Fonte: o autor

No caso dos navios de transporte de graneis líquidos, a opinião tinha sido unânime, e com a gravação da manobra através do PPU, comprova-se que o vento não teve efeito na manobra de rotação do navio.

2.3.4 Na rotação com velocidade reduzida e navio com seguimento a ré

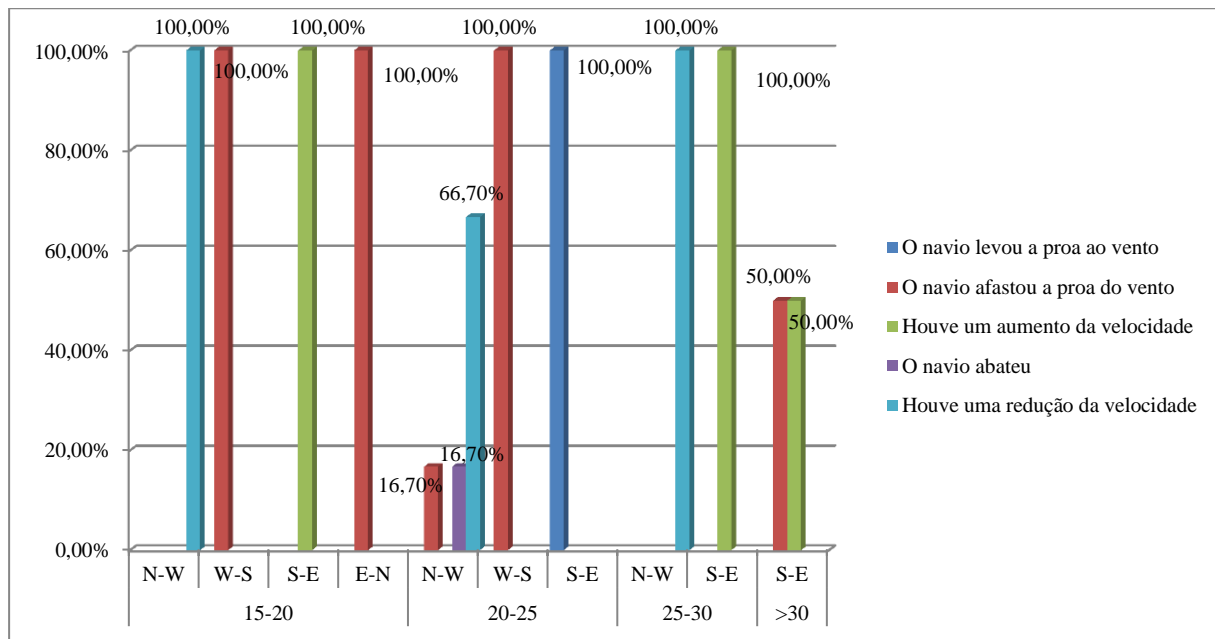


Gráfico 34 - Rotação com velocidade reduzida e o navio com seguimento a ré nos navios porta-contentores

Fonte: o autor

Ao analisar os dados recebidos, verifica-se que a intensidade do vento não tem muita influência tanto que, independente da direção do vento, pode-se verificar que com direções entre oeste e norte o navio tem tendência a levar a proa ao vento, a discrepância de respostas acontece com intensidades entre os 20 e os 25 nós, em que 16,7% dos inquiridos afirma que o navio afastou a proa do vento, 16,7 % que o navio abateu e 66,7% que este aproou.

O aumento da velocidade verifica-se com ventos entre leste e sul, mas em algumas intensidades os inquiridos referem que o navio afastou a proa do vento. Quando os ventos são entre oeste e o sul, independentemente da intensidade os Comandantes referem que o navio afastou a proa do vento.

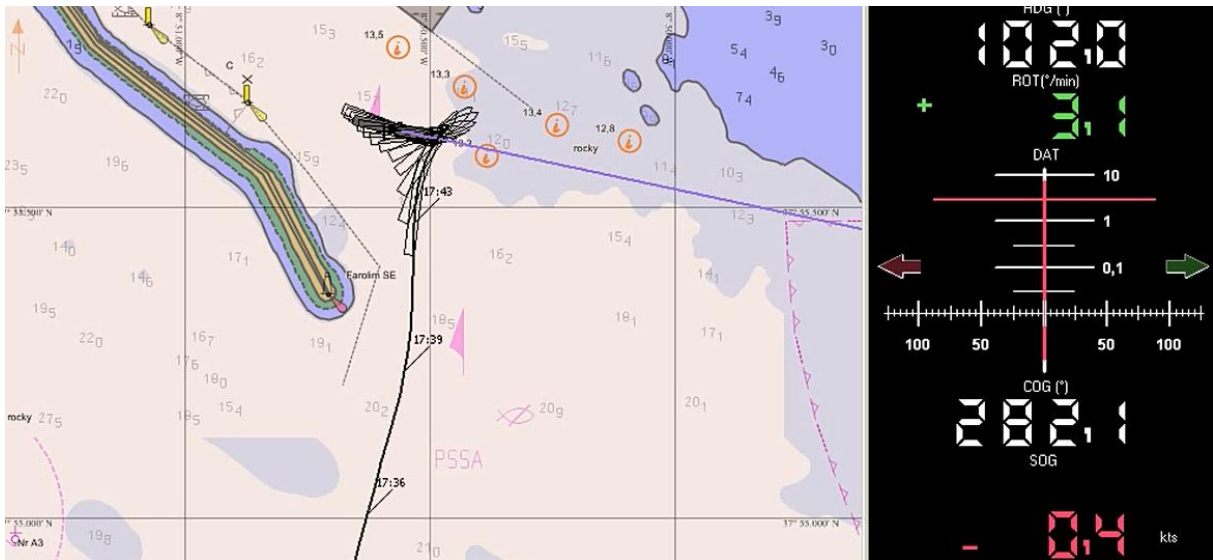


Figura 45 - Rotação do navio MSC Carole com 294,11 metros de comprimento fora a fora, com seguimento a ré, vento entre leste e sul e intensidade entre 15 e 20 nós

Fonte: o autor

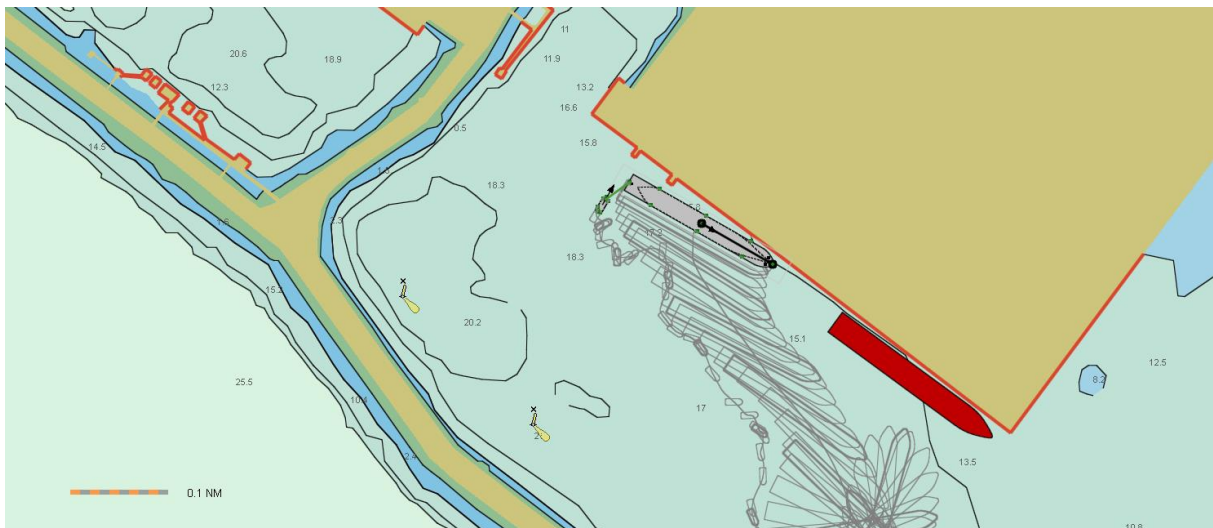


Figura 46 - Simulação com navio porta-contentores de 294 metros de comprimento fora a fora, na rotação e com velocidade reduzida a ré

Fonte: o autor

Na simulação com um navio de 294 metros de comprimento fora a fora, com um impulsor de proa com 1500 KW, com um rebocador estabelecido à popa e com ventos de 24 nós e direção sul sudoeste verificamos que o navio tem tendência afastar a proa do vento.

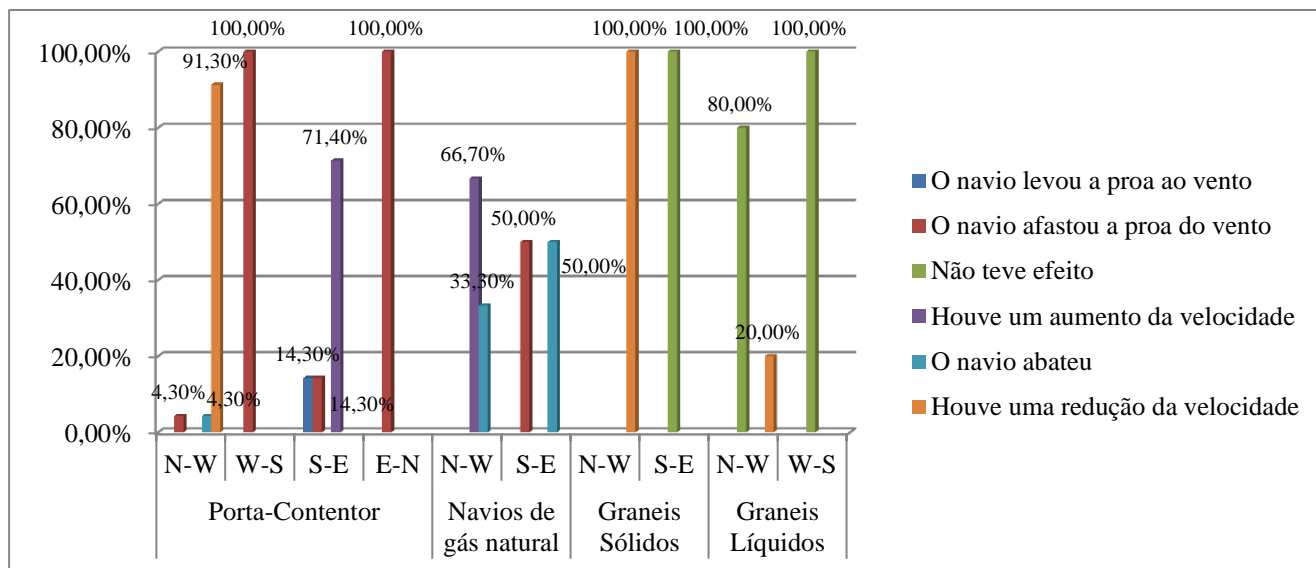


Gráfico 35 - Rotação com velocidade reduzida e os navios com seguimento a ré

Fonte: o autor

Ao analisarmos os dados, segundo a direção do vento, verificamos que nos navios porta-contentores 91,3% afirma haver uma redução de velocidade, enquanto 4,3%, refere que o navio abateu ou que afastou a proa do vento, no caso de a direção ser entre norte e oeste. No caso de a direção ser entre sul e oeste e entre norte e leste, todos os inquiridos são da opinião que o navio afasta a proa do vento. Com ventos entre leste e sul as opiniões dividem-se e nessa situação, 71,4% diz que houve um aumento de velocidade, enquanto 14,3 % refere que o navio levou a proa ao vento, havendo ainda 14,3 % que responde que o navio afastou a proa do vento.

Nos navios de transporte de gás natural, verificamos que, com ventos entre oeste e norte, 66,7% dos comandantes afirmam que houve um aumento da velocidade, face a 33,3% que afirmam que o navio abateu, quando o vento é de leste/sul metade afirma que o navio afastou a proa do vento e a outra metade que o navio abateu.

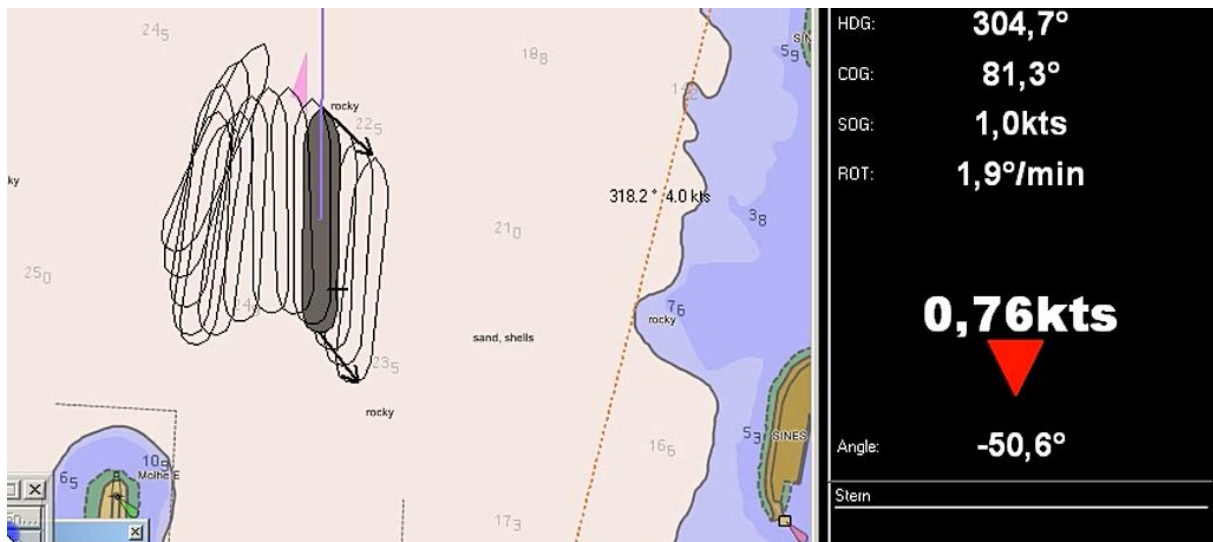


Figura 47 - Rotação com seguimento a ré, navio Al Sahla com 315,6 metros de comprimento fora a fora, vento com direção entre sul e leste e intensidade de 15 a 20 nós

Fonte: o autor

Pela gravação da manobra do navio de gás natural, verifica-se claramente que o navio abateu, o que garante os resultados obtidos de que 50% dos inquiridos terem afirmado que nestas condições de vento, o navio abatia.

Nos navios de transporte de graneis sólidos quando o vento é de oeste/norte todos os inquiridos são da opinião que houve uma redução de velocidade, enquanto se o vento for de leste/sul não produz efeito sobre o navio.

No caso dos navios de transporte de graneis líquidos, as opiniões são unânimes ao afirmarem que o vento não teve efeito sobre o navio, exceto com ventos oeste/norte em que 20% afirma que houve uma redução de velocidade.



Figura 48 - Rotação com seguimento a ré do navio Astro Polaris com 274 metros de comprimento fora a fora, com vento entre oeste e sul com intensidade entre 15 e 20 nós

Fonte: o autor

Verifica-se que o vento não teve efeito na manobra deste navio, pela gravação do *PPU*.

2.3.5 Na aproximação ao cais

Quando aproximamos do cais, convém que o navio leve um certo abatimento mantendo-se paralelo às defensas, o vento pode dificultar ou ajudar esta aproximação.

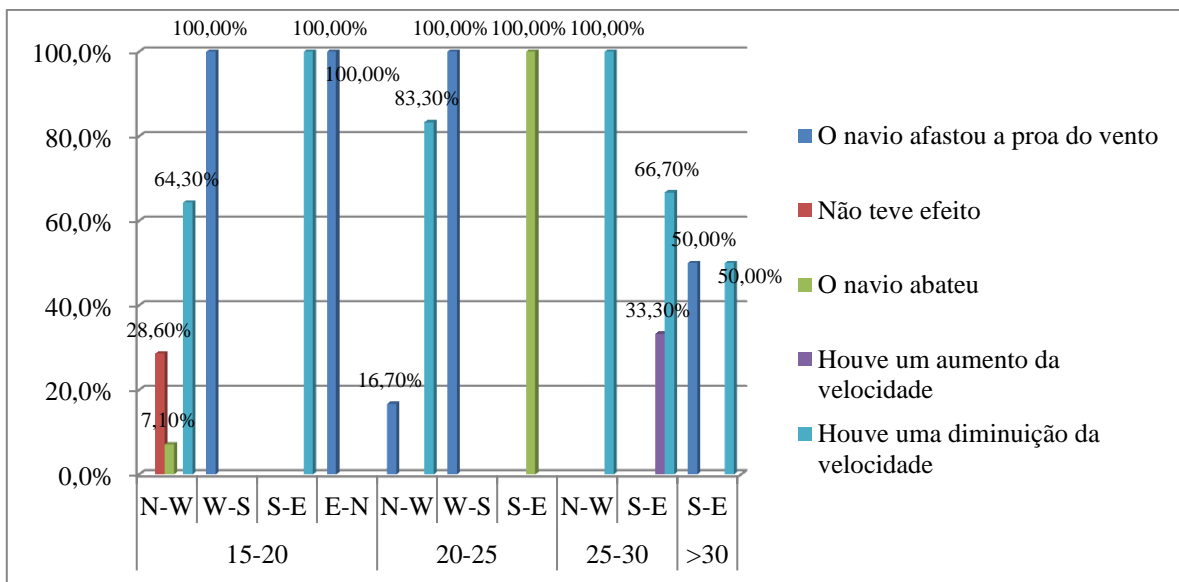


Gráfico 36 - Aproximação ao cais nos navios porta-contentores

Fonte: o autor

Nos navios porta-contentores existem opiniões diversas, apenas quando o vento se situa entre sul e oeste os inquiridos afirmam unânime que o navio afastou a proa do vento, com ventos entre sul e leste a maioria dos inquiridos afirma que houve uma diminuição de velocidade.

A aproximação ao cais por ser um momento de grande concentração e stress por vezes, dada a necessidade de correções rápidas que a manobra por esta altura exige, pode levar a esta discrepância de resultados.

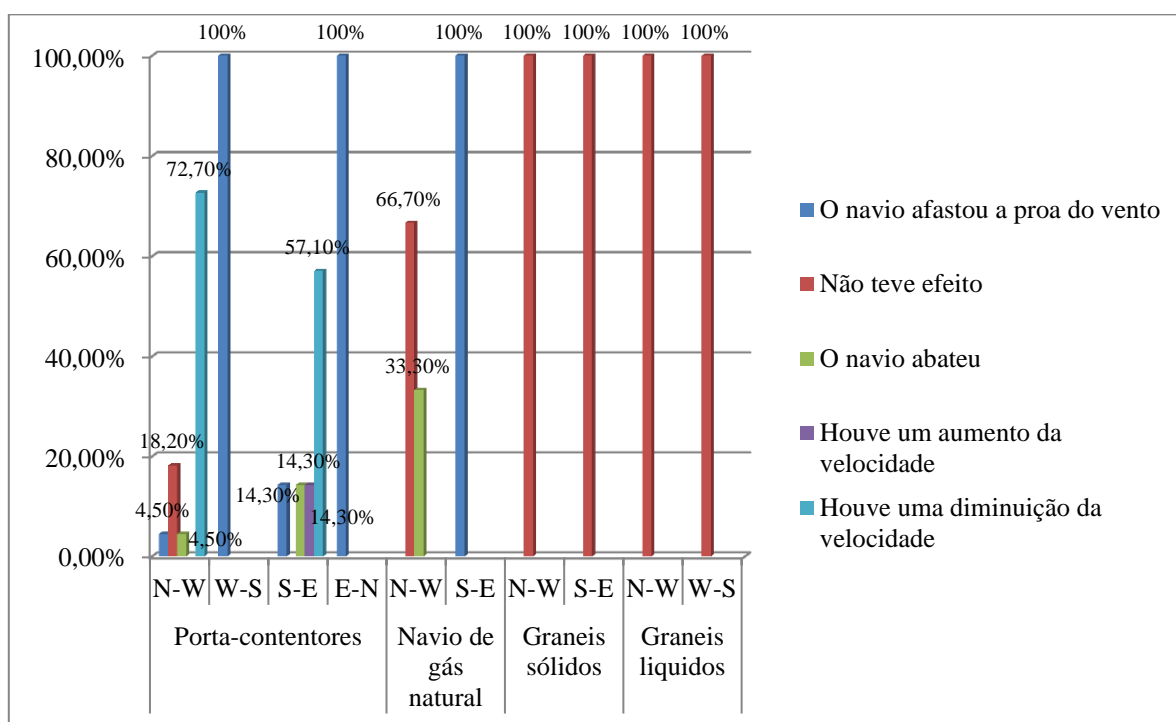


Gráfico 37 - Aproximação ao cais

Fonte: o autor

Se analisarmos os dados, tendo em consideração apenas a direção do vento, verifica-se que os navios porta-contentores, com ventos entre norte e leste e entre oeste e sul, o navio tem tendência a afastar a proa do vento. Com ventos entre norte e oeste e sul e leste, os inquiridos dividem-se nas opiniões, sendo 72,7% afirma que o houve uma diminuição de velocidade, no caso de o vento ser entre sul e leste, 57,10% afirma que aconteceu o mesmo.

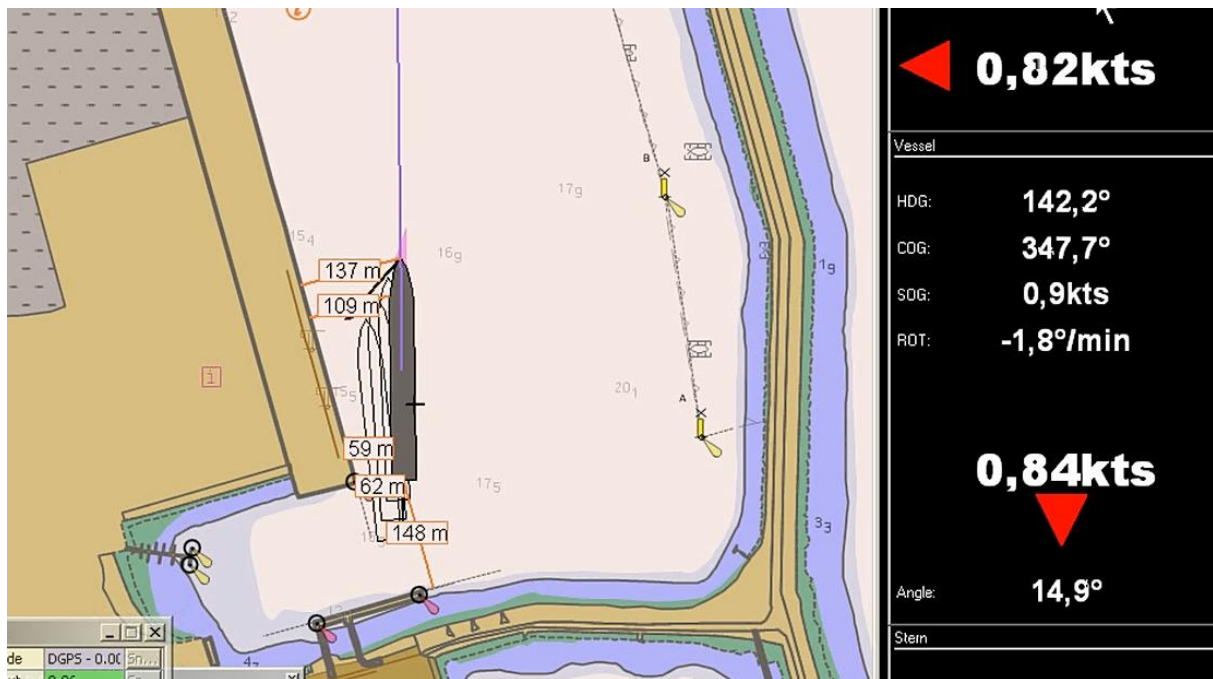


Figura 49 - Aproximação ao cais do navio MSC Carole com 294,11 metros de comprimento fora a fora, vento entre leste e sul, com intensidade entre 15 e 20 nós

Fonte: o autor

Nos navios de transporte de gás natural, as opiniões dividiram-se quando o vento se encontrava entre oeste e norte, neste caso 66,7% afirmam que não houve efeito do vento e 33,3% que o vento fez o navio abater.



Figura 50 - Aproximação ao cais do navio Al Sahla com 315,6 metros de comprimento fora a fora, vento com direção entre sul e leste e intensidade de 15 a 20 nós

Fonte: o autor

Nos navios de transporte de graneis sólidos e líquidos as opiniões foram unânimes e o vento não teve efeito na aproximação ao cais.

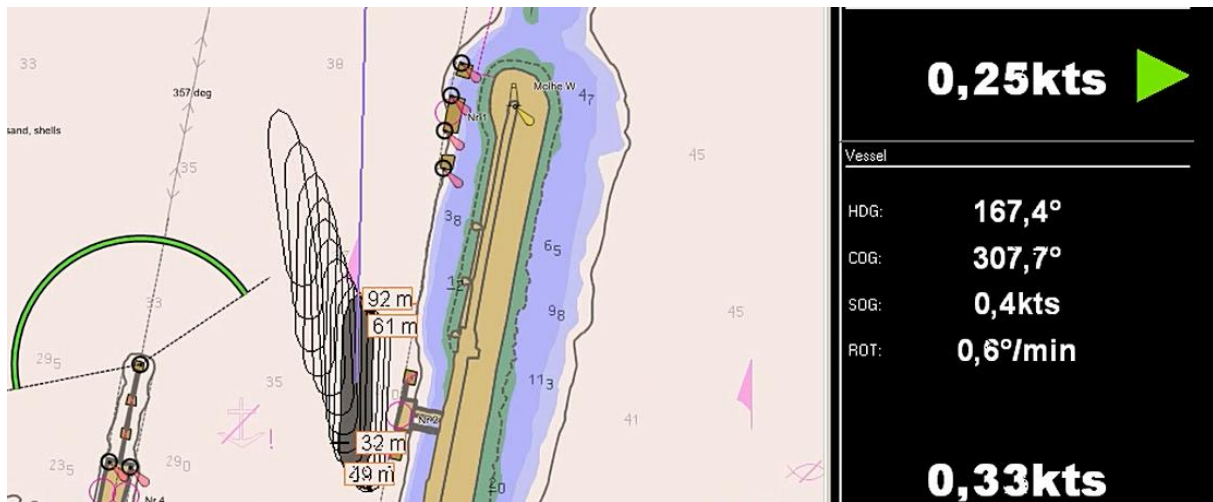


Figura 51 - Aproximação ao cais do navio Astro Polaris com 294 metros de comprimento fora a fora, com vento entre oeste e sul com intensidade entre 15 e 20 nós

Fonte: o autor

Nota-se uma grande diversidade de opiniões que, como já referido acima, pode derivar do facto de os inquiridos responderem pensando no que teria sido lógico ter acontecido durante a fase de aproximação ao cais e nem sempre sobre o que de fato aconteceu nessa fase da manobra.

2.4 Efeito do vento na largada do navio

Nesta pergunta o objetivo era saber como o vento atual podia ajudar ou dificultar a manobra de largada.

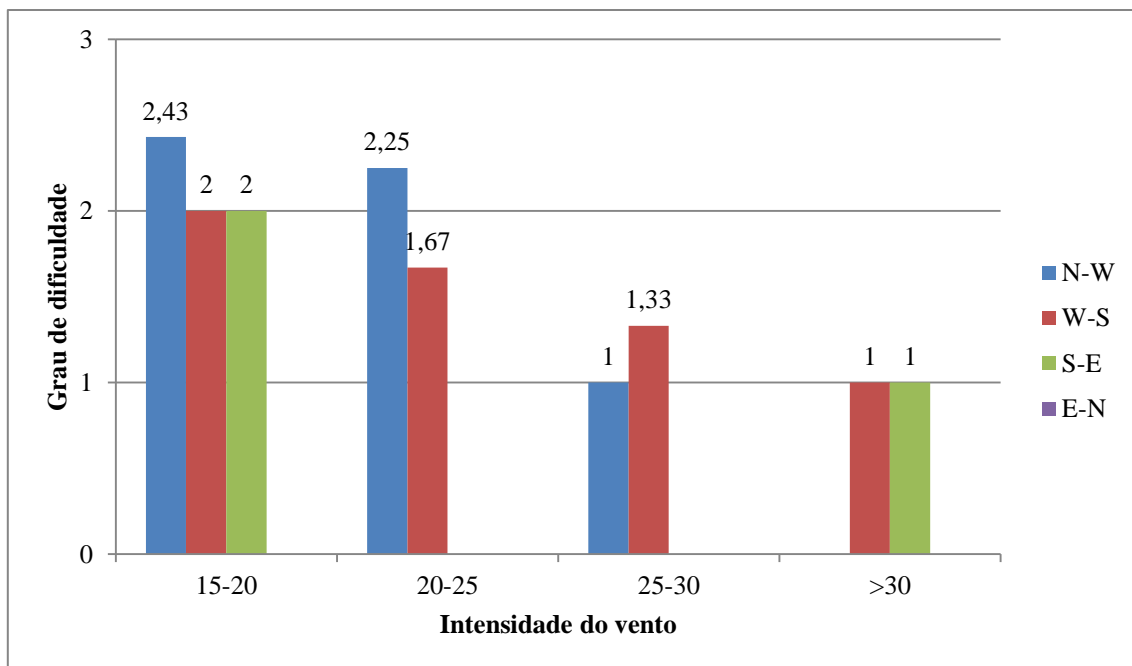


Gráfico 38 - Dificuldade na largada dos navios porta-contentores

Fonte: o autor

Nos navios porta-contentores, o valor mais alto encontra-se com intensidades de vento entre os 15 e os 20 nós e de norte-oeste, em que os resultados obtidos revelam que o vento dificultou. A partir dos 20-25 nós, encontramos os valores mais baixos, independentemente da direção e os resultados obtidos afirmam que o vento dificulta muito a manobra de largada.

O vento pode ter efeitos diversos porque o terminal de contentores tem a direção 128°/308°, ou seja quando o vento se apresenta por N/NE pode ajudar afastando o navio do cais, já com a direção do próprio cais, pode dificultar ou não ter efeito, pois encontra-se enfiado com a popa do navio, se a direção for N/SSW empurra o navio para o cais

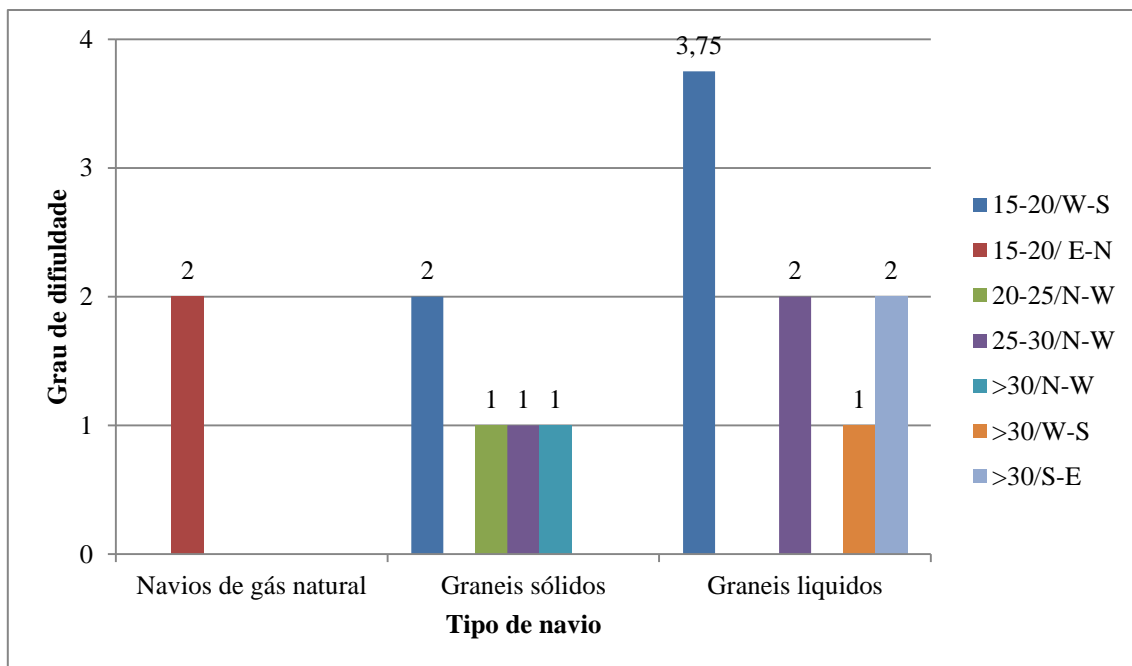


Gráfico 39 - Dificuldade na largada nos navios de transporte de gás natural, graneis sólidos e líquidos

Fonte: o autor

Nos navios de transporte de gás natural apenas se conseguiu aferir para ventos entre os 15 e 20 nós e com direções entre norte e leste, nestas condições é opinião unânime de que o vento dificulta a largada do navio.

Nos navios de transporte de graneis sólidos a dificuldade sentiu-se sempre que os ventos foram superiores a 15 nós.

Nos navios de transporte de graneis líquidos, não foi sentida dificuldade com ventos entre 15 e 20 nós, a partir desta intensidade foi aumentando a dificuldade.

2.4.1 Manobra efetuada com os meios do navio

Com esta pergunta tentou-se perceber quais os navios mais dependentes de meios externos.

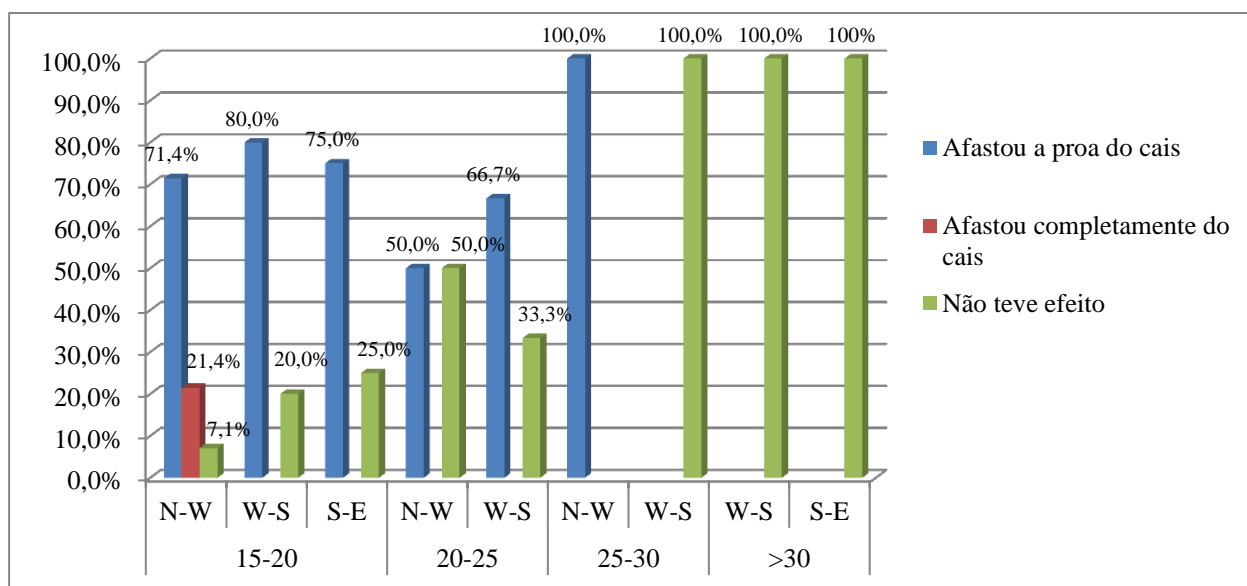


Gráfico 40 - Manobra efetuada com os meios próprios nos navios porta-contentores

Fonte: o autor

No caso dos navios porta-contentores verificou-se que com intensidades entre os 15 e os 20 nós e direção entre oeste e norte apenas 21,4 % afastou completamente do cais, sendo que na mesma situação 71,4%afastaram a proa e 7,1% não foram influenciados. Resumindo, 21,4% dos navios nestas condições, conseguem largar do cais sem utilização de ajudas externas (rebocadores), enquanto 7,1% necessitam da ajuda de rebocadores estabelecidos à proa, e 71,4% utilizaram impulsor de proa. Com ventos entre sul e oeste e entre leste e sul, 80% e 75% dos navios respetivamente afastaram a proa do cais, enquanto que 20% e 25% dos navios necessitem de ajuda externa.

Com intensidades entre os 25 e 20 nós as situações mantêm-se entre 50/66,7% a conseguirem afastar a proa do cais e os restantes a necessitem de rebocadores estabelecidos á proa.

Com intensidades superiores a 25 nós, necessitam sempre de rebocadores á proa.

Em relação aos outros navios, todos eles independentemente da intensidade ou direção, precisaram sempre de meios auxiliares, pois segundo o regulamento de exploração do porto de Sines, numa atracação e mudança de navios que transportem, carreguem ou descarreguem mercadorias perigosas a granel é obrigatório o uso de rebocadores.

2.4.2 Manobra efetuada com rebocadores

Esta pergunta surge para percebermos quantos navios efetivamente precisam sempre de meios auxiliares de manobra.

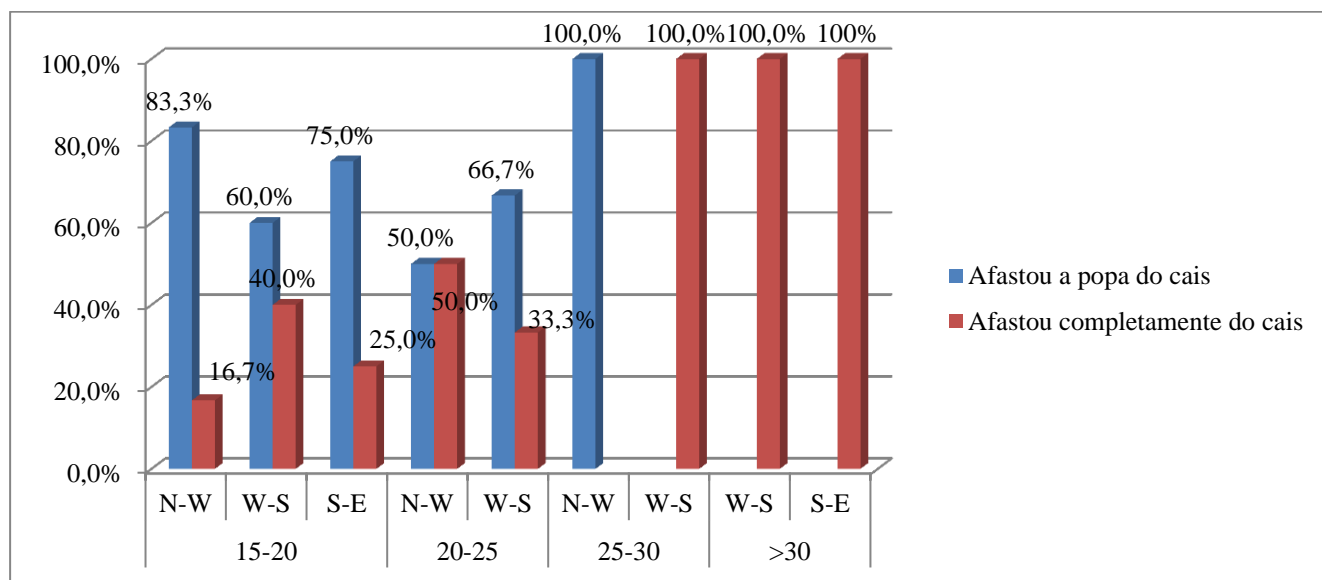


Gráfico 41 - Manobra efetuada com meios auxiliares nos navios porta-contentores

Fonte: o autor

Nos navios porta-contentores verificamos que, com ventos até aos 25 nós, a maior parte dos navios utiliza um rebocador á popa.

No caso de o vento ser entre norte e oeste, com intensidade entre os 25 e os 30 nós, os dados mostram que apenas se utilizou um rebocador à popa, já se o vento fosse entre oeste e sul utilizar-se-iam dois rebocadores.

Para ventos superiores a 30 nós, são sempre utilizados dois rebocadores.

Nos restantes navios em apreço, independentemente da intensidade e da direção do vento, utilizam sempre rebocadores.

Conclusões

A realização deste trabalho permitiu alcançar os objetivos a que se tinha proposto, demonstrou-se a existência de uma relação direta entre a teoria e a prática na execução de manobras de navios de grandes dimensões em águas restritas, provou-se também que, apesar de haver maior risco quando a intensidade de vento é mais forte, é possível controlar os seus efeitos através de ajudas à manobra, mesmo que sejam externas ao próprio navio.

Os navios de grandes dimensões na sua maioria são de passo fixo e existe uma grande evolução na potência das máquinas principais maiormente nos porta-contentores e nos de gás natural, que se encontram equipados com tecnologia de ponta.

Quanto às dificuldades provocadas pelo vento nas manobras de navios porta contentores de aproximação e atracação no Porto de Sines, sobressaiu, dos inquéritos aos comandantes, que só a partir de intensidades de vento de 20 nós se tornem difíceis quer seja na aproximação, na manobra para proporcionar um bom embarque do piloto, no estabelecimento de rebocadores e se foram adequados para a manobra. Esta dificuldade está intimamente relacionada com a sua grande superfície vélica.

No que respeito às situações de maior risco para a segurança das manobras, conclui-se que estas acontecem com ventos superiores a 20 nós independentemente da direção do vento. Este risco aumentado verifica-se desde a aproximação até à atracação do navio. De notar quando o vento aumenta a ondulação também vai aumentar provocando adorno e abatimento ao navio, sobretudo, como é o caso, com velocidades reduzidas o que dificulta ainda mais o seu controlo.

Nos porta-contentores, conclui-se que, devido à grande área vélica que possuem, têm tendência a levar a proa ao vento e nestes casos pode ocorrer um abatimento do navio ou o aumento/redução de velocidade dependendo da direção do vento. Quando o navio se encontra com velocidade reduzida e com seguimento a ré ocorre o contrário, em alguns casos ele afasta a proa do vento, nestes casos o ideal é conseguir manter a popa sempre enfiada com o vento.

Com os graneis líquidos e sólidos não se sentiu tanto os efeitos do vento, porque os navios quando entram em porto estão, por norma, carregados e é muito mais difícil o vento ter alguma influência, o que nestes casos se fará sentir durante a manobra são os efeitos da ondulação, que não faz parte do presente estudo e poderá ser estudada num trabalho futuro.

Em relação ao vento e a influência deste, considera-se que dificulta a manobra, especialmente nos navios porta-contentores e nos de gás natural, mas com estes últimos teremos de considerar intensidades de vento mais baixas devido às restrições de entrada que estes navios têm pela perigosidade da carga que transportam.

No que respeita aos navios de transporte de gás natural, estes têm tendência a levar a proa ao vento e quando esta situação acontece eles abatem.

Quanto aos graneis líquidos e sólidos, o vento não tem influência significativa, podendo por vezes ocorrer uma diminuição da velocidade, devido aos grandes calados que detêm e por consequência o deslocamento/resistência lateral ser maior.

Conclui-se também que nas manobras com navios porta-contentores, os meios auxiliares internos (impulsores de proa) não são suficientes, acontecendo que na maior dos casos precisam de um rebocador à popa nas largadas e isto deve-se ao facto de a velocidade mínima que conseguem ter a vante ser elevado ou por terem navios atracados por vante.

Ventos de través são os mais complexos, sobretudo quando o navio tem seguimento a ré, isto porque o ponto pivot encontra-se deslocado para ré, criando um momento através do qual a proa irá afastar-se do vento.

Na largada de navios porta-contentores, verificou-se que, com mais de 25 nós de vento, são utilizados dois rebocadores.

Nos navios de transporte de gás natural, graneis líquidos e sólidos na largada do navio existe sempre dificuldade, devido ao facto de estes navios estarem dependentes dos rebocadores e não conseguirem largar do cais sem meios auxiliares externos.

Acabou por encontrar-se alguma desvantagem quando se optou por introduzir intervalos na direção do vento, em cada intervalo temos cerca de quatro ventos diferentes e, por exemplo, um vento de oeste produz um efeito diferente de um vento de noroeste, daí que existiram algumas discrepâncias nos dados recolhidos. Também não foi possível verificar o efeito do vento quando este foi superior a 20 nós para os graneis sólidos e líquidos.

Pelo exposto, conclui-se que os objetivos foram conseguidos.

(Esta página foi propositadamente deixada em branco)

Bibliografia

- Aires, S. (2011). *Responsabilidade Civil e Criminal dos Pilotos*. Lisboa.
- Almeida, A. A. (Janeiro de 1993). Manobras de Navios em Porto. *Tese para Obtenção da Equiparação à Titularidade do Diploma de Estudos Superiores*.
- Apibarra. (2013). *Apibarra*. Obtido de Apibarra: www.apibarra.pt
- APS. (2013). *Administração dos Portos de Sines e do Algarve, S.A.* Obtido em 2014, de www.portodesines.pt
- APS. (s.d.). *Administração dos Portos de Sines e do Algarve, S.A.* Obtido em Outubro de 2013, de Porto de Sines: www.portodesines.pt
- Ardley, R. (1959). *Pilotage en puerto*. Madrid, Barcelona: ediciones garriga, s.a.
- Azevedo, E. (6 de Janeiro de 2011). Obtido em 12 de 2013, de <http://www.blogmercante.com/2011/01/evolucao-dos-navios-tanque-os-primordios/>
- Azevedo, E. (19 de Agosto de 2011). (E. d.–D. Blogmercante- Navegar é preciso, Ed.) Obtido em 12 de 2013, de <http://www.blogmercante.com/2011/08/evolucao-dos-navios-tanquesdecadencia/>
- B. J. Lamb, A. e. (1961). A practical approach to rudder design. *Shipbuilding and Shipping*, 334-336.
- Baptista, L. F. (2013). Capítulo V – Sistemas de Propulsão e Governo. ESCOLA SUPERIOR NÁUTICA INFANTE D. HENRIQUE.
- Bayle, C. N. (S.D.). *Wind effects in harbor environment*. Marseille-Fos Pilot.
- Bertram, V. (2000). *Practical Ship Hydrodynamics*. Volker Bertram.
- Cajaty, O. A. (2002). *Rebocadores portuários*. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Praticagem.
- Captain Henk Hensen, F. (1997). *Tugs use in Port*. The Nautical Institute.
- Captain R.W.Rowe, F. (2000). *The Shiphandlers's Guide*. London ,England: The Nautical Institute.
- Casaca, M. d. (Janeiro de 1993). Estudo de padrões de manobrabilidade e técnicas de manobra do ponto de vista do piloto marítimo. *Tese para obtenção da equiparação à titulariedade do Diploma de Estudos Superiores Especializados em Gestão e Tecnologias Marítimas*.
- Correia, L. M. (S.D.). *Pilotagem, Servir a Navegação e os Portos*. Edição INPP, Instituto.
- Couco, M. (2008). *Otimização da seleção e alocação de cargas em navios de contentores*. São Paulo: USP.
- Doorn, J. D. (2014). Catching the whale, controlling large ships in ports. *Port Technology International*, 75-78.
- Duron, B. S. (1999). *Le transport maritime des céréales*. Doc. mémoire de DESS.

ECT, S. &. (2014). *Shore Tension & ECT*. Obtido de Shoretension & ECT: <http://www.shoretension.nl/>

Equasis. (2012). Obtido em 01 de 2014, de www.equasis.org: www.equasis.org

Eyres, D. (1998). *Ship Construction*. Butterworth Heinemann.

Forum, O. C. (2008). *Mooring equipment guidelines 3th Edition*. United Kingdom: Witherby Seamanship International.

Gomes, J. (19 de Juno de 2009). *Pilotos de Barra da Figueira da Foz- A vida entre o mar e a terra*. Obtido em 2014, de Revista da marinha: http://www.revistademarinha.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1269:pilotos-f-foz&catid=106:marinha-mercante&Itemid=390

Gravato, J. J. (2012). A actividade de Pilotagem em Portugal. Realidade e Perspectivas futuras. *ISCIA-Mestrado em Gestão Portuária*. Aveiro.

Guide, B. C. (S.D.). <http://www.bulkcarrierguide.com/size-range.html>. Obtido em Outubro de 2013, de <http://www.bulkcarrierguide.com/>: <http://www.bulkcarrierguide.com/size-range.html>

Hyun-Jun Kim, D.-W. S.-H.-K. (2012). A proposal on standard rudder, device design procedure. *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 20, No. 4, pp. 450-45.

IMO. (2013). Obtido em 2013, de IMO-International Maritime Organization: <http://www.imo.org/About/Pages/Default.aspx>

Institute, T. N. (1990). *The Nautical Institute on Pilotage and Shiphandling*. London, England: The Nautical Institute.

Kummerman, K. a. (1979). *Ship's Cargo. Cargo Ships*. MacGregor Publications.

Maersk/SeaLand. (Agosto de 2013). <http://people.hofstra.edu/>. Obtido de <http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch2en/conc2en/idealx.html>

manual, P. R. (2009). *Port Revel Shiphandling*. Port Revel.

McLellan, R. (1997). *Bigger vessels : How big is too big? Maritime Policy and Management*.

Moreira, J. M. (2003). *Questionários : Toeria e Prática*. Almedina.

Noble, P. G. (Fevereiro de 2010). A Short History of LNG Shipping 1959-2009. *Texas Section – SNAME*.

Olds, R. (S.D.). *Propeller Pages*. Obtido de <http://www.propellerpages.com/>

Oliveira, O. T. (19 de Abril 2009). Vessel Traffic Services (VTS) e o controlo do tráfego marítimo. *Revista da marinha*.

Puertos Del Estado. (2000). *Recommendations for the Design of the Maritime Configuration of Ports*. Madrid: Puertos Del Estado.

Rodrigue, A. a. (2012). Obtido de <http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch3en/conc3en/containerships.html>

- Shearar, M. D. (2007). LNG: A nontechnical guide. United States of America: Pennwell.
- Shiphandling, P. R. (2009). *Port Revel Shiphandling*.
- Silva, J. E. (2007). Tecnologia Marítima, Equipamentos e Sistemas do navio. Escola Superior Náutica Infante D. Henrique.
- Silveira, T. E. (2009). Métodos de Pesquisa. In T. E. Silveira, *Métodos de Pesquisa* (p. 12). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Sines, A. d. (2014). RECEÇÃO DE NAVIOS E MOVIMENTAÇÃO DE MERCADORIAS. *NO001R10*.
- Siport21. (2012). <http://pt.siport21.com/>. Obtido em 01 de 01 de 2015, de <http://pt.siport21.com/>: <http://pt.siport21.com/meios-proprios/simulador-manobras-navios-tempo-real/>
- Slack, J.-P. R. (2009). *The Geography of Transport Systems, Second Edition*. New York: Routledge.
- Suez Canal Authority. (2008). *Suez Canal Authority*. Obtido em Outubro de 2013, de Suez Canal Authority: <http://www.suezcanal.gov.eg/sc.aspx?show=12>
- Taggard, R. (1980). Ship Design and Construction. Sname.
- United Nations. (Janeiro de 2012). (W. E. Department of Economic and Social Affairs, Ed.) Obtido em Setembro de 2013, de http://www.un.org/en/development/desa/policy/wesp/wesp_archive/2012chap2.pdf
- United Nations. (2012). *Review of Maritime Transport, UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT*.
- Velosa, D. P. (2006). *Introdução à Probabilidade e à Estatística Vol. I 2ª Edição*. Fundação Calouste Gulbenkian.
- Veritas, D. N. (2000). Rules for Classification of Ships - Newbuildings. *Hull and Equipment Main Class-Part 3 Chapter 3*. Norway: DNV.

Referências legislativas:

(Esta página foi propositadamente deixada em branco)

Anexos

Anexo I- Características dos Terminais	122
Anexo II – Questionário.....	126

Anexo I- Características dos Terminais

➤ Terminal petrolífero

POSTOS	COMPRIMENTO (CFF) (m)		DWT NAVIO (t)		BACIA DE MANOBRA FUNDO AO Z.H. (m)	BACIA DE ACOSTAGEM FUNDO AO Z.H. (m)	CALADO MÁXIMO (m)	ALTURA DO MANIFOLD ACIMA LINHA ÁGUA (air draught)		PRODUTOS	FACILIDADES
	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	MÍNIMO				MÁXIMO (m)	MINIMO (m)		
Nº2	350	240	350 000	100 000	23,5	28,0	22,5	28,0	5,60	CR	AGUADA BANCAS DESLASTRO RESÍDUOS
Nº3	282	135	135 000	10 000	16,0	17,0	16,0 17,0 SUJEITO A MARÉ	18,0	3,80	CR, FO, GO, GAU NAQ, JET, PX	AGUADA BANCAS DESLASTRO RESÍDUOS
Nº4	295	135	150 000	10 000	16,0	18,0	16,0 18,0 SUJEITO A MARÉ	18,0	3,80	CR, FO, GO, GAU, GA, JET, NA, PYFO, NAQ, MTBE, TAME BU, PR, PRP, LPG	AGUADA BANCAS DESLASTRO RESÍDUOS
			LPG 110	LPG 75 000 M³				LPG 15 000 M³	18,0		
Nº5	282	110	135 000	10 000	16,0	17,0	16,0 17,0 SUJEITO A MARÉ	18,0	3,80	CR, FO, GO, GAU, GA, JET, NA, MET MTBE TAME BU, PR, PRP, LPG	AGUADA BANCAS DESLASTRO RESÍDUOS
			LPG 110	LPG 75 000 M³				LPG 15 000 M³	18,0		
Nº6	110 ...	70	LIMITADO PELO CFF DO NAVIO	8,0	10,0	9,0 10,0 SUJEITO A MARÉ	9,0	2,50	FO (FLEX), GO, GA, JET, NA, GAU, MTBE, TAME, PX BU, PR, PRP, LPG REF1/BBR, FRACÇÃO C4	AGUADA BANCAS DESLASTRO RESÍDUOS	
							LPG	LPG			9,0
Nº7	106	70	LIMITADO PELO CFF DO NAVIO	8,0	10,0	9,0 10,0 SUJEITO A MARÉ	9,0	2,50	AA, FO (FLEX) BU, PR, PRP, LPG	AGUADA BANCAS DESLASTRO RESÍDUOS	

Nomenclatura:	CR - Crude	NAP/R - Nafta principal / Retorno	JET - Gasolina de aviação	REF1 - Refinado 1/BBR	NA - Nafta	MTBE - Methyl - Tetra - Butil - Ether
	FOP/R - Fuel principal / Retorno	GAU - Gasolina sem Chumbo	PRP - Propileno	PYFO - Fuel de Pirólise	FO - Fuel oil	TAME - Tertiari - Amyl - Methyl - Ether
	GOP/R - Gasóleo principal / Retorno	NAQ - Nafta principal	PR - Propano	SO - Slops	GO - Gasóleo	PX - Paraxileno
	GAP/R - Gasolina principal / Retorno	MET - Metanol	BUT - Butano	BW - Água de lastro	GA - Gasolina	AA - Ácido Acético

Nota: Nos postos 6 e 7, a distância máxima do centro do manifold à ré = 55 m.

➤ Terminal petroquímico

POSTOS	COMPRIMENTO (CFF)		CAPACIDADE DO NAVIO (A)		ALTURA DO MANIFOLD ACIMA DA LINHA DE ÁGUA		PRODUTOS MOVIMENTADOS	FACILIDADES
	MÁXIMO (m)	MÍNIMO (m)	MÁXIMO (m ³)	MÍNIMO (m ³)	MÁXIMO (m)	MÍNIMO (m)		
Nº 9	160 (B)	78 (C)	12.000	3.000	14,10 (Leve)	2,00 (Carregado)	Propileno Butadieno Refinado 1/BBR Crude C4 Butano Aromáticos/PYGAS	AGUADA BANCAS AZOTO RESÍDUOS QUEIMADOR ÁGUA DE INCÊNDIO
Nº 10	172 (D)	78 (C)	20.000	3.000	14,60 (Leve)	2,00 (Carregado)	Etileno Aromáticos/PYGAS MTBE Metanol Fracção C4 Butano ETBE Etanol Refinado 1/BBR	AGUADA BANCAS AZOTO RESÍDUOS QUEIMADOR ÁGUA DE INCÊNDIO

Notas:

- (A) Valor indicativo e não vinculativo
- (B) Distância máxima do centro do manifold à popa = 72 m
- (C) Distância mínima do centro do manifold à popa = 45 m
- (D) Distância máxima do centro do manifold à popa = 85 m

➤ Terminal Multipurpose

CAIS	COMPRIMENTO (CFF)		DWT DO NAVIO (t) (A)		BACIA DE MANOBRA FUNDO AO Z.H. (m)	BACIA DE ACOSTAGEM FUNDO AO Z.H. (m)	ALTURA DO CONVÉS ACIMA DA LINHA DE ÁGUA		PRODUTOS	COMPRIMENTO DO CAIS (m)	FACILIDADES
	MÁXIMO (m)	MÍNIMO (m)	MÁXIMO	MÍNIMO			MÁXIMO (m)	MÍNIMO (m)			
Cais 1A	305	162	190 000	16 000	17,5	18	7,0	2,8	CARVÃO	645	AGUADA RESÍDUOS ENERGIA ELÉCTRICA
Cais 1B			160 000	...	17,5	18			CARGA GERAL		
Cais 2						15			CARGA GERAL	76	
Cais 3	200					15			CARGA GERAL RAMPA RO-RO	296	
Cais 4	245	100	75 000 (B)	...	18	13,5			GRANEIS SÓLIDOS	-----	

Nota: (A) Valor indicativo e não vinculativo.
 (B) Devido a limitações operacionais – DWT máximo 30000 MT; Boca – 26m

CALADO DO NAVIO (m)	COMPRIMENTO MÍNIMO DA RAMPA DO NAVIO (m)	DISTÂNCIA LIMITE DO NAVIO À RAMPA RO-RO (m)
≤ 5,50	10,0	6,0
> 5,50 e < 9,0	15,0	12,0
≥ 9,0	20,0	15,0

➤ Terminal de Gás Natural

POSTO DE ACOSTAGEM	COMPRIMENTO (CFF)		CAPACIDADE CARGA NAVIO		BACIA DE MANOBRA FUNDO AO Z.H. (m)	BACIA DE ACOSTAGEM FUNDO AO Z.H. (m)	ALTURA DO MANIFOLD ACIMA DA LINHA DE ÁGUA (Air DRAUGHT)		FACILIDADES
	MÁXIMO (m)	MÍNIMO (m)	MÁXIMO (m ³)	MÍNIMO (m ³)			MÁXIMO (m)	MÍNIMO (m)	
	320	200	225.000	35.000	17,5	15,0	30,17	12,21	RESÍDUOS

➤ Terminal de Contentores

CAIS	COMPRIMENTO (m)	N.º DE PÓRTICOS	ALCANCE (m)	COMPRIMENTO (CFF) MÁXIMO (m)	NAVIO DWT MÁXIMO (t)	NAVIO BOCA MÁXIMO (m)	CANAL DE ACESSO FUNDO AO Z.H. (m)	BACIA DE ACOSTAGEM FUNDO AO Z.H. (m)	FACILIDADES
	730	2 1 3	52 57 64	400	200.000	52	17,0	16,0	RESÍDUOS

Anexo II – Questionário

This questionnaire is part of a research project for a Master's Thesis, whose theme is: "The constraints related to the Ship handling with large vessels: The Case study of the Porto of Sines".

The objective involves the identification of the most critical points and the difficulties related to the manoeuvres in restricted waters in various weather conditions. The results will be used only for academic purposes.

Your answers will not be released to anyone and will remain anonymous. Thank you for your cooperation.

Ship (To be completed by the Pilot)

Container LNG
 Bulk Carrier Tanker
 Characteristics:
 LOA _____ DWT _____ Draft: Fore Aft
 Beam _____ Windage area _____
 Power of main engine: _____ Type of rudder: _____
 Thrusters: Bow _____ Stern _____ Propeller: Variable Fixed
 Tugs (Fill with position and BP):



Wind: Speed (Knots) Direction

15-20	<input type="checkbox"/>
20-25	<input type="checkbox"/>
25-30	<input type="checkbox"/>
>30	<input type="checkbox"/>

N-W	<input type="checkbox"/>
W-S	<input type="checkbox"/>
S-E	<input type="checkbox"/>
E-N	<input type="checkbox"/>

Swell:

Height(mts)

Period (sec)

Direction

0-2	<input type="checkbox"/>
2-4	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>

0-2	<input type="checkbox"/>
2-4	<input type="checkbox"/>
4-6	<input type="checkbox"/>
6-8	<input type="checkbox"/>

N-W	<input type="checkbox"/>
W-S	<input type="checkbox"/>
S-E	<input type="checkbox"/>
E-N	<input type="checkbox"/>

Manoeuvre

In your call to Sines, what are the critical points due to the weather conditions.

On a scale of 1 to 5, where 1 means difficult (higher difficulty) and 5 easy (no difficulty).

- Approach to the fairway buoy

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---
- Manoeuvre to give a good lee to board the pilot

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---
- Make fast the tugs

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---
- Enough space in the turning basin to rotate the vessel

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---
- The tugs used in the manoeuvre were adequate?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---
- In a emergency situation (eg. engine failure, malfunction of the tugs).The auxiliary means of manoeuvre where enough?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Regarding the present wind conditions

On a scale 1 to 5, where 1 is a strong negative interference and 5 assisted in performing the manoeuvre.

➤ On the approach

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

➤ In the rotation

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

➤ In berthing

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

➤ **On the approach with reduced speed and the ship moving ahead (Choose the options that have occurred).**

The vessel headed to the wind	
The vessel beared away	
Had no effect	
The ship drifted/casted	
The vessel heeled	
There was a increase of speed	
There was a reduction of speed	

➤ **In the rotation whit reduced speed and the ship moving ahead. (Choose the options that have occurred).**

The vessel headed to the wind	
The vessel beared away	
Had no effect	
The ship drifted/casted	
The vessel heeled	
There was a increase of speed	
There was a reduction of speed	

➤ **In the rotation whit reduced speed and the ship moving astern (Choose the options that have occurred).**

The vessel headed to the wind	
The vessel beared away	
Had no effect	
The ship drifted/casted	
The vessel heeled	
There was a increase of speed	
There was a reduction of speed	

➤ **On the approach to the pier/jetty (Choose the options that have occurred).**

The vessel headed to the wind	
The vessel beared away	
Had no effect	
The ship drifted/casted	
The vessel heeled	
There was a increase of speed	
There was a reduction of speed	

Largada

Navio

Porta-contentores

Graneis Sólidos

Gás Natural

Graneis Líquidos

Características gerais:

LOA _____

DWT _____ Calado: Av

Ar

Boca _____

Área vélica _____

Meios propulsores:

Potência da máquina principal: _____

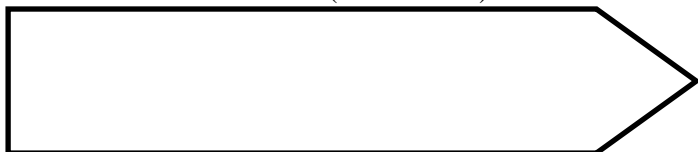
Bowthruster _____ Sternthruster _____

Tipo de leme _____

Passo: Fixo

Variável

Meios auxiliares utilizados (rebocadores):



(colocar posição e BP)

Vento:

Intensidade

Direção

15-20	
20-25	
25-30	
>30	

N-W	
W-S	
S-E	
E-N	

Ondulação:

Altura

Período

Direção

0-2	
2-4	

0-2	
2-4	
4-6	
6-8	

N-W	
W-S	
S-E	
E-N	

Em relação ao vento atual:

Numa escala de 1 a 5, sendo que 1 dificultou e 5 ajudou na realização da manobra.

- Na largada do navio

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

- Condições verificadas (assinalar com uma cruz as que se verificaram):

Manobra com os meios próprios do navio	
Afastou a proa do cais	
Afastou a popa do cais	
Afastou completamente do cais	
Não teve efeito	

Manobra com meios auxiliares (rebocadores) do navio	
Afastou a proa do cais	
Afastou a popa do cais	
Afastou completamente do cais	
Não afastou do cais	
Não teve efeito	