

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA NAVAL

ISADORA DE PÁDUA PEREIRA BESSA

INFLUÊNCIA DA PANDEMIA E DE OUTROS FATORES NA VELOCIDADE
ECONÔMICA ASSOCIADA AO PROJETO DE EMBARCAÇÕES MERCANTES

Joinville

2022

ISADORA DE PÁDUA PEREIRA BESSA

INFLUÊNCIA DA PANDEMIA E DE OUTROS FATORES NA VELOCIDADE
ECONÔMICA ASSOCIADA AO PROJETO DE EMBARCAÇÕES MERCANTES

Trabalho apresentado como requisito para
obtenção do título de bacharel no Curso de
Graduação em Engenharia Naval do
Centro Tecnológico de Joinville da
Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Dr. Thiago Pontin Tancredi

Joinville

2022

ISADORA DE PÁDUA PEREIRA BESSA

INFLUÊNCIA DA PANDEMIA E DE OUTROS FATORES NA VELOCIDADE
ECONÔMICA ASSOCIADA AO PROJETO DE EMBARCAÇÕES MERCANTES

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Naval, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC), 28 de julho de 2022.

Banca Examinadora:

Dr.Thiago Pontin Tancredi
Orientador/Presidente

Dra. Elisete Santos da Silva Zagheni
Membra
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Ricardo Aurélio Quinhões Pinto
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e Nossa Senhora pela dádiva da vida e por todas as bênçãos derramadas sobre mim e sobre aqueles que caminham comigo;

Agradeço também aos meus pais, Janaina e Nilson, sem eles nada disso seria possível. Sempre abdicaram de suas vidas em prol dos estudos de suas filhas. O amor, carinho, apoio e, principalmente, a fé que depositaram em mim foram indispensáveis para que, mesmo esgotada, eu conseguisse chegar até aqui;

À minha irmã, o meu muito obrigada por ser minha conselheira, meu braço direito e minha melhor amiga;

Agradeço aos meus padrinhos José Ferreira, Elisete, Gleissiana e a minha avó Vera. Também aos meus avós Jadir e Geralda (em memória) que, infelizmente, não conseguiram estar presentes no fim dessa jornada, mas foram grandes responsáveis por eu ser quem sou;

Ao Arnaldo, eu agradeço de coração por todo apoio, por acreditar no meu potencial mais que eu mesma;

Aos meus amigos da faculdade, principalmente Carol, Juan, Maria e Brian que estão comigo desde o primeiro dia de aula. E, também, ao time Kuase e à equipe de competição Holandês Voador pelos momentos inesquecíveis que me permitiram participar;

Agradeço também à Ana e ao William que me acolheram como filha em Joinville;

Agradeço a todos os professores da UFSC, em especial ao orientador deste trabalho Thiago Pontin Tancredi, pela paciência e todos os aprendizados, à coordenadora e professora Viviane Southe e ao meu orientador de estágio e professor Lucas Weihmann.

E, por fim, agradeço todos aqueles que se fizeram presentes.

RESUMO

A pandemia de Covid-19 e a guerra na Ucrânia impactaram fortemente a economia mundial. No transporte marítimo foram observadas oscilações bruscas no preço do frete, congestionamentos nos portos, crise na oferta de contêineres, elevação do preço dos combustíveis etc. Dada a estreita margem de lucro associada ao transporte marítimo internacional, tais variações podem facilmente ocasionar grandes prejuízos aos armadores e operadores navais. Motivado por esse contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta para a estimativa da velocidade econômica de embarcações do tipo porta contêiner, a qual pode ser facilmente ampliada para permitir a análise de outros tipos de embarcações mercantes. Construída inteiramente no Excel e tendo como base modelos empíricos já consagrados na literatura, a ferramenta desenvolvida passou por um processo de verificação, além de ter sido usada para a realização de várias análises paramétricas. O processo de verificação comparou a estimativa dos parâmetros principais com os dados existentes em quatro embarcações reais, revelando erros que vão de 10% para a estimativa do peso de aço do casco, chegando até 40% para a estimativa da resistência ao avanço da embarcação. Mesmo que a verificação tenha identificado potenciais melhorias a serem realizadas, os resultados são consistentes e a principal conclusão obtida consiste na constatação de que fatores externos que levem ao aumento do custo do combustível reduzem a lucratividade da operação, mas além disso, exigem que a embarcação navegue mais lentamente para maximizar o lucro obtido. Ao passo que fatores externos que aumentem o preço do frete exigem que a embarcação navegue com uma velocidade mais elevada para maximizar o lucro da operação.

Palavras-chave: Análise econômica. Porta contêiner. Transporte marítimo. Velocidade econômica. Projeto de navio.

ABSTRACT

The Covid-19 pandemic and the war in Ukraine have impacted the world economy. In maritime transport, sudden fluctuations in freight prices, congestion at ports, crisis in the supply of containers, increase in fuel prices, etc. Given the narrow profit margin associated with international shipping, such variations can easily cause great damage to shipowners and shipping operators. Motivated by this context, this work presents the development of a tool for estimating the economic speed of container vessels, which can be easily expanded to allow the analysis of other types of merchant vessels. Built entirely in Excel and based on empirical models already established in the literature, the developed tool has been verified and used to perform several parametric analyses. The verification process compared the estimate of the main parameters with the data existing in four real vessels, revealing errors ranging from 10% for the estimate of the steel weight of the hull, reaching up to 40% for the estimate of the resistance to the advance of the vessel. Even though the verification has identified potential improvements to be made, the results are consistent, and the main conclusion obtained is the finding that external factors that lead to an increase in the cost of fuel reduce the profitability of the operation, but in addition, require that the vessel navigate slower to maximize your profit. While external factors that increase the price of freight require the vessel to sail at a higher speed to maximize the profit of the operation.

Keywords: Economic analysis. Container Vessel. Maritime transport. Economical Speed. Ship design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Índice mundial por contêiner de 40' pés (em U\$) (06/2020 a 05/2021).....	21
Figura 2: Manuseio de contêineres (TEUS) pelo Porto de Santos	21
Figura 3: Índice de frete por contêiner de 40' pés (em U\$) (2019 a 2020)	22
Figura 4: Pesquisa ANTAQ 2022: Situação do transporte marítimo brasileiro	24
Figura 5: Consumo de HFO para navios em viagens internacionais.....	25
Figura 6: Proporção de emissão de GHG na operação de navios	26
Figura 7: Metodologia de trabalho	27
Figura 8: Coeficiente de bloco e resistência total	33
Figura 9: Responsabilidade dos custos de um proprietário pelo emprego do navio .	35
Figura 10: Características de motores para navios porta contêineres	36
Figura 11: Navios porta contêiner com origem no porto de Santos.....	40
Figura 12: Navios porta contêiner com destino no porto de Santos	40
Figura 13: Preço do combustível VLSFO na Ásia em \$/t	41
Figura 14: Preço do combustível VLSFO na América do Sul em \$/t.....	41
Figura 15: Análise do FBX de 2019 a 2022 (\$/FEUs)	42
Figura 16: Informações obrigatórias.....	43
Figura 17: Informações opcionais	44
Figura 18: Resistência ao avanço da embarcação obtida analiticamente	45
Figura 19: Curva de potência efetiva da embarcação	45
Figura 20: Aproximação polinomial para BHP	46
Figura 21: Representação de DWT e LWT da embarcação.....	47
Figura 22: Representação das parcelas do LWT da embarcação e do DWT	47
Figura 23: Representação das parcelas do LWT da embarcação.....	47
Figura 24: Curva de Lucro máximo em função da velocidade	48
Figura 25: Curva da receita bruta em função da velocidade	49
Figura 26: Curva de custo em função da velocidade	49
Figura 27: Resistência ao avanço da embarcação Seasmile	50
Figura 28: Resistência ao avanço da embarcação Hanjin California	50
Figura 29: Resistência ao avanço da embarcação Hyundai Together	51
Figura 30: Resistência ao avanço da embarcação MSC Altamira.....	51
Figura 31: Determinação da altura de uma superestrutura real	52

Figura 32: Verificação do comprimento da superestrutura.....	53
Figura 33: Verificação da altura da superestrutura.....	53
Figura 34: Análise de CWP	54
Figura 35: Determinação de CM	54
Figura 36: Verificação do Coeficiente de Bloco.....	55
Figura 37: Verificação do Coeficiente de área de linha d'água	55
Figura 38: Verificação do Coeficiente de seção mestra	55
Figura 39: Verificação da rotação do motor	56
Figura 40: Verificação do BHP	56
Figura 41: Verificação do consumo específico de combustível pelo motor principal ..	57
Figura 42: Verificação do peso moto	58
Figura 43: Verificação da capacidade de contêineres de 20 pés	58
Figura 44: Verificação da velocidade econômica	59
Figura 45: Verificação do lucro ao longo da vida útil	59
Figura 46: Influência do preço do frete	61
Figura 47: Influência do custo do combustível	61
Figura 48: Influência da distância da rota.....	62
Figura 49: Influência do coeficiente de bloco	62
Figura 50: Influência da porcentagem de contêineres no navio	63
Figura 51: Influência do porte.....	63
Figura 52: Influência da vida útil.....	64
Figura 53: Influência da razão L/B.....	64
Figura 54: Influência da razão B/T	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Aplicação do método de Holtrop e Mennen (1982)	28
Tabela 2: k para cálculo do peso de aço em navios porta contêineres	30
Tabela 3: k' para cálculo do peso de <i>outfit</i> em navios porta contêineres	31
Tabela 4: k'' para cálculo do peso de maquinário em navios porta contêineres	32
Tabela 5: Informações gerais das embarcações selecionadas	39
Tabela 6: Lucro total e velocidade econômica estimados para navio de referência..	48
Tabela 7: Dados de entrada complementares.....	49
Tabela 8: Erro estimado para o modelo empírico de resistência ao avanço	51
Tabela 9: Influência da constante k na estimativa do peso leve	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BHP	Potência do motor
CB	Coeficiente de Bloco
Cf	Coeficiente de Fricção
CM	Coeficiente de seção a meia nau
CP	Coeficiente prismático
CWP	Coeficiente da área na linha d'agua
Cp	Coeficiente Propulsivo
DWT	Peso morto do navio
F	Preço do frete
Kc	Preço de uma tonelada de combustível
KI	Preço de uma tonelada de lubrificante
LWT	Peso leve total
NP	Número de viagens por ano
P	Potência de Frenagem
Pe	Potência Efetiva
Ra	Resistência de Correlação
Rap	Resistência de Apêndices
Rb	Resistência de Bulbo
Rt	Resistência Total
Rv	Resistência Viscosa
Rw	Resistência de Onda
Sc	Consumo específico do combustível
TS	Tempo de viagem
TP	Tempo no porto
P	Potência de Frenagem
Pe	Potência Efetiva
Wm	Peso de maquinário
Wo	Peso de Outfit
Wst	Peso de aço

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVOS	14
1.1.1. Objetivo Geral	14
1.1.2. Objetivos Específicos	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 COMÉRCIO INTERNACIONAL	16
2.1.2 Os principais parceiros comerciais do Brasil	17
2.2 PANDEMIA COVID-19	18
2.2.1 O aumento nas taxas de frete	19
2.2.2. Crise dos contêineres	23
2.3 EMISSÃO DE POLUENTES PELO TRANSPORTE MARÍTIMO	25
3. METODOLOGIA	27
3.1 MODELAGEM MATEMÁTICA	28
3.1.1 Resistência ao avanço	28
3.1.2 Peso Leve	30
3.1.3 Capacidade de TEUs	32
3.1.4 Coeficientes de forma	33
3.1.5 Tipos de afretamento	34
3.1.6 Estimativa dos custos de operação	35
3.1.7 Estimativa da receita bruta	38
3.1.8 Estimativa do lucro total	38
3.2 VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA	38
4. DESENVOLVIMENTO	43
4.1 PARÂMETROS DE ENTRADA	43
4.2 RESULTADOS	44
4.3.1 Verificação do método de Holtrop e Mennen	50
4.3.2 Verificação das dimensões da superestrutura	52
4.3.3 Verificação dos coeficientes CB, CWP e CM	53
4.3.4 Verificação de aspectos relacionados ao motor	56
4.3.5 Verificação de DWT e da capacidade de contêineres	57
4.3.6 Verificação da velocidade econômica e do lucro total	59

5. ANÁLISES PARAMÉTRICAS	61
6. CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS	68
ANEXO A - EMBARCAÇÕES MODELOS PARA AS VERIFICAÇÕES	72
ANEXO B - MOTORES DAS EMBARCAÇÕES USADAS NA VERIFICAÇÃO	80
APÊNDICE A - COEFICIENTES DE FORMA REAIS	81
APÊNDICE B - DIMENSÕES DE SUPERESTRUTURAS REAIS	84
APÊNDICE C - EQUAÇÕES AUXILIARES: HOLTROP E MENNEN (1982)	85

1. INTRODUÇÃO

O moderno paradigma de engenharia está sempre buscando diferenciais nos projetos desenvolvidos, seja a maximização da eficiência, a redução de custos, uma maior confiabilidade, uma maior velocidade, uma menor emissão de poluentes; uma maior lucratividade ou quaisquer outros atributos de interesse (Tancredi, 2008).

Conforme descrito em Chame (2015), esse contexto é bastante evidente na indústria naval, onde a complexidade dos projetos e o caráter interativo associado aos diferentes subsistemas existentes em um navio, fomenta o desenvolvimento de novas abordagens, técnicas e ferramentas de projeto.

Segundo Molland (2008), mercados competitivos requerem embarcações mais rápidas, cujos diferenciais de desempenho sejam capazes de atrair uma maior quantidade de fretes. Ao mesmo tempo, o uso de velocidades mais altas pode viabilizar lucros em função do custo de oportunidade dos armadores.

No entanto, dado que o consumo de combustível cresce cubicamente com a velocidade utilizada (Andrada, 2017), é razoável imaginar que, a partir de um certo valor, que dependerá de cada embarcação e de fatores econômicos, o aumento da velocidade de serviço reduzirá o lucro da operação, podendo, inclusive, causar prejuízos ao armador.

A Organização Marítima Internacional (IMO) é responsável pela segurança e proteção do transporte marítimo, bem como pela prevenção de acidentes marítimos e pelo controle da poluição provocada pelas embarcações oceânicas.

Segundo registros vistos em IMO (2022), atualmente, 175 países são signatários da IMO, os quais se comprometem a adotar integralmente as recomendações e normativas estabelecidas pela organização tanto no que se refere as embarcações de bandeira própria quanto na fiscalização de embarcações estrangeiras que naveguem em suas águas territoriais. O Brasil é signatário da IMO desde 1963 e, por isso, incorpora integralmente as recomendações e normativas dessa organização nas normas editadas pela Marinha do Brasil (NORMAM).

Em abril de 2018, a IMO aprovou uma estratégia para a redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) produzidas por navios. As metas estabelecidas visavam reduzir o gás carbônico emitido em todo o transporte marítimo internacional em pelo menos 40% até 2030, alcançando uma redução de 70% até 2050. É

importante observar que essa iniciativa está alinhada com os objetivos estabelecidos no Acordo de Paris (FARIAS; PINTO; MONTEIRO, 2020).

Em 2019 o mundo mergulhou em uma pandemia, que mudou a realidade mundial, afetando, entre outras coisas, o transporte marítimo internacional. Os impactos trazidos pela pandemia de Covid-19 são inúmeros e se projetam nos mais diversos setores, atingindo intensamente as relações comerciais, não só no presente, mas também com reflexos que se estendem para o período pós pandemia.

A recente invasão da Rússia à Ucrânia, e a conseqüente redução da oferta de derivados de petróleo causada pelos embargados econômicos, provocou uma redução na oferta mundial de combustível, elevando significativamente o custo desse produto. No entanto, segundo a CNN (2022), mesmo antes da invasão, a oferta mundial de petróleo já não conseguia acompanhar o aumento da demanda decorrente da retomada pós pandemia das atividades econômicas.

Dentro desse cenário de incertezas, torna-se importante desenvolver estudos que verifiquem os impactos desses fatores no comércio exterior brasileiro, bem como no projeto e na operação de embarcações mercantes.

O cenário apresentado fomenta engenheiros navais a desenvolverem modelos preditivos que permitam mensurar a influência dos parâmetros de projeto de um navio, bem como o contexto da economia mundial, na velocidade econômica de uma embarcação mercante.

1.1. OBJETIVOS

Motivado pelas mudanças globais causadas pela pandemia de COVID 19, pela Guerra na Ucrânia e pelas novas normativas estabelecidas pela IMO, propõem-se os objetivos descritos nesta seção.

1.1.1. Objetivo Geral

Desenvolver um modelo preditivo que avalie qualitativamente e quantitativamente a influência dos parâmetros de projeto, bem como o contexto da economia mundial, na velocidade econômica de uma embarcação do tipo porta contêiner.

1.1.2. Objetivos Específicos

Buscando a efetivação do objetivo geral, este trabalho espera alcançar também os seguintes objetivos específicos:

- Realizar a pesquisa bibliográfica inerente ao tema, com especial atenção a determinação dos parâmetros necessários para a construção do modelo preditivo proposto neste trabalho;
- Desenvolver um modelo preditivo para a determinação da velocidade econômica associada ao projeto de um navio porta contêineres;
- Realizar análises de verificação buscando identificar a adequação dos modelos empíricos utilizados no modelo preditivo desenvolvido;
- Realizar a análise paramétrica sobre a influência do custo do combustível e do valor do frete na velocidade econômica de uma embarcação do tipo porta contêineres;
- Realizar análises paramétricas sobre a influência da razão L/B , B/T , C_b e Deslocamento na velocidade econômica de uma embarcação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são descritos os fundamentos teóricos utilizados no desenvolvimento do modelo preditivo destinado à determinação da velocidade econômica de uma embarcação porta contêiner.

O capítulo começa descrevendo brevemente os principais aspectos do comércio internacional brasileiro, bem como as altas oscilações no valor do frete do contêiner durante os últimos anos, além dos efeitos da pandemia Covid-19 e da guerra da Ucrânia no comércio internacional. Além disso, apresenta-se o 4º estudo realizado pela IMO sobre as emissões de poluentes em embarcações oceânicas e os potenciais impactos associados ao transporte de produtos e insumos.

2.1 COMÉRCIO INTERNACIONAL

A atividade de comércio exterior consiste no envio de mercadorias de um país a outro, envolvendo qualquer operação comercial onde bens cruzam a fronteira de um país, chegando a outro. Nesse tipo de atividade, a exportação refere-se ao envio de mercadorias a outro país, enquanto a importação consiste no recebimento de mercadorias de outro país. Já os impostos e as contribuições que se relacionam com a exportação e importação são consideradas barreiras tarifárias (SILVA, 2014).

A exportação tem grande importância para a economia dos países e das empresas. Com relação às vantagens para as empresas, é possível citar o aumento da escala de produção, a qual por sua vez, permite a diminuição dos custos de fabricação, o aumento da lucratividade e/ou a manutenção de uma posição competitiva frente à outras empresas do mesmo segmento. Além disso, a diminuição da carga tributária também é uma vantagem para essas empresas, pois parte dos impostos internos não incidem em produtos exportados (BRASIL, 2004).

Ainda segundo Brasil (2004), a exportação também permite que haja uma menor dependência das vendas internas, de forma que a empresa pode contar com uma maior segurança frente às mudanças de demanda dos consumidores do país. Além disso, empresas que exportam seus produtos, tendem a ser mais inovadoras, por conta da utilização de diferentes processos de fabricação e do desenvolvimento de novos produtos que visam atender as demandas internas e externas.

No Brasil, as empresas exportadoras também podem contar com recursos financeiros, tais como o Adiantamento sobre Contrato de Câmbio (ACC) e o Adiantamento sobre Cambiais de Exportação (ACE), que consistem em uma receita enviada às empresas que consideram as taxas de juros internacionais, as quais, normalmente, são inferiores àquelas praticadas no mercado interno (BRASIL, 2004).

Por fim, empresas que exportam costumam oferecer melhores salários e mais oportunidades de treinamento para seus funcionários, além de possuírem uma melhor imagem, pois a exportação fornece à empresa um caráter de importância dado os contatos internacionais de que dispõe (BRASIL, 2004).

Com relação a economia do país, a exportação contribui para a geração de emprego e renda, além de gerar a entrada de divisas que possibilitam adquirir novos produtos e recursos, equilibrar as contas externas, bem como auxiliam no desenvolvimento econômico nacional (BRASIL, 2004).

2.1.2 Os principais parceiros comerciais do Brasil

A fim de apresentar um panorama geral a respeito dos principais parceiros comerciais do Brasil, é importante salientar que o país ocupa um importante papel no comércio internacional, figurando como 27º maior importador em todo o mundo, e 25º maior exportador (ACO, 2022).

Observando os dados referentes ao ano de 2020, é possível identificar que a China e os Estados Unidos representam, juntos, cerca de 42,5% das exportações brasileiras. A China figura em primeiro lugar, sendo o destino de 32,3% das exportações, enquanto os Estados Unidos, receberam cerca de 10,2% (OPEN MARKET, 2021; MOTA, 2021).

Tal resultado não difere significativamente do contexto mundial, pois a China, além de concentrar 18% do PIB mundial, produz cerca de 20% de todos os bens intermediários consumidos em todo o mundo (BRASIL, 2020).

Em 2021, de acordo com os dados divulgados pelo Ministério da Economia, as exportações cresceram 34% em comparação ao ano anterior, enquanto as importações cresceram 38,2%. Ou seja, nota-se uma melhora significativa em comparação com o ano de 2020 (LAPA, 2022).

Ainda segundo Lapa (2022), em 2021, os produtos mais exportados do Brasil foram a soja, o minério de ferro e o petróleo, que juntos corresponderam a 40% do

total de produtos exportados pelo país. Destaca-se ainda que, por conta do aumento do preço do dólar, houve uma valorização significativa, em relação a 2020, desses commodities: o minério de ferro valorizou 72,9%, o petróleo, 54,3% e a soja, 35,3%.

2.2 PANDEMIA COVID-19

A COVID-19 é uma doença causada pelo vírus denominado SARS-CoV-2, o qual é um agente etiológico representante dos coronavírus (CoV). Já o prefixo (SARS) está associado ao alto potencial que essa classe de vírus tem de causar uma Síndrome Respiratória Aguda Grave. Por fim, o sufixo 2, refere-se ao fato de que o primeiro SARS-CoV foi registrado como surto em 2002 na China (ZHOU et al., 2020).

O SARS-COV-2 provoca uma infecção respiratória aguda, e, portanto, tem como principal fonte de disseminação as secreções do aparelho respiratório (catarro, gotículas de espirros e aerossóis) produzidas por pessoas infectadas, com ou sem sintomas. No entanto, há estudos que evidenciam uma maior estabilidade do SARS-CoV-2 em relação ao SARS-CoV, aumentando a permanência do vírus no ambiente (SETTI et al., 2020).

A letalidade, virulência e velocidade de disseminação dessa doença justificam a preocupação mundial e dos órgãos de saúde nacionais pela busca de formas de combater essa pandemia (FAN et al., 2020).

Dado que a principal forma de contágio da Covid 19 se dá pelo contato direto entre pessoas infectadas e não infectadas, para reduzir a disseminação da doença, a OMS, Organização Mundial da Saúde, recomenda a adoção de um distanciamento interpessoal de 1 a 2 metros. Essa recomendação baseia-se no fato de que estudos comprovaram que as gotículas que disseminam o SARSCoV-2 estão localizadas ao redor do nariz e da boca, podendo propagar o vírus em distâncias que variam em função da capacidade de ventilação respiratória do infectado (BUONANNO, 2020; STABILE, 2020; MORAWSKA, 2020).

Devido ao distanciamento requerido para a contenção da doença, várias atividades comerciais foram interrompidas em diferentes momentos e por diferentes períodos. Embora eficiente para conter a pandemia, tal estratégia impactou o transporte marítimo gerando congestionamentos nos portos, falta de contêineres, aumento do combustível etc.

2.2.1 O aumento nas taxas de frete

Conforme apresentado, os impactos da pandemia de COVID-19 afetaram diversos setores da sociedade, especialmente a economia. Nesse sentido, esta seção discute o aumento das taxas de frete, as quais foram significativamente afetadas pela crise sanitária mundial.

A pandemia ameaçou e ainda ameaça a sobrevivência de muitas empresas em todo o mundo. No Brasil, várias empresas fecharam as portas, outras conseguiram sobreviver adaptando-se à nova realidade de forma rápida e eficiente. Mas, mesmo aquelas empresas que não fecharam, foram fortemente afetadas economicamente.

Conforme aponta Bolo (2020, p. 6), a pandemia acabou gerando mudanças nos padrões de compra da população. Para exemplificar tais mudanças, o autor descreve o exemplo chinês:

Por exemplo, uma pesquisa sobre o impacto da crise COVID-19 (...) na gestão de negócios na China, mostra que as empresas geralmente enfrentam uma redução acentuada dos pedidos, pressões de custo, salários e impostos, um aumento geral nos preços das matérias-primas, demanda insuficiente e dificuldade na busca de fornecedores alternativos. Além disso, nesse mercado muitos varejistas, e até alguns fabricantes, optaram por usar a transmissão ao vivo de e-commerce como um novo canal e o torna mais conveniente para que os consumidores obtenham acesso aos produtos ou serviços que precisam (BOLO, 2020, p. 6).

Assim, é inegável que as empresas tiveram que se adaptar e modificar as formas de lidar com o público, vender e entregar seus produtos. Essas mudanças, também produziram efeitos no setor de transporte marítimo, levando a modificações nos valores dos fretes internacionais. Nesse sentido, os impactos associados à disponibilidade de contêineres, de mão de obra e de insumos são os principais fatores que influenciam o valor do frete.

A Confederação Nacional do Transporte (2020) aponta que a crise sanitária mundial afetou o setor de transporte, o qual já se encontrava fragilizado em virtude da recessão econômica brasileira ocorrida entre os anos de 2014 e 2016.

De acordo com a Becomex (2021), a falta de matéria-prima ocorrida desde o segundo semestre de 2020 foi um dos principais fatores responsáveis pela redução da produção, criando grandes desafios na indústria. Entre as dificuldades associadas a realização de exportações, destacam-se o aumento dos preços dos fretes internacionais, congestionamentos nos portos e a falta de contêineres no mercado.

Em notícia veiculada em novembro de 2021, a CNN aponta que o aumento do preço do frete internacional poderia ameaçar a recuperação global. Caso permaneça, o aumento do frete marítimo pode resultar em um aumento de cerca de 11% no valor dos produtos importados, o que representaria uma grande ameaça à recuperação da economia global (NAKAGAWA, 2021).

Esse problema está diretamente relacionado à crise dos contêineres observada no ano de 2020, quando o aumento do comércio de eletrônicos teve seu transporte limitado devido à falta de contêineres (NAKAGAWA, 2021).

Tal efeito também é mencionado por Melo et al. (2021), cujo trabalho afirma que os principais impactos da pandemia no transporte marítimo internacional foram a volatilidade dos preços dos fretes, a disponibilidade dos contêineres, a alta do dólar e a aceleração da digitalização.

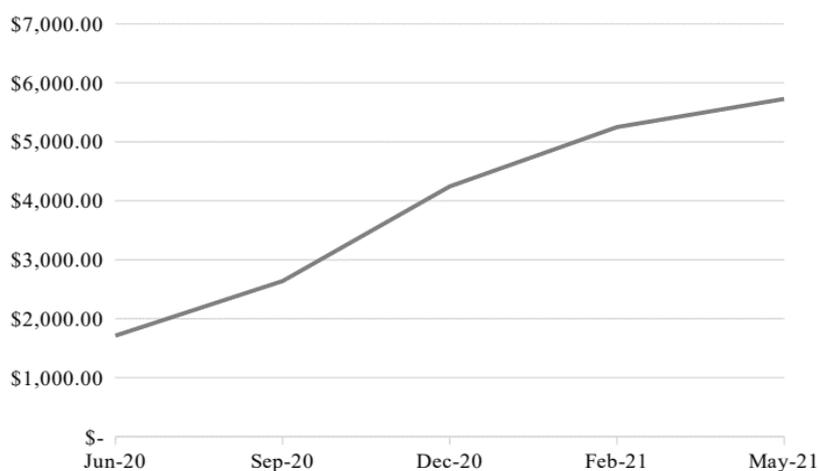
O aumento dos preços dos fretes ocorreu, basicamente, como uma estratégia para a recuperação econômica do prejuízo causado pelo início da pandemia em 2020.

Em matéria publicada pela organização Sindmar (Sindicato Nacional dos Oficiais da Marinha Mercante) em 2021, foi registrado na semana do Natal de 2020, o valor do frete marítimo pela rota Shanghai a Santos no valor de \$10.000. Em comparação, um ano antes, o custo dessa mesma rota girava em torno de USD \$2.000 por TEU. Assim, os dados levantados demonstram que houve um aumento no valor do frete de cinco vezes se comparado a um ano antes (MELO et al., 2021, p. 7).

Esses dois fatores tiveram como consequência inicial o atraso nos embarques dos produtos; levando à inclusão da taxa PSS (peak season surcharge), valor adotado como medida protetiva contra atrasos e cancelamentos do frete (MELO et al., 2021).

De acordo com Lazarin e Vieira (2021), as consequências do aumento do frete marítimo na logística internacional causaram um grande baque na economia global. Conforme pode ser visto na Figura 1, observa-se um aumento de 326% no valor do frete de um contêiner num período de 11 meses; gerando um cenário crítico para a logística em todo o mundo.

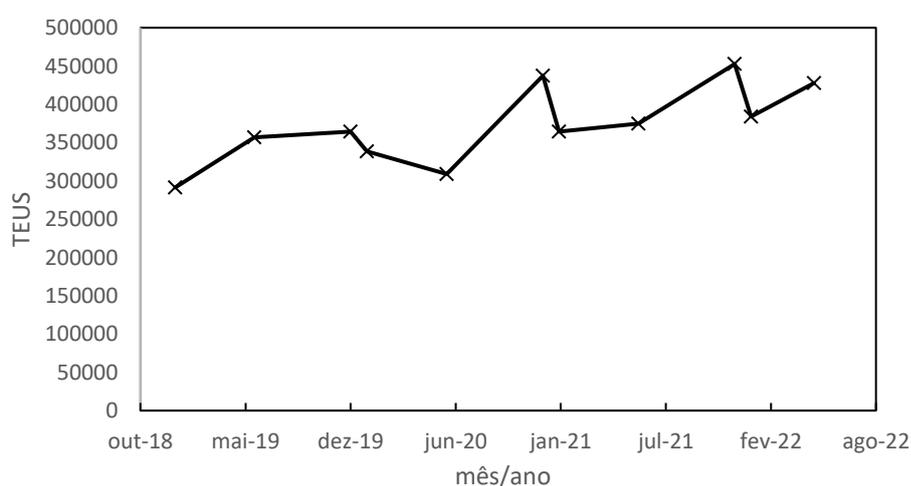
Figura 1: Índice mundial por contêiner de 40' pés (em U\$) (06/2020 a 05/2021)



Fonte: Lazarin e Vieira (2021, p. 7)

Considerando o cenário brasileiro, é importante mencionar, por exemplo, o caso do Porto de Santos, que segundo dados de Autoridade Portuária de Santos (2022), ilustrados na Figura 2, apresentou uma redução significativa do manuseio de contêineres no primeiro semestre de 2020, iniciando uma retomada gradativa no segundo semestre de 2020.

Figura 2: Manuseio de contêineres (TEUS) pelo Porto de Santos

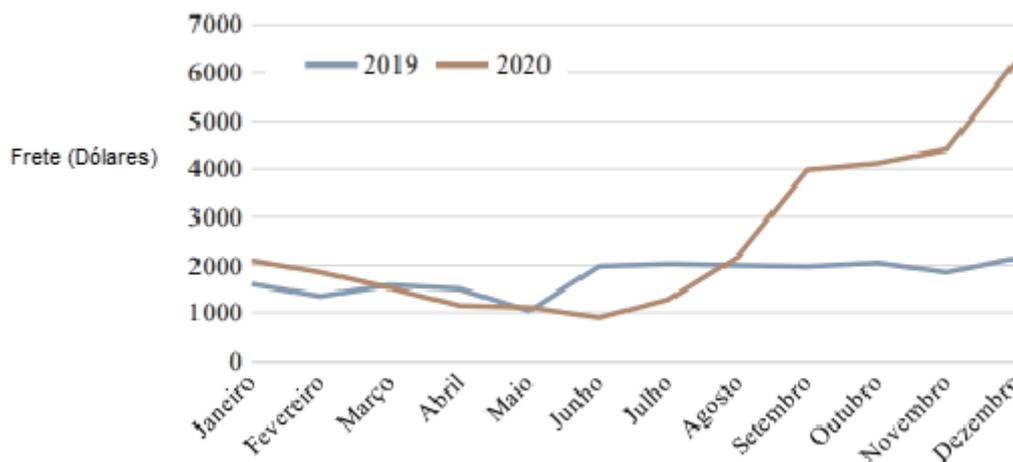


Fonte: Autora (2022)

O setor industrial brasileiro foi fortemente afetado por essa crise, de forma que 57% das indústrias exportadoras apresentaram quedas nos índices de faturamento; sendo que no caso das indústrias importadoras a queda foi ainda maior, chegando a 70% (LAZARIN; VIEIRA, 2021).

Com o estabelecimento da crise dos contêineres, a tendência de queda dos valores dos fretes marítimos se transformou em uma rápida e impactante elevação, tal como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3: Índice de frete por contêiner de 40' pés (em U\$) (2019 a 2020)



Dados referentes a rota Xangai - América do Sul.

Fonte: Lazarin e Vieira (2021, p. 9)

Com essa nova realidade, empresas importadoras foram as mais prejudicadas, chegando a pagar fretes até 4 vezes maiores em 2020 do que em anos anteriores, além de sofrerem com mudanças nas rotas dos navios, causadas pela decisão dos armadores de priorizarem rotas mais lucrativas (LAZARIN; VIEIRA, 2021).

Entre os meses de janeiro e agosto de 2020, foi registrada uma queda de 7,05% na movimentação de contêineres no porto de Santos por conta da queda do número de importações. No entanto, o ritmo da movimentação foi retomando a partir da recuperação econômica da China, inclusive batendo recordes no mês de dezembro de 2020 (LAZARIN; VIEIRA, 2021).

Além disso, conforme explicado por BBC (2020), a alta do dólar e a desvalorização do real também afetaram significativamente as exportações; pois o real foi uma das moedas que mais se desvalorizou em 2020, com uma baixa de 30% em seu valor. No âmbito das importações, essa desvalorização tem um impacto importante, pois as compras realizadas no exterior são feitas com moeda estrangeira, elevando o preço para o consumidor final e reduzindo a demanda por produtos importados.

No entanto, segundo Lapa (2022), no início do ano de 2022, foi possível identificar um aumento das exportações brasileiras, o que indica uma melhoria no setor. Entretanto, ainda permanece a questão dos preços elevados, o que continua a comprometer a recuperação econômica.

2.2.2. Crise dos contêineres

O modal aquaviário é um dos principais meios de transporte de mercadorias do comércio internacional, sendo que a principal forma de acondicionamento de cargas nesse modal é o contêiner, pois permite maior agilidade, economia e segurança na movimentação das cargas (LAZARIN; VIEIRA, 2021).

Ludovico (2010) também afirma que o contêiner é um dos principais componentes do transporte marítimo de mercadorias, sendo um recipiente seguro, inviolável e que atende à diversas normas e requisitos técnicos.

Dentre as principais vantagens na utilização dos contêineres, destacam-se: a redução de perdas, roubos e avarias à carga; a redução da utilização de mão-de-obra na movimentação da carga, a maior eficiência nas operações de carregamento e descarregamento de veículos terrestres, marítimos e ferroviários; estocagem da mercadoria à céu aberto e possibilidade de movimentação do contêiner em condições climáticas desfavoráveis. Já as desvantagens são: os espaços não utilizados dentro da unidade de carga; a exigência de equipamentos de alto custo para a movimentação das unidades; o pagamento do aluguel do contêiner e os custos de reparos, reposição e retorno dos contêineres vazios (LAZARIN; VIEIRA, 2021, p. 3).

Conforme já discutido, especialmente no início da pandemia de Covid 19, buscando diminuir o espalhamento do vírus, diversos países implementaram medidas de distanciamento social, além de bloqueios comerciais, o que acabou por reduzir drasticamente as operações marítimas.

Entretanto, no segundo semestre de 2020, a demanda por produtos voltou a subir, motivada especialmente pela retomada das exportações chinesas. Porém observou-se um grande problema: os contêineres estavam parados em portos europeus e americanos, não havia caixas para transportar os produtos que estavam sendo vendidos online (LAZARIN; VIEIRA, 2021).

Como resultado dessa escassez de contêineres, observou-se um aumento significativo dos fretes aquaviários. No Brasil, essa crise também foi sentida, pois os

frete altos, especialmente entre a rota Brasil-China, tornaram-se um empecilho para a exportação e importação (LAZARIN; VIEIRA, 2021).

Segundo Horowitz (2021), o início do problema envolvendo os contêineres ocorreu quando as principais companhias de transporte marítimo cancelaram suas viagens, o que resultou em muitos contêineres vazios parados em portos, sem a possibilidade de serem realocados. Além disso, determinadas operações deixaram de ser economicamente viáveis, o que também contribuiu para o alto número de contêineres parados.

Diante da escassez no mercado, o custo de compra e reserva de contêineres sofreram grandes elevações, as quais foram acompanhadas de aumentos nos custos das matérias primas envolvidas na fabricação de contêineres. Esses valores bateram recordes e se mantiveram altos durante todo o ano de 2021 (HOROWITZ, 2021).

Em março de 2022, a ANTAQ divulgou um relatório com o objetivo de verificar e mapear a situação do transporte marítimo brasileiro. Esse relatório baseia-se em uma pesquisa realizada com terminais portuários, associações, representantes dos armadores etc. Conforme pode ser visto em ANTAQ (2022), a maior parte dos entrevistados relataram a falta de contêineres e o aumento excessivo no valor do frete (Figura 4).

Figura 4: Pesquisa ANTAQ 2022: Situação do transporte marítimo brasileiro

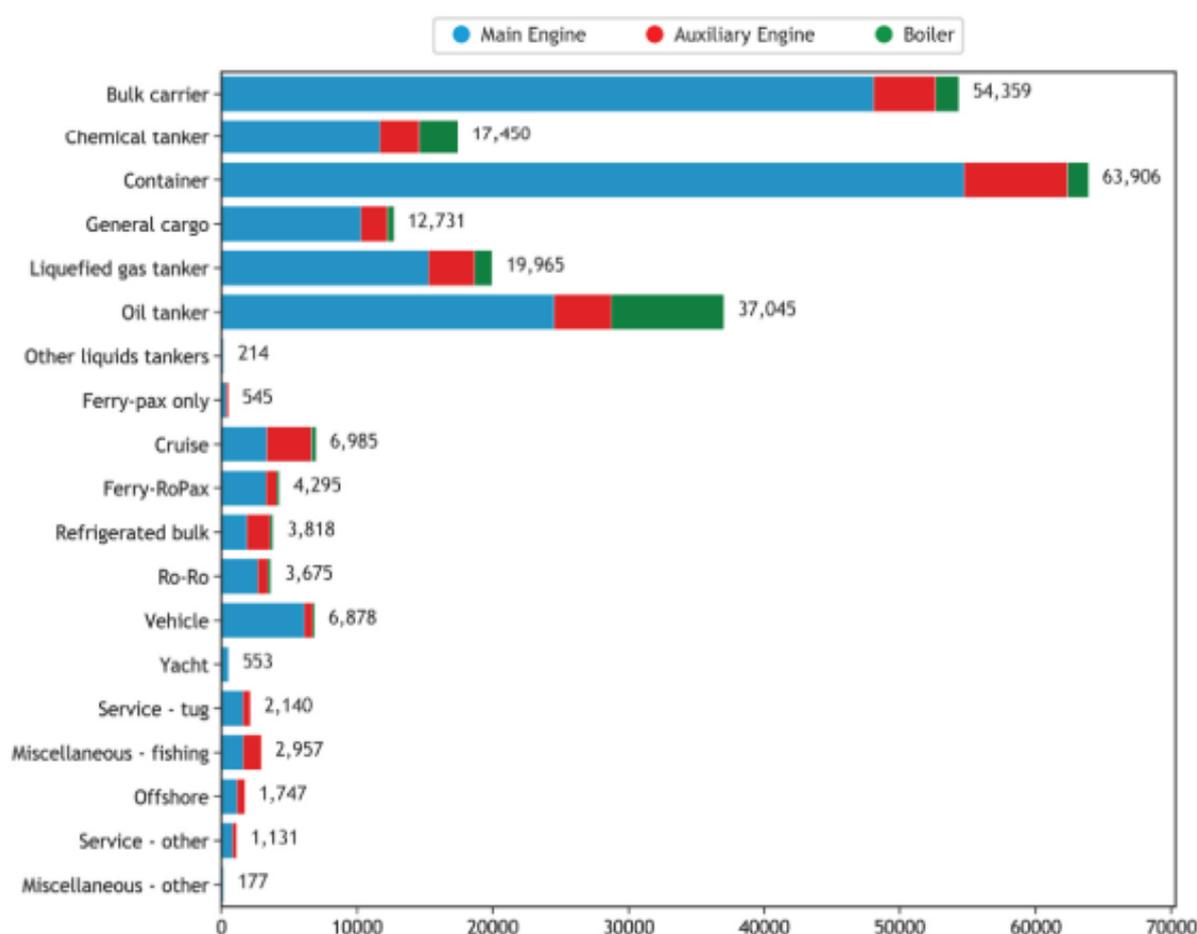


Fonte: Adaptado de ANTAQ (2022)

2.3 EMISSÃO DE POLUENTES PELO TRANSPORTE MARÍTIMO

O 4º estudo feito pela IMO sobre gases causadores do efeito estufa¹ (GHG) mostrou que navios porta contêineres, petroleiros e graneleiros são as embarcações que mais consomem combustível na frota mundial (Figura 5). Além disso, o estudo também mostrou que, entre os diversos sistemas a bordo, o motor principal (usado para a propulsão do navio), os motores auxiliares (usados para gerar eletricidade) e, por último, os sistemas de geração de calor (boilers) são aqueles que mais consomem combustível.

Figura 5: Consumo de HFO para navios em viagens internacionais



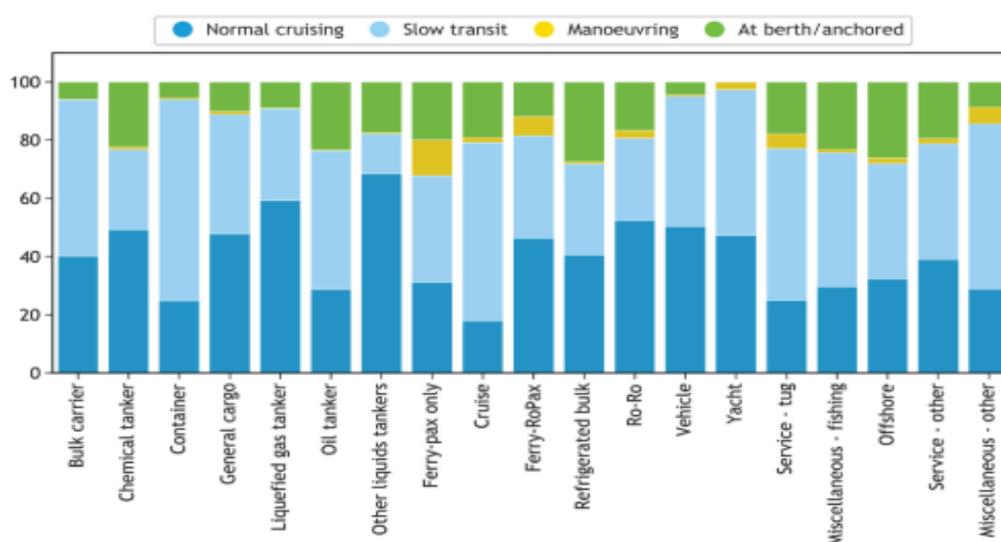
Dados em mil toneladas referentes ao ano de 2018.

Fonte: IMO, 2020

¹ Do inglês "greenhouse gas".

Na Figura 6 são mostradas a proporção de emissão de GHG em embarcações mercantes em função do tipo de operação que realizam (navegação na velocidade de serviço, navegação lenta, manobra e atracado no berço). Tais dados são importantes para evidenciar que, conforme discutido por Meyer et al. (2012), em razão do aumento dos combustíveis e das novas restrições associadas a emissão de poluentes, os navios mercantes passaram a navegar com velocidades inferiores à velocidade de serviço, buscando maximizar a eficiência do sistema propulsivo.

Figura 6: Proporção de emissão de GHG na operação de navios



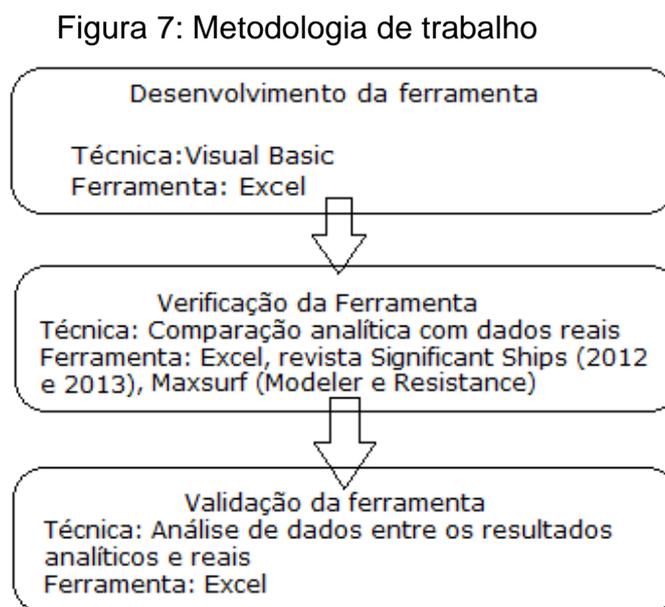
Fonte: IMO, 2020

O estudo da IMO (2020) fomenta novas pesquisas sobre maneiras práticas de reduzir o consumo de combustível, reduzindo o custo do frete e, conseqüentemente, reduzindo as emissões de poluentes.

Além de ajustar a velocidade de navegação, tal como evidenciado pela Figura 6, outras maneiras de reduzir o consumo de combustível de um navio consistem em monitorar o funcionamento dos motores e realizar as manutenções preditivas, estudar a rota e o clima para a viagem, realizar a limpeza periódica do casco e do propulsor, otimizar a alocação de carga de forma a obter um trim que maximize o desempenho da embarcação etc.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho. Para melhor entendimento, na Figura 7 é representado o processo de trabalho, bem como as técnicas e ferramentas utilizadas em cada etapa.



Fonte: Autora (2022)

Conforme pode ser visto na Figura 7, o desenvolvimento da ferramenta será feito utilizando-se uma planilha eletrônica e rotinas de automatização implementadas no programa Excel, cuja licença foi custeada pela autora. Já os modelos empíricos utilizados no desenvolvimento são descritos ao longo deste capítulo.

O método utilizado para a verificação consiste na comparação dos valores obtidos utilizando-se a ferramenta desenvolvida com os dados reais de quatro embarcações descritas em Savvides (2012) e Savvides (2013).

No entanto, destaca-se que, para a verificação da estimativa da resistência ao avanço, foi realizada a comparação com os valores calculados utilizando-se o programa Maxsurf², o qual é reconhecidamente robusto e confiável.

Sendo que, para quantificar o grau de aderência dos modelos empíricos implementados, em todas as análises realizadas, utilizou-se o erro relativo (Equação 1), sempre considerando os dados reais como resultados de referência.

² Cujá licença foi fornecida pela Universidade Federal de Santa Catarina.

$$Erro = \left(\frac{(\text{Resultado real} - \text{Resultado analítico})^2}{(\text{Resultado real})^2} \right)^{0,5} \quad (1)$$

Uma vez finalizado o processo de verificação, a ferramenta desenvolvida foi utilizada para realizar análises paramétricas destinadas a observar o comportamento da velocidade econômica estimada e do lucro máximo obtido na operação em função de parâmetros de projeto e em função de aspectos econômicos, tais como, o preço do frete e o custo do combustível.

Tal estudo visa oferecer uma análise qualitativa e quantitativa sobre os impactos sentidos na operação de navios mercantes em decorrência de grandes oscilações de preços, provocadas, por exemplo, pela pandemia de Covid-19 e pela guerra na Ucrânia.

3.1 MODELAGEM MATEMÁTICA

Nesta seção são apresentados os modelos analíticos utilizados no desenvolvimento do modelo preditivo destinado ao cálculo da velocidade econômica de uma embarcação porta contêiner.

3.1.1 Resistência ao avanço

Dada a geometria característica, a literatura consagra o uso do método de Holtrop e Mennen (1982) para a estimativa da resistência ao avanço e da potência efetiva de embarcações mercantes, sendo que sua aplicação é restrita a embarcações que atendam aos parâmetros dispostos no Tabela 1.

Tabela 1: Aplicação do método de Holtrop e Mennen (1982)

Fr	Cp		L/B		B/T	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
0,05 a 1,00	0,85	0,55	9,0	3,2	4,0	2,0

Fonte: Autora (2022)

Nessa abordagem, a resistência total (R_t) é calculada através do somatório da resistência viscosa (R_v) multiplicada pelo fator de forma ($1+k_1$), da resistência de

apêndices (R_{ap}), da resistência de onda (R_w), da resistência de bulbo (R_b), da resistência de popa transon (R_{tr}) e da resistência de correlação (R_a), tal como pode ser visto na Equação 2.

$$R_t = R_v(1 + k_1) + R_{ap} + R_w + R_b + R_{tr} + R_a \quad (2)$$

Segundo Chame (2015), em uma primeira aproximação, as parcelas de bulbo, apêndice e popa transon podem ser desconsideradas. Já a resistência viscosa pode ser calculada usando-se a formulação proposta por ITTC (1957), a qual corresponde a Equação 3.

$$R_v = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times V^2 \times C_f \quad (3)$$

Onde (ρ) refere-se à densidade da água, (S) à área molhada da parcela submersa do casco, (V) à velocidade de navegação e (C_f) ao coeficiente friccional. Sendo que o coeficiente friccional pode ser estimado usando a Equação 4.

$$C_f = \frac{0,075}{(\text{Log } Re - 2)^2} \quad (4)$$

Onde (Re) corresponde ao número de Reynolds referente ao escoamento no entorno da embarcação.

Em favor da concisão textual, omite-se a formulação para a estimativa da área molhada, a qual utiliza o método de Taylor cujos detalhes podem ser vistos no Apêndice C.

Por fim, a resistência de onda e a resistência de correlação são calculadas pelas Equações de 5 a 7.

$$R_w = g \times \Delta \times C_1 \times C_2 \times C_5 \times e^{(m_1 \times Fr^{-0,9} + m_2 \times \cos(\lambda \times Fr^{-2}))} \quad (5)$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times L}} \quad (6)$$

$$R_a = 0,5 \times p \times V^2 \times S \times C_a \quad (7)$$

Onde (Fr) corresponde ao número de Froude do casco, (g) representa a aceleração da gravidade, (S) a área molhada do casco, (Δ) o deslocamento da embarcação em toneladas, (L) o comprimento da embarcação, (V) a velocidade de serviço e (ρ) representa a densidade da água. Já ($C1$), ($C2$), ($m1$), ($m2$), (λ) e (Ca) são coeficientes que dependem dos parâmetros geométricos da embarcação.

Mais detalhes a respeito da implementação realizada podem ser vistos no memorial constante no Appêndice B deste trabalho.

3.1.2 Peso Leve

Outro trabalho clássico, Watson apud Molland (2008) fornece um modelo preditivo para a determinação do peso leve de um navio mercante. Inicialmente a Equação 8 é utilizada para estimar o peso de aço da embarcação (W_{st}), a qual dependerá das dimensões do casco e das dimensões da superestrutura.

$$W_{st} = kE^{1,36} \quad (8)$$

$$E = L(B + T) + 0,85L(D - T) + 0,75 (l1 \cdot h1) \quad (9)$$

Onde (k) representa uma constante que dependerá do tipo de embarcação e (E) representa o chamado numeral E, o qual é obtido por meio da Equação 9. Já (B) representa a boca da embarcação, (D) o pontal e (T) o calado. Por fim, ($l1$) e ($h1$) representam, respectivamente, o comprimento e a altura da superestrutura.

No caso de embarcações porta contêiner, o valor de k utilizado para estimar o peso em aço de uma embarcação pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2: k para cálculo do peso de aço em navios porta contêineres

Tipo de Embarcação	k
Porta contêiner	0,033 a 0,040

Fonte: Molland (2008) adaptado pela autora.

Já as dimensões da superestrutura podem ser estimadas utilizando-se as Equação 10 e 11, propostas por Chame (2015).

$$l1 = 0,08 \times L \quad (10)$$

$$h1 = \frac{(D-T)}{500} \times (0,7 \times L + 500) \quad (11)$$

Por fim, o peso de *outfit* (W_o) pode ser calculado usando-se a Equação 12, proposta por Watson e Gilfillian apud Molland (2008).

$$W_o = k' \times L \times B \quad (12)$$

Onde k' representa uma constante que dependerá do tipo de embarcação e os outros valores já foram previamente explicados. No caso de embarcações porta contêiner, o valor de k' utilizado para estimar o peso de *outfit* de uma embarcação pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3: k' para cálculo do peso de *outfit* em navios porta contêineres

Tipo de Embarcação	k'
Porta contêiner	0,32

Fonte: Molland (2008) adaptado pela autora.

Outra componente do peso leve da embarcação é o peso do maquinário (W_m) o qual inclui o peso do motor, das máquinas auxiliares, dos propulsores, dos eixos e dos demais componentes pertencentes ao sistema propulsivo.

Watson (1977) propõe uma fórmula empírica (Equação 13) para estimar o peso do maquinário em função da potência instalada (BHP) e da rotação do motor (N). Na falta de informações precisas, o autor sugere utilizar 110 RPM para motores de baixa rotação e 500 RPM para motores de média rotação.

$$W_m = 9,38 \times \left(\frac{BHP}{N}\right)^{0,84} + k'' \times P^{0,7} \quad (13)$$

Onde k'' representa uma constante definida em função do tipo de embarcação. No caso de embarcações porta contêiner, o valor de k'' utilizado para estimar o peso do maquinário de uma embarcação pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4: k' para cálculo do peso de maquinário em navios porta contêineres

Tipo de Embarcação	k''
Porta contêiner	0,56

Fonte: Molland (2008) adaptado pela autora.

É importante destacar que, nesse caso, a potência instalada (BHP) foi calculada a partir da formulação (Equação 14) proposta por Andrada (2017), na qual o C_p se refere ao coeficiente propulsivo, cujo valor foi fixado arbitrariamente em 2.

$$BHP = R_t \times V \times C_p \quad (14)$$

Onde (BHP) representa a potência instalada, (R_t) a resistência total ao avanço da embarcação para determinada velocidade de serviço (V) e (C_p) representa o coeficiente propulsivo previamente determinado.

Por fim, Watson (1977) sugere considerar uma margem de 2% na estimativa do peso leve, a fim de acomodar elementos não considerados nas demais parcelas (Equação 15). Assim, através do somatório das parcelas do peso leve (LWL) e do deslocamento (Δ), é possível estimar o peso morto da embarcação (DWT) utilizando a Equação 16.

$$LWT = W_m + W_o + W_{st} + W_{margin} \quad (15)$$

$$DWT = \Delta - LWT \quad (16)$$

Onde (W_m) corresponde ao peso do maquinário, (W_o) ao peso de outfit, (W_{st}) ao peso de aço e (W_{margin}) à margem considerada.

3.1.3 Capacidade de TEUs

Para estimar a receita obtida durante o transporte, o peso morto do navio (DWT) precisou ser convertido em uma capacidade de TEUs. Nesse sentido, Papanikolaou (2014) propõe correlacionar a capacidade de TEUs e o peso morto (DWT) de um navio por meio de uma regressão linear empírica, a qual é descrita na Equação 17.

$$TEUs = (0,75 * DWT)/10 \quad (17)$$

Com essas informações, é possível estimar o coeficiente de peso morto da embarcação (CD), o qual corresponderá a razão entre o peso morto e o deslocamento total da embarcação.

3.1.4 Coeficientes de forma

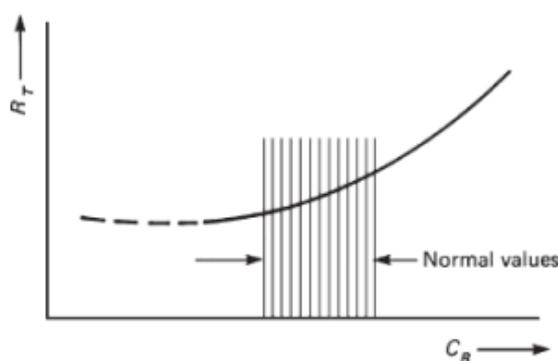
Coeficientes de forma são valores adimensionais que relacionam os parâmetros geométricos da embarcação com as áreas e os volumes que circunscrevem a parte submersa do casco.

O desenvolvimento realizado contém modelos empíricos que exigem a estimativa de quatro coeficientes de forma da embarcação: o coeficiente de bloco (CB), o coeficiente da seção mestra (CM), o coeficiente da área de flutuação (CWP) e o coeficiente prismático (CP).

Dado que a ferramenta desenvolvida se destina ao projeto conceitual, a superfície do casco não é conhecida, sendo necessário estimar os coeficientes de forma necessários para a modelagem matemática do problema. Entre os diversos modelos empíricos descritos na literatura, buscando-se simplificar a modelagem, optou-se, inicialmente, pelas equações que demandam a menor quantidade de parâmetros em seu cálculo. No entanto, é importante destacar que quaisquer novos modelos empíricos podem ser facilmente adicionados a ferramenta.

Segundo Schneekluth e Bertram (1998), o coeficiente de bloco está diretamente relacionado a resistência ao avanço do navio (Figura 8). Além disso, dado que esse coeficiente influencia o volume da parte submersa do casco, é natural admitir que ele está diretamente associado a capacidade de carga da embarcação.

Figura 8: Coeficiente de bloco e resistência total



Fonte: Schneekluth e Bertram (1998).

Alexander (1962), apud Watson (1998) propõe estimar o coeficiente de bloco de um navio a partir da Equação 18, onde k é uma constante de valor 1,075, V é a velocidade de serviço (dada em metros por segundo) e Lwl representa o comprimento da embarcação na linha d'água.

$$CB = k - 0,5 \times \frac{V}{Lwl^{0,5}} \quad (18)$$

Segundo Epstein (2013), o comprimento entre perpendiculares (Lpp) e o comprimento na linha d'água (Lwl) podem ser estimados utilizando-se as Equações 19 e 20, respectivamente.

$$Lpp = 0,894 \times L \quad (19)$$

$$Lwl = 1,02 \times Lpp \quad (20)$$

Já Ventura (20--) apud Chame (2015) propõe que o coeficiente de seção mestra seja estimado utilizando-se a Equação 21. Enquanto Scheneekluth e Bertram (1998) propõe que a Equação 22 seja utilizada para estimar o coeficiente da área de flutuação.

$$CM = \frac{1}{1+(1-CB)^{3,5}} \quad (21)$$

$$CWP = \frac{(1+2 \times CB)}{3} \quad (22)$$

E, por fim, a estimativa do coeficiente prismático pode ser realizada utilizando-se a definição desse coeficiente, a qual é mostrada na Equação 23.

$$CP = \frac{CB}{CM} \quad (23)$$

3.1.5 Tipos de afretamento

Segundo Molland (2008) usualmente existem quatro modos de um armador utilizar um navio: para afretamento do tipo “casco nu” (ou seja, o barco é fretado sem tripulação e consumíveis), para afretamento por tempo (ou seja, o armador arca com

a manutenção diária da embarcação), operando no mercado de transporte de mercadorias ou, por fim, transportando as próprias mercadorias.

As componentes dos custos arcadas pelo armador em cada modalidade de frete são sintetizadas na Figura 9.

Figura 9: Responsabilidade dos custos de um proprietário pelo emprego do navio

Encargos de Capital	Custos diários	Custos de viagem	Custos de movimentação de carga
Afretamento a casco nu			
Afretamento por tempo			
Proprietário como operador			
Uso do proprietário para o próprio comércio			

Fonte: Molland (2008) adaptado pela autora

Os encargos de capital envolvem a amortização dos investimentos feitos para a construção do navio, além de incluir a depreciação do valor de aquisição da embarcação. Já os custos diários envolvem os custos de tripulação, manutenção, reparo, seguro, administração e provisões (lavanderia, cartas, água doce etc.).

Os custos por viagem, por sua vez, são aqueles ligados de forma direta à operação, tais como: custos de combustíveis, encargos portuários e de canais, rebocadores e praticagem. E, por fim, os custos de manuseio de cargas referem-se aos custos de carga e descarga que dependem principalmente da duração e dos equipamentos utilizados no embarque e desembarque da carga a bordo.

Dado que os custos de capital não variam sensivelmente entre embarcações de mesmo porte, os custos de viagem são aqueles que definem o grau de competitividade de uma embarcação, uma vez que tais custos estão associados a capacidade de carga e a velocidade de operação.

3.1.6 Estimativa dos custos de operação

Molland (2008) propõe que o custo anual de lubrificante e combustível em função da velocidade de navegação pode ser calculado utilizando-se a Equação 24.

$$C_{lub+comb} = BHP \times TS \times (kc \times sc) \times VidaUtil \quad (24)$$

Onde (BHP) corresponde à potência fornecida pelo motor em quilowatts para manter a velocidade de navegação, (TS) ao tempo de operação do motor anual em horas, (kc) ao preço de 1 tonelada de combustível e (sc) ao consumo do motor em tonelada por quilowatt e por hora de navegação. Por fim, (VidaUtil) refere-se à vida útil da embarcação descrita em anos.

Na Figura 10 são sintetizadas as características referentes aos motores tipicamente utilizados em navios porta contêiner. Observa-se que o consumo específico de combustível varia entre 169 e 180 g/kWh.

Figura 10: Características de motores para navios porta contêineres

Tipo de navio	Rotações do motor	Fabricante	Modelo do motor	Rotação (rpm)	Consumo (g/kWh)	Potência (kW)
Pequeno Alimentador	Baixa Rotação	MIT	6UE52LS	95 - 127	172	11.200
		MAN B&W	6S46MC-C	110 - 129	174	8.220
		WARTSILA	5RTA-48T	102 - 127	171,5	10.310
	Média Rotação	MAN B&W	8L48/60B	500 - 514	180	11.500
		WARTSILA	8L46D	500 - 514	177	9.600
		MAK	8M43	500 - 514	178	8.000
Alimentador	Baixa Rotação	MAN B&W	6S50MC	99 - 117	169	13.760
		WARTSILA	7RT-flex60C	91 - 114	170	17.000
	Média Rotação	MAN B&W	7L58/64	400 - 428	174	13.700
		MAK	9M43	500 - 514	178	13.700

Fonte: Gainza (2009)

Segundo Gainza (2009), os navios do tipo Pequeno Alimentador são aqueles com capacidade de carga inferior a 1000 TEUs, enquanto os navios do tipo Alimentador possuem capacidade entre 1000 e 2800 TEUs. Por mais que existam navios com capacidade de carga aproximando-se de 20000 TEUs, observa-se que o consumo específico desses navios não varia significativamente quando comparados aos navios alimentadores.

Na ausência de informações específicas, é possível utilizar um valor médio para o consumo de combustível a depender do porte da embarcação.

Para uma dada velocidade de navegação V , o tempo total de viagem em dias pode ser estimado utilizando-se a Equação 25, onde (TP) se refere ao tempo de estada no porto (em horas) e (TS) a quantidade de dias navegando entre os portos de origem e destino.

$$TT(V, TEUS) = 2 \times TS(V) + 2 \times \frac{TP}{24} (TEUS) \quad (25)$$

No caso de rotas com durações diferentes em cada trecho e/ou portos com eficiências diferentes no embarque e desembarque da carga, recomenda-se utilizar valores médios na aplicação da Equação 24.

Já a quantidade de dias navegando entre os portos de origem e destino (TS) foi calculada considerando que o motor opera 24 horas por dia mantendo a velocidade V constante. A duração de uma viagem, em dias, pode ser estimada utilizando-se a Equação 26, onde (d) representa a distância do percurso entre os dois portos (em metros) e V representa a velocidade média de navegação (em metros por segundo).

$$TS(V) = \frac{d}{3600 \times 24 \times V} \quad (26)$$

Para a estimativa do tempo que a embarcação fica parada no porto, Goicoechea e Abadie (2021) sugere uma regressão empírica (Equação 27) que correlaciona a capacidade de uma embarcação porta contêineres (em TEUs) e o tempo de estada no porto (em horas).

$$TP(TEUs) = -0,000000359836 \times TEUs^2 + 0,010593870118 \times TEUs + 17,866318805202 \quad (27)$$

Por fim, o número de viagens que a embarcação realiza por ano (NT) em função da velocidade de navegação e da capacidade de TEUs do navio, pode ser estimado utilizando-se a Equação 28.

$$NT(V, TEUs) = \frac{365,25}{TT(V, TEUs)} \quad (28)$$

3.1.7 Estimativa da receita bruta

A receita bruta (RB) de um navio porta contêineres pode ser estimada com base na capacidade da embarcação (TEUs) e na velocidade de navegação (V) utilizando-se a Equação 29.

$$RB(V, TEUs) = TEUs \times F \times NT \times c \times VidaUtil \quad (29)$$

Onde (F) representa o valor do frete por contêiner (em \$/TEU), (c) a porcentagem de carga paga a bordo da embarcação e (NT) o total de viagens realizadas em um ano.

É importante destacar que algumas tabelas de frete indicam o valor por FEU. Uma vez que cada FEU representa dois TEUs, o valor do frete, nesse caso, deverá ser dividido por dois.

3.1.8 Estimativa do lucro total

Por fim, é possível estimar o lucro (L) da operação de transporte marítimo como sendo a diferença entre a receita bruta obtida e os custos de operação da embarcação. Além disso devem ser considerados os custos extras (C_{extras}), os quais correspondem aos custos adicionais da embarcação ao longo da vida útil, e os custos de investimento ($C_{investimento}$), os quais consideram o investimento realizado na construção do navio, bem como a depreciação da embarcação ao longo da vida útil:

$$L(V, TEUS) = RB(V, TEUS) - (C_{lub+comb} + C_{extras} + C_{investimento}) \quad (30)$$

Devido à falta de informação, neste trabalho as parcelas C_{extras} e $C_{investimento}$ da Equação 30 foram negligenciadas, podendo ser facilmente incorporadas em estudos futuros.

3.2 VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA

Nesta seção são apresentados os procedimentos de verificação e validação realizados durante o desenvolvimento da ferramenta destinada a determinação da velocidade econômica de embarcações do tipo porta contêiner.

Para essa etapa optou-se por analisar quatro embarcações porta contêineres reais, cujas informações foram obtidas de Savvides (2012) e Savvides (2013).

As características de cada uma das embarcações pesquisadas foram: comprimento total (LOA), comprimento entre perpendiculares (LBP), boca (B), calado de projeto (T), pontal (D), deslocamento (Δ), porte bruto (DWT), velocidade de serviço (VEL), coeficiente de bloco (Cb), capacidade de TEU's, rotação de operação do motor (RPM) e o consumo de combustível médio da embarcação.

Para facilitar a sistematização, implementação e comparação, as principais informações referentes as embarcações utilizadas no processo de verificação e validação são dispostas na Tabela 5, sendo que dados adicionais podem ser vistos no Anexo A.

Tabela 5: Informações gerais das embarcações selecionadas

Navio	Unidade	Seasmile	Hanjin CALIFORNIA	HYUNDAI TOGETHER	MSC ALTAMIRA
Tipo	-	Porta Container	Porta Container	Porta Container	Porta Container
Ano	-	2013	2013	2012	2012
LOA	m	255,5	228,0	366,5	299,2
LBP	m	242,0	217,5	350,0	286,0
B	m	37,4	37,3	48,2	48,2
D	m	21,1	19,3	29,9	24,8
T	m	12,0	12,5	14,5	12,5
Vel	nós	21,5	21,0	24,7	22,0
CB	-	0,652	0,637	0,680	0,700
TEUS	-	5000	3670	13082	8886
DWT	-	51020	47000	126000	88997
GT	-	52467	36600	59000	94017
Deslocamento	t	81976	67400	184000	143761
Peso Leve	T	19373	-	-	31245
Vel. motor principal	RPM	72	104	104	79
Consumo (Motor principal)	t/dia	87,1	99,7	270,0	159,7
Número de motores		1	1	1	1

Fonte: Autora (2022)

Observando dados vistos em Marine Traffic (2022), é possível observar que grande parte da movimentação de navios porta contêineres do Brasil, mais especificamente do Porto de Santos, tem como destino o Porto de Cingapura,

localizado em Singapura. Tal informação é facilmente constatada observando que grande parte dos navios porta contêineres que partem do Porto de Santos tem como destino o Porto de Cingapura (Figura 11), ao passo que grande parte dos navios porta contêineres que chegam no Porto de Santos tem como origem o Porto de Cingapura (Figura 12).

Figura 11: Navios porta contêiner com origem no porto de Santos



Fonte: MarineTraffic (2022)

Figura 12: Navios porta contêiner com destino no porto de Santos



Fonte: MarineTraffic (2022)

Em virtude dos dados observados nas Figuras 11 e 12, optou-se por adotar a rota Porto de Santos / Porto de Cingapura para o estudo de caso realizado neste

trabalho. Para completar a análise, são necessários os dados econômicos associados a rota de transporte escolhida para o estudo.

O primeiro parâmetro diz respeito ao custo do combustível, o qual varia em decorrência do porto onde será feito o abastecimento do navio. Já o segundo parâmetro, refere-se ao preço do frete entre os portos de Santos e Cingapura.

Assim, com base em MABUX (2022), nas Figura 13 e 14 são mostradas as variações do custo da tonelada de combustível naval, respectivamente, nos portos de Santos e Cingapura entre outubro de 2019 e maio de 2022.

Figura 13: Preço do combustível VLSFO na Ásia em \$/t



Fonte: MABUX (2022)

Figura 14: Preço do combustível VLSFO na América do Sul em \$/t



Fonte: MABUX (2022)

Observando as Figuras 13 e 14, é possível constatar a elevação acentuada no preço do combustível a partir de setembro de 2020, período que coincide com o auge da pandemia de Covid 19. Além disso é possível observar oscilações bruscas no início de 2022, período associado com a invasão da Ucrânia e os embargos econômicos contra a Rússia.

A partir da observação da Figura 15, extraída de FBX (2022), é possível constatar que ao longo do segundo semestre de 2019 e do primeiro semestre de 2020 o valor do frete manteve-se estável, apresentando ligeiros aumentos em decorrência da inflação registrada no período. No entanto, a partir do segundo semestre do ano de 2020, período de maior intensidade da pandemia, o valor do frete apresentou forte crescimento, alcançando valores 5x maiores do que aqueles praticados no início de 2020.

Figura 15: Análise do FBX de 2019 a 2022 (\$/FEUs)



Fonte: FBX (2022)

4. DESENVOLVIMENTO

Baseando-se no contexto apresentado na introdução e na metodologia descrita no capítulo anterior, este capítulo descreve a construção da ferramenta preditiva capaz de determinar a velocidade ótima associada ao projeto de uma embarcação mercante.

A ferramenta desenvolvida permite também realizar análises sobre a influência que o custo de combustível, o valor do frete, entre outros parâmetros relacionados ao projeto do navio, exerce na velocidade econômica.

4.1 PARÂMETROS DE ENTRADA

O desenvolvimento inicia-se com a declaração das características principais da embarcação mercante, além das características associadas a operação de transporte a ser realizada. Tais valores são destacados em amarelo na Figura 16 e precisam, necessariamente, serem informados pelo usuário.

Figura 16: Informações obrigatórias

Comprimento total	Loa	255,49	m
Comprimento da linha d'água	Lwl	242	m
Boca	B	37,4	m
Calado	T	12	m
Pontal	D	21,1	m
Posição long. do centro volume	LCB	2,5	
Tipo de navio		Container	
Tipo de rotação do motor		Baixa	
Velocidade de serviço	Vs	21,5	nós
Distância média da rota (ida)	Distancia	11335	Milhas náuticas
Preço do frete (Global Container Inde	Frete	7261	US\$/FEU
Preço médio do combustível	CustoDiesel	1122	US\$/t
Investimento inicial	Capex	0	US\$
Custo operacional por dia	CustoDia	0	US\$
Custo porto por hora	CustoPorto_hora	0	US\$/h
Custo porto por atracagem	CustoPorto_fixo	0	US\$
% de TEUs cobrados por viagem	Eta_Teus_Util	0,8	
Vida útil do navio	LifeUtil	25	anos

Fonte: Autora (2022)

A seguir, existem os parâmetros que podem ser fornecidos pelo usuário, mas que, na falta de informação, podem ser estimados através de modelos empíricos. Tais parâmetros são destacados em verde na Figura 17.

Nesse caso, embora a ferramenta forneça um conjunto básico de modelos, é possível implementar facilmente novos modelos para quaisquer parâmetros existentes na ferramenta. Os modelos já existentes podem ser acionados utilizando-se os botões localizados à direita de cada campo (Figura 17).

Figura 17: Informações opcionais

Volume deslocado	Vol	79976,59	m ³	<input type="button" value="by Cb"/>
Coeficiente de bloco	Cb	0,736		<input type="button" value="by Def"/> <input type="button" value="by E1"/>
Coeficiente de área de linha ag	Cwp	0,920		<input type="button" value="by E1"/>
Coeficiente de seção mestra	Cm	0,980		<input type="button" value="by E1"/>
Coeficiente prismático	Cp	0,751		<input type="button" value="by Def"/>
Área molhada	Sm	12852	m ²	<input type="button" value="by E1"/>
Coeficiente de Deadweight	Cd	0,622		<input type="button" value="by Def"/> <input type="button" value="by E1"/>
Peso leve	LWT	30956	t	<input type="button" value="by Cd"/> <input type="button" value="by E1"/>
Peso morto	DWT	51020	t	<input type="button" value="by Cd"/> <input type="button" value="by E1"/>
Capacidade	TEUs	3930	TEUS	<input type="button" value="by E1"/>
Tempo médio no porto	Tporto	53,9	h	<input type="button" value="by E1"/>
Potência instalada	BHP	29143	kW	<input type="button" value="by E1"/>
Rotação do motor	N_motor	110	rpm	<input type="button" value="by E1"/>
Consumo do motor	SFO	0,000176	t/kW/h	<input type="button" value="by E1"/>
Eficiência propulsiva total	Eta_total	0,95		<input type="button" value="by E1"/>
Comprimento da superestrutura	L_sup	28,05	m	<input type="button" value="by E1"/>
Altura da superestrutura	H_sup	21,10	m	<input type="button" value="by E1"/>

Fonte: Autora (2022)

Por fim, ressalta-se a importância de o usuário realizar a inserção de dados respeitando as unidades informadas à direita de cada um dos campos a serem preenchidos, sob pena dos resultados obtidos serem pouco realistas.

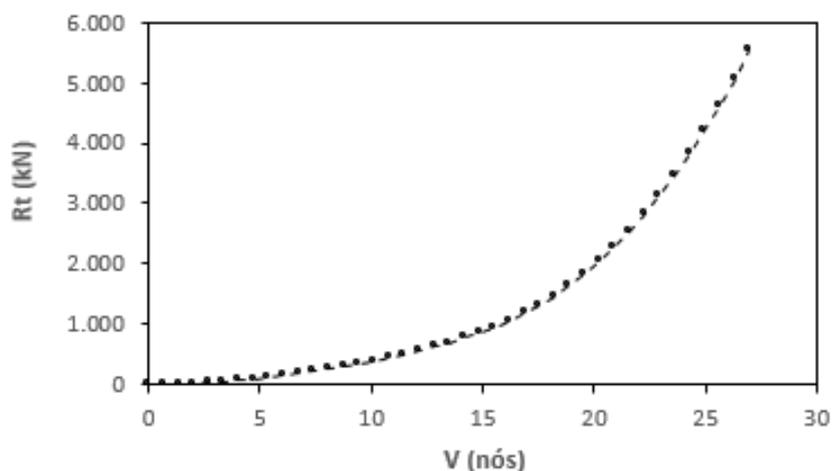
4.2 RESULTADOS

Inicialmente é importante destacar que todos os dados e resultados apresentados neste capítulo são referentes a embarcação Seasmile, a qual foi

utilizada para a verificação da ferramenta e cujas características foram apresentadas na Seção 4.3 deste trabalho.

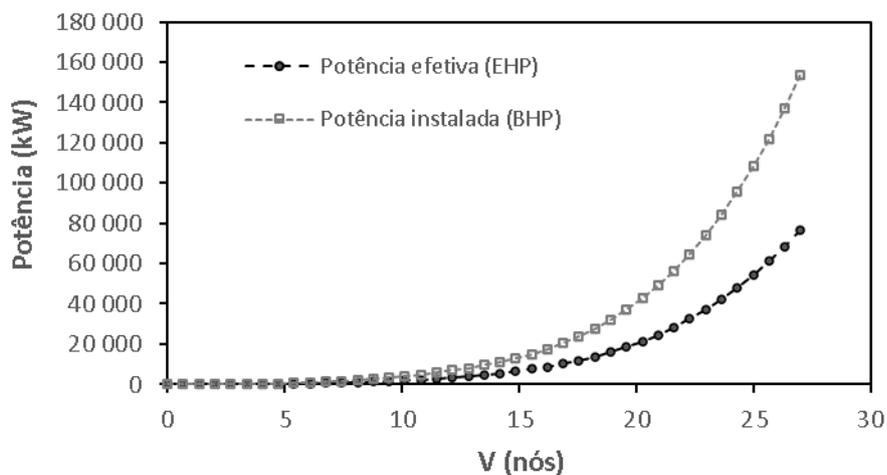
Um primeiro resultado fornecido pela ferramenta refere-se as curvas de resistência ao avanço da embarcação e da potência efetiva exigida em função da velocidade de navegação. Esses dados podem ser utilizados para estimar o valor de BHP e do peso da instalação propulsora a bordo do navio. Nas Figuras 18 e 19 são mostrados, respectivamente, a resistência total (em kN) e a potência efetiva (em kW) da embarcação, ambos em função da velocidade (em nós).

Figura 18: Resistência ao avanço da embarcação obtida analiticamente



Fonte: Autora (2022)

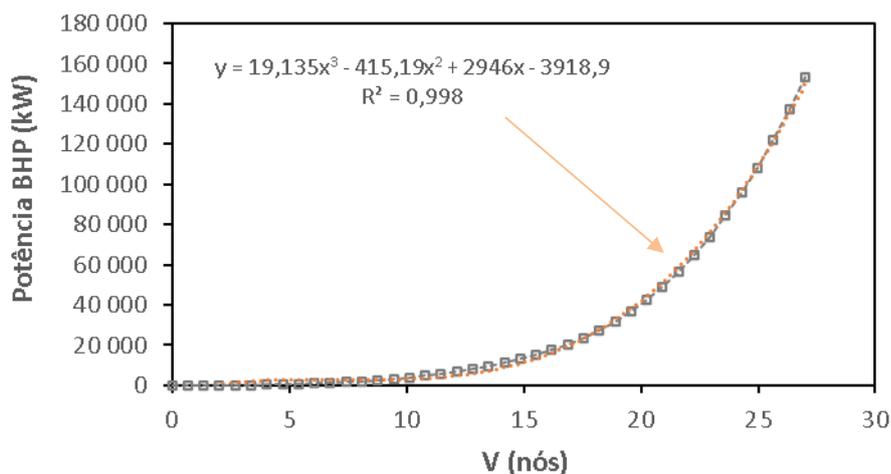
Figura 19: Curva de potência efetiva da embarcação



Fonte: Autora (2022)

Conforme discutido na fundamentação teórica, o consumo de combustível de uma embarcação varia com o cubo da variação da velocidade de navegação. Para verificar tal hipótese, na Figura 20 é mostrada uma aproximação polinomial de grau três da curva referente a potência instalada na embarcação (BHP).

Figura 20: Aproximação polinomial para BHP



Fonte: Autora (2022)

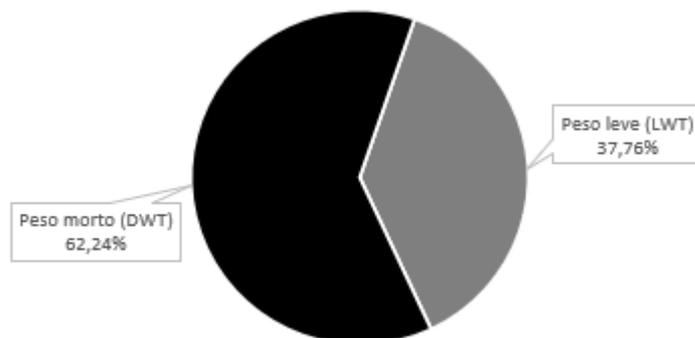
Tal como pode ser visto na Figura 15, existe uma clara correlação entre a estimativa de BHP realizada aplicando-se o modelo proposto por Holtrop e Mennen (1982) e a aproximação polinomial de grau três realizada, confirmando a afirmação de Andrada (2017).

Já o cálculo do peso leve, em conjunto com o cálculo do deslocamento, permite estimar a capacidade de carga da embarcação, principalmente para os casos em que esse valor não é fornecido. Por isso, outra análise apresentada pela ferramenta é a relação entre o peso leve do navio (LWT) e o peso morto (DWT).

Em linhas gerais, o peso leve corresponde a tudo que pertence ao navio e não é consumido ou transportado durante uma viagem (Equação 14). Já o peso morto corresponde aos itens consumidos ao longo da viagem, além da carga transportada a bordo (Equação 15).

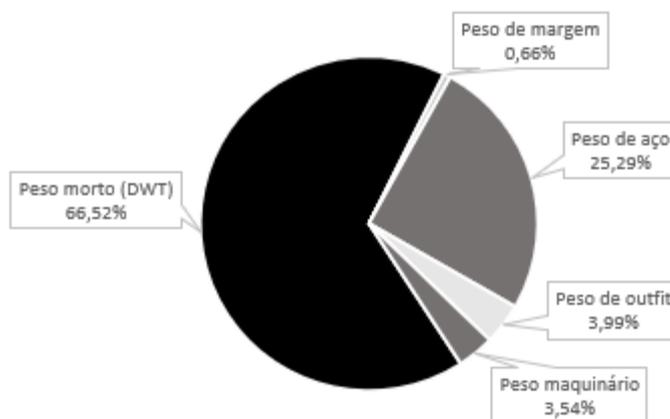
Dada a importância de se conhecer as parcelas de peso a bordo de um navio, a ferramenta desenvolvida permite visualizar diferentes subdivisões desses elementos, tal como pode ser visto nas Figuras 21, 22 e 23.

Figura 21: Representação de DWT e LWT da embarcação



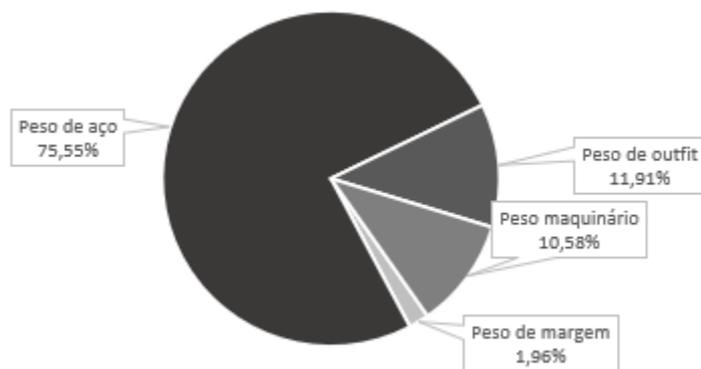
Fonte: Autora (2022)

Figura 22: Representação das parcelas do LWT da embarcação e do DWT



Fonte: Autora (2022)

Figura 23: Representação das parcelas do LWT da embarcação



Fonte: Autora (2022)

Seguindo os objetivos estabelecidos para este trabalho, a ferramenta desenvolvida sintetiza, na forma da Tabela 6, a análise econômica realizada apresentando os dois principais resultados: a velocidade econômica que a embarcação deverá navegar para maximizar o lucro e o valor total do lucro obtido ao longo da vida útil da embarcação.

Tabela 6: Lucro total e velocidade econômica estimados para navio de referência

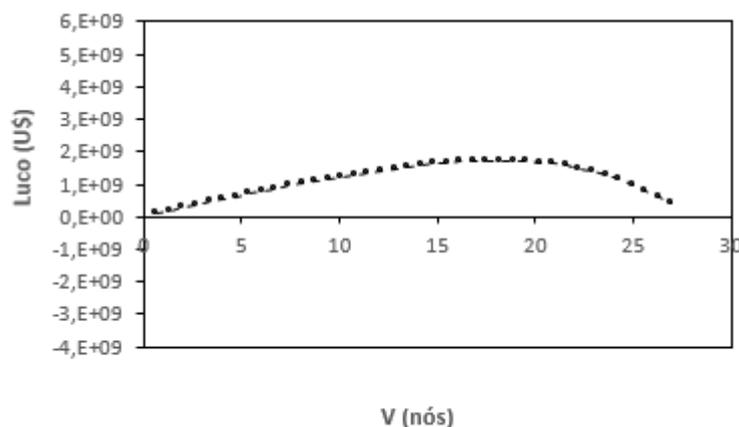
Análise econômica		
Máximo lucro total	Lucro_max	1,40E+09 U\$
Velocidade econômica	V_eco	15,525 nós

Fonte: Autora (2022)

É importante mencionar que, embora a ferramenta utilize a expressão “lucro total”, a depender das características da operação, é possível que o resultado obtido seja negativo, caracterizando, na verdade, um prejuízo ocorrido ao longo da vida útil da embarcação.

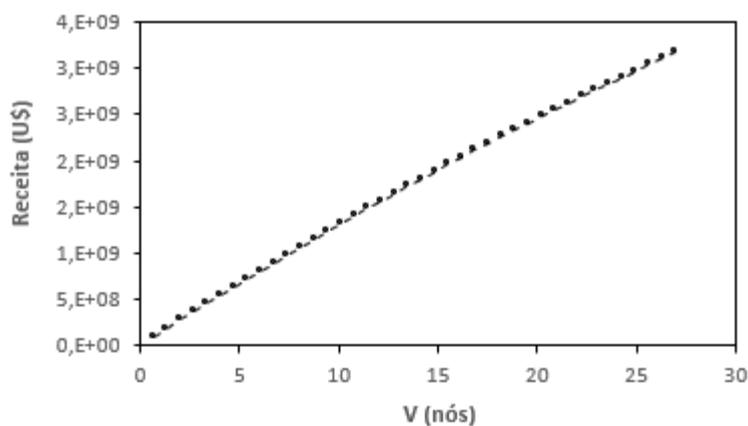
A fim de possibilitar uma melhor visualização do desempenho da embarcação em função da velocidade de navegação, a ferramenta disponibiliza três gráficos. No primeiro (Figura 24) é mostrado o lucro máximo da operação em função da velocidade de navegação. Já no gráfico da Figura 25 é mostrada a receita bruta da operação em função da velocidade de navegação, enquanto no gráfico da Figura 26 é mostrado o custo de operação da embarcação em função da velocidade de operação.

Figura 24: Curva de Lucro máximo em função da velocidade



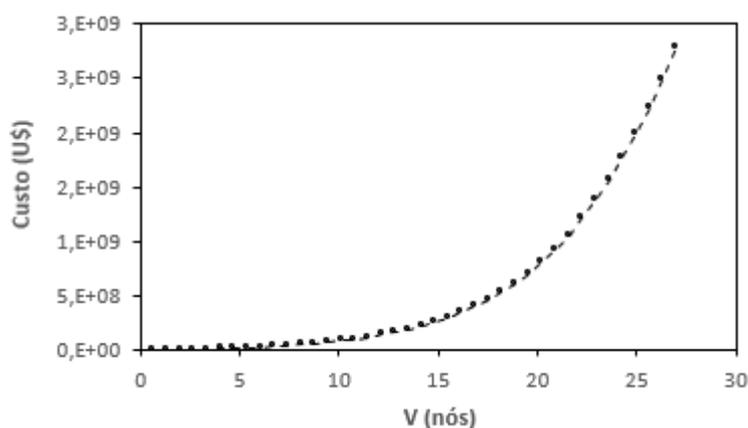
Fonte: Autora (2022)

Figura 25: Curva da receita bruta em função da velocidade



Fonte: Autora (2022)

Figura 26: Curva de custo em função da velocidade



Fonte: Autora (2022)

Após a pesquisa bibliográfica descrita no capítulo 2, os valores de distância, frete e combustível associados ao estudo de caso realizado são sintetizados na Tabela 7.

Tabela 7: Dados de entrada complementares

Parâmetro	Valor	Unidade de medida
Distância média da rota (ida)	11335	Milhas náuticas
Preço do frete (Global Container Index)	7261	US\$/FEU
Preço médio do combustível	1122	US\$/t

Fonte: Autora (2022)

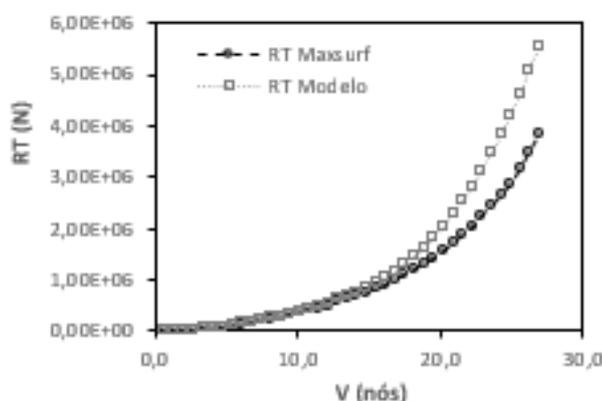
4.3.1 Verificação do método de Holtrop e Mennen

Conforme proposto na metodologia, os resultados referentes a utilização do método de Holtrop e Mennen (1982) foram verificados por meio de uma comparação com os resultados obtidos utilizando-se o programa Maxsurf.

Nessa fase, os cascos das quatro embarcações de referência (Tabela 5) foram modelados utilizando-se a função *Parametric Transformation* presente no Maxsurf, na qual buscou-se modelar cascos deslocantes cujos comprimentos, bocas, pontais, calados, LCB e coeficientes de bloco representassem os cascos das embarcações de referência escolhidas.

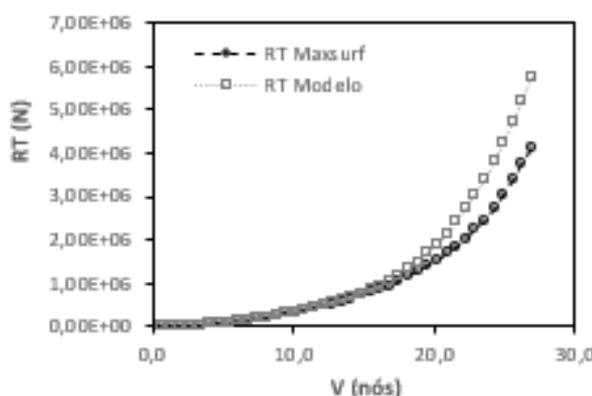
O resultado dessa verificação pode ser visto nas Figuras 27, 28, 29 e 30, onde é possível observar que, em todos os casos, o modelo implementado neste trabalho supera a estimativa realizada pelo programa Maxsurf.

Figura 27: Resistência ao avanço da embarcação Seasmile



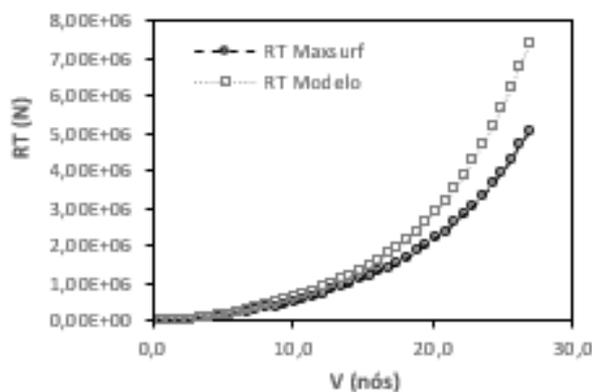
Fonte: Autora (2022)

Figura 28: Resistência ao avanço da embarcação Hanjin California



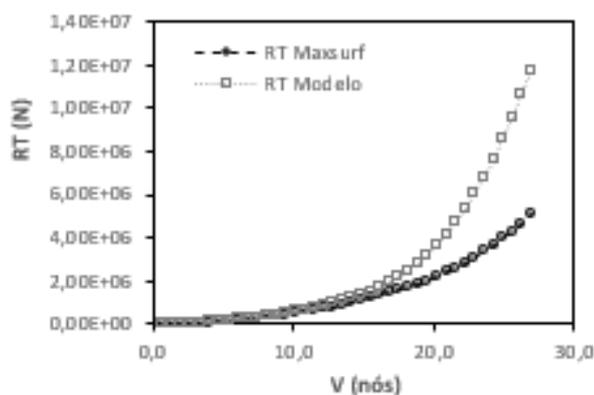
Fonte: Autora (2022)

Figura 29: Resistência ao avanço da embarcação Hyundai Together



Fonte: Autora (2022)

Figura 30: Resistência ao avanço da embarcação MSC Altamira



Fonte: Autora (2022)

Visando quantificar a diferença entre o modelo desenvolvido neste trabalho e as estimativas realizadas com o Maxsurf, na Tabela 8 são apresentados os erros médios observados em cada uma das embarcações estudadas.

Tabela 8: Erro estimado para o modelo empírico de resistência ao avanço

Embarcação	Erro (%)
Seasmile	19,7%
Hajin California	13,6%
Hyundai Together	27,5%
MSC Altamira	43,8%
Média	26,2%

Fonte: Autora (2022)

Embora o modelo implementado nesse trabalho seja conservador e estime sempre uma resistência ao avanço superior a aquela estimada pelo programa

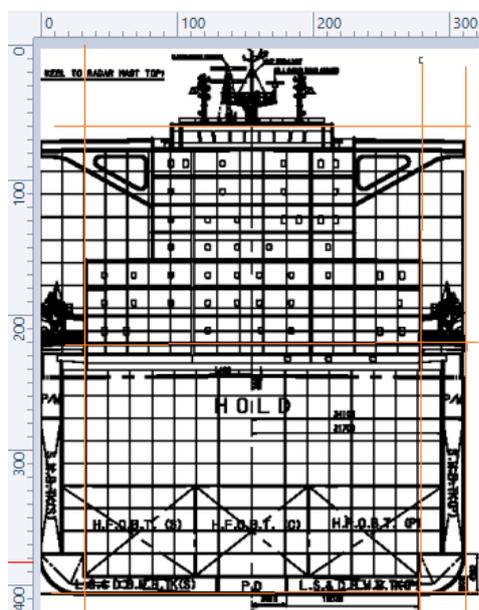
Maxsurf, é evidente que os erros observados são significativos e sugerem potenciais melhorias a serem realizadas em trabalhos futuros.

4.3.2 Verificação das dimensões da superestrutura

Seguindo a metodologia estabelecida, as dimensões da superestrutura foram estimadas utilizando-se as Equação 8 e 9 propostas por Chame (2015). A fim de verificar o uso dessas formulações, os resultados obtidos foram confrontados com as dimensões reais das superestruturas existentes nas quatro embarcações de referência (Tabela 5) descritas em Savvides (2012) e Savvides (2013).

As dimensões reais das superestruturas foram estimadas a partir de medições realizadas nas vistas frontal e lateral de cada uma das embarcações estudadas. Na Figura 31 é exemplificado o processo de medição para a determinação da altura da superestrutura realizado para a embarcação Seasmile, sendo que as demais análises podem ser vistas no Apêndice B.

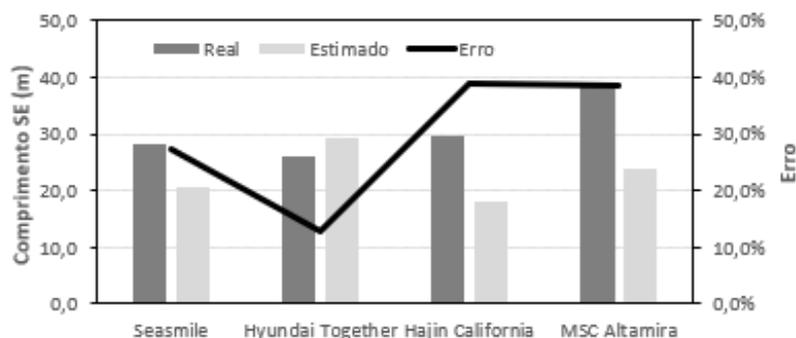
Figura 31: Determinação da altura de uma superestrutura real



Fonte: Autora (2022)

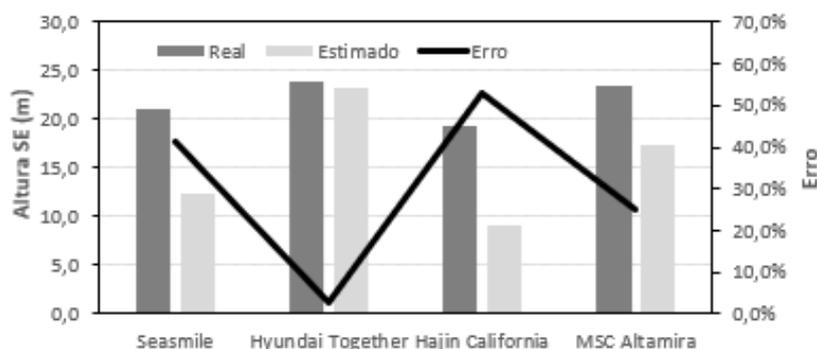
Por fim, nas Figuras 32 e 33 são mostradas as comparações entre os valores estimados pela ferramenta desenvolvida e os dados reais medidos a partir das vistas frontal e lateral das embarcações de referência.

Figura 32: Verificação do comprimento da superestrutura



Fonte: Autora (2022)

Figura 33: Verificação da altura da superestrutura



Fonte: Autora (2022)

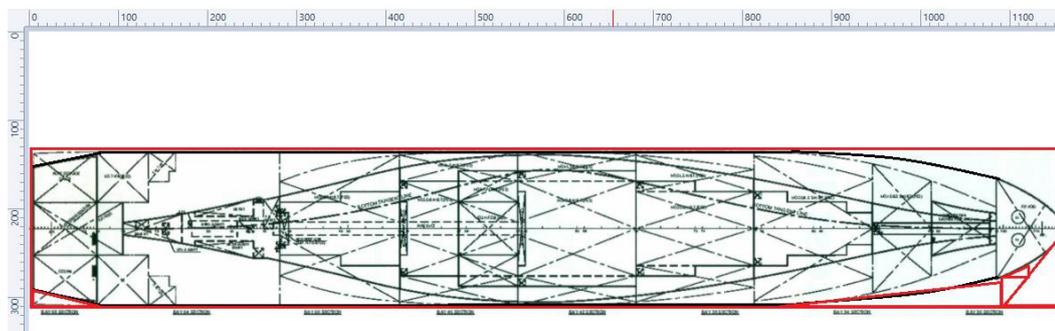
Dado que os erros obtidos superaram a marca dos 50%, resta evidente que embora as equações utilizadas forneçam uma primeira estimativa das dimensões da superestrutura de um navio, tal modelo pode e deve ser aprimorado em trabalhos futuros.

4.3.3 Verificação dos coeficientes CB, CWP e CM

Assim como realizado na verificação das dimensões da superestrutura, os coeficientes CWP e CM puderam ser verificados através de medições realizadas nas vistas superior e frontal das embarcações de referência. Já o coeficiente de bloco das embarcações reais pôde ser calculado com base nas dimensões e nos deslocamentos informados por Savvides (2012) e Savvides (2013).

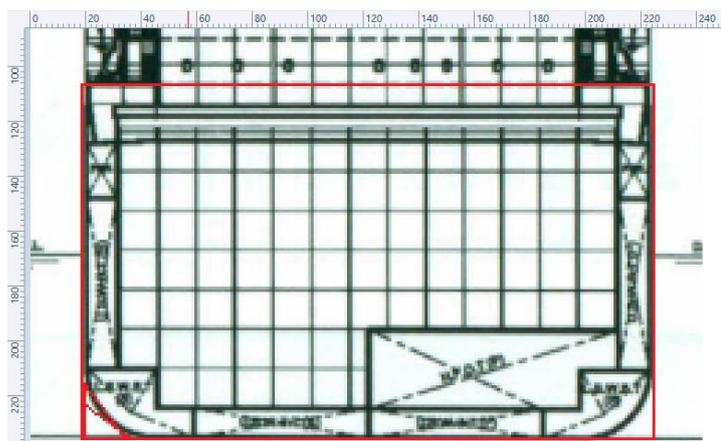
Nas figuras a seguir são exemplificados o processo de medição para a determinação do coeficiente CWP (Figura 34) e CM (Figura 35) realizado para a embarcação Seasmile, sendo que as demais análises são mostradas no Apêndice A.

Figura 34: Análise de CWP



Fonte: Autora (2022)

Figura 35: Determinação de CM

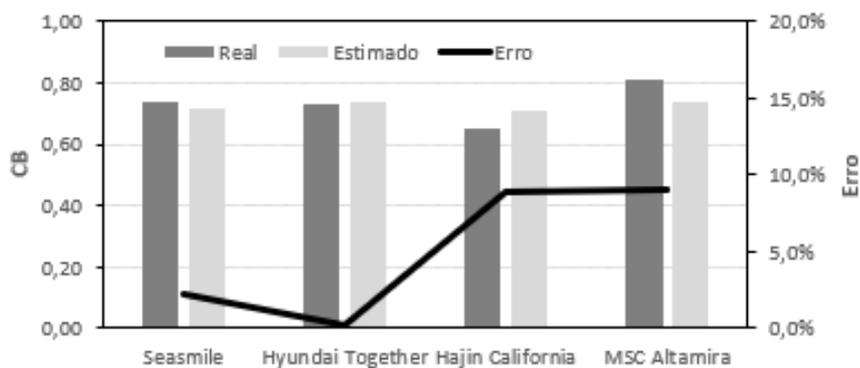


Fonte: Autora (2022)

Por fim, nas Figuras 36, 37 e 38 são mostradas as comparações entre os valores estimados pela ferramenta desenvolvida e os dados reais das embarcações de referência.

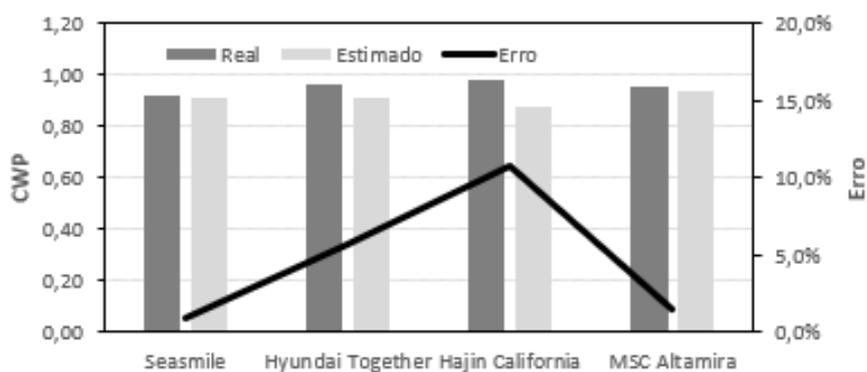
Nesse caso, ao contrário da estimativa das dimensões da superestrutura, os erros obtidos ficaram abaixo dos 10%, sendo possível considerar que o modelo desenvolvido é suficientemente adequado para a estimativa da velocidade econômica de uma embarcação mercante ainda na fase do projeto conceitual.

Figura 36: Verificação do Coeficiente de Bloco



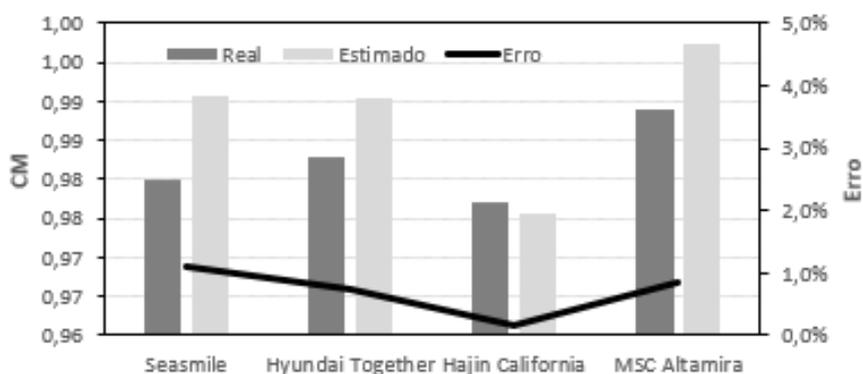
Fonte: Autora (2022)

Figura 37: Verificação do Coeficiente de área de linha d'água



Fonte: Autora (2022)

Figura 38: Verificação do Coeficiente de seção mestra



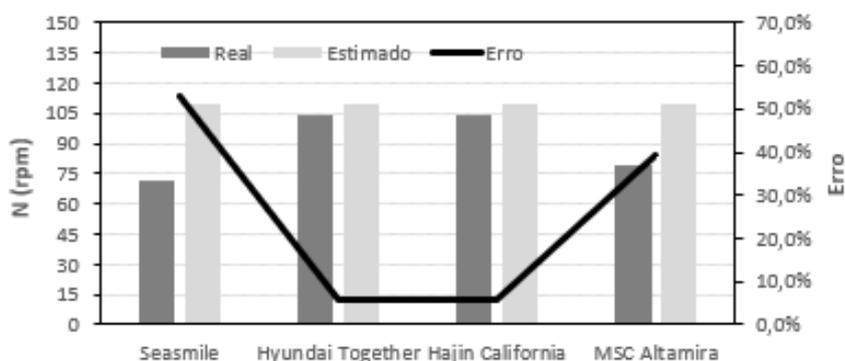
Fonte: Autora (2022)

4.3.4 Verificação de aspectos relacionados ao motor

Consultando Savvides (2012) e Savvides (2013) é possível identificar os motores utilizados nas embarcações de referência. Visando um maior detalhamento das características do sistema propulsivo dessas embarcações, buscou-se informações nos próprios catálogos dos fabricantes desses motores, as quais foram sintetizadas no Anexo B.

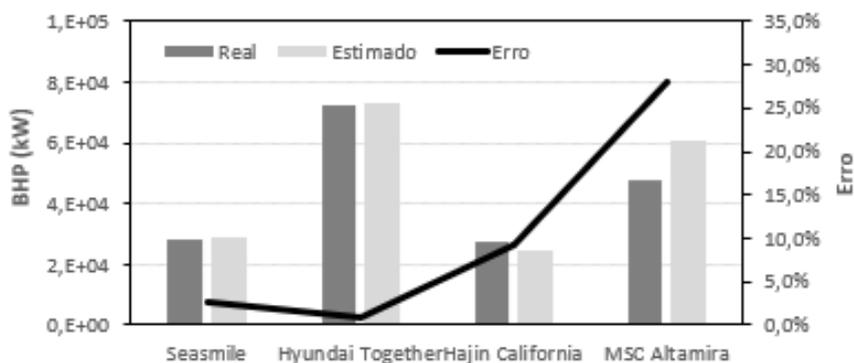
De posse das informações referentes ao sistema propulsivo de cada uma das embarcações de referência, foi possível realizar a verificação dos modelos empíricos descritos na metodologia e que foram implementados na ferramenta desenvolvida. A seguir apresentam-se as análises referentes aos modelos empíricos destinados a estimativa da rotação do motor (Figura 39), da potência instalada (Figura 40) e do consumo específico (Figura 41).

Figura 39: Verificação da rotação do motor



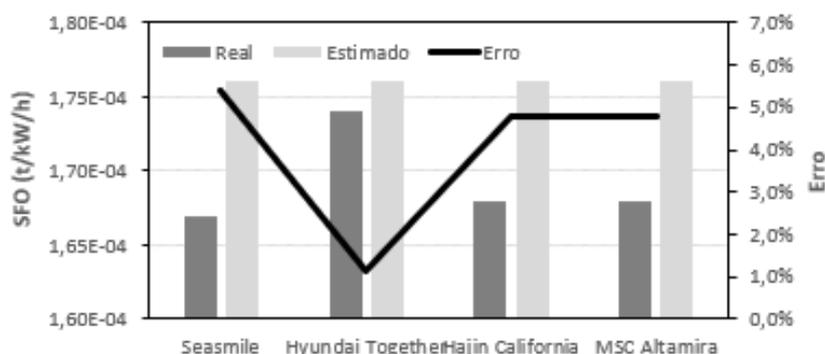
Fonte: Autora (2022)

Figura 40: Verificação do BHP



Fonte: Autora (2022)

Figura 41: Verificação do consumo específico de combustível pelo motor principal



Fonte: Autora (2022)

Observando-se as Figuras 39, 40 e 41 é possível constatar que os erros médios associados às estimativas da potência instalada (BHP) e da rotação do motor são elevados, chegando a superar os 50%, enquanto o erro associado a estimativa do consumo específico possui um valor médio próximo dos 4,0%.

4.3.5 Verificação de DWT e da capacidade de contêineres

A seguir são verificados os modelos implementados tanto para a estimativa do peso morto (DWT), quanto para a estimativa da capacidade de carga (em TEUs), os quais foram descritos na metodologia. Nota-se que, como pode ser visto nas Equações 31 e 32, nesse caso os erros estão atrelados principalmente a estimativa do peso leve (LWT) e ao cálculo do deslocamento da embarcação (Δ).

$$DWT = \Delta - LWT \quad (31)$$

$$DWT = Lwl * B * T * Cb - LWT \quad (32)$$

Uma vez que a estimativa do coeficiente de bloco já foi verificada e discutida na Seção 4.3.3, nesta seção é apresentada a verificação da estimativa do peso leve (LWT) da embarcação. No entanto, uma vez que é muito difícil obter dados reais sobre as componentes do peso leve de uma embarcação, a verificação realizada destina-se unicamente a avaliar o peso leve total.

Durante a verificação desse parâmetro, notou-se que ao se reduzir a constante atrelada ao peso de aço da embarcação (k), os valores de peso leve ficaram mais próximos aos valores reais observados nas embarcações de referência.

Assim, após um estudo paramétrico cujos resultados são mostrados na Tabela 9, optou-se por utilizar um valor de k igual a 0,042, o qual, embora levemente fora do intervalo definido por Watson (1977), resultou no menor erro do modelo.

Tabela 9: Influência da constante k na estimativa do peso leve

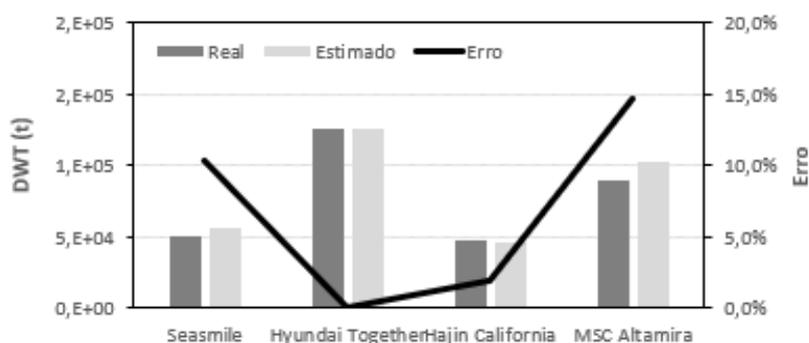
Valor de k	Erro médio (%)
0,033	13,73
0,035	11,97
0,037	10,20
0,039	8,44
0,040	7,68
0,042 *	6,75

* Embora levemente fora do intervalo, apresentou menor erro

Fonte: Autora (2022)

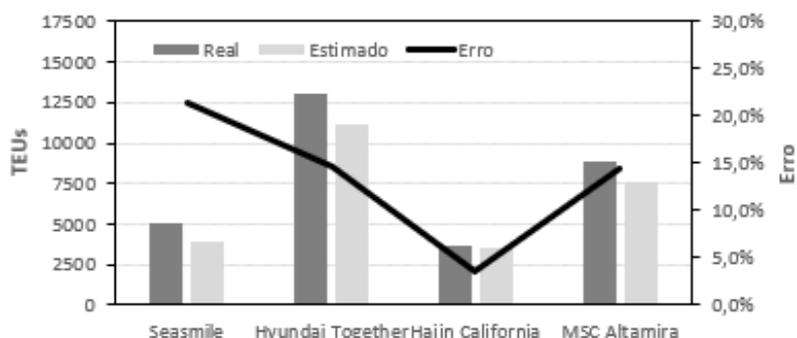
A seguir apresentam-se as análises referentes aos modelos empíricos destinados a estimativa do peso motor (Figura 42) e da capacidade de carga da embarcação (Figura 43).

Figura 42: Verificação do peso moto



Fonte: Autora (2022)

Figura 43: Verificação da capacidade de contêineres de 20 pés



Fonte: Autora (2022)

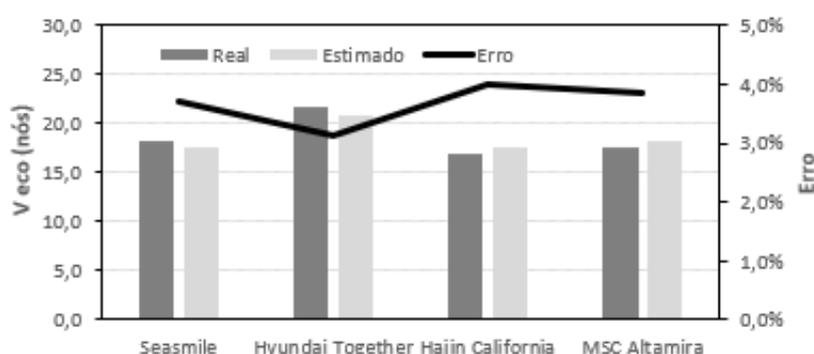
Conforme pode ser visto nas Figuras 42 e 43, embora possam ser observados erros da ordem de 15%, na média, o modelo desenvolvido apresentou erros inferiores a 10% para a estimativa do peso morto e da capacidade de carga de uma embarcação porta contêineres.

4.3.6 Verificação da velocidade econômica e do lucro total

Por fim, decidiu-se avaliar a influência simultânea das incertezas associadas a cada um dos modelos empíricos utilizados no desenvolvimento proposto.

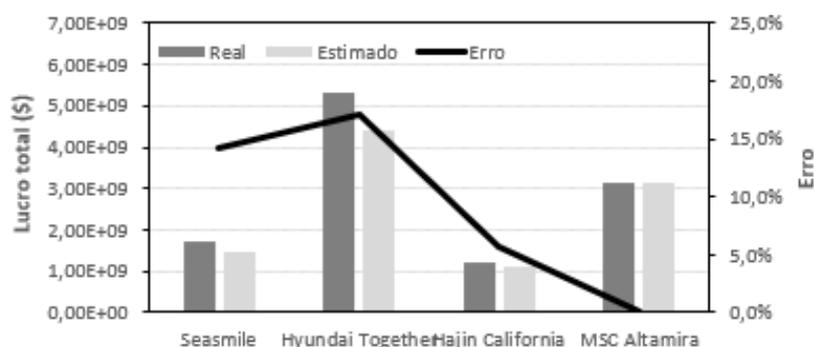
Dessa forma, os resultados obtidos ao se utilizar a ferramenta considerando o máximo de informações reais possíveis foi confrontado com os resultados obtidos ao se utilizar todos os modelos empíricos presentes na ferramenta. Tal análise foi repetida para cada uma das quatro embarcações estudadas e os resultados referentes a estimativa da velocidade econômica e do lucro líquido obtido na operação podem ser vistos nas Figuras 44 e 45, respectivamente.

Figura 44: Verificação da velocidade econômica



Fonte: Autora (2022)

Figura 45: Verificação do lucro ao longo da vida útil



Fonte: Autora (2022)

Os resultados mostrados nas Figuras 44 e 45 permitem afirmar que, embora existam, na ferramenta desenvolvida, alguns modelos empíricos que ainda precisam ser aprimorados, os resultados fornecidos são bastante assertivos quanto a velocidade econômica de navegação e ao lucro líquido obtido ao longo da operação.

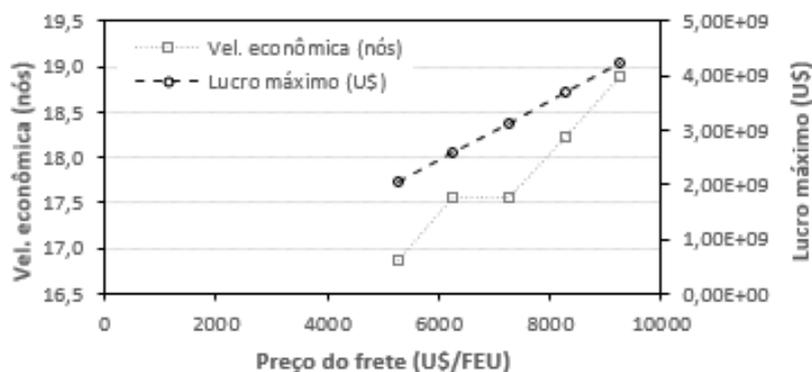
Considerando apenas as quatro embarcações estudadas, é possível afirmar que as incertezas associadas aos diferentes modelos empíricos tendem a provocar um erro inferior a 5% na estimativa da velocidade econômica de uma embarcação porta contêineres e um erro inferior a 15% na estimativa do lucro líquido obtido ao longo da vida útil da embarcação.

5. ANÁLISES PARAMÉTRICAS

Utilizando os dados da embarcação MSC Altamira (Tabela 5) como referência, foram realizadas diversas análises paramétricas a fim de entender o comportamento da velocidade economia e do lucro líquido de uma embarcação em função de diferentes parâmetros do projeto, bem como das características econômicas associadas ao transporte de contêineres.

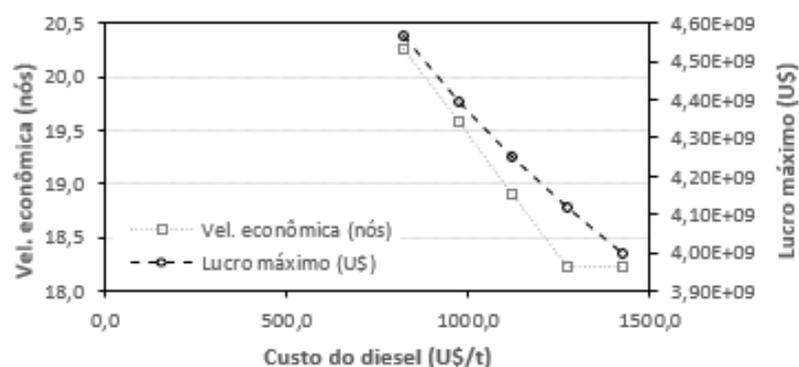
Primeiramente, realizou-se a análise considerando a variação do preço do frete (Figura 46), do custo do combustível (Figura 47) e da distância da rota (Figura 48). Os resultados mostraram que o lucro líquido cresce linearmente com a variação do preço do frete, mas diminui com o aumento do custo de combustível e com o aumento da distância da rota.

Figura 46: Influência do preço do frete



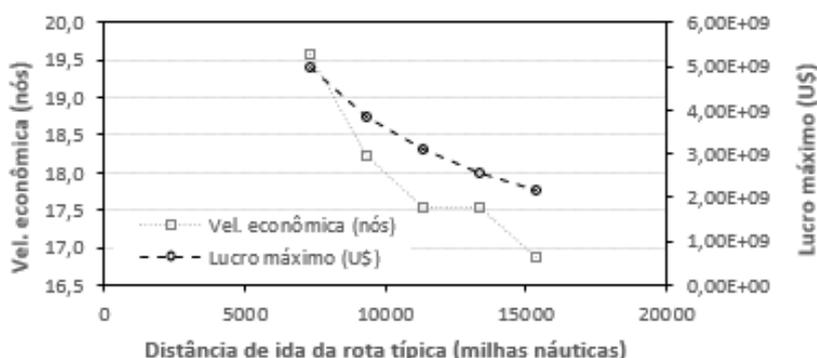
Fonte: Autora (2022)

Figura 47: Influência do custo do combustível



Fonte: Autora (2022)

Figura 48: Influência da distância da rota

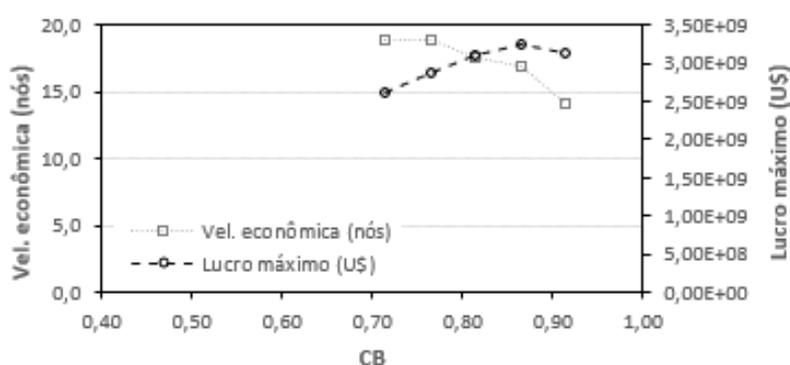


Fonte: Autora (2022)

Nota-se também que para a velocidade de 17,6 nós, há um certo grau de insensibilidade em relação ao preço do frete e à distância da rota. Tal fato não pôde ser explicado, ficando como sugestão para investigações futuras.

O segundo grupo de análises buscou avaliar a influência da capacidade da embarcação na velocidade econômica e no lucro líquido da operação. Por essa razão foram estudadas a influência do coeficiente de bloco (Figura 49), da porcentagem de ocupação dos contêineres (Figura 50) e do deslocamento da embarcação (Figura 51).

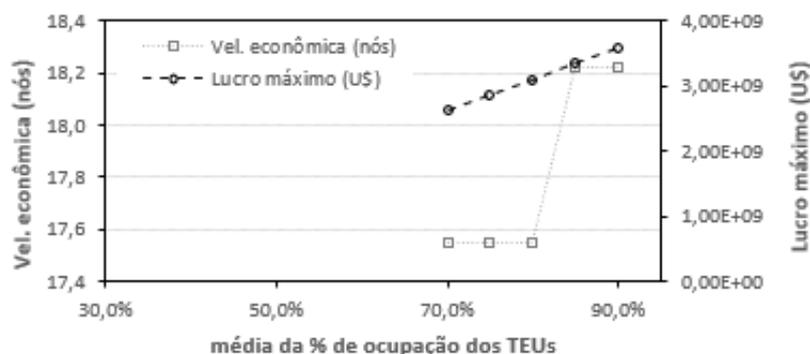
Figura 49: Influência do coeficiente de bloco



Fonte: Autora (2022).

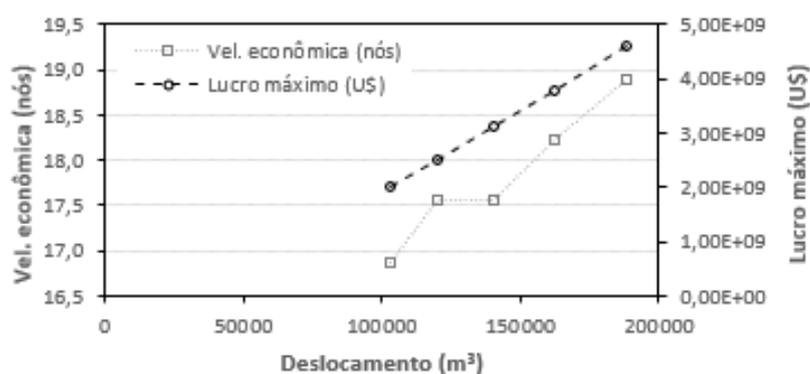
É interessante observar que a análise do coeficiente de bloco (Figura 49) mostrou que existe um valor ótimo capaz de maximizar o lucro gerado pela embarcação. Ou seja, a partir de um certo valor, o ganho de carga obtido é inferior ao custo de combustível exigido para mover a embarcação. Isso ocorre pois o aumento do coeficiente de bloco está invariavelmente associado ao aumento da resistência ao avanço, levando a um maior consumo de combustível.

Figura 50: Influência da porcentagem de contêineres no navio



Fonte: Autora (2022)

Figura 51: Influência do porte



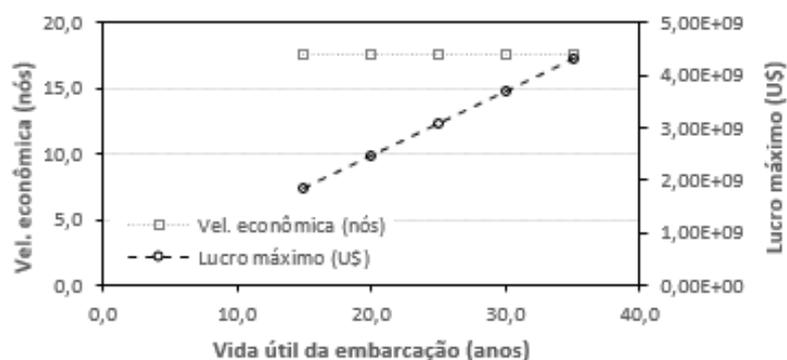
Fonte: Autora (2022)

Já nas Figura 50 e 51 é possível observar que, quanto maior o porte e a taxa de ocupação do navio, maior a velocidade econômica da embarcação. Além disso, o aumento desses parâmetros resulta em um crescimento linear do lucro líquido obtido. Novamente é importante destacar que a descontinuidade observada nos resultados referentes à velocidade econômica fomenta a realização de estudos futuros os quais objetivem identificar a origem desse comportamento.

Por fim, o último grupo de análises buscou avaliar a influência da vida útil da embarcação (Figura 52) e das razões L/B (Figura 53) e B/T (Figura 54) do casco na velocidade econômica e no lucro líquido da operação.

Analisando-se a Figura 52 é possível perceber que a vida útil de uma embarcação possui pouca influência na velocidade econômica, mas, no entanto, influencia linearmente o lucro líquido obtido.

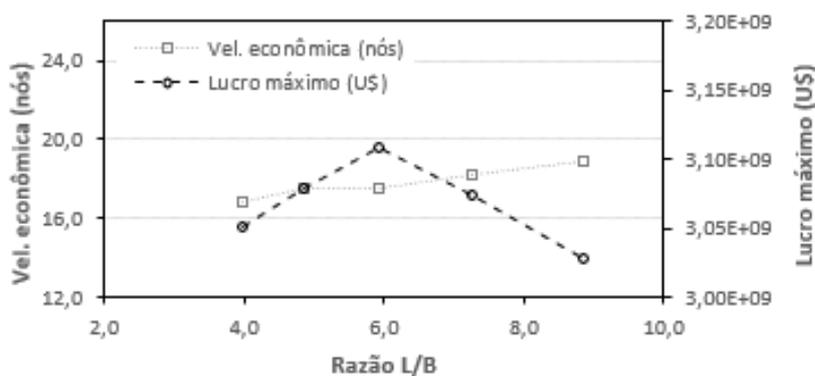
Figura 52: Influência da vida útil



Fonte: Autora (2022)

Já a Figura 53 indica um interessante comportamento associado a razão L/B. Embora por um lado o aumento de L/B resulte na redução da resistência ao avanço, por outro, resulta no aumento do peso de aço do casco, reduzindo a capacidade de carga do navio. Dado que ambos os efeitos não têm a mesma intensidade, surge um valor ótimo de L/B que maximiza o lucro líquido obtido no transporte marítimo de um navio porta contêiner.

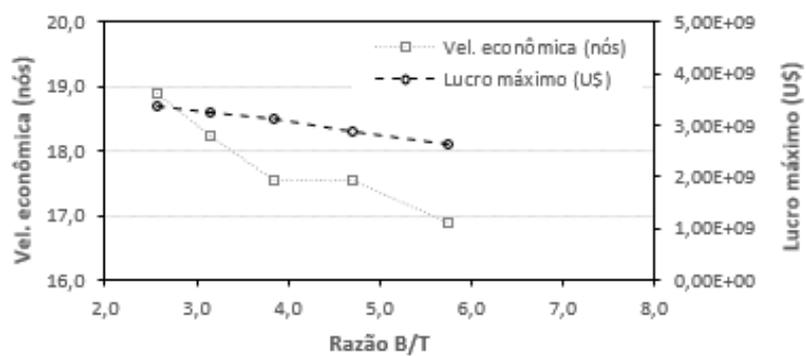
Figura 53: Influência da razão L/B



Fonte: Autora (2022)

Por fim, a análise da Figura 54 permite constatar que o aumento a razão B/T resulta na redução tanto do lucro líquido quanto da velocidade econômica de navegação. Ambos os efeitos podem ser explicados em função do aumento da resistência ao avanço ocasionado pelo aumento da boca da embarcação.

Figura 54: Influência da razão B/T



Fonte: Autora (2022)

6. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de uma ferramenta para a estimativa da velocidade econômica de embarcações mercantes. A ferramenta foi inteiramente desenvolvida usando o programa Excel e baseou-se nos clássicos modelos empíricos descritos na fundamentação teórica.

Inicialmente mostrou-se a importância que a determinação da velocidade econômica tem na lucratividade de armadores e operadores do transporte marítimo internacional. Entre os possíveis recortes existentes, optou-se por estudar o desempenho econômico de embarcações porta contêiner.

A revisão bibliográfica revelou que o transporte marítimo, foi extremamente impactado pela pandemia de Covid-19, a qual causou o aumento significativo no valor dos fretes e no custo do combustível. Outro ponto analisado foi o impacto que as novas regulamentações acerca das emissões de poluentes causaram no transporte marítimo internacional.

Nesse contexto de incertezas e flutuações no mercado internacional, a ferramenta possibilitou, através de análises paramétricas, identificar que o preço do combustível, do frete e a porcentagem de contêineres a bordo influenciam significativamente o lucro da operação, bem como a velocidade econômica do projeto.

Entende-se que o trabalho atingiu o objetivo estabelecido uma vez que a ferramenta desenvolvida se mostrou robusta e eficiente para estimar a velocidade econômica de embarcações mercantes do tipo porta contêiner, permitindo avaliar a influência de diversos parâmetros associados ao projeto da embarcação, bem como avaliar o impacto de fatores externos, tais como o custo do combustível e o valor do frete, na lucratividade do transporte marítimo.

O processo de verificação revelou que alguns modelos apresentaram resultados aderentes com a realidade. Notadamente os modelos associados ao peso leve da embarcação geraram erros inferiores a 15% no cálculo da capacidade de contêineres. No entanto, outros modelos mostraram que ainda é necessário um maior amadurecimento da ferramenta desenvolvida. Entre os modelos com pior desempenho, destaca-se a implementação do método de Holtrop (1982), que, em alguns casos, chegou a apresentar erros superiores a 40%.

As análises paramétricas realizadas mostraram resultados significativos, principalmente pela constatação de que o aumento do custo de combustível exige que a embarcação viaje a velocidades mais lentas para maximizar o lucro da operação. Ao passo que o aumento no valor do frete permite que o navio maximize o lucro obtido, mesmo operando em velocidades maiores. Já a análise do coeficiente de bloco mostrou que existe um valor ótimo capaz de maximizar o lucro gerado pela embarcação, pois, a partir de um certo valor, o ganho de carga obtido é inferior ao custo de combustível exigido para mover a embarcação.

Observa-se que a ferramenta também pode ser utilizada para determinar o tempo necessário para a obtenção do retorno do investimento, pois é possível variar a vida útil da embarcação até que o lucro obtido se iguale ao investimento de capital. Porém, para que essa análise seja mais assertiva é necessário considerar os juros bancários e a depreciação do investimento, exigindo a implementação de uma rotina que automatize esse processo de análise.

Por fim, diante da clara necessidade de melhorias no trabalho, evidenciadas pelo processo de verificação, sugere-se que trabalhos futuros realizem: a troca do método analítico utilizado para determinar a resistência ao avanço da embarcação, trocando o modelo de Holtrop (1982) pelo modelo de Holtrop (1984), além da inserção de novos modelos referentes a outros tipos de navios, visando tornar a ferramenta mais abrangente.

Recomenda-se ainda aumentar a utilização de outras formulações empíricas a fim de garantir um melhor resultado analítico para a estimativa da potência do motor.

REFERÊNCIAS

ACO – Instituto de Aço Brasil. **Brasil sobe posições no comércio mundial, diz OMC**. 2022. Disponível em: <https://acobrasil.org.br/site/noticia/brasil-sobe-posicoes-no-comercio-mundial-diz-omc/> Acessado em: 21 julho 2022.

ANDRADA, Wendel Gomes de. **Proposta de coeficiente dpara estimativa preliminar da potência instalada em navios**. 2017. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2017.

ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **GT Transporte Marítimo ANTAQ**. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/antag/pt-br/noticias/2021/grupo-de-trabalho-cria-canal-para-receber-subsidios-sobre-transporte-maritimo/apresentacao-gt-crise-de-supply-fiesp-16mar2022.pptx>> Acesso em: 21 julho 2022.

AUTORIDADE PORTUÁRIA DE SANTOS. **Mensário Estatístico**. 2022. Disponível em: <<https://www.portodesantos.com.br/informacoes-operacionais/estatisticas/mensario-estatistico/>> Acesso em: 21 julho 2022

BOLO, G. A. P. **O impacto da covid 19 nos processos de distribuição**. Anais. XXII ENGEMA, 2020. Disponível em: < <https://engemausp.submissao.com.br/22/arquivos/333.pdf>>. Acesso em: 20 fevereiro 2022

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. Divisão de Programas de Promoção Comercial. **Exportação Passo a Passo**. Brasília: MRE, 2004. Disponível em: <www.schualm.com.br/artigos/Exportacao.pdf>. Acesso em: 20 fevereiro 2022

BRASIL. **Nota informativa**: o coronavírus e seu impacto econômico no Brasil. 2020. Disponível em: < <https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/notas-informativas/2020/nota-informativa-coronavirus.pdf>>. Acesso em: 20 fevereiro 2022

BUONANNO, G.; STABILE, L.; MORAWSKA, L.; **Estimation of airborne viral emission**: quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment. Environment International, p. 105794, 2020.

CHAME, Maria Eduarda Felipe. **Projeto conceitual otimizado de embarcações utilizando fórmulas empíricas**.. 2014. 100 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2014.

CNN BRASIL. **Entenda por que o preço do petróleo disparou com a guerra entre Ucrânia e Rússia**: Importância da Rússia pela produção e exportação da commodity é um dos principais motivos para o impacto nos preços do barril. 2022. Disponível em: < <https://www.cnnbrasil.com.br/business/entenda-por-que-o-preco-do-petroleo-disparou-com-a-guerra-entre-ucrania-e-russia/>> Acesso em: 21 julho 2022.

CNT -Confederação Nacional do Transporte. **Impactos da pandemia de COVID-19 no setor transportador brasileiro.** 2020. Disponível em: <<https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtualPrd/04a0016d-c945-4603-9f90-dc7541275b50.pdf>>. Acesso em: 20 de fevereiro 2022

EPSTEIN, Justin. **Cruise Ship Preliminary Design: the influence of design features on profitability.** 2013. 97 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, University Of New Orleans, New Orleans, 2014.

FAN, C. et al. **Prediction of epidemic spread of the 2019 novel coronavirus driven by Spring Festival transportation in China: A population-based study.** International journal of environmental research and public health, v. 17, n. 5, p. 1679, 2020.

FARIAS, M.R.; PINTO, L.A.V.; MONTEIRO, U.A. **MÉTODOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE MITIGAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES POLUENTES PARA NAVIOS E OS IMPACTOS NO SETOR DE TRANSPORTE MARÍTIMO.** 2020.Simpósio Mundial de Sustentabilidade. Florianópolis, 2020.

FBX - Freightos Baltic Index. Global Container Index. Disponível em: <<https://fbx.freightos.com/>> Acesso em: 27 maio 2022.

GAINZA, J.A.N.G. **ESTUDO DE INSTALAÇÕES PROPULSORAS PARA NAVIOS PORTA CONTÊINERES.** 2009. 109 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2009.

GOICOECHE, N; ABADIE, L.M. **Optimal slow steaming speed for container ships under the EU emission trading system.** Energies. 2021.

HOLTROP, J. MENNEN, G. G. J. **An approximate power prediction method.** 1982.

HOROWITZ, J. **Como COVID-19 transformou contêineres em um dos itens mais procurados do planeta.** CNN Brasil, 2021. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/como-a-covid-19-transformou-containers-de-transporte-em-itens-mais-procurados-no-planeta/>>. Acesso em: 20 fevereiro 2022

IMO - International Maritime Organization. **Fourth IMO Greenhouse Gas Study: Safe, secure and efficient shipping on clean ocean.** 2020. Disponível em: <<https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Fourth%20IMO%20GHG%20Study%202020%20-%20Full%20report%20and%20annexes.pdf>> Acesso em: 28 maio 2022.

IMO - International Maritime Organization. **Member States.** 2022. Disponível em: <<https://www.imo.org/en/OurWork/ERO/Pages/MemberStates.aspx>> Acesso em: 21 julho 2022.

ITTC – International Towing Tank Conference. **Quality System Manual: Recommended Procedures and Guidelines.** 1957 já está no trabalho, falta somente próximo da equação ITTC (1957)

LAZARIN, C. R. R.; VIEIRA, D. B. **O impacto da escassez de contêineres no porto de Santos**. In: XII FATECLOG – Gestão da cadeia de suprimentos no agronegócio: desafios e oportunidades no contexto atual. Mogi das Cruzes, 2021. Disponível em: <<https://fateclog.com.br/anais/2021/parte3/1109-1579-1-RV.pdf>>. Acesso em: 20 fevereiro 2022

LUDOVICO, N. Logística de transportes internacionais. São Paulo: Saraiva, 2010.

MABUX. Marine Bunker Exchange. 2022. Disponível em: <<https://www.mabux.com/>> Acesso em: 27 maio 2022

MAN B&W. MAN B&W K98ME-C7-TII: Project Guide. Copenhagen, 2010.

MAN B&W. MAN B&W G80ME-C9.2-TII Extended Layout Area: Project Guide. Copenhagen, 2012.

MAN B&W. MAN B&W S90ME-C9.2-TII: Project Guide. Copenhagen, 2012b.

MAN B&W. MAN B&W S80ME-C9.4-TII Extended Layout Area: Project Guide. Copenhagen, 2014.

MARINE TRAFFIC. Global Ship Tracking Intelligence - AIS Marine Traffic. 2022 Disponível em: <<https://www.marinetraffic.com/>>. Acesso em: 27 maio 2022

MAXSURF MODELER ® **User Manual**. Bentley Systems, V23, 2022.

MAXSURF RESISTANCE ® **User Manual**. Bentley Systems, V23, 2022.

MELO, A. C. L. et al. **Os impactos da pandemia na importação marítima**. In: V EIGEDIN, 2021. Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj6zcfVhJv1AhXqlrkGHSy9DHUQFnoECAMQAQ&url=https%3A%2F%2Fdesafioonline.ufms.br%2Findex.php%2FEIGEDIN%2Farticle%2Fdownload%2F14138%2F9622%2F&usg=AOvVaw05xM8qgxVPetPyL34HVLsH>>. Acesso em: 20 fevereiro 2022

MEYER, J.; STAHLBOCK, R.; VOSS, S. Slow **Steaming in Container Shipping**. International Conference on System Sciences. 1306-1314. DOI. 10.1109/HICSS.2012.529. 2012.

MOLLAND, A. F. **The maritime engineering reference book**: a guide to ship design, construction and operation. Burlington. 2008.

MOTA, J. A. **Impacto da COVID-19 nas exportações das principais commodities brasileiras**. Radar, v. 65, p. 29-32, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10607/1/Radar_65_impacto_COVID-19_exportacoes.pdf>. Acesso em: 20 fevereiro 2022

NAKAGAWA, F. **Aumento no preço do frete internacional pode ameaçar recuperação global.** CNN Brasil, 2021. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/aumento-no-preco-do-frete-internacional-pode-ameacar-recuperacao-global/>>. Acesso em: 20 de fevereiro 2022

OPEN MARKET. **Conheça os principais parceiros comerciais do Brasil.** 2021. Disponível em: <<https://www.openmarket.com.br/exportacao-2/conheca-os-principais-parceiros-comerciais-do-brasil/>>. Acesso em: 20 fevereiro 2022

PAPANIKOLAOU, A. Ship Design - Methodologies of Preliminary Design. DOI 10.1007/978-94-017-8751-2, Springer, 2014.

SAVVIDES, N. Significant Ships of 2012: A publication of The Royal Institution of Naval Architects. Significant Ships. Londres, 106 p, 2012.

SAVVIDES, N. Significant Ships of 2013: A publication of The Royal Institution of Naval Architects. Significant Ships. Londres, 104 p, 2013.

SCHNEEKLUTH, H.; BERTRAM, V. **Ship design for efficiency and economy.** ButterworthHeinemann Oxford, 1998. v. 218.

SETTI, L., e colaboradores. **Rota de transmissão aérea do COVID-19:** por que 2 metros / 6 pés de distância interpessoal não eram suficientes. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17 (8), 2932. doi: 10.3390 / ijerph17082932, 2020.

SILVA, A. R. C. Fundamentos de comércio exterior. Ministério da Educação, Secretaria da Educação de Pernambuco, 2014. Disponível em: <<https://sisacad.educacao.pe.gov.br/bibliotecavirtual/bibliotecavirtual/texto/CadernodeLogsticaFundamentosdeComrcioExteriorRDDI.pdf>>. Acesso em: 20 fevereiro 2022

TANCREDI, T. P. Otimização multidisciplinar distribuída aplicada a projetos de engenharia. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Naval e Oceânica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

WATSON, David G. M. Practical Ship Design. Oxford: Elsevier, 1998. 556 p

VENTURA, M. Estimation Methods for basic ship design. Lisboa: Instituto Superior Técnico, [20--?]. 122 slides, color.

ZHOU, P. e colaboradores. Discovery of a novel coronavirus associated with the recent pneumonia outbreak in humans and its potential bat origin. bioRxiv, p. 2020.2001.2022.914952, 2020.

ANEXO A - EMBARCAÇÕES MODELOS PARA AS VERIFICAÇÕES

HYUNDAI TOGETHER: 13,000TEU containership

Shipbuilder: **Hyundai Samho Heavy Industries Co., Ltd**
 Vessel's name: **Hyundai Together**
 Hull No: **S456**
 Owner/operator: **Danaos Shipping Co., Ltd/ Hyundai Merchant Marine Co., Ltd**
 Country: **Greece**
 Designer: **Hyundai Samho Heavy Industries Co., Ltd**
 Country: **Korea**
 Model test establishment used: **Hyundai Maritime Research Institute**
 Flag: **Liberia**
 IMO number: **9473731**
 Total number of sister ships already completed (excluding ship presented): **nil**
 Total number of sister ship still on order: **4**

HYUNDAI *Together* is the first of a series of five 13,100 container vessels built at Hyundai Samho Heavy Industries, delivered to Danaos Corporation in February, and chartered to Hyundai Merchant Marine for 12 years. The following four vessels on order were also delivered in 2012.

The last of these series, *Hyundai Ambition*, which was delivered at the end of 2012 was awarded the "Ship of the Year" at the annually held Lloyd's List Greek Shipping Awards. The main feature of these five vessels is that they are the largest cellular containerships ever built and controlled by Greek interests.

Hyundai Together has been designed as an ocean going ship with a single screw directly driven by a marine diesel engine. The vessel has a bulbous bow, open-water type stern and a continuous deck with aft sunken deck. With these five vessels Danaos is increasing its container fleet as it sees the container shipping market move to larger capacity ships.

The vessel is fitted with an electronically controlled main engine, a Hyundai-B&W 12K98ME-C7 that has a total output of 72,240 kW giving the vessel a speed of 24.7knots, it complies with IMO Tier II NOx emissions standards and the phase II IMO EEDI INDEX. It is equipped with turbocharger cut-out measures and is capable of super slow steaming, with the engine able to operate at 10% of maximum load. It is equipped with an advanced performance monitoring system with on line analysis for power measurement and multi-stations alarm monitoring controls.

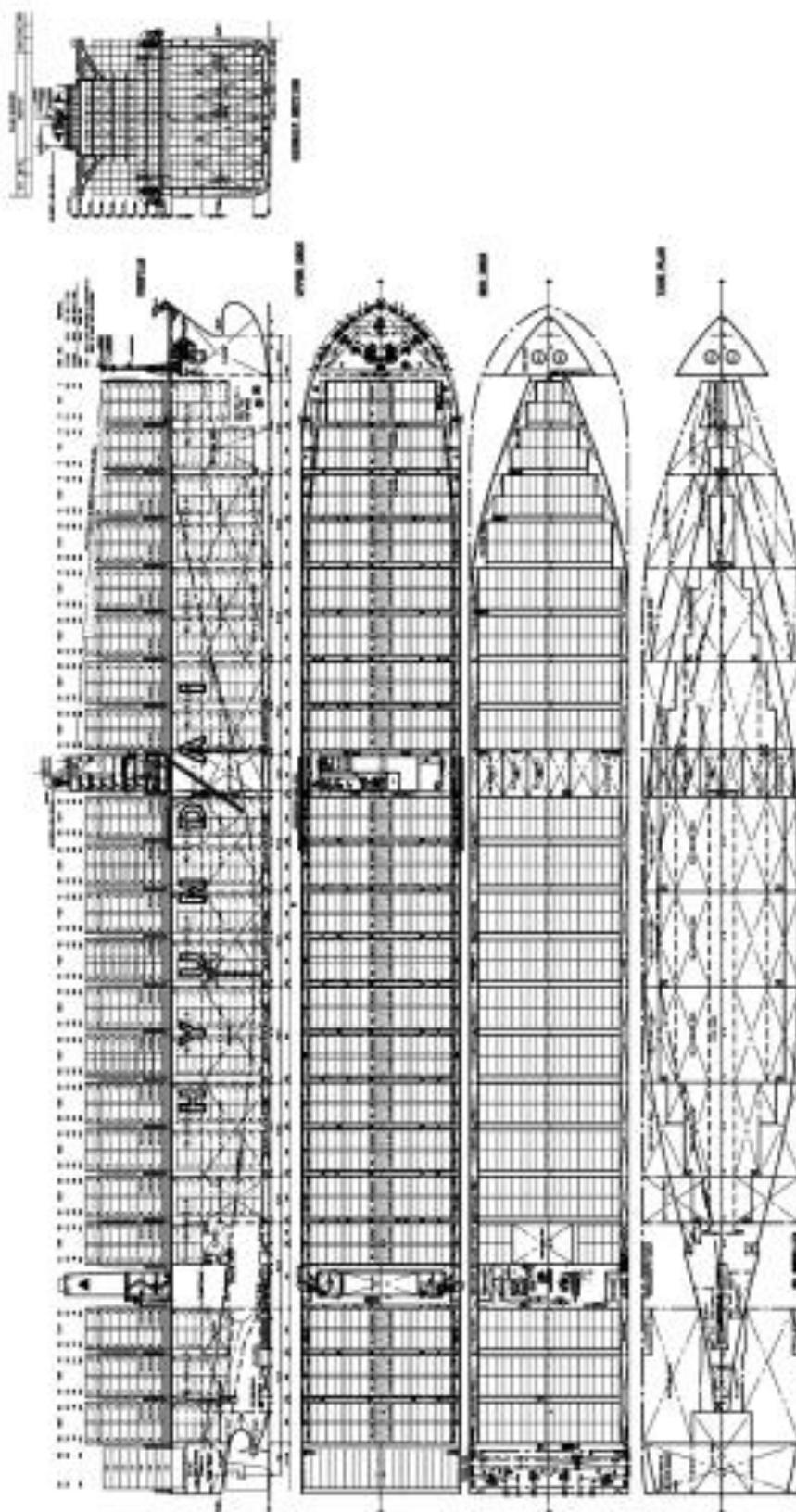
Hyundai Together also has the latest IT, Communication and Entertainment Systems on board, wired and wireless network offering internet and entertainment systems to all crew cabins and mess rooms, centralised video and music centre offering private selection of movies and music onboard, as well as satellite TV at crew public spaces.

TECHNICAL PARTICULARS

Length oa: 366.53m
 Length bp: 350.00m

Breadth moulded: 48.20m
 Depth moulded
 To main deck: 29.85m
 To upper deck: 29.85m
 Width of double skin
 Side: 48.20m
 Bottom: 2.30m
 Draught
 Scantling: 15.50m
 Design: 14.50m
 Gross: 59,000gt
 Displacement: 184,000tonnes
 Deadweight
 Design: 126,000dwt
 Scantling: 141,000dwt
 Block co-efficient: 0.68
 Speed, service: 24.70knots
 Bunkers
 Heavy oil: 12,500m³
 Diesel oil: 700m³
 Water ballast: 36,000m³
 Daily fuel consumption
 Main engine only: 270tonnes/day
 Auxiliaries: 5.5tonnes/day
 Classification society and notations: GL +100A5, Container Ship, SOLAS II-2 Reg. 19, +MC, AUT, IW, RSD, STAR, ERS, BWM
 Main engine
 Design: B&W
 Model: 12K98ME-C7
 Manufacturer: Hyundai
 Number: 1
 Type of fuel: HFO, MDO
 Output of each engine: 72,240kW x 104rpm
 Propellers
 Material: Ni-Al-Bronze
 Designer/manufacturer: Hyundai Heavy Industries Co., Ltd
 Number: 1
 Fixed/controllable pitch: Fixed
 Diameter: 8.8m
 Speed: 104rpm
 Diesel-driven alternators
 Number: 5
 Engine make/type: Hyundai/Himran 8H32/40
 Type of fuel: HFO, MDO, MGO
 Output/speed of each set: 2,870kW x 720rpm
 Alternator make/type: Hyundai/HSJ7 805-16E, HSJ7 811-16E
 Output/speed of each set: 2,700kW x 720rpm
 Exhaust-gas scrubbing equipment
 Manufacturer: Kangrim
 Type: Forced
 On main engine: Yes
 Boilers
 Number: 1
 Type: Fully automatic, forced draft, HFO burning
 Make: Kangrim
 Output, each boiler: 5,500kg/h x 8kg/cm²
 Cargo cranes/cargo gear
 Number: 2
 Make: Oriental Precision Engineering

Type: Electro-hydraulic driven
 Performance: 4tonnes
 Other cranes
 Number: 1
 Make: Dongham Marine Crane Co., Ltd
 Type: Electric motor driven
 Tasks: Maintenance
 Performance: 12.5tonnes
 Mooring equipment
 Number: 10
 Make: Towmor
 Type: Electro-hydraulic
 Special lifesaving equipment
 Number of each and capacity: 2 x 28persons
 Make: Hyundai lifeboats
 Type: Hinged gravity type
 Hatch covers
 Design: Seohae Marine System
 Manufacturer: Hyundai Samho Heavy Industries Co., Ltd
 Type: Pontoon
 Containers
 Lengths: 6,058mm
 Height: 2,591mm
 Total TEU capacity: 13,082TEU
 On deck: 7,074TEU
 In holds: 6,008TEU
 Homogeneously loaded to 14tonnes: 8,927TEU
 Reefer plugs: 800FEU
 Tiers/shows
 On deck: 9/19
 In holds: 11/17
 Ballast control system
 Make: Shinshin-Hamworthy
 Type: Remote control type
 Complement
 Officers: 12
 Crew: 16
 Stern appendages/special rudders: Semi-spade type
 Bow thruster
 Make: Hyundai Heavy Industries Co., Ltd
 Number: 2
 Output: 1,800kW
 Bridge control system
 Make: Hyundai Heavy Industries Co., Ltd
 Type: Self Standing
 One-man operation: Yes
 Fire detection system
 Make: Consilium Marine AB
 Type: CS4000
 Fire extinguishing systems
 Cargo holds/engine room: NK/CO₂
 Cabins/ public spaces: Seawater
 Radars
 Number: 2
 Make: Furuno
 Model: FAR-2637S, FAR-2627W
 Waste disposal plant
 Incinerator: Kangrim
 Sewage plant: Jonghap Machinery
 Contract date: 29 September 2007
 Launch/float-out date: 20 November 2011
 Delivery date: 16 February 2012

HYUNDAI TOGETHER

MSC ALTAMIRA: modern 8,900TEU box ship from Hyundai Samho

Shipbuilder: **Hyundai Samho Heavy Industries Co., Ltd**
 Vessel's name: **MSC Altamira**
 Hull No: **5592**
 Owner/operator: **Ofer Ships Holding Ltd/ Bernhard Schulte**
 Country: **Israel**
 Designer: **Hyundai Samho Heavy Industries Co., Ltd**
 Country: **Korea**
 Model test establishment used: **Hyundai Maritime Research Institute (HMRI)**
 Flag: **Hong Kong**
 IMO number: **9619426**
 Total number of sister ships already completed (excluding ship presented): **1**
 Total number of sister ships still on order: **4**

MSC Altamira is the latest design from Hyundai Samho Industries Co., Ltd that has an increased capacity from 8,800TEU to 8,900TEU for joint owners Ofer Ships Holding and Bernhard Schulte that was delivered in September, and which will be operated by MSC. *MSC Altamira* is the first in a series of six container carriers ordered by the company.

Apart from the increased container capacity the vessel also has an applied wide breadth of 48.2m compared to that of an 8,600TEU container ship. With the expansion of the Panama Canal there is a trend for wider vessels, allowing ships to have an increased capacity, but also giving them more stability. The vessel design also offers a higher reefers container intake.

The ship is powered by an HHI-EMD 9S90ME-C8.2 that has a power output of 47,430kW that gives the vessel a service speed of 22knots. Another advantage of this vessel is that it is also capable of slow steaming, bringing its emission levels down.

MSC Altamira is also keeping up with the initiatives to prevent seawater contamination with the installation of an Alfa Laval ballast water treatment system (BWTS) that has a capacity of 1,000m³/h, which is the first installation of this type for the shipyard that meets the rules and regulations aimed at the protection of marine environment.

The vessel is designed as an ocean going, single screw, which is directly driven by a Hyundai Wärtsilä 6RT-flex82T that has a total output of MCR 23,600 kW marine diesel engine, giving the vessel a speed of 14.95 knots. It has a bulbous bow, transom stern and a continuous deck with a forecastle deck.

Two electro hydraulic cargo cranes manufactured by Oriental Precision & Engineering Co., Ltd., each with a loading capacity of 4tonnes, can handle cargo. Total capacity is 8,886TEU including 1,000FEU of reefers containers and the homogenous intake, based on the unit weight of 14tonnes/TEU, is about 7,260TEU.

The vessel is classed to Korean Register of Shipping: +KRS1, Container Ship, Sea trust (DSA2, FSA), HCM, IWS, ERS, CDG, ENN (IBWM, IAPS, IOPP, ISPP, IGPP, IAPP, IHM), PSPC, EDD, OHIMP, CHA LL.

TECHNICAL PARTICULARS

Length oa: 299.18m
 Length bp: 286.00m

Breadth moulded: 48.20m
 Depth moulded
 To main deck: 24.80m
 To upper deck: 24.80m
 To other decks: 20.14m
 Width of double skin
 Side: 48.20m
 Bottom: 2.00m
 Draught
 Scantling: 14.50m
 Design: 12.50m
 Gross: 94,017gt
 Displacement: 143,761tonnes
 Lightweight: 31,245tonnes
 Deadweight
 Design: 88,997dwt
 Scantling: 112,516dwt
 Block co-efficient: 0.6996
 Speed, service: 22knots

Bunkers
 Heavy oil: 9003.1m³
 Diesel oil: 485.4m³
 Water ballast: 28,465m³
 Daily fuel consumption
 Main engine only: 159.7tonnes/day
 Auxiliaries: 3.5tonnes/day

Classification society and notations: KRL, +KRS1-Container Ship, IWS, Sea Trust (DSA2, FSA3 and HCM), CDG, ENN (IBWM, IAPS, IOPP, ISPP, IGPP and IAPP), PSPC, LI, CHA + KRM1-UMA, STCM

Heel control equipment: Anti-heeling pump
 Main engine
 Model: 9S90ME-C8.2
 Manufacturer: HHI-EMD
 Number: 1
 Type of fuel: HFO, MDO
 Output of each engine: 47,430kW x 78rpm
 Propellers
 Material: Ni-Al-Bronze
 Designer/manufacturer: HHI-EMD
 Number: 1
 Fixed/controllable pitch: Fixed
 Diameter: 9.5m
 Speed: 76.1rpm

Diesel-driven alternators
 Number: 4
 Engine make/type: HHI-EMD/7H23/40
 Type of fuel: HFO, MDO
 Output/Speed of each set: 3,500kW x 720rpm
 Alternator make/type: HHI-EES/HU 807-10P
 Output/Speed of each set: 3,360kW

Boilers
 Number: 1
 Type: Pin tube type, oil fired buring
 Make: Kangrim
 Output, each boiler: 5,500kg/h

Other cranes
 Number: Monorail crane
 Make: Dongham Marine Crane
 Type: Electric motor driven sliding type
 Tackle: Engine room service
 Performance: SWL 10tonnes

Mooring equipment
 Number: 2 x Windlasses, 7 x winches
 Make: Towmor
 Type: Electric hydraulic and electric driven
 Special lashing equipment
 Number of each and capacity: 2 x 30 persons, 2 x 6 persons, 4 x 16 persons
 Make: Schel-Harding, Viking Life Saving
 Type: Lifeboat: totally enclosed, Liferaft: throw over type

Hatch covers
 Design: Cargotec
 Manufacturer: Marine Tech Inc
 Type: Pontoon, non-sequential operation

Containers
 Length: 20ft/40ft/45ft
 Height: 8ft 6inches/9ft 6inches
 Total TEU capacity: 8,886TEU
 On deck: 5,066TEU
 In holds: 3,820TEU
 Homogeneously loaded to 14tonnes: 7,260TEU
 Reefer plugs: 1,000FEU
 Tiers/rows
 On deck: 10 tiers/19 rows
 In holds: 9 tiers/ 17 rows

Ballast control system
 Make: Pleiger Far East
 Type: Electro hydraulic type

Water ballast treatment system
 Make: Alfa Laval
 Capacity: 1,000m³/h

Complement
 Officers: 11
 Crew: 16
 Stern appendages/special rudders: Semi-balance stream line

Bow thruster
 Make: Hyundai Heavy Industries Co., Ltd
 Number: 1
 Output: 3,000kW

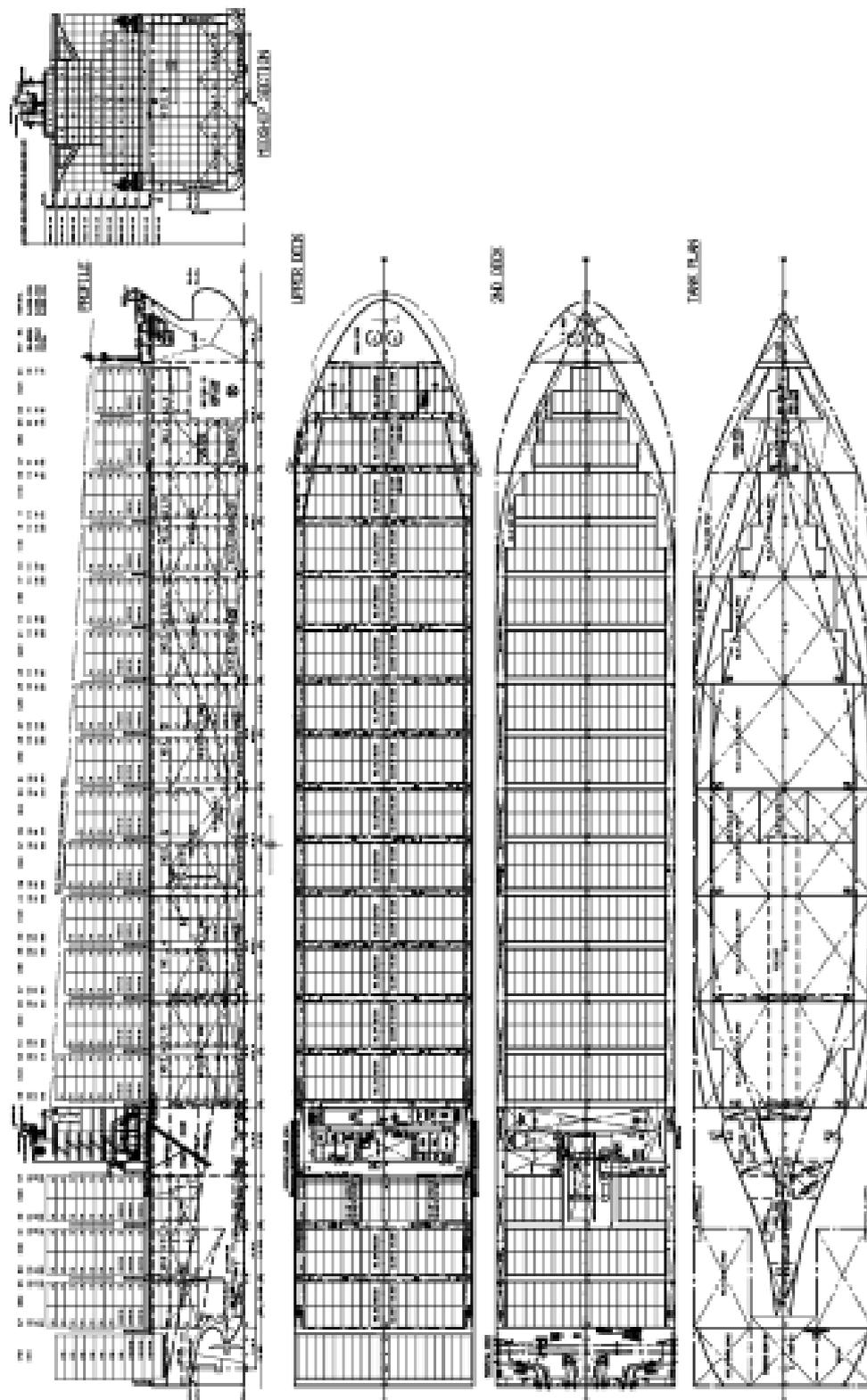
Bridge control system
 Make: Hyundai Heavy Industries Co., Ltd
 Type: Self standing
 One-man operation: Yes
 Fire detection system
 Make: NK
 Type: Smoke detecting type

Fire extinguishing systems
 Cargo holds: NK/CO₂
 Engine room: NK/CO₂
 Cabins: Sea water
 Public spaces: Sea water

Radars
 Number: 2
 Make: JRC
 Model: JMA-9132-SA, JMA-9122-6XA

Waste disposal plant
 Sewage plant: Jonghap Machinery Co., Ltd/ Biological
 Contract date: 1 February 2011
 Launch/float-out date: 27 July 2012
 Delivery date: 28 September 2012

MSC ALTAMIRA





SEASMILE: Containership with G-type engine

Shipbuilder: **Hyundai Samho Heavy Industries**
 Vessel name: **Seasmile**
 Hull No.: **5616**
 Owner/operator: **Themaris Ship Management**
 Country: **Greece**
 Designer: **Hyundai Samho Heavy Industries**
 Country: **Korea**
 Model test establishment used: **Hyundai Maritime Research Institute (HMRI)**
 Flag: **Malta**
 IMO number: **9632820**
 Total number of sister ships already completed (excluding ship presented): **nil**
 Total number of sister ships still on order: **1**

SEASMILE is the first in the series of two 5,000TEU container vessels ordered by Themaris Ship Management Inc. *Seasmile* and its sister vessel is part of Themaris' fleet renewal plan. The vessel was delivered from Hyundai Samho Heavy Industries Co. Ltd (HSHI) to Themaris ship management Inc. in August.

The fully over-Permanas, as the vessel type is known, operates on the Far East to West Africa routes under a Maersk Charter. At 5,000TEU, *Seasmile* is one of the largest vessels employed on this route and is approximately 300TEU larger than other Walrus (West Africa route) type vessels that operate on the same route.

Seasmile is the first vessel to have the G-type Super Long Stroke Engine installed at HSHI designed to increase its propulsion efficiency. It is estimated that the application of the G-type engine provided an overall efficiency increase of 4.5%, compared with the S-type engine or an alternative engine with same engine speed, according to the engine maker Hyundai-MAN. A quad type X ratchet rudder has also been fitted to the vessel to give it better efficiency.

The EIP (Eco) Class notation means that *Seasmile* received Lloyd's Register's certificate of fuel saving of 59.01%, which means its attained EEDI (1.318) is lower than the required EEDI of 18.586. In addition to the environmental efficiency the vessel has been fitted with a Purify ballast water treatment system that has a capacity of 800m³/h.

Further optimisation of the vessel operation has been carried out to reduce energy being wasted. For this variable frequency drives have been introduced to the engine room cooling pumps and deck machinery, while dual clutch units have been added for the operators and operation when switching so different fuels is all main and generating engines.

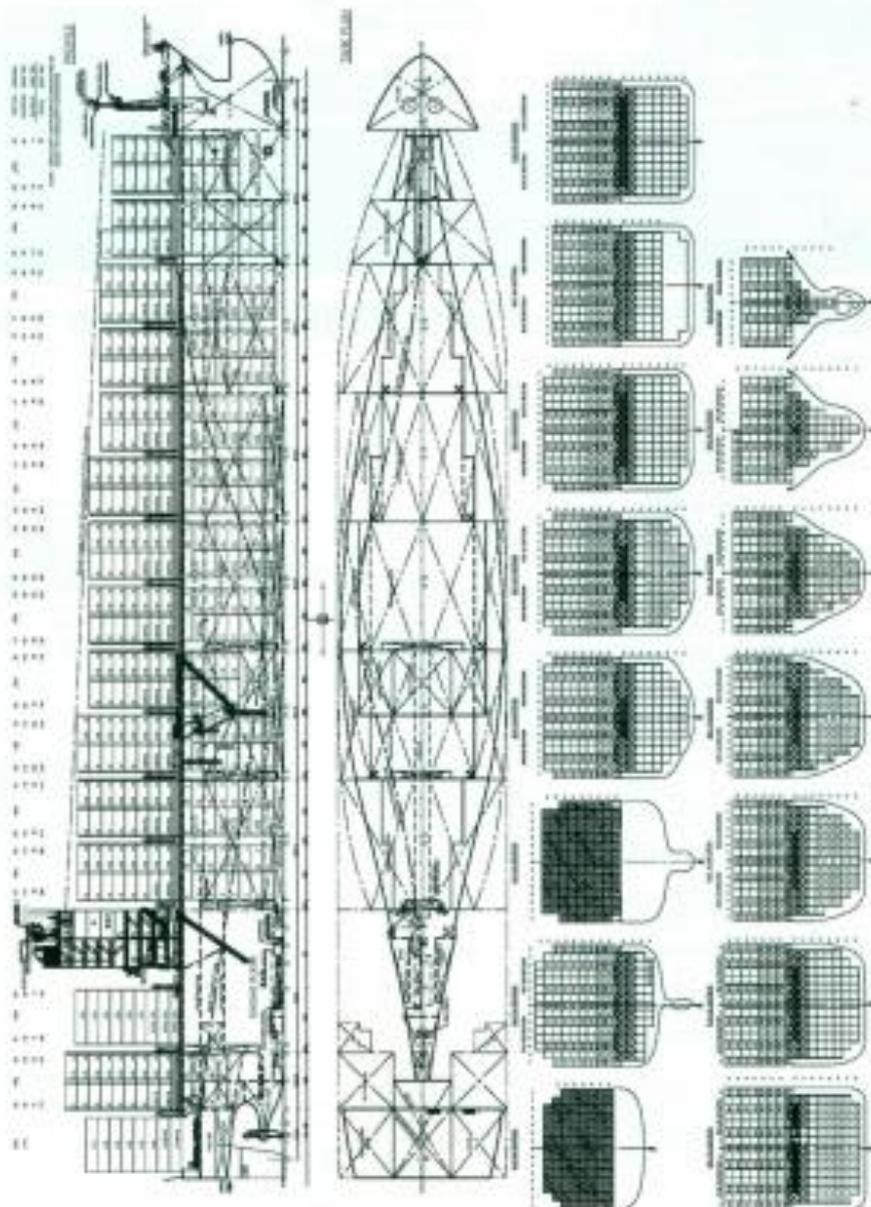
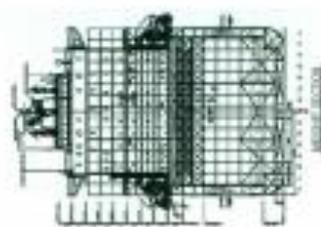
The loading mechanism of *Seasmile* provides the lifting calculation function, which is in accordance with ILO Code of LR's revision.

TECHNICAL PARTICULARS

Length overall	252.40m
Length between perpendiculars	202.30m
Breadth moulded	37.40m
Depth moulded	
To main deck	21.00m
To upper deck	21.10m
To upper deck 2	18.20m
Width of double skin	
Side	3.00m
Bottom	1.87m
Draught	
Scantling	13.00m
Design	13.00m
Gross	32,407G
Displacement	61,370tonnes
Lightweight	19,370tonnes
Deadweight	
Design	51,000dwt
Scantling	60,000dwt
Block coefficient	0.6529
Speed service	21.00knots
Bulkhead	
Heavy oil	5,525 m ³
Diesel oil	415 m ³
Water ballast	13,671 m ³
Daily fuel consumption	
Main engine only	87 tonnes/day
Classification society and notations	LR + I000A1
Container Ship, ShipRight, (SDA, F04, P14 (2S, N00, CM, ACS (05), CCSA, SP (0), Etc. 1, 'WS, U, +LHC, LHC, NAVI with descriptive rates (1) (2) (3), Part Higher Tensile Steel, ShipRight (SWAMP) (S), IHM, SEBS, SCM	
% high-tensile steel used in construction	52%
Ball control equipment	Anti-heaving pump
Main engine	
Model	6000ME-C9.2
Manufacturer	HHI (MAN)
Number	1
Type of fuel	HFO, MDO, MGO
Output of each engine	28,380kW @ 70rpm

Propeller	
Material	Ni-Al Bronze
Design/manufacturer	HHI (MAN)
Number	1
Fixed/variable pitch	Fixed
Diameter	8.8m
Speed	70rpm
Clow-drive alternator	
Number	2
Engine make/type	HHI (MAN) 6000G0
Type of fuel	HFO, MDO, MGO
Output/speed of each set	2,400kW @ 800rpm
Alternator make/type	HHI (MAN) 4027 F01000
Output/speed of each set	2,300kW
Waters	
Number	1
Type	Pressure type, oil free running
Make	Kangin (MAN)
Output, water heater	3,000g/h
Other mains	
Number	1
Make	Diesel
Type	Electric motor driven sliding type
Tanks	Engine room cooling
Performance	12.00knots
Misting equipment	
Number	2 x wireless
Make	4 x wireless
Type	Electric motor driven sliding type
Special heating equipment	
Number of each and capacity	2 x 20 persons, 2 x 4 persons, 3 x 18 persons
Make	United Solar Heating Service
Type	Underfloor
Heating system	
Design	Cargiver
Manufacturer	Marine Tech Inc
Type	Pressure, non-essential operation type
Cylinders	
Length	20,400mm
Height	6,710"
Total TCU capacity	5,071
On deck	3,088
In hold	1,983
Homogeneously loaded to 14tonnes	3,752
Ratchet plugs	500/50
Tachometers	
On deck	8 total 18 mm
In hold	8 total 18 mm
Ballast control system	
Make	Scans Para
Type	Electric hydraulic
Water ballast treatment system	
Make	Purify
Capacity	800m ³ /h
Compliance	
Crew	18
Non-essential/special vehicles	Space type (3 area rubber)
Bow thruster	
Make	Hyundai Heavy Industries
Number	1
Output	1,800kW
Bridge control system	
Make	Hyundai Heavy Industries
Type	Self steering Para type
One-man operation	Yes
Fire detection system	
Make	Cordulum
Fire extinguishing systems	
Cargo holds	Fari CO ₂
Engine room	Fari CO ₂
Cabin/crew spaces	Seasaver
Redels	
Number	3
Make	JHD
Model	JMA 9110-04C, JMA 9120-04A
Ship Performance monitoring	
Water	KYMA
Discharge rate	KDQ-110
Water disposal plant	
Manufacturer	Hyundai Marine Machinery
Model	MA00 T100 SL W5
Storage plant	Jonghae Machinery/Biological
Contract date	3 June 2011
Launch/float-out date	25 May 2012
Delivery date	7 August 2012

SEASMILE



HANJIN CALIFORNIA: Optimised containership

Shipbuilder: **Sungdong Shipbuilding & Marine Engineering Co., Ltd**
 Vessel's name: **Hanjin California**
 Hull No.: **S4028**
 Owner/operator: **Zodiac Maritime Agencies**
 Country: **UK**
 Designer: **Sungdong Shipbuilding & Marine Engineering Co., Ltd**
 Country: **Korea**
 Model test establishment used: **KIOS, Korea**
 Flag: **Liberia, Monrovia**
 IMO number: **9631101**
 Total number of sister ships already completed (excluding ship presented): **4**
 Total number of sister ships still on order: **nil**

HANJIN California is the first in the series of four 3,600TEU container ships, constructed by Sungdong for the British shipping company ZODIAC, delivered in September. The vessel features a wide beam of 37.3m and optimised hull performance and stability for a better seakeeping ability.

Due to the optimised hull form and propeller design and the electrically controlled engine, which contributes to an improved propulsion performance, the vessel can navigate at a speed of over 21 knots at the scantling draught of 12.45m with a daily fuel consumption at 90% MCR (24,462kW) with 15% sea margin of about 99,710tonnes based on marine diesel oil of 10,200kcal/kg in lower calorific value under ISO reference condition.

Hanjin California features a transverse bulkhead and double bottom, which has been extended between the collision bulkhead and aft peak bulkhead. The vessel has double skinned cargo holds, of which there are five and 13 bays for 40ft containers with 11 hatches. This vessel has a fully welded upper deck with forecastle and has a raked stem with bulbous bow, a transom stern, a semi-balanced rudder and a fixed-pitch propeller. This vessel is able to load seven tiers of containers across 13 rows in the hold and six tiers on deck / seven tiers on hatch covers by 15 rows and the number of loadable containers of around 14000/TEU is approximately 2,970TEU at the scantling draught of 12.45m.

Dangerous goods in classes 1, 2, 3, 4, 5.1, 6.1, 8 and 9 can be carried in closed containers in No.1 hold (excluding goods containing hydrogen or a hydrogen mixture) and classes 2, 3, 4, 5.1, 6.1, 8 and 9 in closed containers in No.2 & 3 holds (excluding goods containing hydrogen or a hydrogen mixture) and classes 1, 2, 3, 4, 5.1, 5.2, 6.1, 8 and 9 in closed containers on all hatch covers except above the engine room are allowed to be carried.

The latest environmental guidelines such as the MARPOL Annex I Reg. 12A oil fuel tank protection, inventory of hazardous materials (IHM) for the ship's recycling have also been taken into consideration in the design of the vessel. To meet with the requirements the heavy fuel oil (HFO) tank has a double skin and located in a centre tank between

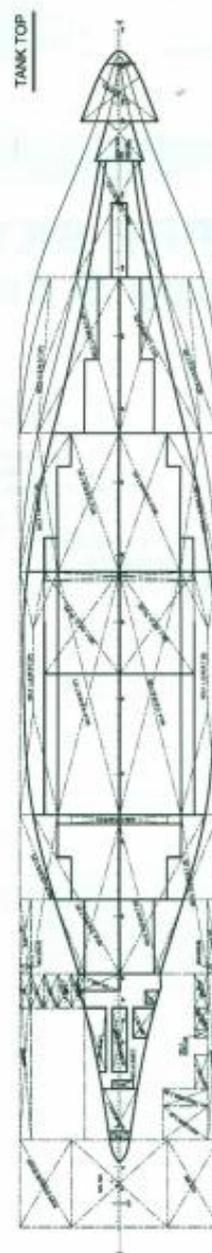
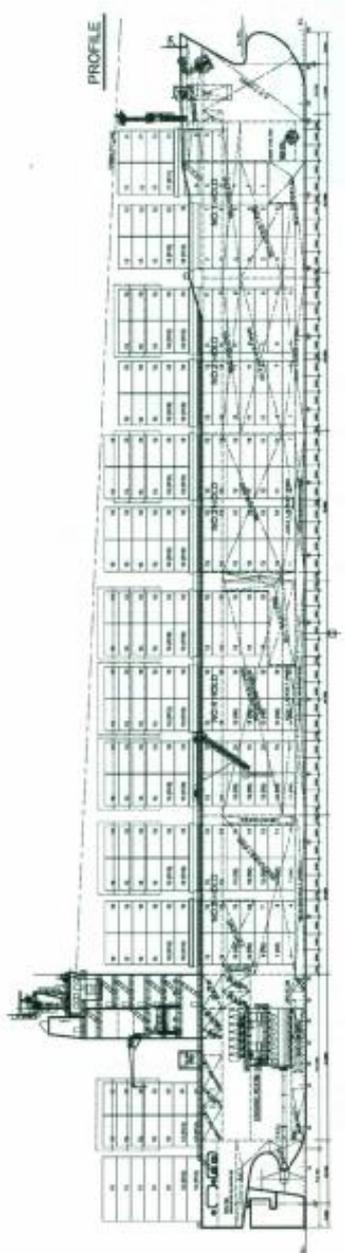
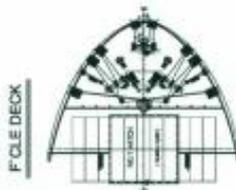
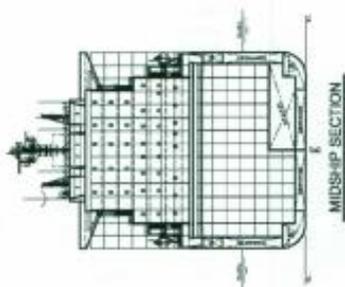
cargo holds 4 and 5 for prevention of an oil spill accident. The bridge which has been designed by Hyundai Heavy Industries complies with Lloyd's Register rules for Bridge Design on Seagoing ships and complies with the notation for One-Man Console at Ocean area.

TECHNICAL PARTICULARS

Length oa: 228.00m
 Length bp: 217.50m
 Breadth moulded
 Main deck: 19.30m
 Upper deck: 19.30m
 Width of double skin
 Side: 2.03m
 Bottom: 1.90m
 Draught
 Scantling: 12.00m
 Design: 12.45m
 Gross: 36,600gt
 Displacement: 67,400tonnes
 Deadweight
 Design: 47,000dwt
 Scantling: 51,000dwt
 Speed, service: 21 knots
 Bunkers
 Heavy oil: 4,500m³
 Diesel oil: 400m³
 Water ballast: 17,000m³
 Daily fuel consumption
 Main engine only: 99.7tonnes/day
 Classification society and notations: LR
 % high-tensile steel used in construction: 59%
 Main engine
 Design: MAN B&W
 Model: 8K90ME-C9.2
 Manufacturer: Hyundai Heavy Industries
 Number: 1
 Type of fuel: HFO, MDO
 Output of each engine: 27,180kW x 504rpm
 Propeller
 Material: Ni-AI-Bronze
 Designer/manufacturer: Sungdong Shipbuilding & Marine Engineering/ Hyundai Heavy Industries
 Number: 1
 Fixed/controllable pitch: Fixed
 Diameter: 8m
 Speed: 104rpm
 Diesel-driven alternators
 Number: 4
 Engine make/type: STX Engine/ 7L27G8
 Type of fuel: MDO
 Output/speed of each set: 2,310kW x 720rpm
 Alternator make/type: Hyundai Heavy Industries/ HFC7 710-14K-EB
 Output/speed of each set: 1,970kW x 720rpm
 Boilers
 Number: 1
 Type: MC3206R21
 Make: Kangnam Heavy Industries

Output, each boiler: 2,500kg/h
 Other cranes
 Number: 2
 Make: Oriental
 Type: Electro-hydraulic, cylinder lifting type jib crane
 Tiers: Engine part handling, provision handling, Suaz mooring boat handling
 Mooring equipment
 Number: 4
 Make: Mirae Industries
 Type: Electric motor driven
 Special lifesaving equipment
 Number of each and capacity: 25 persons
 Make: Umeo Schae-Harding
 Type: Lifeboat/ Life-rescue boat
 Hatch covers
 Manufacturer: MacGregor
 Type: Weatherdeck hatch cover lift-away
 Container
 Length: 6,058mm
 Height: 2,591mm
 Cell guides: Yes
 Total TEU: 3,670
 On deck: 2,190
 In holds: 1,480
 Homogeneously loaded to 140tonnes: 2,970
 Reefer plugs: 500
 Tiers/rows
 On deck: 7/15
 In holds: 7/13
 Ballast control system
 Make: Raiger
 Type: Exact
 Complement
 Crew: 11
 Bow thruster
 Make: Kawasaki Heavy Industries
 Number: 1
 Output: 1,500kW
 Bridge control system
 Make: Hyundai Heavy Industries
 Type: T-Shape
 Fire detection system
 Make: Sea-plus
 Type: Smoke detection
 Fire extinguishing systems
 Cargo holds: Sea-plus/CO₂
 Engine room: Sea-Plus/CO₂
 Rectifiers
 Number: 2
 Make: JRC
 Model: JMA-9132-SA, JMA-9122-9XA
 Waste disposal plant
 Incinerator: Hyundai Marine Machinery/ MA9 NG150SL
 Sewage plant: I-Seung/ ISS-25N
 Contract date: May 2011
 Launch/float-out date: June 2013
 Delivery date: September 2013

HANJIN CALIFORNIA



ANEXO B - MOTORES DAS EMBARCAÇÕES USADAS NA VERIFICAÇÃO

Motor Seasmile: B&W 6G80ME-C9.2

Data at nominal MCR (L _v)			SFOC at nominal MCR (L _v)
			High efficiency TC
Engine	kW	r/min	g/kWh
6 G80ME-C9.2	28,260	72	167
7 G80ME-C9.2	32,970		
8 G80ME-C9.2	37,680		
9 G80ME-C9.2	42,390		

Fonte: (MAN, 2012).

Motor Hanjin California: B&W 6S80ME-C 9.2

Valid for standard high-load optimised engine			
Data at nominal MCR (L _v)			SFOC at nominal MCR (L _v), fuel oil operation
			High efficiency TC
Engine	kW	r/min	g/kWh
6 S80ME-C8.2-GI	27,000	84	168
7 S80ME-C8.2-GI	31,500		
8 S80ME-C8.2-GI	36,000		

Fonte: (MAN, 2014).

Motor Hyundai: B&W 12K98ME-C7

Data at nominal MCR (L _v)			SFOC at nominal MCR (L _v)
			High efficiency TC
Engine	kW	r/min	g/kWh
6 K98ME-C7	36,120	104	174
7 K98ME-C7	42,140		
8 K98ME-C7	48,160		
9 K98ME-C7	54,180		
10 K98ME-C7	60,200		
11 K98ME-C7	66,220		
12 K98ME-C7	72,240		
14 K98ME-C7	84,280		

Fonte: (MAN, 2010).

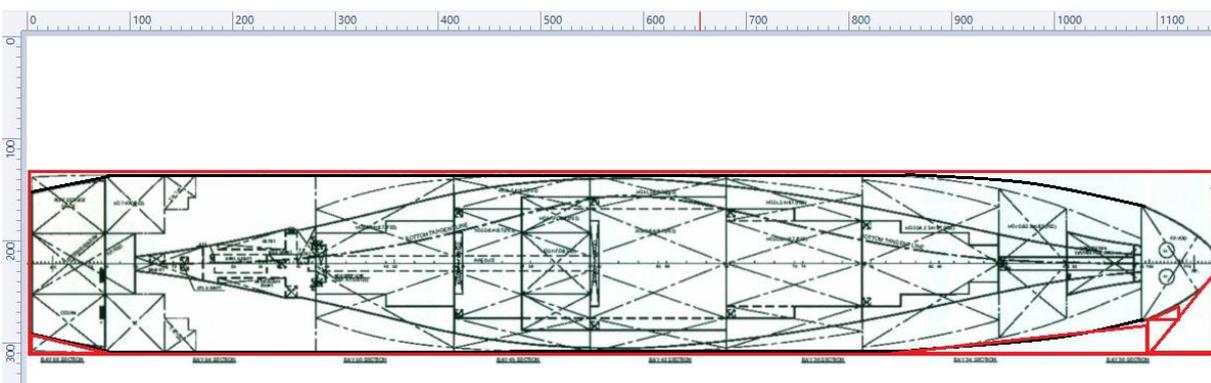
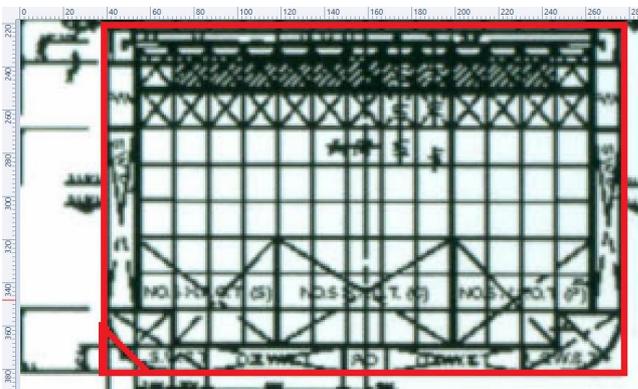
Motor MSC Altamira: B&W 9S90ME-C8.2

Data at nominal MCR (L _v)			SFOC at nominal MCR (L _v)
			High efficiency TC
Engine	kW	r/min	g/kWh
6 S90ME-C8.2	31,620	78	168
7 S90ME-C8.2	36,890		
8 S90ME-C8.2	42,160		
9 S90ME-C8.2	47,430		

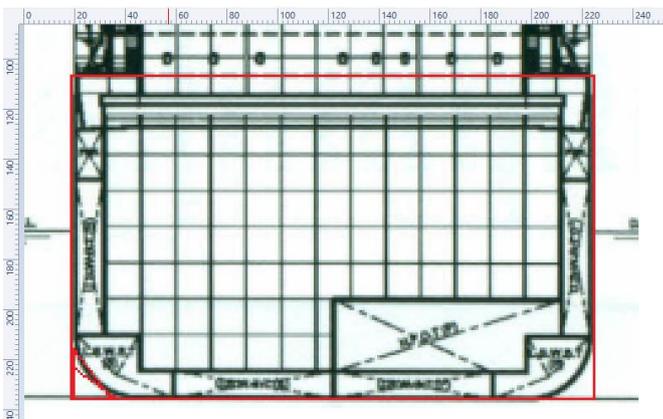
Fonte: (MAN, 2012b).

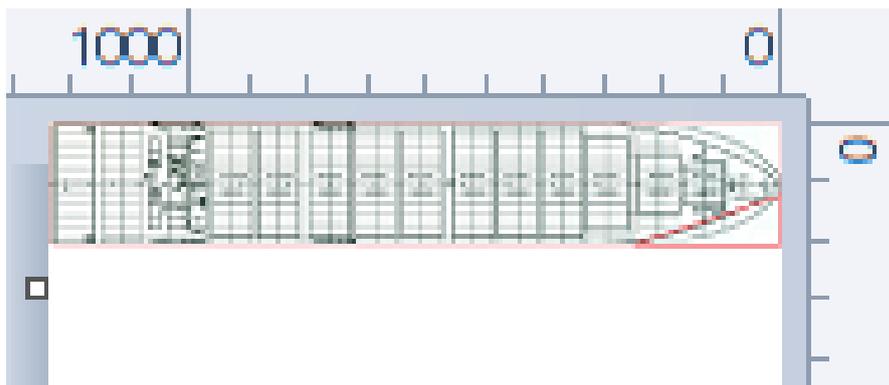
APÊNDICE A - COEFICIENTES DE FORMA REAIS

Seasmile

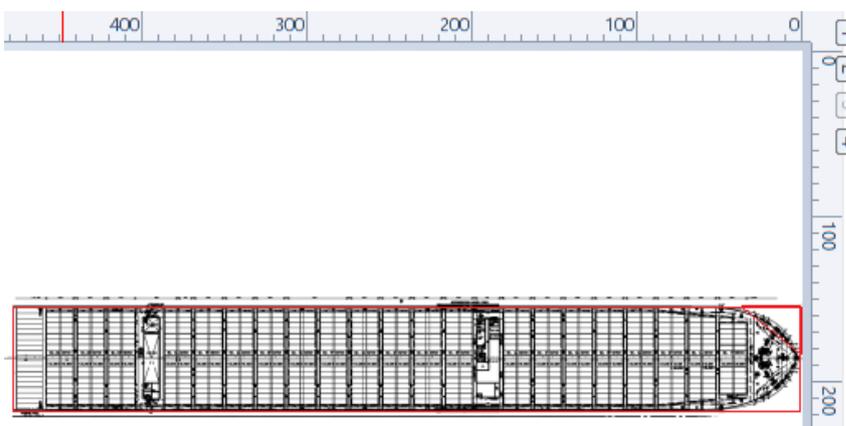
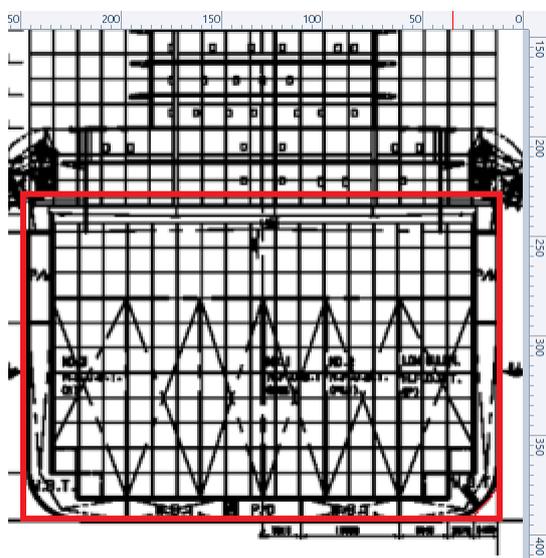


Hanjin California

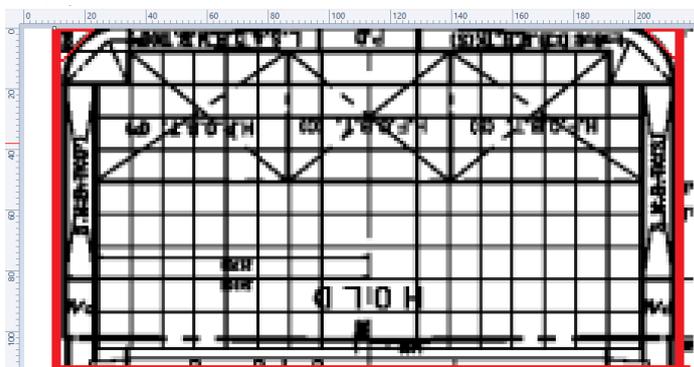




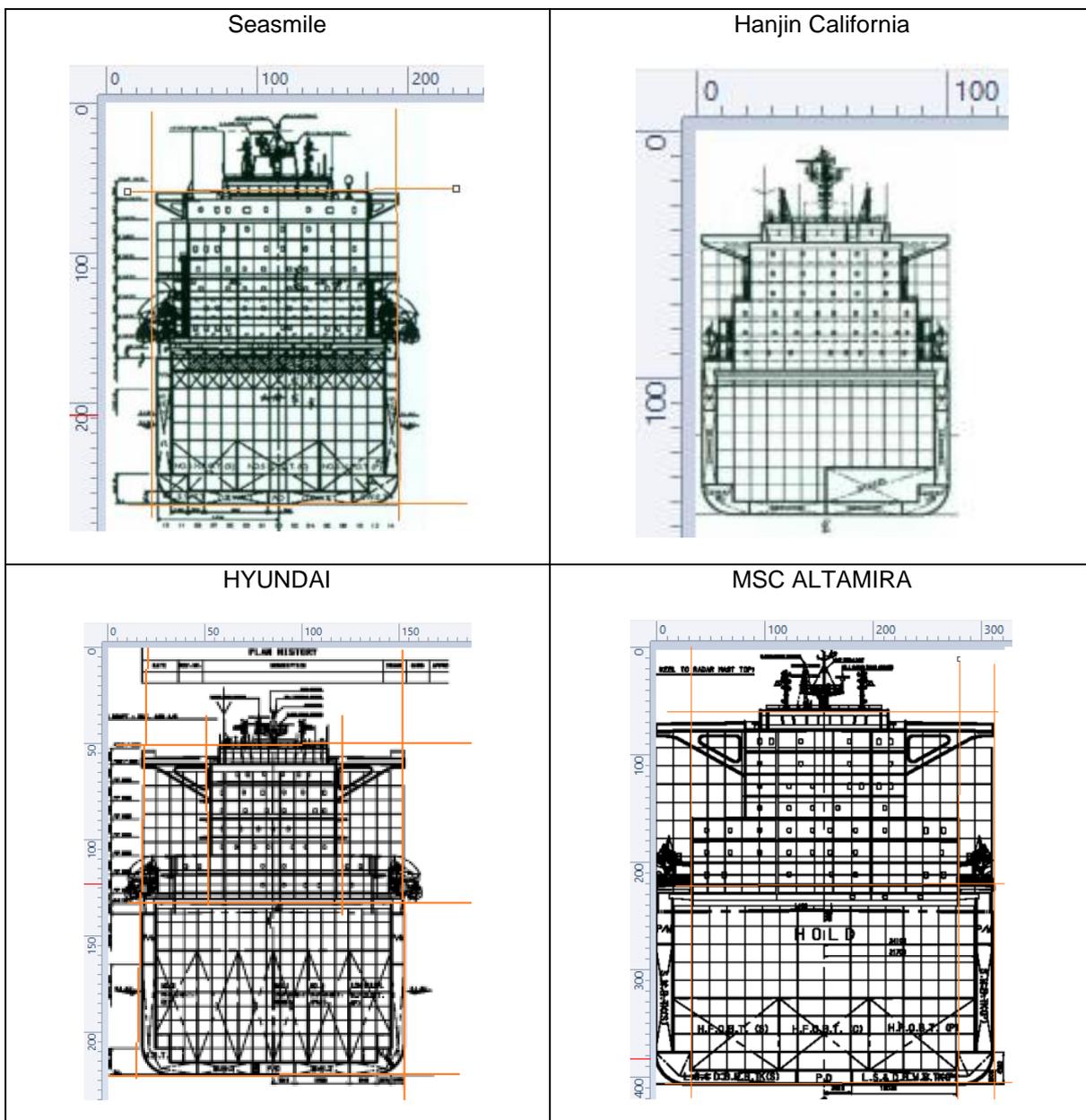
HYUNDAI



MSC ALTAMIRA



APÊNDICE B - DIMENSÕES DE SUPERESTRUTURAS REAIS



APÊNDICE C - EQUAÇÕES AUXILIARES: HOLTROP E MENNEN (1982)

SIGLA	EQUAÇÃO
c13	$c13 = 1 + 0,003 * C_{stern}$
c12	$c12 = (T/L)^{0,2228446}$
T/L	-
LR/L	$LR/L = (1 - C_p + 0,06 C_p * L_{cb} / (4 * C_p - 1))$
(1+k)	$(1+k) = c13 * \{0,93 + c12 (B/Lr)^{0,92497} * (0,95 - C_p)^{-0,521448} * (1 - C_p + 0,0225 L_{cb})^{0,6906}\}$
Cf	$Cf = 0,075 / (\text{Log}(re) - 2)^2$
S	$S = L * (2T + B) * \text{raiz}(Cm) * (0,453 + 0,4425 C_b - 0,2862 C_m - 0,003467 B/T + 0,3696 C_{wp}) + 2,38 Abt / C_b$
(1+k2)	apêndices
c1	$c1 = 2223105 * c7^{(3,78613)} * (T/B)^{(1,07961)} * (90 - I_e)^{(-1,37565)}$
c7	B/L, condição $0,11 < B/L < 0,25$
c3	$c3 = 0,56 * (Abt^{1,5}) / \{B * T(0,31 * \text{raiz}(Abt) + T_f - hb)\} = 1$
c2	$c2 = \exp(-1,89 * \text{raiz}(c3)) = 1$
c5	$c5 = 1 - 0,8 * At / (B * T * C_m)$
L/B	-
λ	$\lambda = 1,446 * C_p - 0,03 * (L/B)$, condição: $L/B < 12$
c16	$c16 = 1,73014 - 0,7067 * C_p$
m1	$m1 = 0,0140407 * (L/T) - (1,75254 * \nabla^{(1/3)}) / L - 4,79323 * (B/L) - c16$
d	-0,9
c15	$c15 = -1,69385 + ((L/\nabla^{1/3}) - 8) / 2,36$
m2	$m2 = c15 * C_p^2 * \exp(-0,1 * F_n^{(-2)})$
c6	$c6 = 0,2 * (1 - 0,2 F_{nt})$, condição: $F_{nt} < 5$
Fnt	$F_{nt} = V / \text{raiz}(2 * g * At / (B + B * C_{wp}))$
c4	0,04
Ca	$Ca = 0,006 * (L + 100)^{-0,16} - 0,00205 + 0,003 * \text{raiz}(L/7,5) * C_b^4 * c2 * (0,04 - c4)$
Rapp	$R_{app} = 0,5 * \rho * V^2 * S_{app}(1+k2) * CF$
Rw	$R_w = C1 * C2 * C5 * \nabla * \rho * g * \exp\{M1 * F_n^{(d)} + M2 * \cos(\lambda * F_n^{(-2)})\}$
Rb	$R_b = 0,11 * \exp(-3 * P_b^{(-2)}) * F_{ni}^3 * Abt^{1,5} * \rho * g / (1 + F_{ni}^2)$
Rtr	$R_{tr} = 0,5 * \rho * V^2 * At * c6$
Ra	$R_a = 1/2 * \rho * V^2 * S * Ca$