

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA
FONSECA
GMEC
ENGENHARIA MECÂNICA**

**Marcella Arruda Bastos Gomes
Rafael Pereira Souza**

CONSTRUÇÃO DE UMA CARRETA PARA LANCHAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**RIO DE JANEIRO
2022**

Marcella Arruda Bastos Gomes
Rafael Pereira Souza

CONSTRUÇÃO DE UMA CARRETA PARA LANCHAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do GMEC, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

Orientadores: Prof. Ricardo Alexandre Amar de Aguiar e Prof. Leydervan de Souza Xavier.

RIO DE JANEIRO
2022

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

G633 Gomes, Marcella Arruda Bastos
Construção de uma carreta para lanchas / Marcella Arruda
Bastos Gomes [e] Rafael Pereira Souza. — 2022.
52f. : il.(algumas color). ; enc.

Projeto Final (Graduação) Centro Federal de Educação
Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2022.

Bibliografia : f. 49-52

Orientador: Ricardo Alexandre Amar de Aguiar

Coorientador: Leydervan de Souza Xavier

1. Engenharia mecânica. 2. Transporte marítimo. 3. Ventos –
Velocidade. 4. Barcos. I. Souza, Rafael Pereira. II. Aguiar, Ricardo
Alexandre Amar de (Orient.). III. Xavier, Leydervan de Souza.
(Coorient.) IV. Título.

CDD 621

RESUMO

Este projeto foi desenvolvido inicialmente na disciplina de Desenho de Máquinas, ministrada pelos professores Leydervan Xavier e Ricardo Aguiar, do CEFET/RJ, unidade Maracanã, e aprimorado para atender ao Projeto Final do curso. Por muitas vezes o Rio de Janeiro sofre com algumas tempestades intensas que provocam ventos muito fortes e alagamentos por toda a cidade. Para empresas que fazem o estacionamento de embarcações, isso pode ser um grande perigo para seus orçamentos, devido ao tombamento de alguns barcos que estão sendo estacionados em carretas dentro do late Clube do Rio de Janeiro. Neste trabalho foi desenvolvida e projetada uma carreta que pudesse ser operada no late Clube do Rio de Janeiro em condições meteorológicas adversas transportando uma embarcação de 1.305kg, considerando o barco e o motor. O projeto inclui a análise das forças exercidas sobre o barco e posteriormente sobre a carreta e o dimensionamento das estruturas e elementos de fixação compatíveis com os esforços causados pelo peso próprio da embarcação e pela carga de vento. A solução desenvolvida é combinação de modificações na estrutura das carretas existentes e a implementação de dispositivos auxiliares de fixação da carreta ao solo para aumentar seu equilíbrio nas condições de iminência de tombamento.

Palavras-chave: Embarcações, ventos fortes, carretas e tombamento.

ABSTRACT

This project was initially developed in the Machine Design discipline, taught by professors Leydervan Xavier and Ricardo Aguiar, from CEFET/RJ, Maracanã unit, and developed to attend to the Final Project of the course. For many times Rio de Janeiro often suffers from some intense storms that cause very strong winds and flooding throughout the city. For companies that do boat parking, this can be a big danger to their budgets, due to tipping of some boats that are being parked in trailers inside the late Club in Rio de Janeiro overturn. Thus, it was projected a trailer that could be operated at the late Club in Rio de Janeiro in adverses meteorological conditions transporting a vessel of 1305 kg. The work includes an exhaustive analysis of the forces exerted on the boat and later on the trailer and the design of the structures and fastening elements compatible with the efforts caused by the own weight and by the wind load. The solution was the combination of modifications to the structure of the existing trailers and the development of auxiliary devices for fixing the trailer to the ground to increase its balance in the imminent conditions of tipping over.

Keywords: Vessels, strong winds, trailers and tipping.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Acidente de tombamento de embarcações devido ao vento.....	10
Figura 2. Acidente de tombamento de embarcações devido ao vento.....	10
Figura 3 - Foto superior late Clube Rio de Janeiro.....	11
Figura 4 - Proximidade do Clube à Baía de Guanabara.....	11
Figura 5 - Carreta de madeira	13
Figura 6 - Carreta sem rodas.....	13
Figura 7 - Modelo de carreta para barco	13
Figura 8. Lancha Focker230.....	14
Figura 9. Esquematização da carreta.....	15
Figura 10. Forças atuantes na carreta.....	17
Figura 11. Vigas com angulação	19
Figura 12. Motor de Popa Yamaha 250HP F250LETX 4 Tempos	19
Figura 13. Balanceamento da viga inclinada.....	20
Figura 14. Vigas de coluna	21
Figura 15 - NBR 8400.....	22
Figura 16. Sistema barra-viga-chapa	23
Figura 17. Dimensionamento da viga de suporte	24
Figura 18. Esforço cortante da viga de suporte.....	24
Figura 19. Momento fletor da viga de suporte	25
Figura 20 - Catálogo CISER.....	29
Figura 21 - Catálogo de porcas CISER	30
Figura 21. Olhal de içamento.....	33
Figura 22. Dimensionamento olhal de içamento	33
Figura 23 - Tabela de soldas para olhal de içamento (instrução retirada do catálogo da empresa RUD)	34

Figura 24. Semi eixo da suspensão (imagem do site da ALKO).....	34
Figura 25. Desenho do semieixo da suspensão (Catálogo da ALKO)	35
Figura 26. Semi eixo posicionado no chassi	36
Figura 27. Cinta catraca para amarração de cargas de 3T com catraca e ganchos – MG Cinto – MULT5303	37
Figura 28. Descrição da cinta catraca para amarração.....	38
Figura 29. Demonstração da amarração da cinta no chassi	38
Figura 30 - Curvas de espectros de potência do vento	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características Lancha Focker 230 fornecidas no catálogo do fabricante	14
Tabela 2 - Fatores de segurança do Manual de Engenharia Civil (Rankine, 1861).....	25
Tabela 3 - Catálogo Vallourec - perfil de seção tubular quadrada	26
Tabela 5 - Pesos dos componentes da carreta	32
Tabela 6 - Características do semieixo da suspensão	35
Tabela 7 - Características pneu Michelin aro15	36
Tabela 8 - NBR 8800 para tamanho mínimo da perna de solda de filete.....	36
Tabela 9 - Parâmetros para Modelagem da Carga do Vento.....	43

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3. METODOLOGIA	14
4. SOLUÇÃO.....	16
4.1 Diagrama de corpo livre	16
4.2 Força do vento	17
4.3 Chassi.....	18
4.3.1 Vigas com ângulo de 19°	19
4.3.2 Vigas verticais de suporte das vigas de 19°	21
4.3.3 Viga de suporte da barra roscada.....	23
4.3.4 Barra roscada	27
4.3.5 Prevenção a oxidação.....	31
4.3.6 Somatório das cargas	32
4.3.7 Ponto de içamento	32
4.4 Suspensão	34
4.5 Solda.....	36
4.6 Cinta	37
5. SIMULAÇÕES NO MATLAB.....	39
5.1 Determinação das forças estáticas devido ao vento	39
5.2 Modelagem não determinística das cargas de vento	41
5.3 Resultados da aplicação da equação (14) correspondente a velocidade do vento	43
5.4 Verificação do equilíbrio do Conjunto submetido às Forças do vento	46
6. CONCLUSÃO	47
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
8. APÊNDICE.....	53
A1. Desenhos	53

Página 1: Chassi para translado de embarcação	53
Página 2: Desenho de conjunto	53
Página 3: Lista de materiais	53
Página 4: Vistas do chassi	53
Página 5: Perfis de aço.....	53
Página 6: Perfis de aço (2).....	53
Página 7: Pé suporte ajustável.....	53
A2. Informações sobre o vento INMET.....	53
Planilha 1: Dados 2017 - Jacarepaguá	53
Planilha 2: Dados 2018 - Jacarepaguá	53
Planilha 3: Dados 2019 – Forte de Copacabana	53
Planilha 4: Dados 2020 – Forte de Copacabana	53
Planilha 5: Dados 2021 – Forte de Copacabana	53

1. INTRODUÇÃO

Como parte do programa do Departamento de Engenharia Mecânica do CEFET-RJ, a disciplina de Projeto Final tem por objetivo de promover o aprendizado dos alunos por meio da solução de problemas reais de Engenharia, integrando os diversos conteúdos das disciplinas cursadas pelo aluno. Dessa maneira, todos alunos de engenharia mecânica, são, em alguma medida, desafiados a resolver, com engenharia, problemas reais.

O obstáculo que desafiou esse projeto é a movimentação e o encalhe de embarcações no late Clube do Rio de Janeiro. Lá, por diversas vezes atuam ventos fortes, principalmente por sua localização estratégica na baía de Guanabara. Quando há esses ventos, é comum acontecer o tombamento de embarcações que se localizam no patamar do clube, ou seja, aquelas que não estão protegidas dos ventos dentro dos hangares, como pode ser observado na Figura 1 e Figura 2. As Figuras 3 e 4 permitem compreender o ambiente em que a carreta é utilizada. Devido a isso, os integrantes do grupo foram desafiados a projetar uma carreta que permita evitar as consequências de perdas financeiras e de tempo, decorrentes de tombamentos, além de oferecer maior estabilidade e mais facilidade de locomoção do veículo.

Pensando nessa área de grande importância para a engenharia, as máquinas de transporte em geral tornam-se essenciais para prover a locomoção de pessoas e cargas para os mais diferentes lugares. A movimentação de cargas é um problema clássico de Engenharia Mecânica por costumar exigir a utilização de motores e um estudo estrutural mais apurado com o intuito de minimizar gastos e viabilizar a movimentação de objetos sem que se exija fisicamente do ser humano além das normas ergonômicas.

Nesse sentido, cabe pontuar, inicialmente, os fatores limitantes do projeto de uma carreta adequada ao problema. É fundamental conhecer o que se quer movimentar, o ambiente em que essa carga deve ser manipulada e onde essa carga será pousada.

Dessa forma, inicialmente foi feita uma Revisão Bibliográfica que pudesse demonstrar projetos já existentes e disponíveis no mercado, indicando suas fragilidades e problemas. Na descrição da Metodologia, é possível verificar os

detalhes iniciais do projeto e as referências propostas para que a carreta pudesse ser desenvolvida para um determinado modelo de lancha. No capítulo da Solução, são propostas pesquisas e análises estruturais e de normas que pudessem tornar o projeto viável para todos os problemas e críticas que foram citadas inicialmente. Posteriormente foram demonstradas todas as simulações numéricas feitas pelo Matlab que pudessem acrescentar ainda mais os cálculos do projeto.



Figura 1. Acidente de tombamento de embarcações devido ao vento

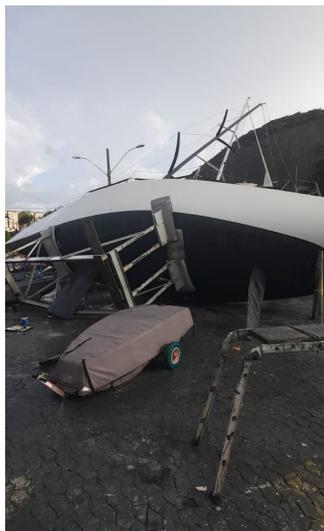


Figura 2. Acidente de tombamento de embarcações devido ao vento



Figura 3 - Foto superior late Clube Rio de Janeiro



Figura 4 - Proximidade do Clube à Baía de Guanabara

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As carretas que são utilizadas atualmente, não são capazes de sustentar os barcos em condições adversas de ventos fortes. A repetição destes fatos foi observada pessoalmente pela integrante deste grupo Marcella Arruda, que trabalhou por alguns anos no Marina late Clube localizado na cidade do Rio de Janeiro, e despertou o interesse do grupo em buscar soluções no mercado de serviços e produtos navais.

Procurando por referências no mercado naval, em bibliografias e na internet, observou-se que não é comum a venda de carretas para lanchas como um produto padronizado para o consumidor. Nota-se que carretas de suporte de lanchas e veleiros são em sua maioria feitos sob medida para embarcações específicas, e por isso é um produto difícil de se encontrar, não havendo desenhos de referência e projetos prontos disponíveis. Dessa forma, optou-se por uma pesquisa com especialistas da área.

As principais carretas para lanchas são fabricadas de madeira, pois é difícil encontrar fabricantes que pensam nos fatores ambientais em que os barcos são colocados à prova quando estão armazenados em ambientes abertos. O primeiro e principal ponto observado nesse projeto foi a construção de uma carreta que pudesse suportar as forças do vento mesmo em tempestades muito fortes. O segundo ponto foi o fato de as carretas serem fabricadas em sua maioria de madeira, e dependendo da madeira e do tratamento por ela recebido, pode por estar exposta ao tempo apresentar uma rápida degradação por conta da maresia. Por isso, optou-se por construir uma carreta com materiais mais resistentes a esforços mecânicos.

As figuras 5, 6 e 7 indicam algumas carretas já existentes, mas que não possuem segurança garantida para os barcos em que suportam. Como pode ser observado, o formato, material e seus recursos não são suficientes para resistir a tempestades mais fortes e muitas vezes até mesmo ao transporte das carretas pelos estabelecimentos em que são armazenados. A grande maioria dos projetos são feitos em materiais mais básicos, leves e baratos como madeira e alumínio, e não possuem braços laterais para evitar o tombamento e suportar os ventos de tempestades.



Figura 5 - Carreta de madeira



Figura 6 - Carreta sem rodas



Figura 7 - Modelo de carreta para barco

3. METODOLOGIA

Decidiu-se adotar a categoria de lancha Focker 230, exemplificado na Figura 8 e com especificações na Tabela 1, como referência para o projeto da carreta. Essa carreta deve suportar a força de arraste dos fortes ventos da região sem que capote ou gire evitando futuros desastres ou acidentes no late Clube do Rio de Janeiro. A solução proposta está apresentada na Figura 9.



Figura 8. Lancha Focker230

Tabela 1 - Características Lancha Focker 230 fornecidas no catálogo do fabricante

Componente	Valor
Comprimento total standard	6,77 m
Comprimento com opcionais	6,92 m
Altura da lancha	3,05 m
Boca	2,45 m
Calado mínimo	0,36 m
Calado máximo	0,54 m
Ângulo V do casco	19°
Massa do barco sem motor	1027 kg
Tanque de combustível em alumínio	140 L
Tanque de água doce	55 L
Material do casco	Fibra de Vidro

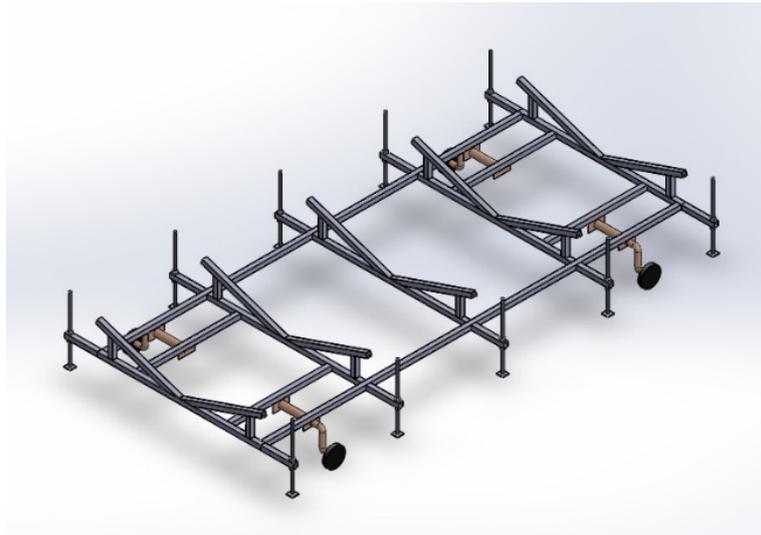


Figura 9. Esquematização da carreta

Pode-se observar a existência de vigas e elementos de apoio para o casco da lancha e, adicionalmente, elementos estruturais que permitem apoiar a carreta no solo, além das rodas usadas para movimentação.

Foram utilizados os softwares Vigas online para o cálculo do carregamento das vigas e os critérios de falha relativos ao uso de material dúctil em regime elástico linear, de acordo com os conceitos de Resistência de Materiais.

A utilização de tais softwares teve como finalidade aprimorar ainda mais os cálculos analíticos feitos nesse projeto usando como base normas como a ABNT 8400 e livros, permitindo além de uma maior agilidade, uma revisão dos conceitos analíticos empregados, sem a utilização de elementos finitos.

Quanto à modelagem de todo dispositivo assim como o desenho individualizado das peças e do conjunto do veículo foi utilizado o software SolidWorks 2017.

4. SOLUÇÃO

Para que fosse possível o projeto de uma carreta que pudesse suportar o carregamento produzido pelo peso do barco e pela força do vento, foram consideradas normas e tratativas que pudessem fornecer informações sobre estes carregamentos para que possa ser realizado o dimensionamento da estrutura da carreta. Foram utilizando também fontes para que se pudesse calcular corretamente a força do vento e o seu comportamento sobre o conjunto.

Como não são encontrados modelos prontos de carretas no mercado, e como não é comum encontrar fabricantes que projetem esse tipo de produto pensando em temporais, tornou-se necessário desenvolver uma metodologia de dimensionamento, mas que vista dos prejuízos apresentados, deve ser vista como de extrema importância.

4.1 Diagrama de corpo livre

Com intuito de direcionar os cálculos, foi feito um diagrama de corpo livre da carreta (Figura 10). Esse diagrama auxiliará o desenvolvimento do raciocínio, calculando primeiramente as forças atuantes nas vigas inclinadas, após encontrar suas reações será feito o cálculo dos esforços na coluna que a sustenta. Com esses resultados, calcular os esforços nas vigas de sustentação da barra roscada, e por fim, demonstrar que as barras roscadas sustentariam o tombamento do conjunto.

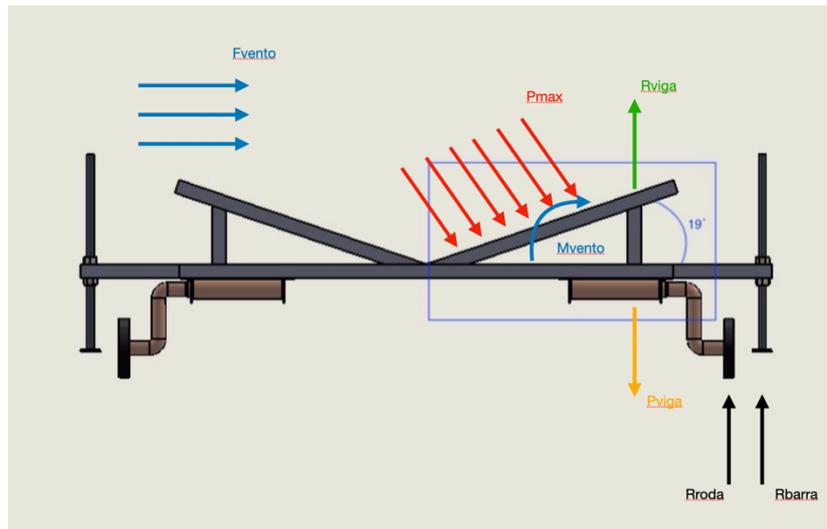


Figura 10. Forças atuantes na carreta

4.2 Força do vento

A estrutura da carreta foi projetada e dimensionada para que fosse capaz de suportar o peso da lancha e os esforços sofridos pela força do vento.

Para o cálculo da força exercida pelo vento, foi utilizada a equação 1 que é a fórmula indicada pela norma NBR 6123:

$$F_{vento} = A \cdot P \cdot C_d \quad (1)$$

Em que:

A : Área da superfície de atuação da força do vento

P : Pressão do vento

C_d : Coeficiente de arrasto

Para o cálculo a pressão do vento, de acordo com a mesma norma, foi utilizada a equação 2:

$$P = 0,613 \cdot V^2 \quad (2)$$

Para fazer a análise de qual rajada de vento utilizar, a princípio foi pesquisada a definição de ventania, que na escala Beaufort é apresentada como no máximo 20,7 m/s. Porém após uma análise mais específica dos últimos 5

anos na localidade do problema em questão, identificou-se dados que comprovam uma realidade diferente.

Na documentação fornecida pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), que consta no apêndice 2, indica que de 2019 a 2021 a maior rajada de vento foi de 30 m/s. Vale ressaltar que no site do Instituto, de 2019 a 2021 encontram-se informações do forte de Copacabana, que tem sua localização bem próxima do late Clube do Rio de Janeiro, local definido para a análise do projeto. Em 2018 e 2017, somente é fornecido dados de Jacarepaguá, com condições muito distintas das buscadas.

Dessa maneira, após a definição de rajada máxima como 30 m/s, acrescentou-se 20% de margem para garantia de eficácia, utilizando então um vento de 36 m/s para os cálculos.

A margem de 20% foi retirada da norma NBR8681, ações e segurança nas estruturas, com variáveis especiais de ação do vento.

No capítulo 5 será analisado, utilizando a ferramenta Matlab a força máxima do vento nessas condições.

4.3 Chassi

Após a análise da força exercida pelo vento, dá-se início ao dimensionamento das vigas do chassi que suportarão o barco. Para a sua construção, foi desenvolvida a estrutura demonstrada na Figura 9.

A sua construção será feita por vigas de aço com perfil quadrado, como as que são fornecidas pela empresa Vallourec. A escolha do aço para a confecção das vigas foi o Aço ASTM A500 Grau D que possui resistência ao escoamento de 250 MPa e resistência à ruptura à tração de 400 MPa. Este material destina-se à aplicação em estruturas soldadas, parafusadas, rebitadas, construção de pontes, edifícios e fins estruturais em geral.

Para o dimensionamento das vigas foi utilizado o site VIGA ONLINE como ferramenta de auxílio em cálculos de esforços.

Adotou-se a seção reta da viga com maior solicitação como padrão para todas as demais visando simplificar o processo de fabricação, por não

comprometer a segurança e por se considerar aceitável o peso total decorrente desta escolha, ao invés de usar vigas mais leves nas demais seções da carreta.

4.3.1 Vigas com ângulo de 19°

Essas vigas serão posicionadas no chassi para serem o apoio direto da lancha. De acordo com as especificações do fabricante, a lancha possui uma angulação em sua base de 19°, portanto essa será a angulação das vigas de suporte, conforme demonstrado na Figura 11.

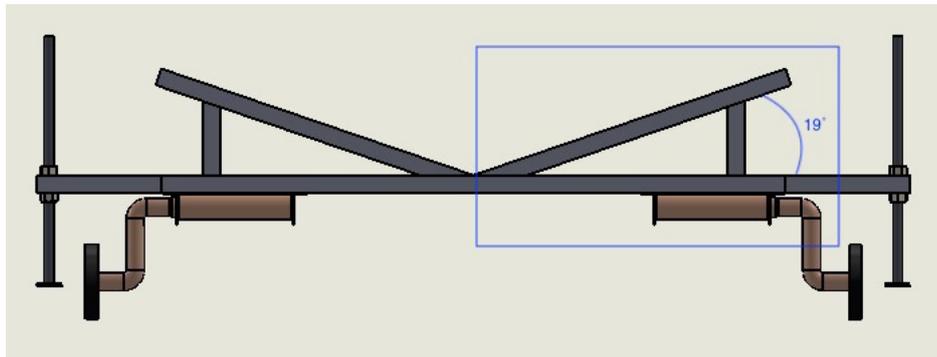


Figura 11. Vigas com angulação

A viga de suporte terá comprimento total de 1,32 m e o carregamento total suportado por essas vigas é a massa do barco especificada pelo fabricante, mais a massa do motor que será utilizado, que de acordo com a empresa, o motor recomendado é o Motor de Popa Yamaha 250HP F250LETX 4 Tempos (Figura 12).



Figura 12. Motor de Popa Yamaha 250HP F250LETX 4 Tempos

Portanto:

Massa do barco = 1027 kg;

Massa do motor = 278 kg;

Massa total = 1305 kg;

Peso total do barco = $1305 \times 9,81 = 12.802,1 \text{ N}$

O peso do barco foi considerado como uma carga distribuída ao longo da viga inclinada. Somado a ele utilizou-se a força máxima encontrada pelos cálculos no matlab demonstrados no capítulo 5, de 42.899,3 N. Força essa que ao ser transferida estaticamente para a viga analisada através da equação 3 e encontrando o balanceamento demonstrado na figura 13, encontra-se uma reação da coluna que apoia essa viga inclinada de 40.292,29 N.

$$M = F \cdot d \cdot \text{sen } 19^\circ \quad (13)$$

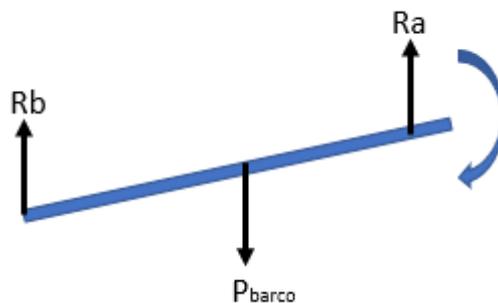


Figura 13. Balanceamento da viga inclinada

Como serão utilizadas 5 vigas para a distribuição dessa carga total na iminência do tombamento, divide-se essa carga pelo número de vigas. Assim, o esforço total suportado por cada viga é de 8.058,45 N. Foi demonstrado na Figura 10 que essa viga terá um apoio de uma outra viga vertical que irá aliviar o esforço sofrido pela viga superior.

4.3.2 Vigas verticais de suporte das vigas de 19°

As vigas verticais de apoio serão um reforço para as vigas superiores que suportarão diretamente toda a carga do barco e o seu motor. Para o seu dimensionamento, foi necessário calcular a carga máxima suportada pela viga para que ela não sofra flambagem.

Para seu comprimento total, utilizamos 0,30 m. Assim, por meio da tangente do ângulo de 19°, foi encontrado que essa viga vertical estará a uma distância de 0,87 m do centro do chassi, tendo assim o comprimento de 0,92 m.

As vigas da coluna, de 0,30 m de comprimento (Figura 14) que por estar submetida a uma força normal de 8.058,45 N terá a necessidade de ser analisada sua capacidade de não sofrer flambagem. Para a análise por flambagem será adotado um modelo de coluna biengastada, conforme se pode observar na Figura 15 (NBR 8400 sobre os cálculos de equipamento para levantamento e movimentação de cargas).



Figura 14. Vigas de coluna

Tipo de fixação (a forma flambada é mostrada pela linha tracejada)						
Valor teórico de K	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Valor de projeto de K	0,65	0,80	1,2	1,0	2,1	2,0
Representação esquemática das condições de extremidade		Sem rotação e sem translação				
		Com rotação e sem translação				
		Sem rotação e com translação				
		Com rotação e com translação				

Figura 15 - NBR 8400

Devido a isso, segundo a mesma a força crítica de flambagem, considerando o momento de inércia da viga, o comprimento de flambagem e o módulo de elasticidade de 200 GPa para a viga, conforme a Equação 5:

$$F_{CR} = \frac{\pi^2 * E * I}{K * L^2} \quad (5)$$

E (módulo de elasticidade) = 200 GPa

I (momento de inércia) = $5060 \cdot 10^{-9} m^4$

L (comprimento da viga) = 0,3 m

K = 0,5

Utilizando como referência a viga de 110 mm X 110 mm e de espessura de 8,0 m foi calculado o valor de $F_{cr} = 221.731,45$ N. Portanto, a viga não sofrerá flambagem pois o esforço compressivo será menor que o esforço máximo suportado pela viga.

4.3.3 Viga de suporte da barra roscada

Como abordado anteriormente, foi acionado um reforço do chassi, de forma a evitar a rotação proporcionada pela força do vento, foi empregado uma viga horizontal que ficará para fora da estrutura do chassi. Essa viga terá dois furos em sua estrutura para que seja possível colocar uma barra roscada com comprimento de 1,0 m junto com duas porcas (uma na face superior da viga e outra na face inferior), e nessa barra roscada estará soldada uma chapa quadrada com espessura 10 mm e dimensões de 100 mm X 100 mm, como pode ser observado na Figura 16. Os dimensionamentos da barra roscada, porcas e chapa serão abordados na secção 4.3.4

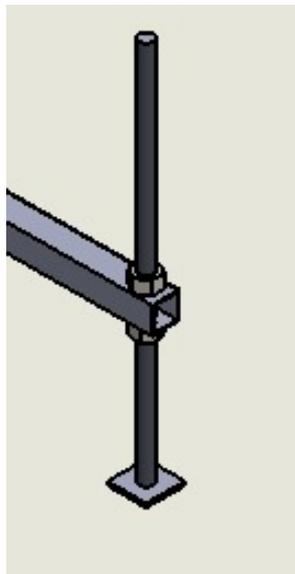


Figura 16. Sistema barra-viga-chapa

A viga de suporte terá comprimento total de 0,5 m e o furo estará a uma distância de 0,05 m de seu centro até a borda da viga. Para analisarmos o peso total suportado por essa viga, foi considerado como se o barco estivesse na iminência de tombar quando estivesse sofrendo a força do vento. Considerou-se para essa viga a reação encontrada na coluna de apoio a viga inclinada. Adota-se então um total de 8.058,45 N sobre cada uma dessas vigas. O modelo adotado pode ser observado na Figura 17.



Figura 17. Dimensionamento da viga de suporte

Assim, alcança-se os diagramas de esforço cortante (Figura 18) e de momento fletor (Figura 19), e dessa maneira, encontrar as reações.

$$R1 = 8.058,45 \text{ N}$$

$$M2 = 3.626,30 \text{ Nm (reação do momento no ponto 0 m).}$$



Figura 18. Esforço cortante da viga de suporte

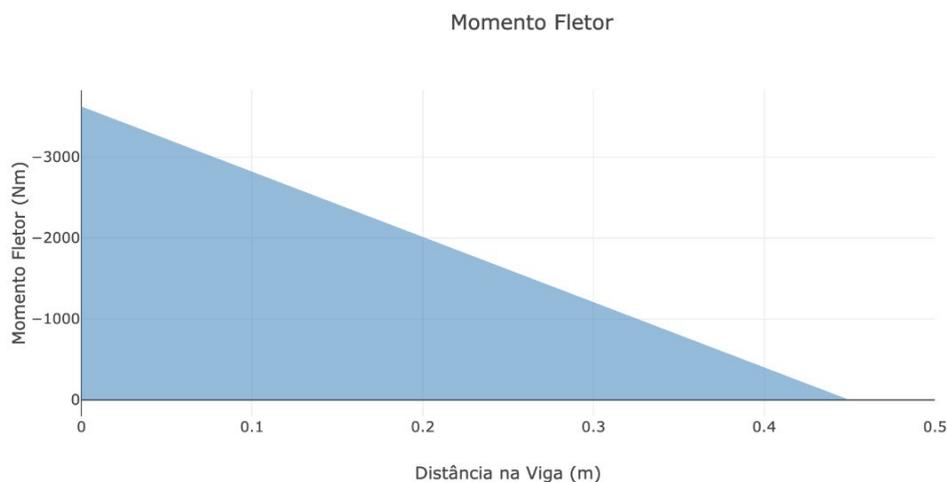


Figura 19. Momento fletor da viga de suporte

$$M(x) = 8058,45x - 3626,3 \text{ Nm}$$

Por meio da função do momento fletor, conclui-se que o ponto onde o momento é máximo, está localizado em 0 m (no início da viga), cujo momento é de $M_{\text{máx}} = 3.626,30 \text{ N.m}$.

Neste estudo foi levado em consideração um coeficiente de segurança de 6, por serem cargas impostas subitamente segundo a Tabela 2:

Tabela 2 - Fatores de segurança do Manual de Engenharia Civil (Rankine, 1861)

Condição do material	Cargas impostas lentamente	Cargas impostas subitamente
Materiais perfeitos e manufaturados	2	4
Materiais comuns bom e manufaturados:		
Metal (ferro)	3	6
Madeira	4 a 5	8 a 10
Alvenaria	4	8

Para se calcular o Módulo de Resistência Elástico para o dimensionamento das vigas, utilizou-se as equações 3 e 4 fornecidas no livro HIBBELER, R. C. Resistência dos materiais:

$$W_x = \frac{M_{máx}}{\sigma_{med}} \quad (3)$$

$$\sigma_{med} = \frac{\sigma_e}{k} \quad (4)$$

$$\sigma_{med} = 250/6$$

$$\sigma_{med} = 41,6 \text{ MPa}$$

$$W_x = 3626,30 / 41,6$$

$$W_x = 87,17 \text{ cm}^3$$

Foi escolhido o perfil de seção tubular quadrada para a confecção das vigas, visto uma maior facilidade de soldagem

Utilizando o catálogo da Vallourec (Tabela 3) para a escolha da viga, foi demonstrado nos cálculos anteriores feitos pelas equações 3 e 4 que para o Módulo de resistência Elástico calculado ($W_x = 77,13$), será necessário um perfil com dimensão externa de 110 mm X 110 mm e espessura da parede de 8,0 mm.

Tabela 3 - Catálogo Vallourec - perfil de seção tubular quadrada

Dimensões Externas	Espessura de parede	Massa por Unidade de Comp.	Módulo de Resistência Elástico
b x b (mm)	t (mm)	M (kg/m)	$W_x = W_y$ (cm³)
110 x 110	8,0	24,6	91,9

4.3.4 Barra roscada

A barra roscada foi incluída nesse projeto pois o objetivo dela é de possuir altura regulada, pois ao movimentar a carreta, o suporte não pode estar apoiado no chão, pois isso impediria a carreta de se movimentar, e quando ela estiver estacionada, a barra roscada precisa estar posicionada em uma altura que seja suficiente para apoiar a carreta no chão, portanto utilizaremos o comprimento total dela de 1,0 m. O objetivo de fazê-la ajustável também se dá para diferentes superfícies em que a carreta estará estacionada, portanto, ela pode estar posicionada também quando estiver em uma superfície irregular.

Para seu dimensionamento, foi necessário analisar tanto o aspecto de sua rosca quanto da flambagem na qual ela estará sujeita. Como fabricante dos parafusos, foi escolhido a empresa Ciser para a utilização dos catálogos. A barra escolhida foi a M36 de Inox 304, que apresenta uma tensão de escoamento de 234 MPa e possuem grande resistência à tração, corrosão e oxidação, e por se tratar de uma carreta que ficará exposta a água salgada optamos por modificar o material, pelo aço inox, que possui um melhor desempenho no quesito oxidação.

A força exercida em cada parafuso é a força total dividido por 5, como será demonstrado no capítulo 5, no esforço máximo e na maior altura, o ponto crítico do evento em questão, temos uma carga máxima de 42.899,3 N, esta deve ser deslocada para a altura da barra roscada com o intuito de fazer uma análise estática do equilíbrio e da utilização das barras roscadas, encontrando o valor final de 128.697,9 N. Este deve ser dividido por 5, pois é o número de barras que estarão no chassi que sofrerão os esforços em caso de haver a eminência de tombamento.

Dessa forma, cada barra deve resistir a uma carga de 25.739,58 N, primeiramente será calculado o diâmetro mínimo para que a barra não sofra flambagem através da equação 6:

$$F_{CR} = \frac{\pi^2 * E * I}{K * L^2} \quad (6)$$

E (módulo de elasticidade) = 193 GPa

$$I \text{ (momento de inércia)} = \frac{1}{4} \pi r^4$$

$$L \text{ (comprimento da viga)} = 1 \text{ m}$$

$$K = 2$$

$$25.739,58 = \frac{\pi^2 * 193.10^9 * I}{2 * 1^2}$$

$$I = 27,05 * 10^{-9}$$

$$\frac{\pi \cdot r^4}{4} = 27,05 \cdot 10^{-9}$$

$$r^4 = 34,5 \cdot 10^{-9}$$

$$r = 0,01282 \text{ m}$$

$$r = 12,82 \text{ mm}$$

$$d = 25,64 \text{ mm}$$

Através desses cálculos, encontra-se um diâmetro mínimo de 25,64 mm necessário para a barra não flambar, deve-se adicionar uma margem de 20% do considerável de acordo com a norma ABNT NBR 8681. Consultando o catálogo da Ciser (Figura 20), para estar de acordo com os diâmetros fornecidos pela empresa e de acordo com as normas DIN 961 e ISO 965 que são fabricadas por esse fornecedor, opta-se por utilizar 36 mm de diâmetro da barra roscada.

Inox 304 - Barra roscada em metro

Acero inoxidable 304 (A2) - Varilla roscada en metro

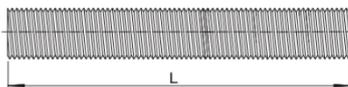
304 (A2) stainless steel - Threaded rod in meter

**BA RO INOX 304**

Rosca DIN 13 (ISO 965) - 6g
 Material: Aço inox AISI 304
 Observação: Austenítico, não magnético e não temperável

Rosca DIN 13 (ISO 965) - 6g
 Material: Acero inoxidable AISI 304
 Observación: Austenítico, no magnético y no endurecer

Thread DIN 13 (ISO 965) - 6g
 Material: Stainless steel AISI 304
 Observation: Austenitic, non-magnetic and cannot be hardened



Linha / Línea / Line

MA: 236 - 1 m**MA: 295 - 3 m**

Dimensões / Dimensiones / Dimensions						
Dimensão nominal Dimensión nominal Nominal size	Paso / Paso / Pitch	kg/m	Referência / Referencia / Reference			
			L Comprimento / Longitud / Length			
			1 m		3 m	
3	0,5	0,05	101	00	30	
4	0,7	0,08	151	00	30	
5	0,8	0,12	201	00	1	
6	1	0,17	251	00	1	251 00 20
8	1,25	0,31	351	00	1	351 00 20
10	1,5	0,49	401	00	1	401 00 10
12	1,75	0,71	451	00	1	451 00 10
14	2	0,97	501	00	1	
16	2	1,3	551	00	1	551 00 5
18	2,5	1,61	601	00	5	
20	2,5	2,05	651	00	1	651 00 5
22	2,5	2,05	701	00	5	
24	3	2,94	751	00	1	751 00 5
27	3	3,88	801	00	2	
30	3,5	4,74	851	00	2	
33	3,5	5,84	901	00	2	
36	4	6,91	951	00	2	

Figura 20 - Catálogo CISER

Usa-se então o raio de 0,018 metros para calcular a tensão na barra, através da equação 7, esta deve ser menor que a tensão de escoamento de 234 MPa

$$\sigma_{adm} = \frac{F}{A} \quad (7)$$

Onde:

F = 26.748,9 N (Força sobre cada barra)

A = Área = $\pi r^2 = 0,0010174$

$$\sigma_{adm} = \frac{26748,9}{0,0010174}$$

$$\sigma_{adm} = 26,29 \text{ MPa}$$

Para uma maior segurança utilizaremos duas porcas para fixar a barra na viga. As porcas necessárias estão demonstradas na Figura 21 que é fornecida pela mesma fabricante, em que:

Diâmetro de rosca = 36 mm

Passo = 4 mm

Inox 304 - Porca sextavada
Acero inoxidable 304 (A2) - Tuerca hexagonal
 304 (A2) stainless steel - Hex nut

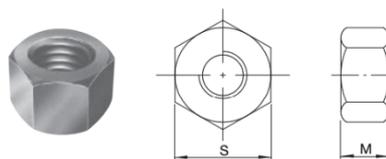


PO SX INOX 304

Dimensões: DIN 934
 Rosca: DIN 13 (ISO 965) - 6H
 Material: Aço inox AISI 304
 Observação: Austenítico, não magnético e não temperável

Dimensiones: DIN 934
 Rosca: DIN 13 (ISO 965) - 6H
 Material: Acero inoxidable AISI 304
 Observación: Austenítico, no magnético y no endurecer

Dimensions: DIN 934
 Thread: DIN 13 (ISO 965) - 6H
 Material: Stainless steel AISI 304
 Observation: Austenitic, non-magnetic and cannot be hardened



Linha / Línea / Line
MA: 615

Dimensões / Dimensiones / Dimensions				
Dimensão nominal Dimensión nominal Nominal size	Passo / Paso / Pitch	S	M	Referência Referencia Reference
		Chave / Entre caras / Across flat	Altura mínima / Minimum height	
1,6	0,35	3,2	1,05	985 00 1
2	0,4	4	1,35	001 00 1
2,5	0,45	5	1,75	052 00 0,2
3	0,5	5,5	2,15	103 00 1
4	0,7	7	2,9	155 00 1
5	0,8	8	3,7	206 00 1
6	1	10	4,7	257 00 1
8	1,25	13	6,14	359 00 1
10	1,5	17	7,64	411 00 1
12	1,75	19	9,64	463 00 0,5
14	2	22	10,3	515 00 0,5
16	2	24	12,3	566 00 0,5
18	2,5	27	14,3	617 00 0,2
20	2,5	30	14,9	668 00 0,2
22	2,5	32	16,9	719 00 0,2
24	3	36	17,7	770 00 0,2
27	3	41	20,7	823 00 0,2
30	3,5	46	22,7	874 00 0,2
33	3,5	50	24,7	925 00 0,2
36	4	55	27,4	976 00 0,1

Figura 21 - Catálogo de porcas CISER

4.3.5 Prevenção a oxidação

Em relação a oxidação do material, toda embarcação, ao sair do mar e ser içada por um equipamento denominado Travel Lift ou por um guindaste, passa por um tratamento de água doce para evitar a degradação pelo sal. Assim, as áreas de maior contato com a lancha não são contaminadas, diferente das barras roscadas que estão no solo diretamente, ficando mais expostas a água salgada do ambiente de marina.

Porém, mesmo com esta prevenção, por estar perto do mar, toda estrutura fica exposta a oxidação por existir uma névoa salina que agride as peças metálicas. Sendo assim, o chassi será coberto com uma pintura industrial, que é uma das técnicas anticorrosivas mais utilizadas no mercado, principalmente quando falamos na proteção do aço. Além disso, a maioria dos revestimentos feitos por pintura industrial são compostos por um esquema que envolve três camadas de tintas: tinta de fundo, tinta intermediária e tinta de acabamento, garantindo assim uma proteção reforçada ao material

Para fins de proteção anticorrosiva de estruturas metálicas ou de equipamentos, um esquema de pintura é composto, na maioria dos casos, por três tipos de tinta: Tinta de fundo ou primária (“primer”), responsáveis pela aderência dos esquemas de pintura, tinta intermediária, com o objetivo de melhorar as características de proteção por barreira dele, e tinta de acabamento, que têm a função de conferir a resistência química ao revestimento. É importante ressaltar que nem sempre é necessária a presença da tinta intermediária. Em alguns casos, dependendo de especificação do esquema de pintura, ela pode ser substituída por uma demão adicional de tinta de fundo ou da tinta de acabamento. No caso deste estudo, não será utilizado tinta intermediária, e sim será aplicado o primer duas vezes.

A tinta utilizada será da marca Sherwin-Williams, Primer Epóxi 3:1 Branco 9506 por ser uma tinta já reconhecida pelo mercado como uma boa referência para os objetivos desejados.

4.3.6 Somatório das cargas

A tabela 5 apresenta a massa de cada componente da carreta, somando a massa de todas as peças da carreta, o barco e o motor, chega-se a uma massa total de 1.393Kg.

Tabela 4 - Pesos dos componentes da carreta

Componente	Quantidade	Comprimento	Dimensão	Espessura	Massa/comp	Massa (kg)
Viga maior	2	6,36	0,11	0,008	22,3	283,66
Vigas grandes meio	3	2,28	0,11	0,008	22,3	152,53
Vigas grandes ponta	3	2,5	0,11	0,008	22,3	167,25
Vigas braço	10	0,5	0,11	0,008	22,3	111,50
Vigas 19g	10	1,32	0,11	0,008	22,3	294,36
Vigas verticais	10	0,3	0,11	0,008	22,3	66,90
Vigas suspensão	4	1,5075	0,11	0,008	22,3	134,47
Barras roscadas	10	1	0,0119		0,08	0,80
Suspensão	4				37	148,00
Pneus	4				8,456	33,82

4.3.7 Ponto de içamento

Com o intuito de rebocar a carreta, ou seja, quando se desejar locomover a carreta de um lugar a outro, há um olhal na frente da carreta que é soldado a ela. Este olhal permite que a carreta seja transportada por um trator ou acoplada a um carro. O olhal escolhido é da marca RUD (grupo alemão que apresenta soluções em correntes e componentes) e ele permite transportar cargas de até 3 toneladas. O olhal especificado é mostrado na Figura 21, e suas características e dimensões são mostrados na Figura 22.



Figura 22. Olhal de içamento

VRBS FIX // Olhal Soldável		Dimensões (mm)							Peso (kg) aprox.
Descrição	Carga de trab. (t)	T	A	B	C	D	E	F	
VRBS FIX 4t	4	74	60	14	39	48	132	69	0,94
VRBS FIX 6,7t	6,7	97	88	20	50	60	167	91	2,2
VRBS FIX 10t	10	108	100	22	60	65	191	100	3,7
VRBS FIX 16t	16	140	130	30	72	90	267	134	8,2
VRBS FIX 31,5t	31,5	202	160	42	99	130	366	195	18,36
VRBS 50t	50	330	246	70	148	230	596	335	64,86
VRBS 100t	100	390	320	97	195	250	763	392	148,2

Figura 23. Dimensionamento olhal de içamento

A Figura 23 apresenta as instruções para a soldagem dos olhais na estrutura da carreta.

INSTRUÇÕES PARA SOLDAGEM DOS OLHAIS

1. A solda deve ser executada por soldador qualificado.
2. O local onde o olhal será soldado deve resistir à carga aplicada.
3. Iniciar a solda pela parte central da base forjada.
4. A alça dos olhais não podem receber solda, pois são temperadas e revenidas.
5. O processo de solda não deve ser interrompido por um tempo que possibilite a redução da temperatura do bloco de solda.
6. Veja a especificação de solda de cada modelo na pág. 18.
7. Os pontos distanciadores das bases forjadas oferecem o espaço correto para uma solda ideal.
8. Os olhais podem passar por alívio de tensões há uma temperatura $\leq 600^{\circ}\text{C}$ (sem carga aplicada), este procedimento não diminui a resistência mecânica.
9. Para a soldagem deve-se elaborar uma EPS por profissional habilitado.

Procedimento de Solda + Materiais de Adição

	Aço baixo carbono Aço baixa liga
MIG/MAG GMAW	AWS: A 5.18 ER 70 S-6
Eletrodo Revestido SMAW	AWS: A 5.5 E 8018-G - E 7018
TIG GTAW	AWS: A 5.18 ER 70 S-6

Figura 24 - Tabela de soldas para olhal de içamento (instrução retirada do catálogo da empresa RUD)

4.4 Suspensão

Para a suspensão da carreta escolheu-se um modelo de suspensão com semieixo da marca ALKO. Sua imagem pode ser vista na Figura 24 e seu desenho com as devidas dimensões na Figura 25. Assim pode-se garantir que para a largura de 2,5 m da carreta projetada, será usado um eixo que sustentará 1.000 kg por um eixo mostrado na Tabela 6.

Um ponto importante a ressaltar é a distância entre os suportes do chassi, que neste projeto é de 450 mm. Esta informação encontra-se nos desenhos apresentados no Apêndice 1.



Figura 25. Semi eixo da suspensão (imagem do site da ALKO)

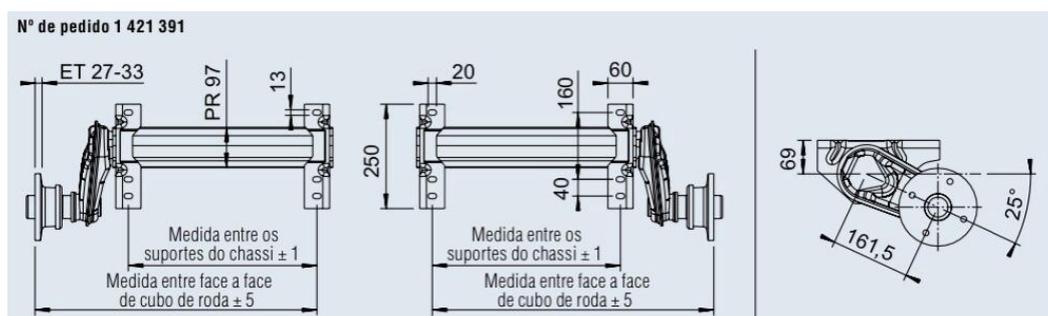


Figura 26. Desenho do semieixo da suspensão (Catálogo da ALKO)

Tabela 5 - Características do semieixo da suspensão

Carga de eixo por par (kg)	Tipo	Conexão de roda	Medidas de suportes do chassi (mm)	Medidas	
				entre face a face de cubo de roda (mm)	Massa (kg)
750	750-5	112x5	703	913	33
1000	1000-3	100x4	450	673	37

Na carreta serão utilizados 4 semieixos alinhados dois a dois nas extremidades do chassi (Figura 26) e quatro pneus Michelin (195/60 R15 88V TL ENERGY XM2+ ST) de aro 15 em cada cubo de roda (tabela 7). Para evitar o movimento da carreta quando estacionada, será utilizado o sistema que é feito hoje nas outras carretas, que é o de introduzir um calço nas rodas. A velocidade de movimentação da carreta é de no máximo 10 km/h (velocidade máxima permitida dentro da marina pelos tratores), além da baixa distância deslocada.

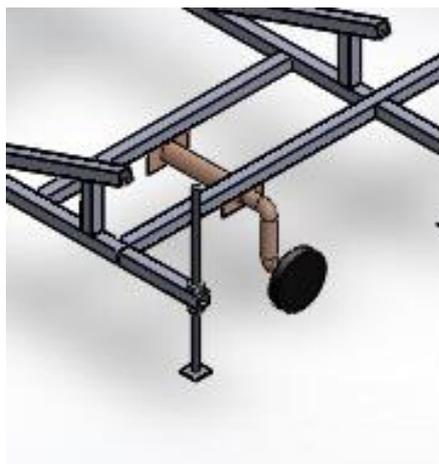


Figura 27. Semi eixo posicionado no chassi

Tabela 6 - Características pneu Michelin aro15

Largura	Série	Série	Índice de carga	Índice de Velocidade
750	750-5	112x5	703	913
1000	1000-3	100x4	450	673

4.5 Solda

Para o dimensionamento das soldas, foi utilizado a norma NBR 8800 que especifica o tamanho mínimo da perna de filete de contorno, que é o tipo de solda que será utilizada para todas as soldas das vigas e da chapa, além da soldagem entre o semieixo e o chassi. A Tabela 8 especifica o tamanho mínimo da perna de solda adequado para uma determinada espessura. Neste projeto será usado um filete de 5 mm tanto para as uniões das vigas quanto para a união da barra roscada com a chapa de aço.

Tabela 7 - NBR 8800 para tamanho mínimo da perna de solda de filete

Menor espessura do metal-base na junta (mm)	Tamanho mínimo de perna da solda de filete (mm)
Abaixo de 6,35 e até 6,35	3
Acima de 6,35 até 12,5	5

Acima de 12,5 até 19	6
Acima de 19	8

4.6 Cinta

Serão inseridas duas cintas nas extremidades da lancha e elas terão dois objetivos, o primeiro é evitar a trepidação caso a carreta passe por algum buraco, o segundo é devido a uma ocorrência bastante citada pelos proprietários das embarcações que sofreram algum dano devido ao vento, que é quando além da carreta cair, a lancha gira, e muitas vezes pode virar de cabeça para baixo. O segundo objetivo visa proteger contra esse tipo de situação, já que a cinta prenderá a embarcação à carreta.

O modelo de cinta escolhido é a cinta catraca para amarração de cargas de até 3 toneladas (Figura 27), e suas características podem ser encontradas na Figura 28. As cintas serão presas ao chassi do veículo como demonstrado na Figura 29 e darão uma volta na embarcação, assegurando sua segurança.



Figura 28. Cinta catraca para amarração de cargas de 3T com catraca e ganchos – MG Cinto – MULT5303

Descrição do Produto

Cinta de amarração é indicada para uso em transporte de cargas, motocicletas, barcos de pequeno porte, cilindros de gases e equipamentos em geral. Fabricada em poliéster, possui 01 catraca e 02 ganchos. Conta com capacidade de carga de até 3.000kgf.

- Características:

- :: Conjunto com 1 catraca e 2 ganchos
- :: Fabricada em poliéster
- :: Largura: 50mm
- :: Carga de trabalho (amarração): 3.000kgf
- :: Comprimento: 9 metros
- :: Fator de segurança: 2:1

- Garantia: 1 ano

- Marca: **MG CINTO**

Ref.: MG CINTO-MULT5303

Marca.: **MG CINTO**

Figura 29. Descrição da cinta catraca para amarração



Figura 30. Demonstração da amarração da cinta no chassi

5. SIMULAÇÕES NO MATLAB

Com o objetivo de analisar os cálculos estruturais anteriores, foram feitas simulações no software Matlab a fim de simular as forças dinâmicas na carreta.

Os testes apresentados a seguir consideram a carreta sem os braços laterais que ajudam a suportar a força do vento, justamente para se comparar o comportamento do sistema com e sem os braços. Através dos resultados obtidos nesses testes, observa-se que a carreta sem os braços não suporta o barco e a força do vento analisada, fato que se constata na prática, atualmente. Quando a carreta é analisada com o apoio dos braços, como mostrado anteriormente, consegue suportar todas as forças e não ocorre o tombamento do conjunto.

5.1 Determinação das forças estáticas devido ao vento

A determinação da força estática devido ao vento pode ser determinada pela equação 10 indicada pela norma NBR 6123:

$$F_a = C_a \cdot P_e \cdot A_e \quad (10)$$

Onde

A_e – Área frontal efetiva sobre a qual o vento incide

P_e – Pressão dinâmica do vento

C_a - coeficiente de arrasto

O coeficiente de arrasto (C_a) utilizado na Equação (10), é aplicável a corpos de seção constante ou fracamente variável. Para vento incidindo perpendicularmente a cada uma das superfícies do conjunto Lancha + Carreta. A área frontal de incidência do vento será considerada retangular. O vento é considerado vento de alta turbulência e o valor de h é definido pela altura de incidência do vento no conjunto.

A pressão dinâmica do vento P_e é calculada através da Equação 11, conforme apresentado a seguir:

$$P_e = 0,613 \cdot V^2 \quad (11)$$

Onde V_0 é a velocidade característica do vento. Essa velocidade é variável, em função da altura em relação à superfície do terreno, aumentando de valor conforme a aproximação do topo do conjunto Lancha + Carreta. A expressão da equação 12 que define $V(z)$ é:

$$V(z) = V_0 S_1 S_2 S_3 \quad (12)$$

Onde:

S_1 - Fator topográfico

S_2 - Rugosidade do terreno, dimensões do conjunto Lancha + carreta e altura sobre o terreno

S_3 - Fator estatístico

V_0 – Velocidade básica do vento m/s

O Fator topográfico S_1 para terrenos planos será considerado 1.

O Fator S_2 que representa a rugosidade do terreno, dimensões do conjunto Lancha + carreta e altura do terreno é dado pela equação 13:

$$S_2 = b \cdot F_r \left(\frac{z}{4,05} \right)^p \quad (13)$$

Onde:

b : parâmetro meteorológico

F_r : fator de rajada

p : expoente da lei potencial de variação de S_2

z : cota do conjunto Lancha + Carreta

Os três parâmetros usados na Equação (13) são obtidos após classificação do terreno quanto à rugosidade e de acordo com as dimensões do Conjunto Lancha + Carreta. O parâmetro F_r representa uma rajada de 3 segundos.

O fator S_3 é baseado em conceitos estatísticos e considera o grau de segurança requerido, considerado nesse projeto igual a um. A velocidade básica V_0 é a velocidade do vento que apresenta um período de recorrência médio de 50 anos.

5.2 Modelagem não determinística das cargas de vento

A velocidade do vento pode ser expressa como sendo uma função temporal $[V_T(t)]$, formada por uma parcela média $[V(z)]$, obtida por meio de expressões matemáticas da norma brasileira de vento NBR 6123 (1988) e uma parcela flutuante $[V(t)]$, conforme apresentado na Equação 14.

$$V_T(t) = V(z) + V(t) \quad (14)$$

Deste modo, a componente flutuante da velocidade do vento $[V(t)]$ pode ser representada com base no emprego de uma única função harmônica, dada pela Equação 15, onde V_0 representa a velocidade básica do vento em m/s e f representa a frequência em Hz.

$$V(t) = V_0 \cos(2\pi ft) \quad (15)$$

A formulação pode ser obtida pela superposição de ondas harmônicas do modelo de Shinozuka e Jan (1972), de acordo com as Equações 16 e 17, onde n corresponde ao número de divisões do espectro de potência utilizado na análise, S_v é a densidade espectral, f_i representa a frequência em Hz, Δf incremento da frequência em Hz e θ_i o ângulo de fase aleatório definido no intervalo de 0 a 2π .

$$V(t) = \sum_{i=1}^n a_i \cos(2\pi f_i t + \theta_i) \quad (16)$$

$$a_i = \sqrt{2 \cdot S^v(f_i) \Delta f} \quad (17)$$

Neste trabalho é adotado o espectro de potência de vento proposto por Kaimal, que considera a influência da altura da estrutura em sua formulação. Em seguida, a Figura 30 mostra as curvas de espectros de potência do vento de vários autores.

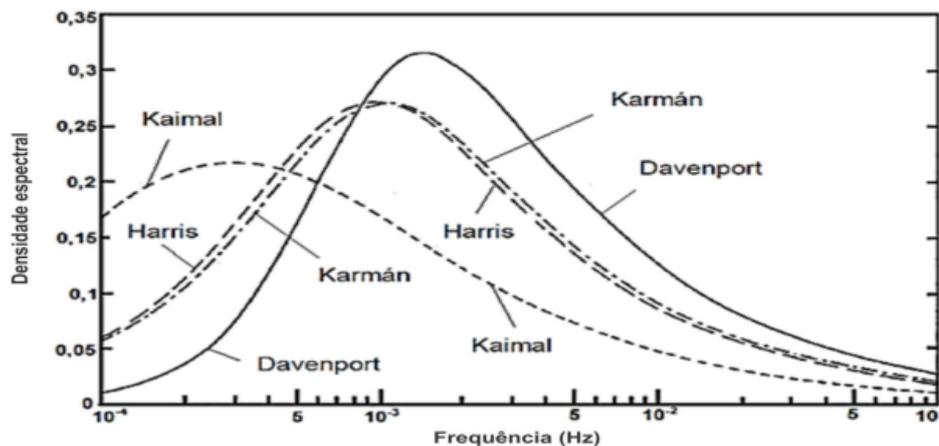


Figura 31 - Curvas de espectros de potência do vento

O espectro de potência de Kaimal (Blessmann, 2013) é dado pelas Equações 18 e 19, onde f é a frequência em Hz, S_v corresponde à densidade espectral da componente longitudinal da turbulência na frequência (f), X é a frequência adimensional, u é a velocidade de fricção, V_0 representa a velocidade básica do vento, z corresponde da altura da estrutura.

$$\frac{f S^V(f, z)}{u} = \frac{200X}{(1 + 50X)^{5/3}} \quad (18)$$

$$X(f, z) = \frac{fz}{V} \quad (19)$$

A velocidade de fricção (u) associada aos espectros de potência, dada em m/s, é determinada pela Equação (20), onde k representa a equação de Kármán igual a 0,4 e z_0 refere-se à rugosidade.

$$u = \frac{k \cdot V(z)}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad (20)$$

Os parâmetros para o cálculo das velocidades $V_{(z)}$ e $V_{(t)}$ estão contidos na Tabela 9.

Tabela 8 - Parâmetros para Modelagem da Carga do Vento

Componente	Valor
Velocidade Básica do Vento	20,7 m/s
Fator Topográfico (S1)	1,0
Fator Estatístico (S3)	1,0
Fator (S2)	Calculado de acordo com a variação do Conjunto Lancha + Carreta
Fator Fr	1,31
Coefficiente Exponencial (p)	0,31
Parâmetro Meteorológico (b)	0,50
Coefficiente de Rugosidade (zref)	0,1 m
Coefficiente de Arrasto 90°	1,31
Faixa de Frequência	0,01 a 6,18 Hz
Incremento de Frequência	0,077 Hz
Incremento de Tempo	10s
Tempo Total	420 s (7 minutos)
Conjunto Lancha Focker 230 + Carreta	Comprimento = 6,77 m Altura = 3,05 m

5.3 Resultados da aplicação da equação (14) correspondente a velocidade do vento

A Figura 31 mostra os resultados obtidos através da utilização dos parâmetros da Tabela 9, para altura de 4,0 m do Conjunto Lancha + Carreta. Somente esse ponto foi apresentado pois é nessa altura em que ocorre a maior probabilidade de haver tombamento, por apresentar a força máxima que o vento implica sobre o conjunto.

Parâmetros Variáveis		Modelagem Determinística		Propriedades de Modelagem da Carga não Determinística do Vento						Valores Totais		
z	t	S2	V(z)	u	X	SV	ai	V(t)	VT	q	F(N)	F(kN)
4,0	20,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42
4,0	30,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,2	41,4	1050,1	37252,4	37
4,0	40,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,9	40,7	1014,2	35977,5	36
4,0	50,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	0,0	42,5	1109,6	39362,3	39
4,0	60,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,9	44,4	1209,3	42899,3	43
4,0	70,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42
4,0	80,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,2	41,4	1050,1	37252,4	37
4,0	90,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,9	40,7	1014,2	35977,5	36
4,0	100,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	0,0	42,5	1109,6	39362,3	39
4,0	110,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,9	44,4	1209,3	42899,3	43
4,0	120,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42
4,0	130,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,2	41,4	1050,1	37252,4	37
4,0	140,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,9	40,7	1014,2	35977,5	36
4,0	150,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	0,0	42,5	1109,6	39362,3	39
4,0	160,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,9	44,4	1209,3	42899,3	43
4,0	170,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42
4,0	180,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,2	41,4	1050,1	37252,4	37
4,0	190,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,9	40,7	1014,2	35977,5	36
4,0	200,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	0,0	42,5	1109,6	39362,3	39
4,0	210,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,9	44,4	1209,3	42899,3	43
4,0	220,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42
4,0	230,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,2	41,4	1050,1	37252,4	37
4,0	240,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,9	40,7	1014,2	35977,5	36
4,0	250,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	0,0	42,5	1109,6	39362,3	39
4,0	260,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,9	44,4	1209,3	42899,3	43
4,0	270,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42
4,0	280,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,2	41,4	1050,1	37252,4	37
4,0	290,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,9	40,7	1014,2	35977,5	36
4,0	300,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	0,0	42,5	1109,6	39362,3	39
4,0	310,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,9	44,4	1209,3	42899,3	43
4,0	320,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42
4,0	330,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,2	41,4	1050,1	37252,4	37
4,0	340,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,9	40,7	1014,2	35977,5	36
4,0	350,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	0,0	42,5	1109,6	39362,3	39
4,0	360,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,9	44,4	1209,3	42899,3	43
4,0	370,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42
4,0	380,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,2	41,4	1050,1	37252,4	37
4,0	390,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,9	40,7	1014,2	35977,5	36
4,0	400,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	0,0	42,5	1109,6	39362,3	39
4,0	410,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,9	44,4	1209,3	42899,3	43
4,0	420,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42

Figura 31 - Valores da velocidade do vento $VT(m/s)$ e $F(kN)$ para altura de 4,0 m do conjunto Lancha + Carreta

Com o intuito que demonstrar o caso mais crítico da ação do vento, as Figuras 32 e 33 foram plotados para apresentar os resultados obtidos através da utilização dos parâmetros valores obtidos na Figura 31, para altura de 4,0 m do Conjunto Lancha + Carreta.

Nele encontra-se a força máxima de 42.899,3 N, nos mesmos segundos que havia para as outras alturas analisadas nesse estudo.

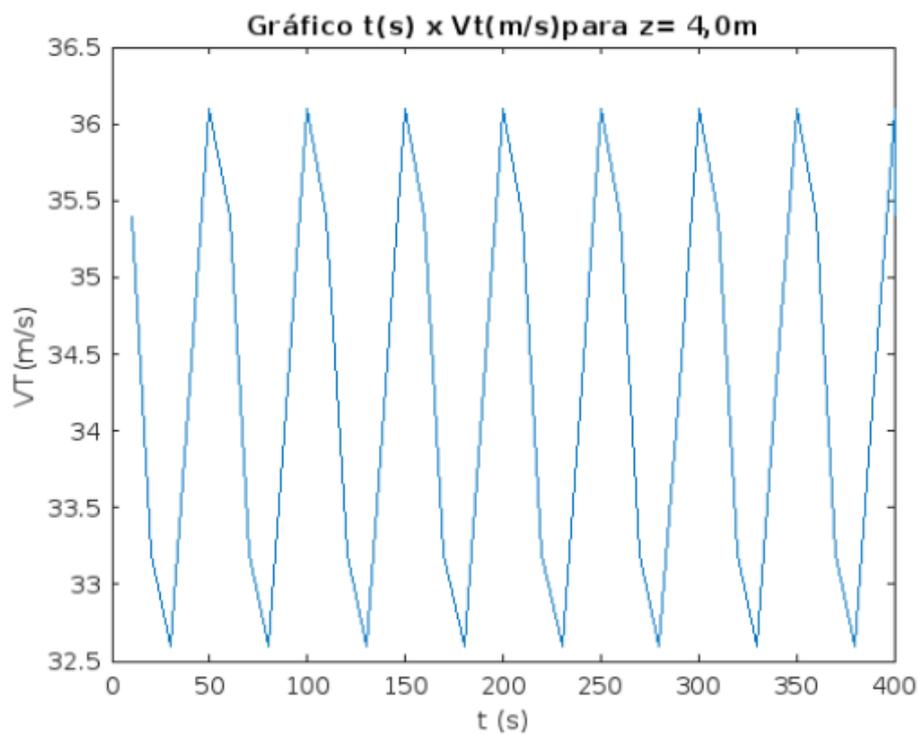


Figura 32 - Velocidade do vento $V_T(m/s)$ em função do tempo (s) para altura de 4,0 m do conjunto Lancha

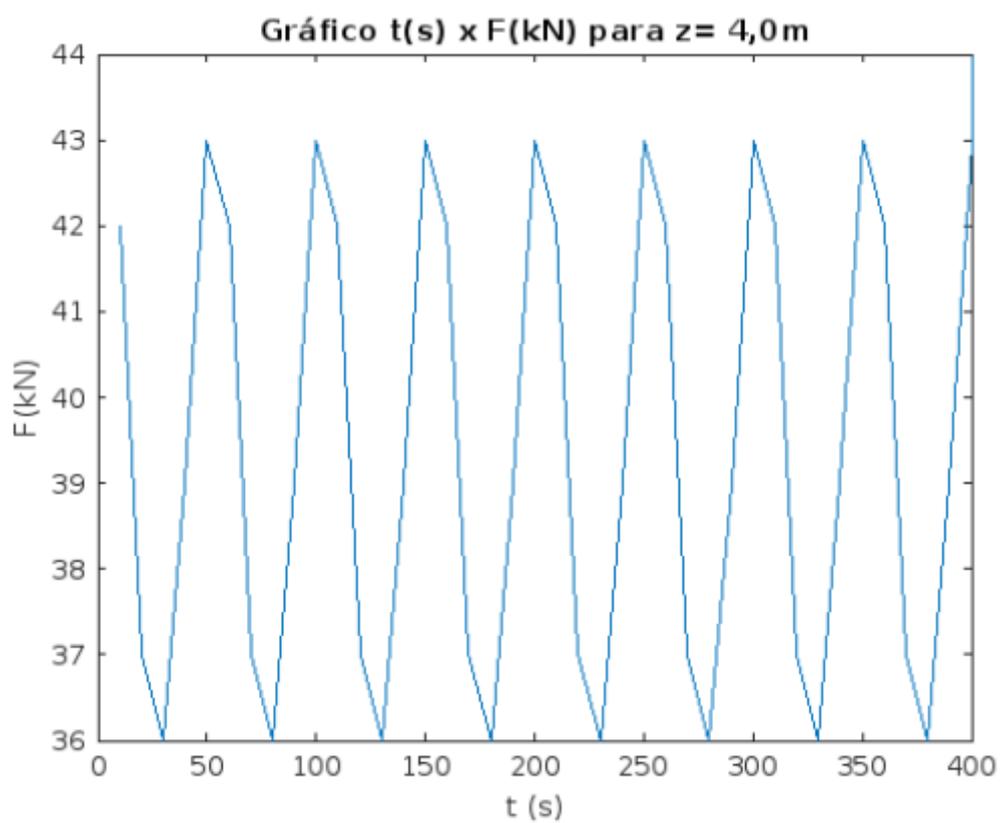


Figura 33 - Força do vento $F(kN)$ em função do tempo (s) para altura de 4,0 m do conjunto Lancha + Carreta

5.4 Verificação do equilíbrio do Conjunto submetido às Forças do vento

Para determinação do equilíbrio do corpo quando submetido às Forças produzidas pelo vento, irá se considerar o momento produzido pela força máxima encontrada. Este deverá ser igual ao momento resultante das barras roscadas, estabelecendo desta maneira, um equilíbrio no diagrama de corpo livre apresentada na Figura 10, no início deste projeto.

De acordo com os cálculos feitos no capítulo 4, mostrando que todas as reações calculadas nas simulações do capítulo 5 serão suportadas, obtém-se que há um equilíbrio entre as forças do vento, e as reações da estrutura da carreta. Chegando ao objetivo inicial de que as alterações sugeridas por esse estudo trazem um resultado positivo diante das condições fornecidas.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que através do conhecimento adquirido ao longo do curso de Engenharia Mecânica do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET, com o auxílio de professores, livros didáticos, softwares e com a consulta das mais variadas normas que abrangem o contexto de máquinas de transporte, foi possível dimensionar todo o projeto de maneira satisfatória.

Após mesclar todo o conhecimento adquirido ao longo dos anos na faculdade, com a consulta a normas, catálogos técnicos, busca de fornecedores e softwares de desenho antes desconhecidos, o projeto tornou-se um desafio enriquecedor para os alunos a fim de apresentar um projeto capaz de ser competitivo no atual contexto da indústria náutica.

O desenvolvimento do desafio gerado por esse projeto nos agregou intelectualmente além de gerar um maior senso crítico em relação a engenharia mecânica principalmente pelas influências da natureza, que foi a parte específica do nosso trabalho.

A carreta projetada fará com que os obstáculos enfrentados pelos donos das embarcações sejam reduzidos e inúmeros acidentes serão evitados. Estas mudanças ajudaram na redução dos gastos com acidente e até mesmo nos índices de risco de vida por acidentes desse porte.

Após a análise das simulações feitas pelo *Matlab*, verifica-se que a carreta não suportaria a embarcação com o vento sugerido. Entretanto, com o acréscimo da barra roscada, sugerida por esse projeto, se mostrou um instrumento eficaz no controle do sistema fazendo com que o conjunto não vire com a força do vento.

Além dessa inovação, foi indicado o uso de uma cinta, que faz com que a embarcação fique aderida a carreta, evitando movimentos como a rotação da lancha.

Por fim, é importante afirmar que em situações extremas de tempestades climáticas críticas, o recomendado e o mais habitual é que os barcos sejam armazenados em hangares fechados para que acidentes sejam

evitados, prejuízos, danos ambientais e físicos para os trabalhadores da região e até mesmo para clientes que estejam circulando pelas instalações.

Como sugestão futura para uma elaboração ainda mais profunda sobre o projeto, cabe uma análise numérica ainda mais detalhada sobre o comportamento das vigas laterais e como será o seu comportamento quando receber a força do vento. Por mais que tenha sido comprovado pelas análises das vigas que o sistema não irá falhar, as simulações são aspectos importantes para a análise completa do projeto para torná-lo comercial. Outra sugestão seria de fazer uma análise de elementos finitos utilizando algum software que pudesse analisar de forma mais profunda as forças atuantes no chassi da carreta.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES FILHO, A. **Elementos Finitos: A Base da Tecnologia CAE 2ª edição**. São Paulo: Érica, 2003.

APLICATIVO VIGA Online disponível em: <<http://www.viga.online/index.php>>

ARTIGO sobre barras roscadas disponível em: <
[https://blog.ciser.com.br/construcao-civil/barra-roscada-tipos-e-aplicacoes-na-construcao-civil/#:~:text=S%C3%A3o%20elas%3A,tra%C3%A7%C3%A3o%20%3D%201000%20N%2Fmm%C2%B2\)%3B](https://blog.ciser.com.br/construcao-civil/barra-roscada-tipos-e-aplicacoes-na-construcao-civil/#:~:text=S%C3%A3o%20elas%3A,tra%C3%A7%C3%A3o%20%3D%201000%20N%2Fmm%C2%B2)%3B)>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8400: Equipamentos de elevação e movimentação de carga – Regras para projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2084.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BLESSMANN, J. O vento na engenharia estrutural. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2ª Edição, Porto Alegre, 2013.

CENGEL, Yunus A; CIMBALA, John M. Mecânica dos fluidos: fundamentos e aplicações. 5 ed. Porto Alegre: AMGH, 2015.

CATÁLOGO Vallourec disponível em:
<http://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/20437/24987/catalogo_estruturais_vallourec.pdf>

CATÁLOGO Ciser parafusos disponível em:
<<https://www.ciser.com.br/userfiles/paginas/catalogo-de-produtos-ciser-rev-12-2020.pdf>>

CATÁLOGO dos modelos de olhal para içamento disponível em: <
<https://www.rud.com.br/pdf/catalogo-pontos-icamento.pdf> >

CATÁLOGO do semieixo disponível em: < https://www.alkotech.com/sites/default/files/uploaded_files/BR/al-ko_hauptkatalog_04-2018_br.pdf

CÁLCULO da força do vento disponível em: < <https://pt.wikihow.com/Calcular-a-For%C3%A7a-do-Vento>>

CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS –CTEP.
Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/noticias/>. Acesso em: 6 jul. 22.
Disponível em: <https://ensur.com.br/forca-do-vento-nbr-6123/>. Acesso em: 6 jul. 22.

HIBBELER, R. C. Resistência dos materiais 7ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

SEGERLIND, L. J. APPLIED FINITE ELEMENT ANALYSIS 2ª edição. São Paulo: John Wiley, 1984.

MODELO de cinta disponível em: <<https://www.spanset.com/br-br/products/cintaspowerplus?id=17874>>

MODELO barco Focker 230 disponível em: <<https://www.bombarco.com.br/comunidade/noticias/focker-230-da-fibrafort--modelo-cabinado-para-a-familia#:~:text=Parte%20da%20linha%20Sport%20da,acomoda%20duas%20pessoas%20para%20pernoite>>

MODELO de carretas para barcos disponível em: <<https://carretaspier.com.br/carretas/>>

MODELO Motor de Popa Yamaha 250HP F250LETX 4 Tempos disponível em: <<https://www.abcnautica.com.br/motor-de-popa-yamaha-250hp-rabeta-extra-longa-4-tempos>>

MODELO do pneu escolhido em: <https://m.pontofrio.com.br/kit-4-pneus-bridgestone-aro15-ecopia-ep150-195-60r15-88v-1502720954/p/1502720954?utm_medium=cpc&utm_source=GP_PLA&IdSku=1502720954&idLojista=11578&utm_campaign=3P_Grupo-Medio_SSC&gclid=CjwKCAjw-qeFBhAsEiwA2G7NlzNuxOH0wLJJgXxuk9K6wBiGf7bcdxUjol4JITpygD4ANT6D_gPSYhoCaLkQAvD_BwE#modal>

NBR 6123. Forças devidas aos ventos em edificações. 1988.

PESQUISA de normas disponível em: <<https://www.gedweb.com.br/home/>>

PESQUISA de materiais anticorrosivos em: < Os diferentes métodos para evitar corrosão de metais - Coppermetal>

MAGNAN, MURILLO DE CARVALHO. PINTURA NA PROTEÇÃO ANTICORROSIVA. Projeto final UEZO 2011.

PROPRIEDADES sobre aço AISI 304 disponível em: <
http://www.valaco.com.br/inf_tecnicas/mat_propriedades.html>

SHINOZUKA, M., JAM, C. M. Digital simulation of random process and its applications. Journal of Sound and Vibration, v. 25, n. 1, pp. 111-118, 1972.s

8. APÊNDICE

A1. Desenhos

Página 1: Chassi para traslado de embarcação

Página 2: Desenho de conjunto

Página 3: Lista de materiais

Página 4: Vistas do chassi

Página 5: Perfis de aço

Página 6: Perfis de aço (2)

Página 7: Pé suporte ajustável

A2. Informações sobre o vento INMET

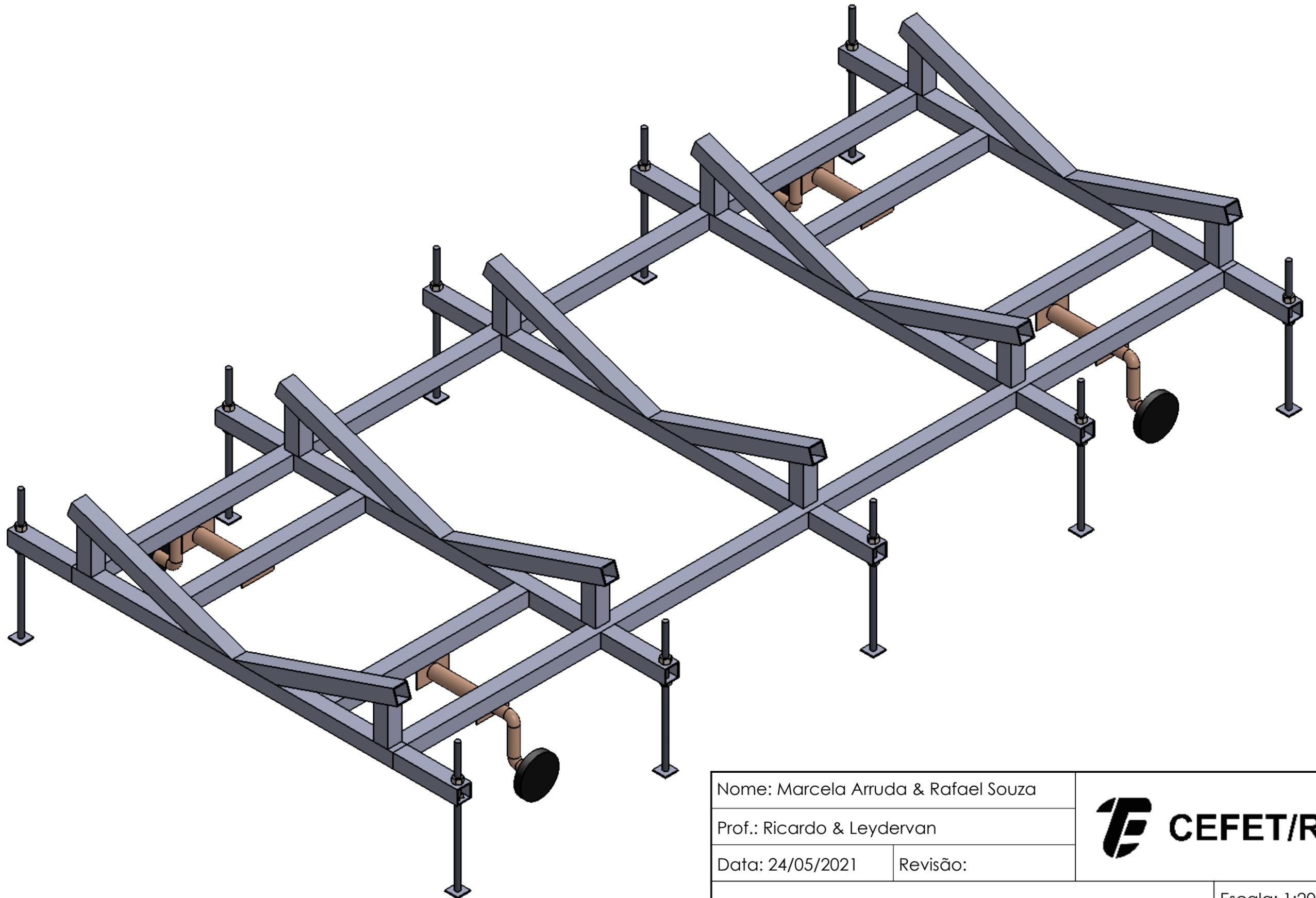
Planilha 1: Dados 2017 - Jacarepaguá

Planilha 2: Dados 2018 - Jacarepaguá

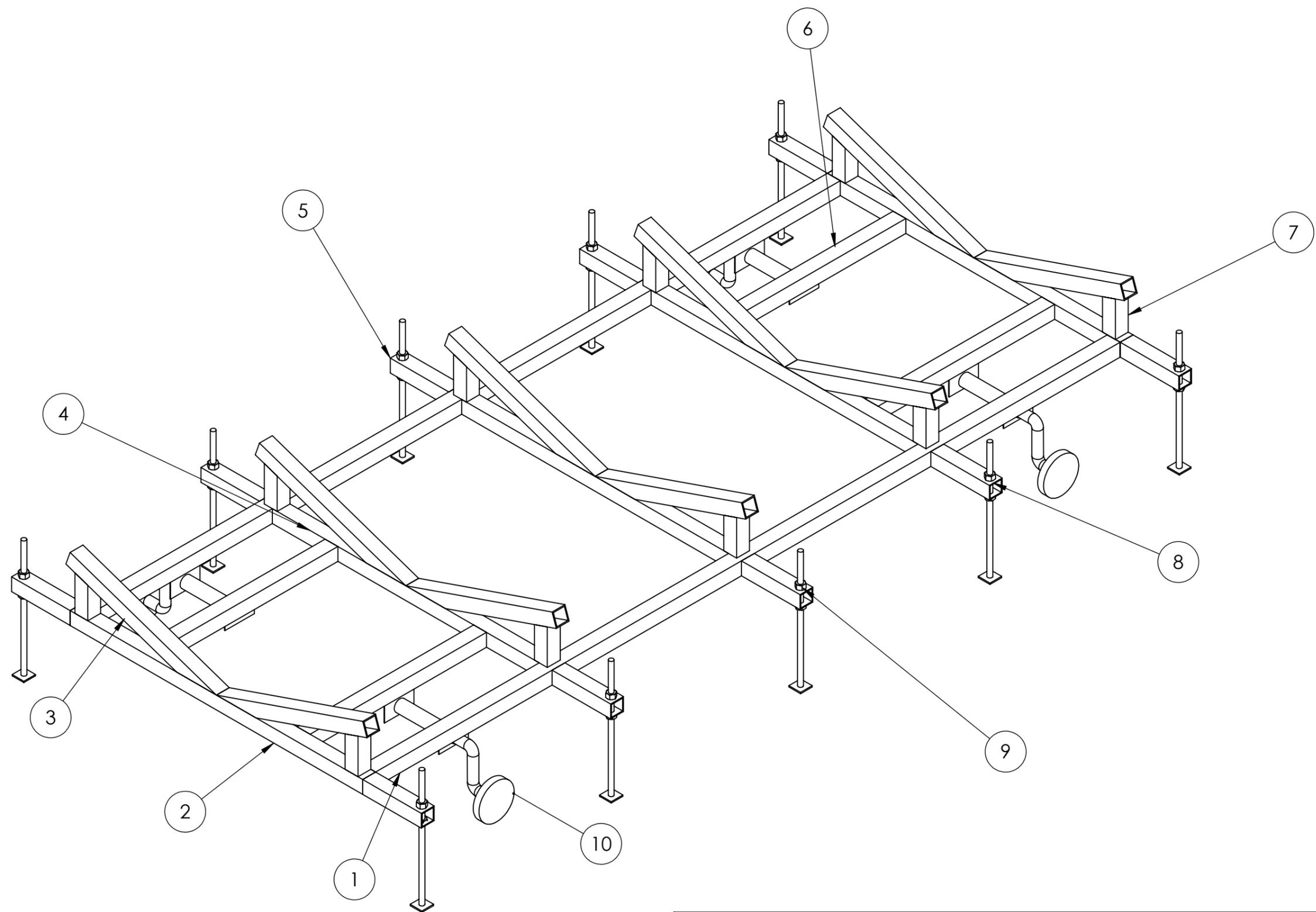
Planilha 3: Dados 2019 – Forte de Copacabana

Planilha 4: Dados 2020 – Forte de Copacabana

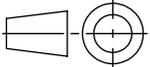
Planilha 5: Dados 2021 – Forte de Copacabana

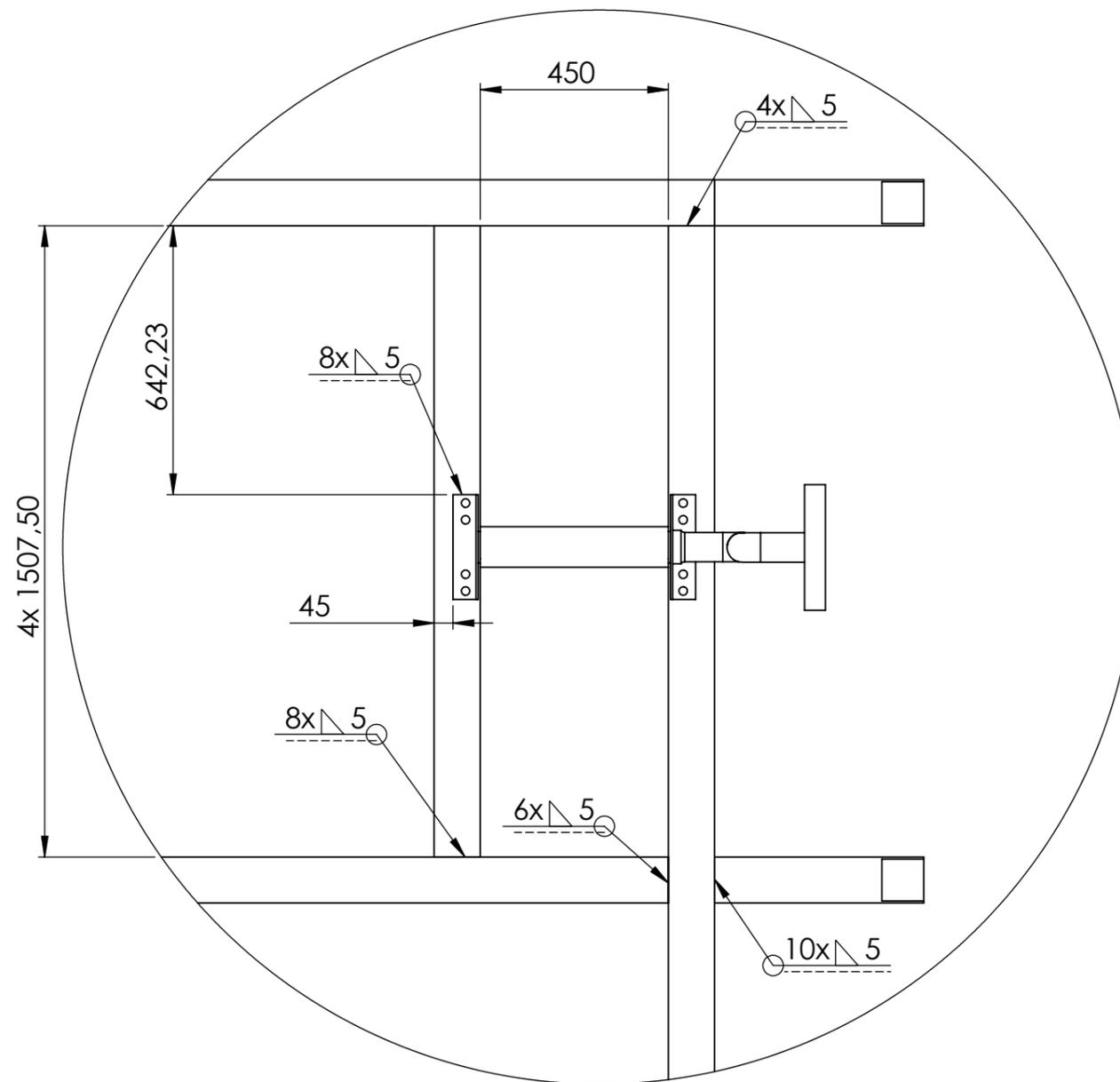
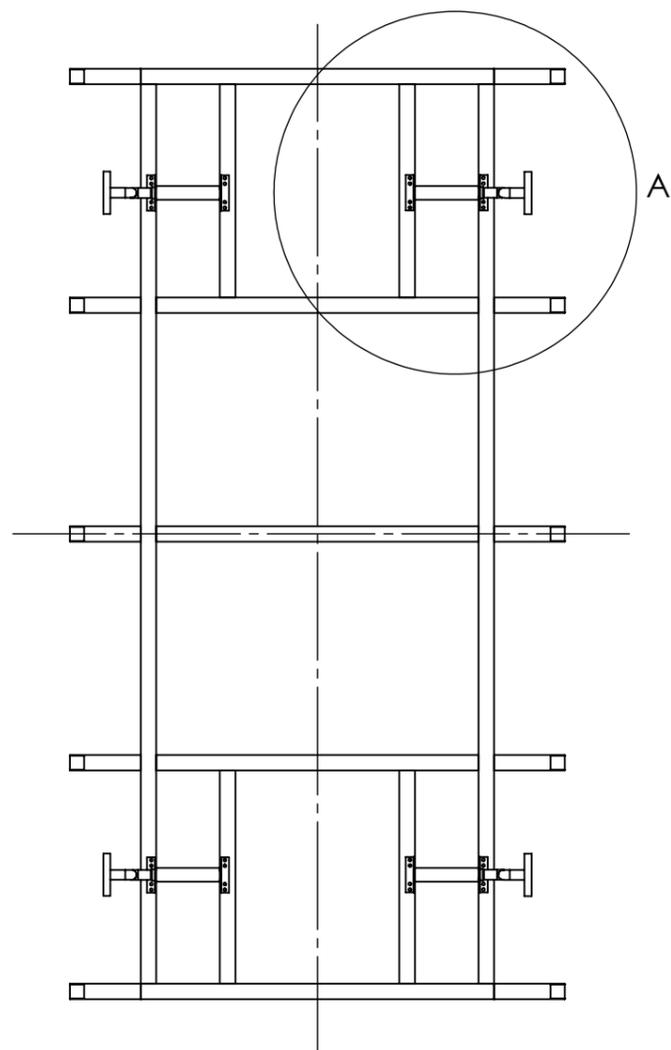


Nome: Marcela Arruda & Rafael Souza		
Prof.: Ricardo & Leydervan		
Data: 24/05/2021	Revisão:	
Título: Chassi para traslado de embarcação		Escala: 1:20
		Pág.: 1/7

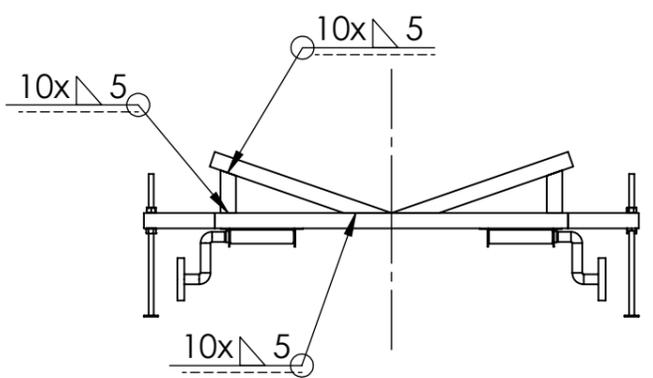


Nome: Marcela Arruda & Rafael Souza		
Prof.: Ricardo & Leydervan		
Data: 24/05/2021	Revisão:	
Título: Chassi para traslado de embarcação		Escala: 1:25
		Pág.: 2/7

Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	QTD.	Pág.	
1	Perfil quadrado 6360mm	2	5	
2	Perfil quadrado 2500mm	2	5	
3	Perfil quadrado 1322mm	10	5	
4	Perfil quadrado 2280mm	3	5	
5	Perfil quadrado 500mm	10	6	
6	Perfil quadrado 1507,5mm	4	6	
7	Perfil quadrado 300mm	10	6	
8	Pé suporte ajustável	10	7	
9	B18.2.4.6M - Heavy hex nut, M36 x 4 --D-N	20	x	
10	Suspensão AL-KO modelo ACHSE GU UBR HA 750 OPTIMA WD nº 1 421 391	4	x	
Nome	Marcela Arruda & Rafael Souza			
Prof.	Ricardo & Leydervan			
Data	24/05/2021			
ESC. 1:1	Lista de materiais	Esc.	NA	Pág. 3/7
		Rev.		

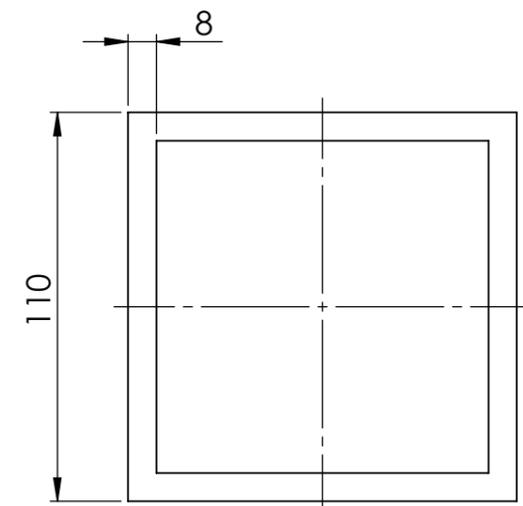
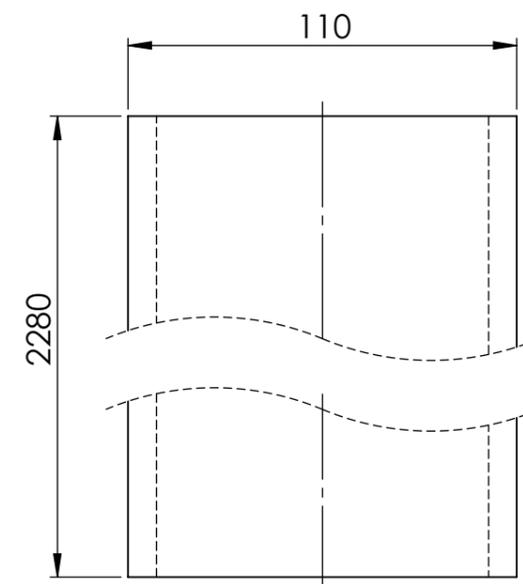
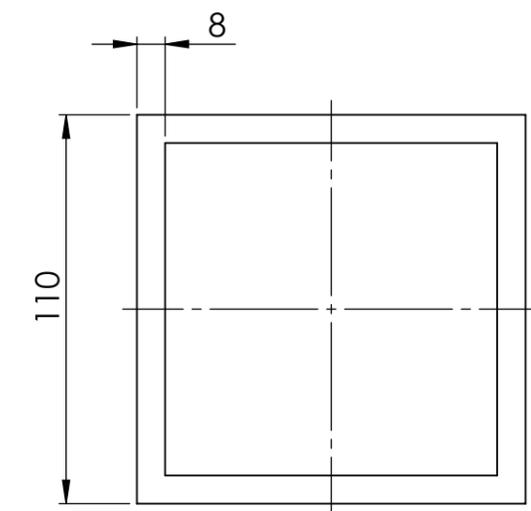
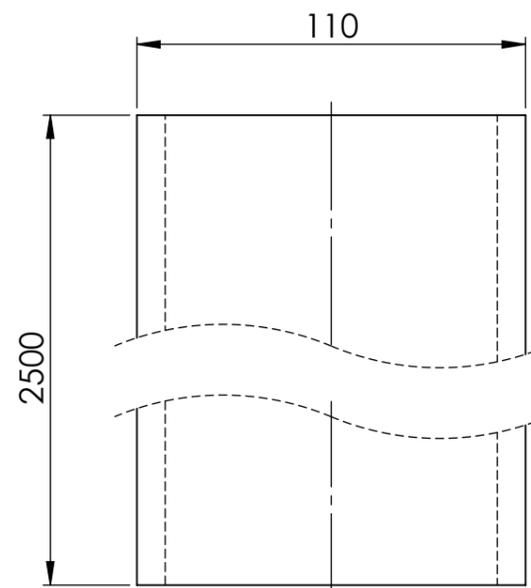
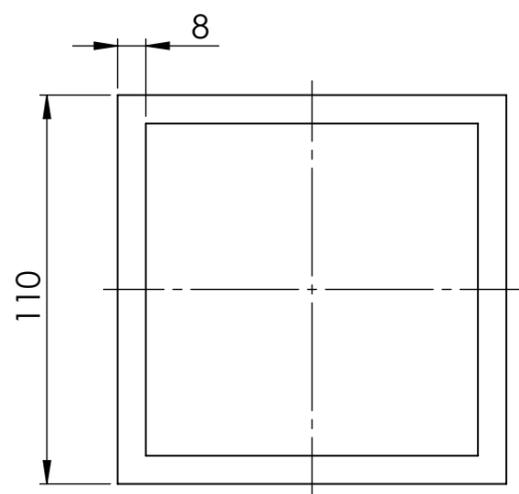
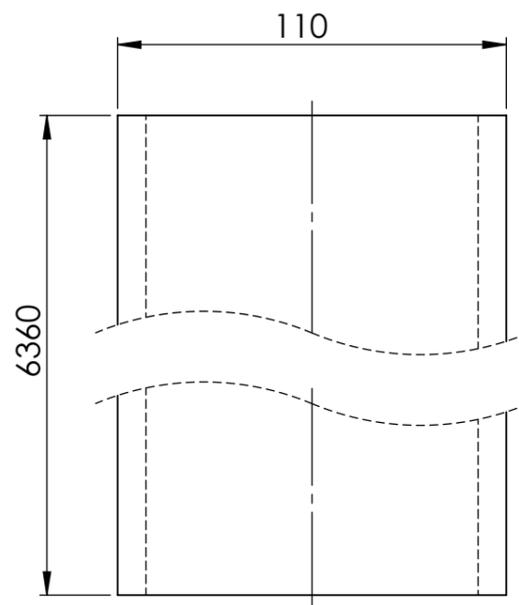
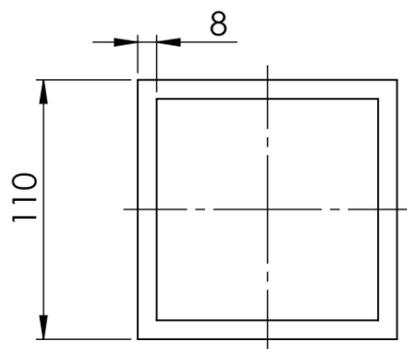
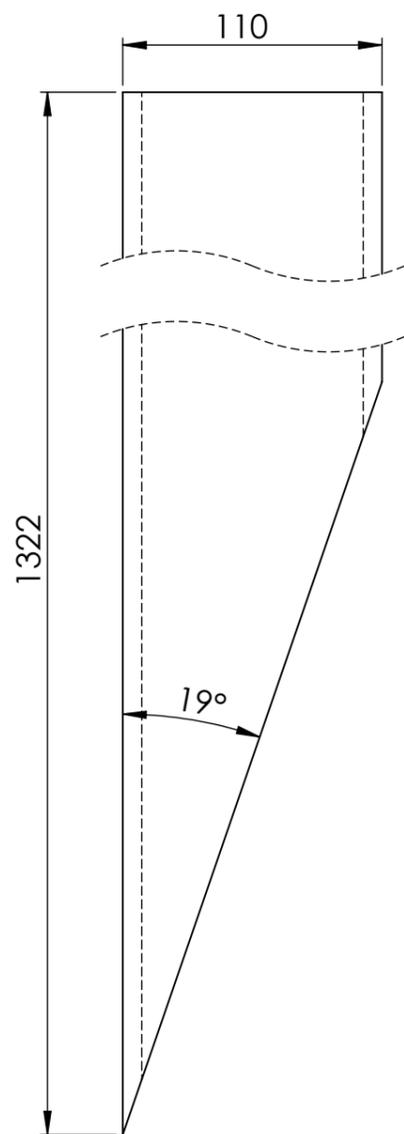


DETALHE A
ESCALA 1 : 15



Nome: Marcela Arruda & Rafael Souza		
Prof.: Ricardo & Leydervan		
Data: 24/05/2021	Revisão:	
Título: Chassi para translado de embarcação		Escala: 1:50
		Pág.: 4/7

Esc.: 1:3



Nome: Marcela Arruda & Rafael Souza

Prof.: Ricardo & Leydervan

Data: 24/05/2021

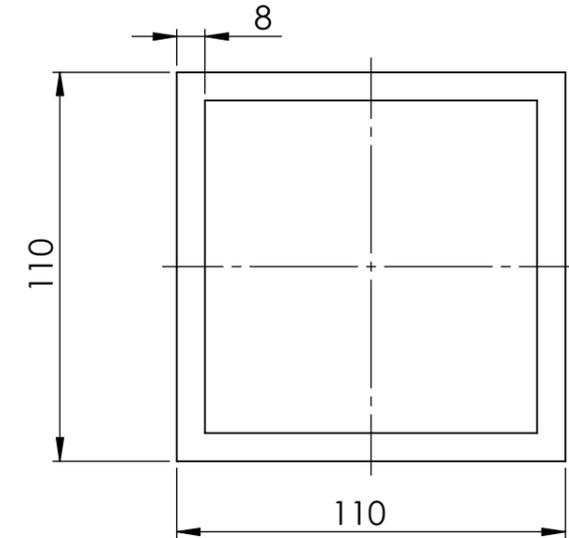
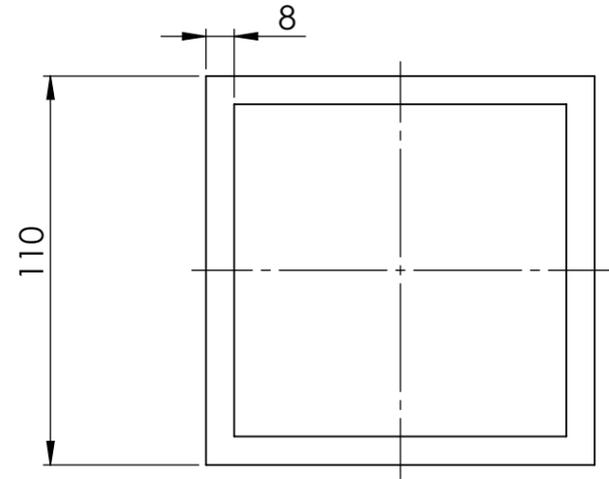
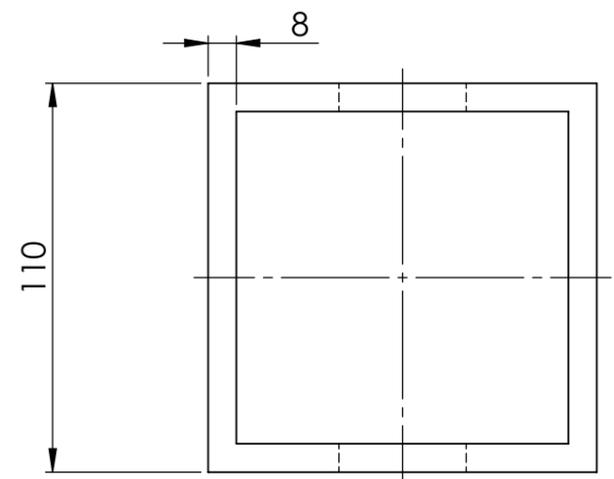
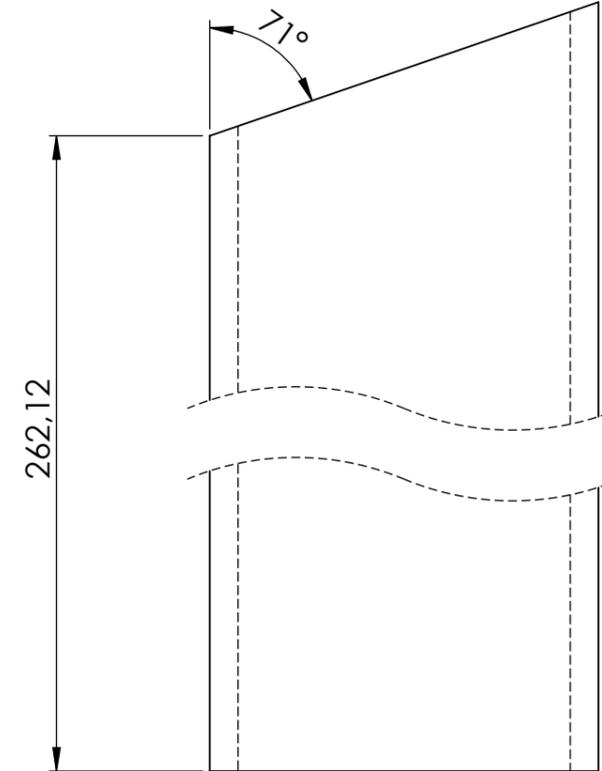
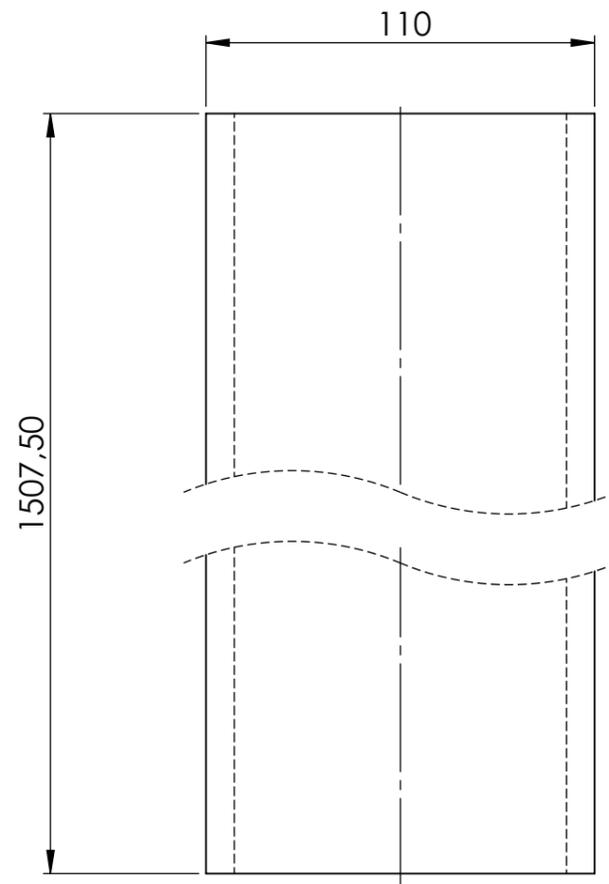
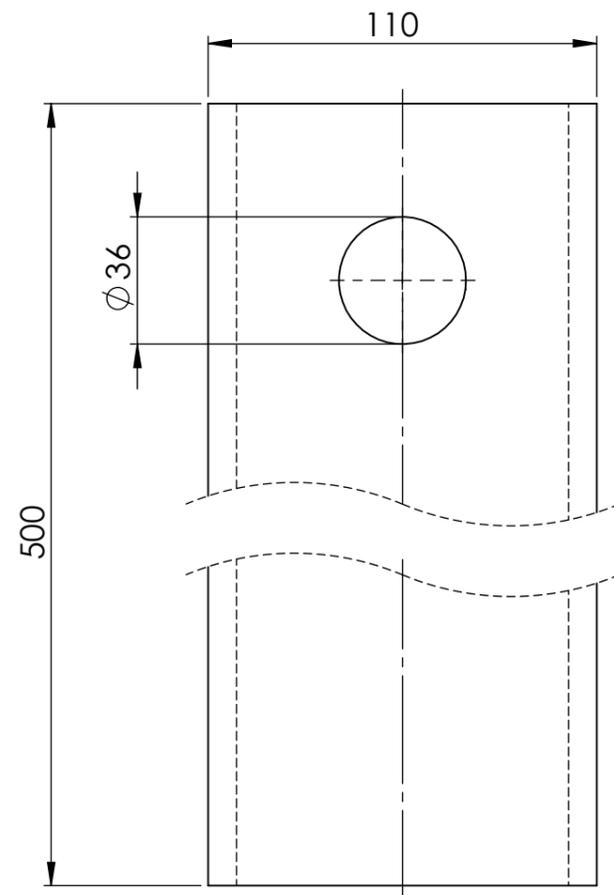
Revisão:



Título: Perfis de aço

Escala: 1:2

Pág.: 5/7



Nome: Marcela Arruda & Rafael Souza

Prof.: Ricardo & Leydervan

Data: 24/05/2021

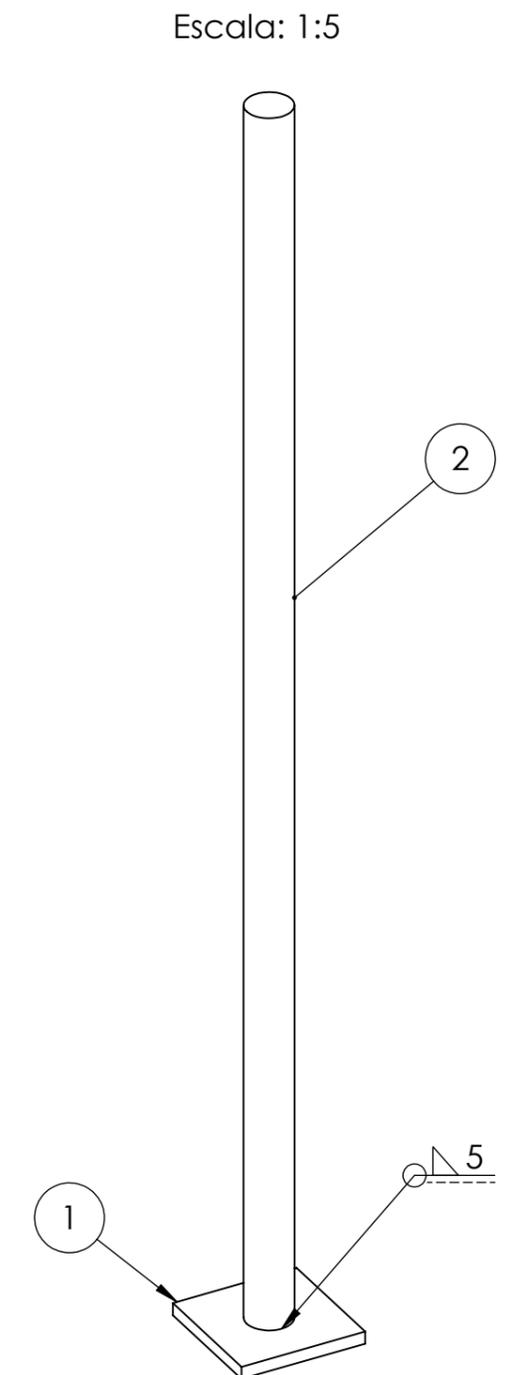
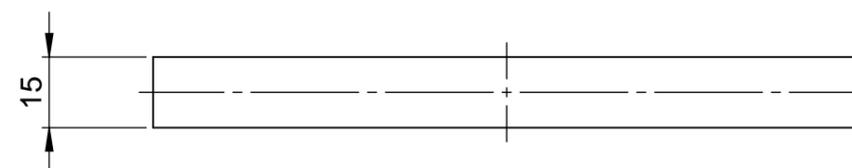
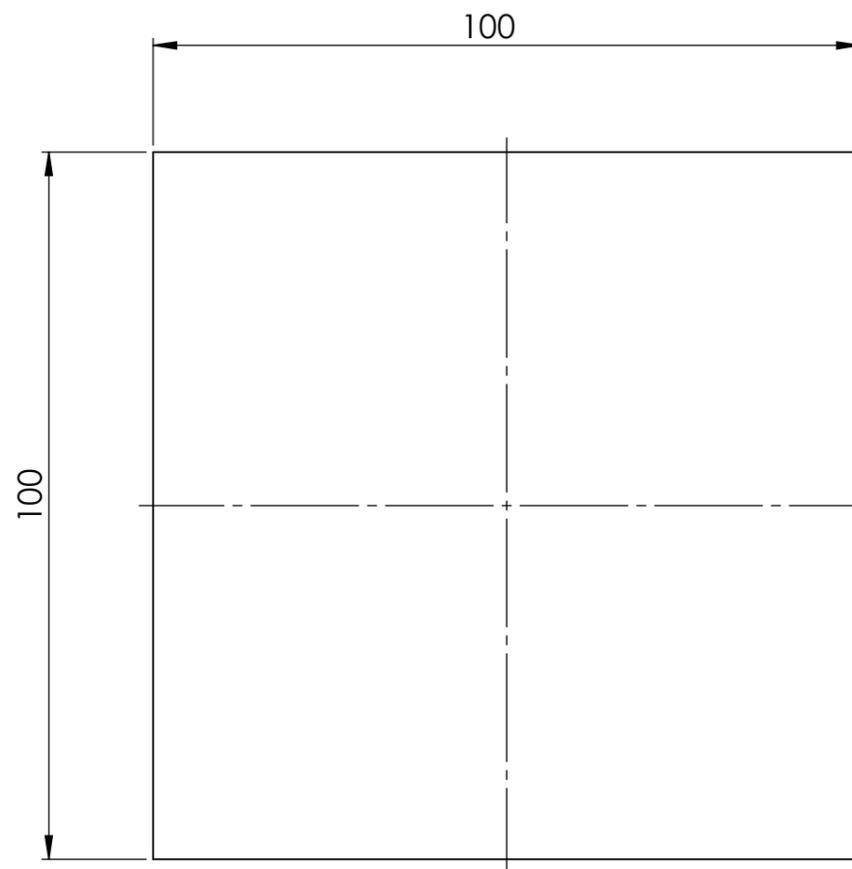
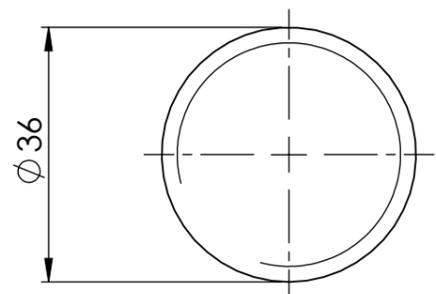
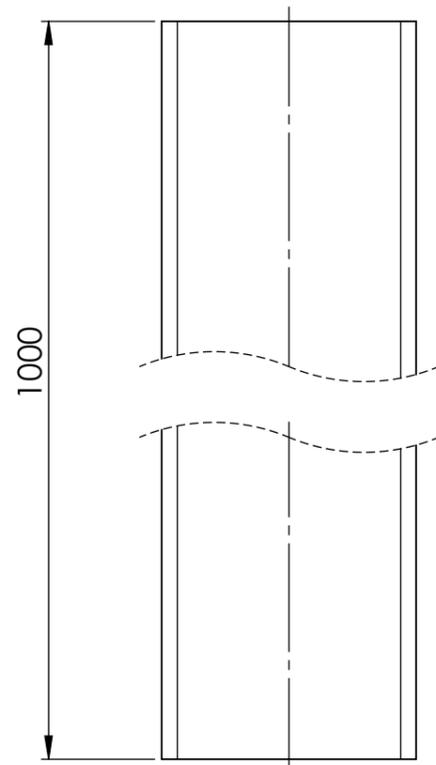
Revisão:



Título: Perfis de aço

Escala: 1:2

Pág.: 6/7



Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	QTD.	Pág.
1	Base suporte ajustável	1	7
2	Barra roscada	1	7

Nome: Marcela Arruda & Rafael Souza		
Prof.: Ricardo & Leydervan		
Data: 24/05/2021	Revisão:	

<h2>Título: Pé suporte ajustável</h2>	Escala: 1:1
	Pág.: 7/7

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

G633 Gomes, Marcella Arruda Bastos
Construção de uma carreta para lanchas / Marcella Arruda
Bastos Gomes [e] Rafael Pereira Souza. — 2022.
52f. : il.(algumas color). ; enc.

Projeto Final (Graduação) Centro Federal de Educação
Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2022.

Bibliografia : f. 49-52

Orientador: Ricardo Alexandre Amar de Aguiar

Coorientador: Leydervan de Souza Xavier

1. Engenharia mecânica. 2. Transporte marítimo. 3. Ventos –
Velocidade. 4. Barcos. I. Souza, Rafael Pereira. II. Aguiar, Ricardo
Alexandre Amar de (Orient.). III. Xavier, Leydervan de Souza.
(Coorient.) IV. Título.

CDD 621

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA
FONSECA
GMEC
ENGENHARIA MECÂNICA**

**Marcella Arruda Bastos Gomes
Rafael Pereira Souza**

CONSTRUÇÃO DE UMA CARRETA PARA LANCHAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**RIO DE JANEIRO
2022**

Marcella Arruda Bastos Gomes
Rafael Pereira Souza

CONSTRUÇÃO DE UMA CARRETA PARA LANCHAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do GMEC, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

Orientadores: Prof. Ricardo Alexandre Amar de Aguiar e Prof. Leydervan de Souza Xavier.

RIO DE JANEIRO
2022

RESUMO

Este projeto foi desenvolvido inicialmente na disciplina de Desenho de Máquinas, ministrada pelos professores Leydervan Xavier e Ricardo Aguiar, do CEFET/RJ, unidade Maracanã, e aprimorado para atender ao Projeto Final do curso. Por muitas vezes o Rio de Janeiro sofre com algumas tempestades intensas que provocam ventos muito fortes e alagamentos por toda a cidade. Para empresas que fazem o estacionamento de embarcações, isso pode ser um grande perigo para seus orçamentos, devido ao tombamento de alguns barcos que estão sendo estacionados em carretas dentro do late Clube do Rio de Janeiro. Neste trabalho foi desenvolvida e projetada uma carreta que pudesse ser operada no late Clube do Rio de Janeiro em condições meteorológicas adversas transportando uma embarcação de 1.305kg, considerando o barco e o motor. O projeto inclui a análise das forças exercidas sobre o barco e posteriormente sobre a carreta e o dimensionamento das estruturas e elementos de fixação compatíveis com os esforços causados pelo peso próprio da embarcação e pela carga de vento. A solução desenvolvida é combinação de modificações na estrutura das carretas existentes e a implementação de dispositivos auxiliares de fixação da carreta ao solo para aumentar seu equilíbrio nas condições de iminência de tombamento.

Palavras-chave: Embarcações, ventos fortes, carretas e tombamento.

ABSTRACT

This project was initially developed in the Machine Design discipline, taught by professors Leydervan Xavier and Ricardo Aguiar, from CEFET/RJ, Maracanã unit, and developed to attend to the Final Project of the course. For many times Rio de Janeiro often suffers from some intense storms that cause very strong winds and flooding throughout the city. For companies that do boat parking, this can be a big danger to their budgets, due to tipping of some boats that are being parked in trailers inside the late Club in Rio de Janeiro overturn. Thus, it was projected a trailer that could be operated at the late Club in Rio de Janeiro in adverses meteorological conditions transporting a vessel of 1305 kg. The work includes an exhaustive analysis of the forces exerted on the boat and later on the trailer and the design of the structures and fastening elements compatible with the efforts caused by the own weight and by the wind load. The solution was the combination of modifications to the structure of the existing trailers and the development of auxiliary devices for fixing the trailer to the ground to increase its balance in the imminent conditions of tipping over.

Keywords: Vessels, strong winds, trailers and tipping.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Acidente de tombamento de embarcações devido ao vento.....	10
Figura 2. Acidente de tombamento de embarcações devido ao vento.....	10
Figura 3 - Foto superior late Clube Rio de Janeiro.....	11
Figura 4 - Proximidade do Clube à Baía de Guanabara.....	11
Figura 5 - Carreta de madeira	13
Figura 6 - Carreta sem rodas.....	13
Figura 7 - Modelo de carreta para barco	13
Figura 8. Lancha Focker230.....	14
Figura 9. Esquematização da carreta.....	15
Figura 10. Forças atuantes na carreta.....	17
Figura 11. Vigas com angulação	19
Figura 12. Motor de Popa Yamaha 250HP F250LETX 4 Tempos	19
Figura 13. Balanceamento da viga inclinada.....	20
Figura 14. Vigas de coluna	21
Figura 15 - NBR 8400.....	22
Figura 16. Sistema barra-viga-chapa	23
Figura 17. Dimensionamento da viga de suporte	24
Figura 18. Esforço cortante da viga de suporte.....	24
Figura 19. Momento fletor da viga de suporte	25
Figura 20 - Catálogo CISER.....	29
Figura 21 - Catálogo de porcas CISER	30
Figura 21. Olhal de içamento.....	33
Figura 22. Dimensionamento olhal de içamento	33
Figura 23 - Tabela de soldas para olhal de içamento (instrução retirada do catálogo da empresa RUD)	34

Figura 24. Semi eixo da suspensão (imagem do site da ALKO).....	34
Figura 25. Desenho do semieixo da suspensão (Catálogo da ALKO)	35
Figura 26. Semi eixo posicionado no chassi	36
Figura 27. Cinta catraca para amarração de cargas de 3T com catraca e ganchos – MG Cinto – MULT5303	37
Figura 28. Descrição da cinta catraca para amarração.....	38
Figura 29. Demonstração da amarração da cinta no chassi	38
Figura 30 - Curvas de espectros de potência do vento	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características Lancha Focker 230 fornecidas no catálogo do fabricante	14
Tabela 2 - Fatores de segurança do Manual de Engenharia Civil (Rankine, 1861).....	25
Tabela 3 - Catálogo Vallourec - perfil de seção tubular quadrada	26
Tabela 5 - Pesos dos componentes da carreta	32
Tabela 6 - Características do semieixo da suspensão	35
Tabela 7 - Características pneu Michelin aro15	36
Tabela 8 - NBR 8800 para tamanho mínimo da perna de solda de filete.....	36
Tabela 9 - Parâmetros para Modelagem da Carga do Vento.....	43

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3. METODOLOGIA	14
4. SOLUÇÃO.....	16
4.1 Diagrama de corpo livre	16
4.2 Força do vento	17
4.3 Chassi.....	18
4.3.1 Vigas com ângulo de 19°	19
4.3.2 Vigas verticais de suporte das vigas de 19°	21
4.3.3 Viga de suporte da barra roscada.....	23
4.3.4 Barra roscada	27
4.3.5 Prevenção a oxidação.....	31
4.3.6 Somatório das cargas	32
4.3.7 Ponto de içamento	32
4.4 Suspensão	34
4.5 Solda.....	36
4.6 Cinta	37
5. SIMULAÇÕES NO MATLAB.....	39
5.1 Determinação das forças estáticas devido ao vento	39
5.2 Modelagem não determinística das cargas de vento	41
5.3 Resultados da aplicação da equação (14) correspondente a velocidade do vento	43
5.4 Verificação do equilíbrio do Conjunto submetido às Forças do vento	46
6. CONCLUSÃO	47
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
8. APÊNDICE.....	53
A1. Desenhos	53

Página 1: Chassi para translado de embarcação	53
Página 2: Desenho de conjunto	53
Página 3: Lista de materiais	53
Página 4: Vistas do chassi	53
Página 5: Perfis de aço.....	53
Página 6: Perfis de aço (2).....	53
Página 7: Pé suporte ajustável.....	53
A2. Informações sobre o vento INMET.....	53
Planilha 1: Dados 2017 - Jacarepaguá	53
Planilha 2: Dados 2018 - Jacarepaguá	53
Planilha 3: Dados 2019 – Forte de Copacabana	53
Planilha 4: Dados 2020 – Forte de Copacabana	53
Planilha 5: Dados 2021 – Forte de Copacabana	53

1. INTRODUÇÃO

Como parte do programa do Departamento de Engenharia Mecânica do CEFET-RJ, a disciplina de Projeto Final tem por objetivo de promover o aprendizado dos alunos por meio da solução de problemas reais de Engenharia, integrando os diversos conteúdos das disciplinas cursadas pelo aluno. Dessa maneira, todos alunos de engenharia mecânica, são, em alguma medida, desafiados a resolver, com engenharia, problemas reais.

O obstáculo que desafiou esse projeto é a movimentação e o encalhe de embarcações no late Clube do Rio de Janeiro. Lá, por diversas vezes atuam ventos fortes, principalmente por sua localização estratégica na baía de Guanabara. Quando há esses ventos, é comum acontecer o tombamento de embarcações que se localizam no patamar do clube, ou seja, aquelas que não estão protegidas dos ventos dentro dos hangares, como pode ser observado na Figura 1 e Figura 2. As Figuras 3 e 4 permitem compreender o ambiente em que a carreta é utilizada. Devido a isso, os integrantes do grupo foram desafiados a projetar uma carreta que permita evitar as consequências de perdas financeiras e de tempo, decorrentes de tombamentos, além de oferecer maior estabilidade e mais facilidade de locomoção do veículo.

Pensando nessa área de grande importância para a engenharia, as máquinas de transporte em geral tornam-se essenciais para prover a locomoção de pessoas e cargas para os mais diferentes lugares. A movimentação de cargas é um problema clássico de Engenharia Mecânica por costumar exigir a utilização de motores e um estudo estrutural mais apurado com o intuito de minimizar gastos e viabilizar a movimentação de objetos sem que se exija fisicamente do ser humano além das normas ergonômicas.

Nesse sentido, cabe pontuar, inicialmente, os fatores limitantes do projeto de uma carreta adequada ao problema. É fundamental conhecer o que se quer movimentar, o ambiente em que essa carga deve ser manipulada e onde essa carga será pousada.

Dessa forma, inicialmente foi feita uma Revisão Bibliográfica que pudesse demonstrar projetos já existentes e disponíveis no mercado, indicando suas fragilidades e problemas. Na descrição da Metodologia, é possível verificar os

detalhes iniciais do projeto e as referências propostas para que a carreta pudesse ser desenvolvida para um determinado modelo de lancha. No capítulo da Solução, são propostas pesquisas e análises estruturais e de normas que pudessem tornar o projeto viável para todos os problemas e críticas que foram citadas inicialmente. Posteriormente foram demonstradas todas as simulações numéricas feitas pelo Matlab que pudessem acrescentar ainda mais os cálculos do projeto.



Figura 1. Acidente de tombamento de embarcações devido ao vento

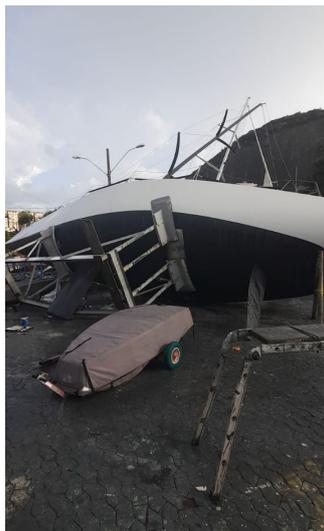


Figura 2. Acidente de tombamento de embarcações devido ao vento



Figura 3 - Foto superior late Clube Rio de Janeiro



Figura 4 - Proximidade do Clube à Baía de Guanabara

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As carretas que são utilizadas atualmente, não são capazes de sustentar os barcos em condições adversas de ventos fortes. A repetição destes fatos foi observada pessoalmente pela integrante deste grupo Marcella Arruda, que trabalhou por alguns anos no Marina late Clube localizado na cidade do Rio de Janeiro, e despertou o interesse do grupo em buscar soluções no mercado de serviços e produtos navais.

Procurando por referências no mercado naval, em bibliografias e na internet, observou-se que não é comum a venda de carretas para lanchas como um produto padronizado para o consumidor. Nota-se que carretas de suporte de lanchas e veleiros são em sua maioria feitos sob medida para embarcações específicas, e por isso é um produto difícil de se encontrar, não havendo desenhos de referência e projetos prontos disponíveis. Dessa forma, optou-se por uma pesquisa com especialistas da área.

As principais carretas para lanchas são fabricadas de madeira, pois é difícil encontrar fabricantes que pensam nos fatores ambientais em que os barcos são colocados à prova quando estão armazenados em ambientes abertos. O primeiro e principal ponto observado nesse projeto foi a construção de uma carreta que pudesse suportar as forças do vento mesmo em tempestades muito fortes. O segundo ponto foi o fato de as carretas serem fabricadas em sua maioria de madeira, e dependendo da madeira e do tratamento por ela recebido, pode por estar exposta ao tempo apresentar uma rápida degradação por conta da maresia. Por isso, optou-se por construir uma carreta com materiais mais resistentes a esforços mecânicos.

As figuras 5, 6 e 7 indicam algumas carretas já existentes, mas que não possuem segurança garantida para os barcos em que suportam. Como pode ser observado, o formato, material e seus recursos não são suficientes para resistir a tempestades mais fortes e muitas vezes até mesmo ao transporte das carretas pelos estabelecimentos em que são armazenados. A grande maioria dos projetos são feitos em materiais mais básicos, leves e baratos como madeira e alumínio, e não possuem braços laterais para evitar o tombamento e suportar os ventos de tempestades.



Figura 5 - Carreta de madeira



Figura 6 - Carreta sem rodas



Figura 7 - Modelo de carreta para barco

3. METODOLOGIA

Decidiu-se adotar a categoria de lancha Focker 230, exemplificado na Figura 8 e com especificações na Tabela 1, como referência para o projeto da carreta. Essa carreta deve suportar a força de arraste dos fortes ventos da região sem que capote ou gire evitando futuros desastres ou acidentes no late Clube do Rio de Janeiro. A solução proposta está apresentada na Figura 9.



Figura 8. Lancha Focker230

Tabela 1 - Características Lancha Focker 230 fornecidas no catálogo do fabricante

Componente	Valor
Comprimento total standard	6,77 m
Comprimento com opcionais	6,92 m
Altura da lancha	3,05 m
Boca	2,45 m
Calado mínimo	0,36 m
Calado máximo	0,54 m
Ângulo V do casco	19°
Massa do barco sem motor	1027 kg
Tanque de combustível em alumínio	140 L
Tanque de água doce	55 L
Material do casco	Fibra de Vidro

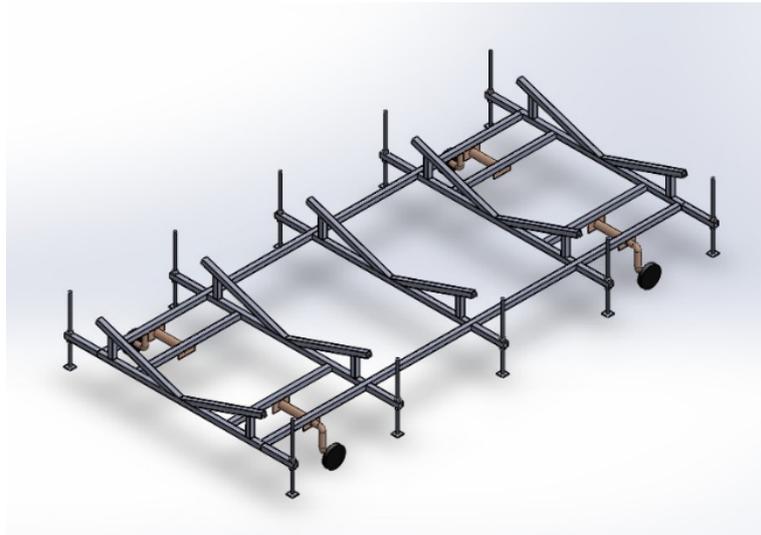


Figura 9. Esquematização da carreta

Pode-se observar a existência de vigas e elementos de apoio para o casco da lancha e, adicionalmente, elementos estruturais que permitem apoiar a carreta no solo, além das rodas usadas para movimentação.

Foram utilizados os softwares Vigas online para o cálculo do carregamento das vigas e os critérios de falha relativos ao uso de material dúctil em regime elástico linear, de acordo com os conceitos de Resistência de Materiais.

A utilização de tais softwares teve como finalidade aprimorar ainda mais os cálculos analíticos feitos nesse projeto usando como base normas como a ABNT 8400 e livros, permitindo além de uma maior agilidade, uma revisão dos conceitos analíticos empregados, sem a utilização de elementos finitos.

Quanto à modelagem de todo dispositivo assim como o desenho individualizado das peças e do conjunto do veículo foi utilizado o software SolidWorks 2017.

4. SOLUÇÃO

Para que fosse possível o projeto de uma carreta que pudesse suportar o carregamento produzido pelo peso do barco e pela força do vento, foram consideradas normas e tratativas que pudessem fornecer informações sobre estes carregamentos para que possa ser realizado o dimensionamento da estrutura da carreta. Foram utilizando também fontes para que se pudesse calcular corretamente a força do vento e o seu comportamento sobre o conjunto.

Como não são encontrados modelos prontos de carretas no mercado, e como não é comum encontrar fabricantes que projetem esse tipo de produto pensando em temporais, tornou-se necessário desenvolver uma metodologia de dimensionamento, mas que vista dos prejuízos apresentados, deve ser vista como de extrema importância.

4.1 Diagrama de corpo livre

Com intuito de direcionar os cálculos, foi feito um diagrama de corpo livre da carreta (Figura 10). Esse diagrama auxiliará o desenvolvimento do raciocínio, calculando primeiramente as forças atuantes nas vigas inclinadas, após encontrar suas reações será feito o cálculo dos esforços na coluna que a sustenta. Com esses resultados, calcular os esforços nas vigas de sustentação da barra roscada, e por fim, demonstrar que as barras roscadas sustentariam o tombamento do conjunto.

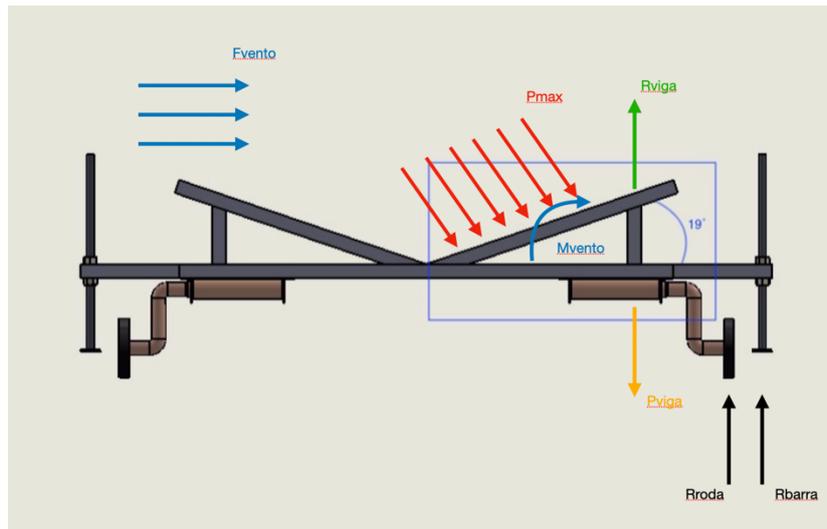


Figura 10. Forças atuantes na carreta

4.2 Força do vento

A estrutura da carreta foi projetada e dimensionada para que fosse capaz de suportar o peso da lancha e os esforços sofridos pela força do vento.

Para o cálculo da força exercida pelo vento, foi utilizada a equação 1 que é a fórmula indicada pela norma NBR 6123:

$$F_{vento} = A \cdot P \cdot C_d \quad (1)$$

Em que:

A : Área da superfície de atuação da força do vento

P : Pressão do vento

C_d : Coeficiente de arrasto

Para o cálculo a pressão do vento, de acordo com a mesma norma, foi utilizada a equação 2:

$$P = 0,613 \cdot V^2 \quad (2)$$

Para fazer a análise de qual rajada de vento utilizar, a princípio foi pesquisada a definição de ventania, que na escala Beaufort é apresentada como no máximo 20,7 m/s. Porém após uma análise mais específica dos últimos 5

anos na localidade do problema em questão, identificou-se dados que comprovam uma realidade diferente.

Na documentação fornecida pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), que consta no apêndice 2, indica que de 2019 a 2021 a maior rajada de vento foi de 30 m/s. Vale ressaltar que no site do Instituto, de 2019 a 2021 encontram-se informações do forte de Copacabana, que tem sua localização bem próxima do late Clube do Rio de Janeiro, local definido para a análise do projeto. Em 2018 e 2017, somente é fornecido dados de Jacarepaguá, com condições muito distintas das buscadas.

Dessa maneira, após a definição de rajada máxima como 30 m/s, acrescentou-se 20% de margem para garantia de eficácia, utilizando então um vento de 36 m/s para os cálculos.

A margem de 20% foi retirada da norma NBR8681, ações e segurança nas estruturas, com variáveis especiais de ação do vento.

No capítulo 5 será analisado, utilizando a ferramenta Matlab a força máxima do vento nessas condições.

4.3 Chassi

Após a análise da força exercida pelo vento, dá-se início ao dimensionamento das vigas do chassi que suportarão o barco. Para a sua construção, foi desenvolvida a estrutura demonstrada na Figura 9.

A sua construção será feita por vigas de aço com perfil quadrado, como as que são fornecidas pela empresa Vallourec. A escolha do aço para a confecção das vigas foi o Aço ASTM A500 Grau D que possui resistência ao escoamento de 250 MPa e resistência à ruptura à tração de 400 MPa. Este material destina-se à aplicação em estruturas soldadas, parafusadas, rebitadas, construção de pontes, edifícios e fins estruturais em geral.

Para o dimensionamento das vigas foi utilizado o site VIGA ONLINE como ferramenta de auxílio em cálculos de esforços.

Adotou-se a seção reta da viga com maior solicitação como padrão para todas as demais visando simplificar o processo de fabricação, por não

comprometer a segurança e por se considerar aceitável o peso total decorrente desta escolha, ao invés de usar vigas mais leves nas demais seções da carreta.

4.3.1 Vigas com ângulo de 19°

Essas vigas serão posicionadas no chassi para serem o apoio direto da lancha. De acordo com as especificações do fabricante, a lancha possui uma angulação em sua base de 19°, portanto essa será a angulação das vigas de suporte, conforme demonstrado na Figura 11.

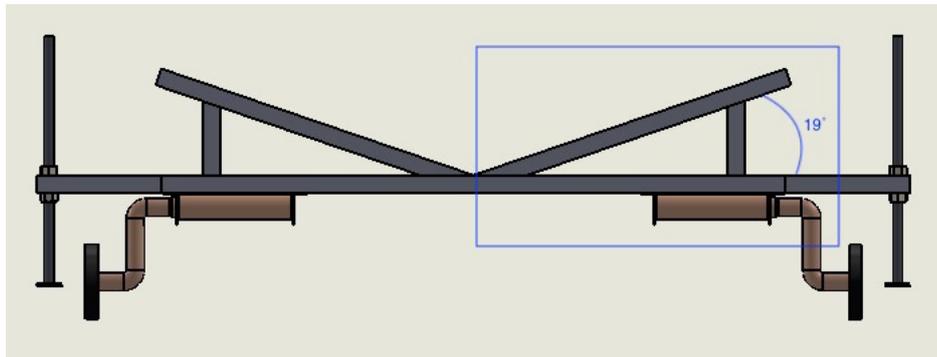


Figura 11. Vigas com angulação

A viga de suporte terá comprimento total de 1,32 m e o carregamento total suportado por essas vigas é a massa do barco especificada pelo fabricante, mais a massa do motor que será utilizado, que de acordo com a empresa, o motor recomendado é o Motor de Popa Yamaha 250HP F250LETX 4 Tempos (Figura 12).



Figura 12. Motor de Popa Yamaha 250HP F250LETX 4 Tempos

Portanto:

Massa do barco = 1027 kg;

Massa do motor = 278 kg;

Massa total = 1305 kg;

Peso total do barco = $1305 \times 9,81 = 12.802,1 \text{ N}$

O peso do barco foi considerado como uma carga distribuída ao longo da viga inclinada. Somado a ele utilizou-se a força máxima encontrada pelos cálculos no matlab demonstrados no capítulo 5, de 42.899,3 N. Força essa que ao ser transferida estaticamente para a viga analisada através da equação 3 e encontrando o balanceamento demonstrado na figura 13, encontra-se uma reação da coluna que apoia essa viga inclinada de 40.292,29 N.

$$M = F \cdot d \cdot \text{sen } 19^\circ \quad (13)$$

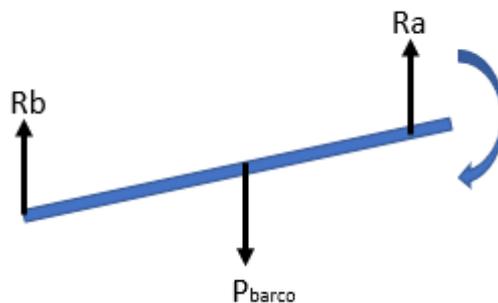


Figura 13. Balanceamento da viga inclinada

Como serão utilizadas 5 vigas para a distribuição dessa carga total na iminência do tombamento, divide-se essa carga pelo número de vigas. Assim, o esforço total suportado por cada viga é de 8.058,45 N. Foi demonstrado na Figura 10 que essa viga terá um apoio de uma outra viga vertical que irá aliviar o esforço sofrido pela viga superior.

4.3.2 Vigas verticais de suporte das vigas de 19°

As vigas verticais de apoio serão um reforço para as vigas superiores que suportarão diretamente toda a carga do barco e o seu motor. Para o seu dimensionamento, foi necessário calcular a carga máxima suportada pela viga para que ela não sofra flambagem.

Para seu comprimento total, utilizamos 0,30 m. Assim, por meio da tangente do ângulo de 19°, foi encontrado que essa viga vertical estará a uma distância de 0,87 m do centro do chassi, tendo assim o comprimento de 0,92 m.

As vigas da coluna, de 0,30 m de comprimento (Figura 14) que por estar submetida a uma força normal de 8.058,45 N terá a necessidade de ser analisada sua capacidade de não sofrer flambagem. Para a análise por flambagem será adotado um modelo de coluna biengastada, conforme se pode observar na Figura 15 (NBR 8400 sobre os cálculos de equipamento para levantamento e movimentação de cargas).



Figura 14. Vigas de coluna

Tipo de fixação (a forma flambada é mostrada pela linha tracejada)						
Valor teórico de K	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Valor de projeto de K	0,65	0,80	1,2	1,0	2,1	2,0
Representação esquemática das condições de extremidade		Sem rotação e sem translação				
		Com rotação e sem translação				
		Sem rotação e com translação				
		Com rotação e com translação				

Figura 15 - NBR 8400

Devido a isso, segundo a mesma a força crítica de flambagem, considerando o momento de inércia da viga, o comprimento de flambagem e o módulo de elasticidade de 200 GPa para a viga, conforme a Equação 5:

$$F_{CR} = \frac{\pi^2 * E * I}{K * L^2} \quad (5)$$

E (módulo de elasticidade) = 200 GPa

I (momento de inércia) = $5060 \cdot 10^{-9} m^4$

L (comprimento da viga) = 0,3 m

K = 0,5

Utilizando como referência a viga de 110 mm X 110 mm e de espessura de 8,0 m foi calculado o valor de $F_{cr} = 221.731,45$ N. Portanto, a viga não sofrerá flambagem pois o esforço compressivo será menor que o esforço máximo suportado pela viga.

4.3.3 Viga de suporte da barra roscada

Como abordado anteriormente, foi acionado um reforço do chassi, de forma a evitar a rotação proporcionada pela força do vento, foi empregado uma viga horizontal que ficará para fora da estrutura do chassi. Essa viga terá dois furos em sua estrutura para que seja possível colocar uma barra roscada com comprimento de 1,0 m junto com duas porcas (uma na face superior da viga e outra na face inferior), e nessa barra roscada estará soldada uma chapa quadrada com espessura 10 mm e dimensões de 100 mm X 100 mm, como pode ser observado na Figura 16. Os dimensionamentos da barra roscada, porcas e chapa serão abordados na secção 4.3.4

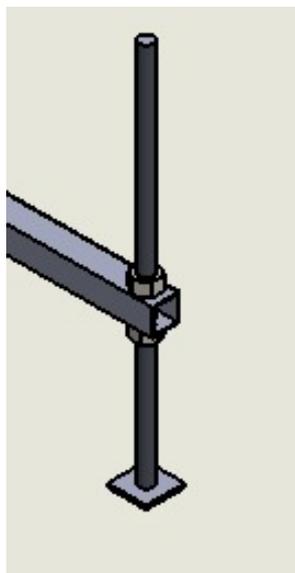


Figura 16. Sistema barra-viga-chapa

A viga de suporte terá comprimento total de 0,5 m e o furo estará a uma distância de 0,05 m de seu centro até a borda da viga. Para analisarmos o peso total suportado por essa viga, foi considerado como se o barco estivesse na iminência de tombar quando estivesse sofrendo a força do vento. Considerou-se para essa viga a reação encontrada na coluna de apoio a viga inclinada. Adotou-se então um total de 8.058,45 N sobre cada uma dessas vigas. O modelo adotado pode ser observado na Figura 17.



Figura 17. Dimensionamento da viga de suporte

Assim, alcança-se os diagramas de esforço cortante (Figura 18) e de momento fletor (Figura 19), e dessa maneira, encontrar as reações.

$$R1 = 8.058,45 \text{ N}$$

$$M2 = 3.626,30 \text{ Nm (reação do momento no ponto 0 m).}$$

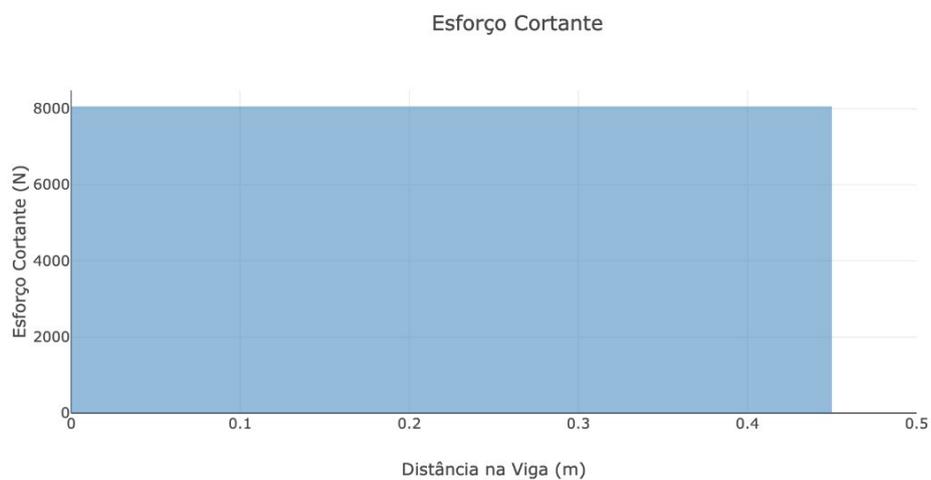


Figura 18. Esforço cortante da viga de suporte

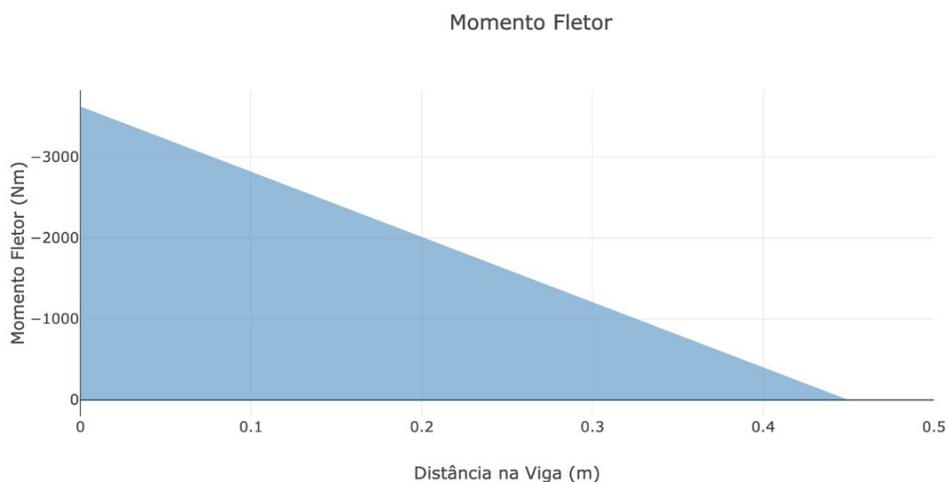


Figura 19. Momento fletor da viga de suporte

$$M(x) = 8058,45x - 3626,3 \text{ Nm}$$

Por meio da função do momento fletor, conclui-se que o ponto onde o momento é máximo, está localizado em 0 m (no início da viga), cujo momento é de $M_{\text{máx}} = 3.626,30 \text{ N.m}$.

Neste estudo foi levado em consideração um coeficiente de segurança de 6, por serem cargas impostas subitamente segundo a Tabela 2:

Tabela 2 - Fatores de segurança do Manual de Engenharia Civil (Rankine, 1861)

Condição do material	Cargas impostas lentamente	Cargas impostas subitamente
Materiais perfeitos e manufaturados	2	4
Materiais comuns bom e manufaturados:		
Metal (ferro)	3	6
Madeira	4 a 5	8 a 10
Alvenaria	4	8

Para se calcular o Módulo de Resistência Elástico para o dimensionamento das vigas, utilizou-se as equações 3 e 4 fornecidas no livro HIBBELER, R. C. Resistência dos materiais:

$$W_x = \frac{M_{máx}}{\sigma_{med}} \quad (3)$$

$$\sigma_{med} = \frac{\sigma_e}{k} \quad (4)$$

$$\sigma_{med} = 250/6$$

$$\sigma_{med} = 41,6 \text{ MPa}$$

$$W_x = 3626,30 / 41,6$$

$$W_x = 87,17 \text{ cm}^3$$

Foi escolhido o perfil de seção tubular quadrada para a confecção das vigas, visto uma maior facilidade de soldagem

Utilizando o catálogo da Vallourec (Tabela 3) para a escolha da viga, foi demonstrado nos cálculos anteriores feitos pelas equações 3 e 4 que para o Módulo de resistência Elástico calculado ($W_x = 77,13$), será necessário um perfil com dimensão externa de 110 mm X 110 mm e espessura da parede de 8,0 mm.

Tabela 3 - Catálogo Vallourec - perfil de seção tubular quadrada

Dimensões Externas	Espessura de parede	Massa por Unidade de Comp.	Módulo de Resistência Elástico
b x b (mm)	t (mm)	M (kg/m)	$W_x = W_y$ (cm³)
110 x 110	8,0	24,6	91,9

4.3.4 Barra roscada

A barra roscada foi incluída nesse projeto pois o objetivo dela é de possuir altura regulada, pois ao movimentar a carreta, o suporte não pode estar apoiado no chão, pois isso impediria a carreta de se movimentar, e quando ela estiver estacionada, a barra roscada precisa estar posicionada em uma altura que seja suficiente para apoiar a carreta no chão, portanto utilizaremos o comprimento total dela de 1,0 m. O objetivo de fazê-la ajustável também se dá para diferentes superfícies em que a carreta estará estacionada, portanto, ela pode estar posicionada também quando estiver em uma superfície irregular.

Para seu dimensionamento, foi necessário analisar tanto o aspecto de sua rosca quanto da flambagem na qual ela estará sujeita. Como fabricante dos parafusos, foi escolhido a empresa Ciser para a utilização dos catálogos. A barra escolhida foi a M36 de Inox 304, que apresenta uma tensão de escoamento de 234 MPa e possuem grande resistência à tração, corrosão e oxidação, e por se tratar de uma carreta que ficará exposta a água salgada optamos por modificar o material, pelo aço inox, que possui um melhor desempenho no quesito oxidação.

A força exercida em cada parafuso é a força total dividido por 5, como será demonstrado no capítulo 5, no esforço máximo e na maior altura, o ponto crítico do evento em questão, temos uma carga máxima de 42.899,3 N, esta deve ser deslocada para a altura da barra roscada com o intuito de fazer uma análise estática do equilíbrio e da utilização das barras roscadas, encontrando o valor final de 128.697,9 N. Este deve ser dividido por 5, pois é o número de barras que estarão no chassi que sofrerão os esforços em caso de haver a eminência de tombamento.

Dessa forma, cada barra deve resistir a uma carga de 25.739,58 N, primeiramente será calculado o diâmetro mínimo para que a barra não sofra flambagem através da equação 6:

$$F_{CR} = \frac{\pi^2 * E * I}{K * L^2} \quad (6)$$

E (módulo de elasticidade) = 193 GPa

$$I \text{ (momento de inércia)} = \frac{1}{4} \pi r^4$$

$$L \text{ (comprimento da viga)} = 1 \text{ m}$$

$$K = 2$$

$$25.739,58 = \frac{\pi^2 * 193.10^9 * I}{2 * 1^2}$$

$$I = 27,05 * 10^{-9}$$

$$\frac{\pi \cdot r^4}{4} = 27,05 \cdot 10^{-9}$$

$$r^4 = 34,5 \cdot 10^{-9}$$

$$r = 0,01282 \text{ m}$$

$$r = 12,82 \text{ mm}$$

$$d = 25,64 \text{ mm}$$

Através desses cálculos, encontra-se um diâmetro mínimo de 25,64 mm necessário para a barra não flambar, deve-se adicionar uma margem de 20% do considerável de acordo com a norma ABNT NBR 8681. Consultando o catálogo da Ciser (Figura 20), para estar de acordo com os diâmetros fornecidos pela empresa e de acordo com as normas DIN 961 e ISO 965 que são fabricadas por esse fornecedor, opta-se por utilizar 36 mm de diâmetro da barra roscada.

Inox 304 - Barra roscada em metro

Acero inoxidable 304 (A2) - Varilla roscada en metro

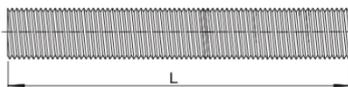
304 (A2) stainless steel - Threaded rod in meter

**BA RO INOX 304**

Rosca DIN 13 (ISO 965) - 6g
 Material: Aço inox AISI 304
 Observação: Austenítico, não magnético e não temperável

Rosca DIN 13 (ISO 965) - 6g
 Material: Acero inoxidable AISI 304
 Observación: Austenítico, no magnético y no endurecer

Thread DIN 13 (ISO 965) - 6g
 Material: Stainless steel AISI 304
 Observation: Austenitic, non-magnetic and cannot be hardened



Linha / Línea / Line

MA: 236 - 1 m**MA: 295 - 3 m**

Dimensões / Dimensiones / Dimensions						
Dimensão nominal Dimensión nominal Nominal size	Paso / Paso / Pitch	kg/m	Referência / Referencia / Reference			
			L Comprimento / Longitud / Length			
			1 m		3 m	
3	0,5	0,05	101	00	30	
4	0,7	0,08	151	00	30	
5	0,8	0,12	201	00	1	
6	1	0,17	251	00	1	251 00 20
8	1,25	0,31	351	00	1	351 00 20
10	1,5	0,49	401	00	1	401 00 10
12	1,75	0,71	451	00	1	451 00 10
14	2	0,97	501	00	1	
16	2	1,3	551	00	1	551 00 5
18	2,5	1,61	601	00	5	
20	2,5	2,05	651	00	1	651 00 5
22	2,5	2,05	701	00	5	
24	3	2,94	751	00	1	751 00 5
27	3	3,88	801	00	2	
30	3,5	4,74	851	00	2	
33	3,5	5,84	901	00	2	
36	4	6,91	951	00	2	

Figura 20 - Catálogo CISER

Usa-se então o raio de 0,018 metros para calcular a tensão na barra, através da equação 7, esta deve ser menor que a tensão de escoamento de 234 MPa

$$\sigma_{adm} = \frac{F}{A} \quad (7)$$

Onde:

F = 26.748,9 N (Força sobre cada barra)

A = Área = $\pi r^2 = 0,0010174$

$$\sigma_{adm} = \frac{26748,9}{0,0010174}$$

$$\sigma_{adm} = 26,29 \text{ MPa}$$

Para uma maior segurança utilizaremos duas porcas para fixar a barra na viga. As porcas necessárias estão demonstradas na Figura 21 que é fornecida pela mesma fabricante, em que:

Diâmetro de rosca = 36 mm

Passo = 4 mm

Inox 304 - Porca sextavada
Acero inoxidable 304 (A2) - Tuerca hexagonal
 304 (A2) stainless steel - Hex nut

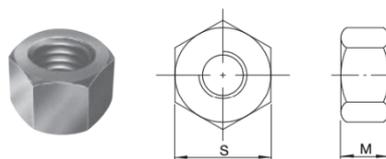


PO SX INOX 304

Dimensões: DIN 934
 Rosca: DIN 13 (ISO 965) - 6H
 Material: Aço inox AISI 304
 Observação: Austenítico, não magnético e não temperável

Dimensiones: DIN 934
 Rosca: DIN 13 (ISO 965) - 6H
 Material: Acero inoxidable AISI 304
 Observación: Austenítico, no magnético y no endurecer

Dimensions: DIN 934
 Thread: DIN 13 (ISO 965) - 6H
 Material: Stainless steel AISI 304
 Observation: Austenitic, non-magnetic and cannot be hardened



Linha / Línea / Line
MA: 615

Dimensões / Dimensiones / Dimensions				
Dimensão nominal Dimensión nominal Nominal size	Paso / Paso / Pitch	S	M	Referência Referencia Reference
		Chave / Entre caras / Across flat	Altura mínima / Minimum height	
1,6	0,35	3,2	1,05	985 00 1
2	0,4	4	1,35	001 00 1
2,5	0,45	5	1,75	052 00 0,2
3	0,5	5,5	2,15	103 00 1
4	0,7	7	2,9	155 00 1
5	0,8	8	3,7	206 00 1
6	1	10	4,7	257 00 1
8	1,25	13	6,14	359 00 1
10	1,5	17	7,64	411 00 1
12	1,75	19	9,64	463 00 0,5
14	2	22	10,3	515 00 0,5
16	2	24	12,3	566 00 0,5
18	2,5	27	14,3	617 00 0,2
20	2,5	30	14,9	668 00 0,2
22	2,5	32	16,9	719 00 0,2
24	3	36	17,7	770 00 0,2
27	3	41	20,7	823 00 0,2
30	3,5	46	22,7	874 00 0,2
33	3,5	50	24,7	925 00 0,2
36	4	55	27,4	976 00 0,1

Figura 21 - Catálogo de porcas CISER

4.3.5 Prevenção a oxidação

Em relação a oxidação do material, toda embarcação, ao sair do mar e ser içada por um equipamento denominado Travel Lift ou por um guindaste, passa por um tratamento de água doce para evitar a degradação pelo sal. Assim, as áreas de maior contato com a lancha não são contaminadas, diferente das barras roscadas que estão no solo diretamente, ficando mais expostas a água salgada do ambiente de marina.

Porém, mesmo com esta prevenção, por estar perto do mar, toda estrutura fica exposta a oxidação por existir uma névoa salina que agride as peças metálicas. Sendo assim, o chassi será coberto com uma pintura industrial, que é uma das técnicas anticorrosivas mais utilizadas no mercado, principalmente quando falamos na proteção do aço. Além disso, a maioria dos revestimentos feitos por pintura industrial são compostos por um esquema que envolve três camadas de tintas: tinta de fundo, tinta intermediária e tinta de acabamento, garantindo assim uma proteção reforçada ao material

Para fins de proteção anticorrosiva de estruturas metálicas ou de equipamentos, um esquema de pintura é composto, na maioria dos casos, por três tipos de tinta: Tinta de fundo ou primária (“primer”), responsáveis pela aderência dos esquemas de pintura, tinta intermediária, com o objetivo de melhorar as características de proteção por barreira dele, e tinta de acabamento, que têm a função de conferir a resistência química ao revestimento. É importante ressaltar que nem sempre é necessária a presença da tinta intermediária. Em alguns casos, dependendo de especificação do esquema de pintura, ela pode ser substituída por uma demão adicional de tinta de fundo ou da tinta de acabamento. No caso deste estudo, não será utilizado tinta intermediária, e sim será aplicado o primer duas vezes.

A tinta utilizada será da marca Sherwin-Williams, Primer Epóxi 3:1 Branco 9506 por ser uma tinta já reconhecida pelo mercado como uma boa referência para os objetivos desejados.

4.3.6 Somatório das cargas

A tabela 5 apresenta a massa de cada componente da carreta, somando a massa de todas as peças da carreta, o barco e o motor, chega-se a uma massa total de 1.393Kg.

Tabela 4 - Pesos dos componentes da carreta

Componente	Quantidade	Comprimento	Dimensão	Espessura	Massa/comp	Massa (kg)
Viga maior	2	6,36	0,11	0,008	22,3	283,66
Vigas grandes meio	3	2,28	0,11	0,008	22,3	152,53
Vigas grandes ponta	3	2,5	0,11	0,008	22,3	167,25
Vigas braço	10	0,5	0,11	0,008	22,3	111,50
Vigas 19g	10	1,32	0,11	0,008	22,3	294,36
Vigas verticais	10	0,3	0,11	0,008	22,3	66,90
Vigas suspensão	4	1,5075	0,11	0,008	22,3	134,47
Barras roscadas	10	1	0,0119		0,08	0,80
Suspensão	4				37	148,00
Pneus	4				8,456	33,82

4.3.7 Ponto de içamento

Com o intuito de rebocar a carreta, ou seja, quando se desejar locomover a carreta de um lugar a outro, há um olhal na frente da carreta que é soldado a ela. Este olhal permite que a carreta seja transportada por um trator ou acoplada a um carro. O olhal escolhido é da marca RUD (grupo alemão que apresenta soluções em correntes e componentes) e ele permite transportar cargas de até 3 toneladas. O olhal especificado é mostrado na Figura 21, e suas características e dimensões são mostrados na Figura 22.



Figura 22. Olhal de içamento

VRBS FIX // Olhal Soldável		Dimensões (mm)							Peso (kg) aprox.
Descrição	Carga de trab. (t)	T	A	B	C	D	E	F	
VRBS FIX 4t	4	74	60	14	39	48	132	69	0,94
VRBS FIX 6,7t	6,7	97	88	20	50	60	167	91	2,2
VRBS FIX 10t	10	108	100	22	60	65	191	100	3,7
VRBS FIX 16t	16	140	130	30	72	90	267	134	8,2
VRBS FIX 31,5t	31,5	202	160	42	99	130	366	195	18,36
VRBS 50t	50	330	246	70	148	230	596	335	64,86
VRBS 100t	100	390	320	97	195	250	763	392	148,2

Figura 23. Dimensionamento olhal de içamento

A Figura 23 apresenta as instruções para a soldagem dos olhais na estrutura da carreta.

INSTRUÇÕES PARA SOLDAGEM DOS OLHAIS

1. A solda deve ser executada por soldador qualificado.
2. O local onde o olhal será soldado deve resistir à carga aplicada.
3. Iniciar a solda pela parte central da base forjada.
4. A alça dos olhais não podem receber solda, pois são temperadas e revenidas.
5. O processo de solda não deve ser interrompido por um tempo que possibilite a redução da temperatura do bloco de solda.
6. Veja a especificação de solda de cada modelo na pág. 18.
7. Os pontos distanciadores das bases forjadas oferecem o espaço correto para uma solda ideal.
8. Os olhais podem passar por alívio de tensões há uma temperatura $\leq 600^{\circ}\text{C}$ (sem carga aplicada), este procedimento não diminui a resistência mecânica.
9. Para a soldagem deve-se elaborar uma EPS por profissional habilitado.

Procedimento de Solda + Materiais de Adição

	Aço baixo carbono Aço baixa liga
MIG/MAG GMAW	AWS: A 5.18 ER 70 S-6
Eletrodo Revestido SMAW	AWS: A 5.5 E 8018-G - E 7018
TIG GTAW	AWS: A 5.18 ER 70 S-6

Figura 24 - Tabela de soldas para olhal de içamento (instrução retirada do catálogo da empresa RUD)

4.4 Suspensão

Para a suspensão da carreta escolheu-se um modelo de suspensão com semieixo da marca ALKO. Sua imagem pode ser vista na Figura 24 e seu desenho com as devidas dimensões na Figura 25. Assim pode-se garantir que para a largura de 2,5 m da carreta projetada, será usado um eixo que sustentará 1.000 kg por um eixo mostrado na Tabela 6.

Um ponto importante a ressaltar é a distância entre os suportes do chassi, que neste projeto é de 450 mm. Esta informação encontra-se nos desenhos apresentados no Apêndice 1.



Figura 25. Semi eixo da suspensão (imagem do site da ALKO)

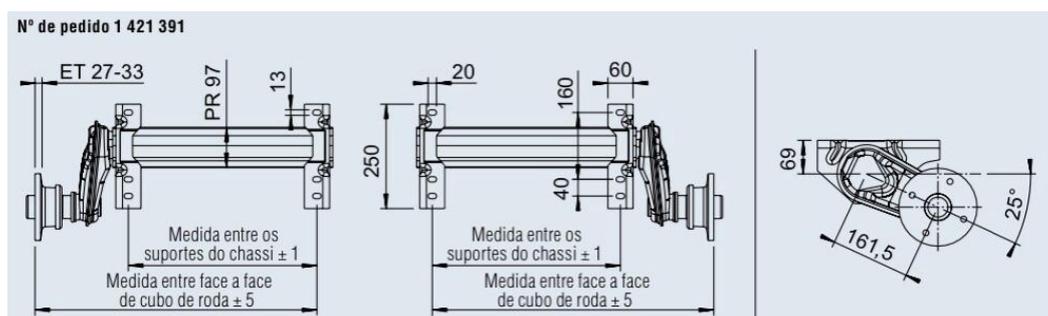


Figura 26. Desenho do semieixo da suspensão (Catálogo da ALKO)

Tabela 5 - Características do semieixo da suspensão

Carga de eixo por par (kg)	Tipo	Conexão de roda	Medidas de suportes do chassi (mm)	Medidas	
				entre face a face de cubo de roda (mm)	Massa (kg)
750	750-5	112x5	703	913	33
1000	1000-3	100x4	450	673	37

Na carreta serão utilizados 4 semieixos alinhados dois a dois nas extremidades do chassi (Figura 26) e quatro pneus Michelin (195/60 R15 88V TL ENERGY XM2+ ST) de aro 15 em cada cubo de roda (tabela 7). Para evitar o movimento da carreta quando estacionada, será utilizado o sistema que é feito hoje nas outras carretas, que é o de introduzir um calço nas rodas. A velocidade de movimentação da carreta é de no máximo 10 km/h (velocidade máxima permitida dentro da marina pelos tratores), além da baixa distância deslocada.

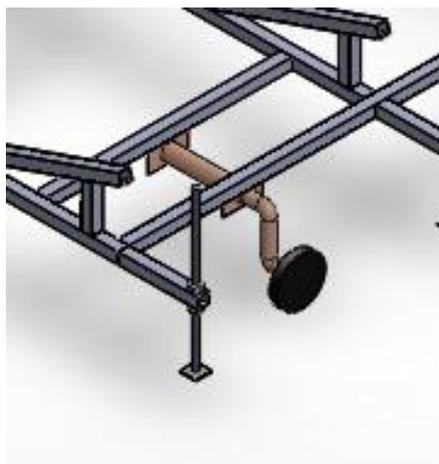


Figura 27. Semi eixo posicionado no chassi

Tabela 6 - Características pneu Michelin aro15

Largura	Série	Série	Índice de carga	Índice de Velocidade
750	750-5	112x5	703	913
1000	1000-3	100x4	450	673

4.5 Solda

Para o dimensionamento das soldas, foi utilizado a norma NBR 8800 que especifica o tamanho mínimo da perna de filete de contorno, que é o tipo de solda que será utilizada para todas as soldas das vigas e da chapa, além da soldagem entre o semieixo e o chassi. A Tabela 8 especifica o tamanho mínimo da perna de solda adequado para uma determinada espessura. Neste projeto será usado um filete de 5 mm tanto para as uniões das vigas quanto para a união da barra roscada com a chapa de aço.

Tabela 7 - NBR 8800 para tamanho mínimo da perna de solda de filete

Menor espessura do metal-base na junta (mm)	Tamanho mínimo de perna da solda de filete (mm)
Abaixo de 6,35 e até 6,35	3
Acima de 6,35 até 12,5	5

Acima de 12,5 até 19	6
Acima de 19	8

4.6 Cinta

Serão inseridas duas cintas nas extremidades da lancha e elas terão dois objetivos, o primeiro é evitar a trepidação caso a carreta passe por algum buraco, o segundo é devido a uma ocorrência bastante citada pelos proprietários das embarcações que sofreram algum dano devido ao vento, que é quando além da carreta cair, a lancha gira, e muitas vezes pode virar de cabeça para baixo. O segundo objetivo visa proteger contra esse tipo de situação, já que a cinta prenderá a embarcação à carreta.

O modelo de cinta escolhido é a cinta catraca para amarração de cargas de até 3 toneladas (Figura 27), e suas características podem ser encontradas na Figura 28. As cintas serão presas ao chassi do veículo como demonstrado na Figura 29 e darão uma volta na embarcação, assegurando sua segurança.



Figura 28. Cinta catraca para amarração de cargas de 3T com catraca e ganchos – MG Cinto – MULT5303

Descrição do Produto

Cinta de amarração é indicada para uso em transporte de cargas, motocicletas, barcos de pequeno porte, cilindros de gases e equipamentos em geral. Fabricada em poliéster, possui 01 catraca e 02 ganchos. Conta com capacidade de carga de até 3.000kgf.

- Características:

- :: Conjunto com 1 catraca e 2 ganchos
- :: Fabricada em poliéster
- :: Largura: 50mm
- :: Carga de trabalho (amarração): 3.000kgf
- :: Comprimento: 9 metros
- :: Fator de segurança: 2:1

- Garantia: 1 ano

- Marca: **MG CINTO**

Ref.: MG CINTO-MULT5303

Marca.: **MG CINTO**

Figura 29. Descrição da cinta catraca para amarração



Figura 30. Demonstração da amarração da cinta no chassi

5. SIMULAÇÕES NO MATLAB

Com o objetivo de analisar os cálculos estruturais anteriores, foram feitas simulações no software Matlab a fim de simular as forças dinâmicas na carreta.

Os testes apresentados a seguir consideram a carreta sem os braços laterais que ajudam a suportar a força do vento, justamente para se comparar o comportamento do sistema com e sem os braços. Através dos resultados obtidos nesses testes, observa-se que a carreta sem os braços não suporta o barco e a força do vento analisada, fato que se constata na prática, atualmente. Quando a carreta é analisada com o apoio dos braços, como mostrado anteriormente, consegue suportar todas as forças e não ocorre o tombamento do conjunto.

5.1 Determinação das forças estáticas devido ao vento

A determinação da força estática devido ao vento pode ser determinada pela equação 10 indicada pela norma NBR 6123:

$$F_a = C_a \cdot P_e \cdot A_e \quad (10)$$

Onde

A_e – Área frontal efetiva sobre a qual o vento incide

P_e – Pressão dinâmica do vento

C_a - coeficiente de arrasto

O coeficiente de arrasto (C_a) utilizado na Equação (10), é aplicável a corpos de seção constante ou fracamente variável. Para vento incidindo perpendicularmente a cada uma das superfícies do conjunto Lancha + Carreta. A área frontal de incidência do vento será considerada retangular. O vento é considerado vento de alta turbulência e o valor de h é definido pela altura de incidência do vento no conjunto.

A pressão dinâmica do vento P_e é calculada através da Equação 11, conforme apresentado a seguir:

$$P_e = 0,613 \cdot V^2 \quad (11)$$

Onde V_0 é a velocidade característica do vento. Essa velocidade é variável, em função da altura em relação à superfície do terreno, aumentando de valor conforme a aproximação do topo do conjunto Lancha + Carreta. A expressão da equação 12 que define $V(z)$ é:

$$V(z) = V_0 S_1 S_2 S_3 \quad (12)$$

Onde:

S_1 - Fator topográfico

S_2 - Rugosidade do terreno, dimensões do conjunto Lancha + carreta e altura sobre o terreno

S_3 - Fator estatístico

V_0 – Velocidade básica do vento m/s

O Fator topográfico S_1 para terrenos planos será considerado 1.

O Fator S_2 que representa a rugosidade do terreno, dimensões do conjunto Lancha + carreta e altura do terreno é dado pela equação 13:

$$S_2 = b \cdot F_r \left(\frac{z}{4,05} \right)^p \quad (13)$$

Onde:

b : parâmetro meteorológico

F_r : fator de rajada

p : expoente da lei potencial de variação de S_2

z : cota do conjunto Lancha + Carreta

Os três parâmetros usados na Equação (13) são obtidos após classificação do terreno quanto à rugosidade e de acordo com as dimensões do Conjunto Lancha + Carreta. O parâmetro F_r representa uma rajada de 3 segundos.

O fator S_3 é baseado em conceitos estatísticos e considera o grau de segurança requerido, considerado nesse projeto igual a um. A velocidade básica V_0 é a velocidade do vento que apresenta um período de recorrência médio de 50 anos.

5.2 Modelagem não determinística das cargas de vento

A velocidade do vento pode ser expressa como sendo uma função temporal $[V_T(t)]$, formada por uma parcela média $[V(z)]$, obtida por meio de expressões matemáticas da norma brasileira de vento NBR 6123 (1988) e uma parcela flutuante $[V(t)]$, conforme apresentado na Equação 14.

$$V_T(t) = V(z) + V(t) \quad (14)$$

Deste modo, a componente flutuante da velocidade do vento $[V(t)]$ pode ser representada com base no emprego de uma única função harmônica, dada pela Equação 15, onde V_0 representa a velocidade básica do vento em m/s e f representa a frequência em Hz.

$$V(t) = V_0 \cos(2\pi ft) \quad (15)$$

A formulação pode ser obtida pela superposição de ondas harmônicas do modelo de Shinozuka e Jan (1972), de acordo com as Equações 16 e 17, onde n corresponde ao número de divisões do espectro de potência utilizado na análise, S_v é a densidade espectral, f_i representa a frequência em Hz, Δf incremento da frequência em Hz e θ_i o ângulo de fase aleatório definido no intervalo de 0 a 2π .

$$V(t) = \sum_{i=1}^n a_i \cos(2\pi f_i t + \theta_i) \quad (16)$$

$$a_i = \sqrt{2 \cdot S^v(f_i) \Delta f} \quad (17)$$

Neste trabalho é adotado o espectro de potência de vento proposto por Kaimal, que considera a influência da altura da estrutura em sua formulação. Em seguida, a Figura 30 mostra as curvas de espectros de potência do vento de vários autores.

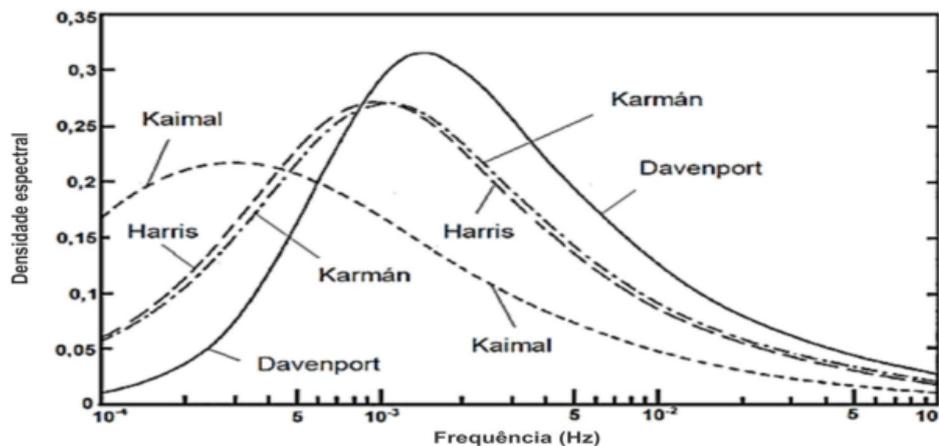


Figura 31 - Curvas de espectros de potência do vento

O espectro de potência de Kaimal (Blessmann, 2013) é dado pelas Equações 18 e 19, onde f é a frequência em Hz, S_v corresponde à densidade espectral da componente longitudinal da turbulência na frequência (f), X é a frequência adimensional, u é a velocidade de fricção, V_0 representa a velocidade básica do vento, z corresponde da altura da estrutura.

$$\frac{f S^V(f, z)}{u} = \frac{200X}{(1 + 50X)^{5/3}} \quad (18)$$

$$X(f, z) = \frac{fz}{V} \quad (19)$$

A velocidade de fricção (u) associada aos espectros de potência, dada em m/s, é determinada pela Equação (20), onde k representa a equação de Kármán igual a 0,4 e z_0 refere-se à rugosidade.

$$u = \frac{k \cdot V(z)}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad (20)$$

Os parâmetros para o cálculo das velocidades $V_{(z)}$ e $V_{(t)}$ estão contidos na Tabela 9.

Tabela 8 - Parâmetros para Modelagem da Carga do Vento

Componente	Valor
Velocidade Básica do Vento	20,7 m/s
Fator Topográfico (S1)	1,0
Fator Estatístico (S3)	1,0
Fator (S2)	Calculado de acordo com a variação do Conjunto Lancha + Carreta
Fator Fr	1,31
Coefficiente Exponencial (p)	0,31
Parâmetro Meteorológico (b)	0,50
Coefficiente de Rugosidade (zref)	0,1 m
Coefficiente de Arrasto 90°	1,31
Faixa de Frequência	0,01 a 6,18 Hz
Incremento de Frequência	0,077 Hz
Incremento de Tempo	10s
Tempo Total	420 s (7 minutos)
Conjunto Lancha Focker 230 + Carreta	Comprimento = 6,77 m Altura = 3,05 m

5.3 Resultados da aplicação da equação (14) correspondente a velocidade do vento

A Figura 31 mostra os resultados obtidos através da utilização dos parâmetros da Tabela 9, para altura de 4,0 m do Conjunto Lancha + Carreta. Somente esse ponto foi apresentado pois é nessa altura em que ocorre a maior probabilidade de haver tombamento, por apresentar a força máxima que o vento implica sobre o conjunto.

Parâmetros Variáveis		Modelagem Determinística		Propriedades de Modelagem da Carga não Determinística do Vento						Valores Totais		
z	t	S2	V(z)	u	X	SV	ai	V(t)	VT	q	F(N)	F(kN)
4,0	20,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42
4,0	30,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,2	41,4	1050,1	37252,4	37
4,0	40,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,9	40,7	1014,2	35977,5	36
4,0	50,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	0,0	42,5	1109,6	39362,3	39
4,0	60,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,9	44,4	1209,3	42899,3	43
4,0	70,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42
4,0	80,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,2	41,4	1050,1	37252,4	37
4,0	90,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,9	40,7	1014,2	35977,5	36
4,0	100,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	0,0	42,5	1109,6	39362,3	39
4,0	110,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,9	44,4	1209,3	42899,3	43
4,0	120,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42
4,0	130,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,2	41,4	1050,1	37252,4	37
4,0	140,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,9	40,7	1014,2	35977,5	36
4,0	150,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	0,0	42,5	1109,6	39362,3	39
4,0	160,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,9	44,4	1209,3	42899,3	43
4,0	170,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42
4,0	180,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,2	41,4	1050,1	37252,4	37
4,0	190,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,9	40,7	1014,2	35977,5	36
4,0	200,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	0,0	42,5	1109,6	39362,3	39
4,0	210,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,9	44,4	1209,3	42899,3	43
4,0	220,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42
4,0	230,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,2	41,4	1050,1	37252,4	37
4,0	240,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,9	40,7	1014,2	35977,5	36
4,0	250,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	0,0	42,5	1109,6	39362,3	39
4,0	260,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,9	44,4	1209,3	42899,3	43
4,0	270,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42
4,0	280,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,2	41,4	1050,1	37252,4	37
4,0	290,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,9	40,7	1014,2	35977,5	36
4,0	300,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	0,0	42,5	1109,6	39362,3	39
4,0	310,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,9	44,4	1209,3	42899,3	43
4,0	320,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42
4,0	330,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,2	41,4	1050,1	37252,4	37
4,0	340,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,9	40,7	1014,2	35977,5	36
4,0	350,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	0,0	42,5	1109,6	39362,3	39
4,0	360,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,9	44,4	1209,3	42899,3	43
4,0	370,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42
4,0	380,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,2	41,4	1050,1	37252,4	37
4,0	390,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	-1,9	40,7	1014,2	35977,5	36
4,0	400,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	0,0	42,5	1109,6	39362,3	39
4,0	410,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,9	44,4	1209,3	42899,3	43
4,0	420,0	2,1	42,5	62,8	0,6	4,1	2,0	1,2	43,7	1170,7	41530,4	42

Figura 31 - Valores da velocidade do vento $VT(m/s)$ e $F(kN)$ para altura de 4,0 m do conjunto Lancha + Carreta

Com o intuito que demonstrar o caso mais crítico da ação do vento, as Figuras 32 e 33 foram plotados para apresentar os resultados obtidos através da utilização dos parâmetros valores obtidos na Figura 31, para altura de 4,0 m do Conjunto Lancha + Carreta.

Nele encontra-se a força máxima de 42.899,3 N, nos mesmos segundos que havia para as outras alturas analisadas nesse estudo.

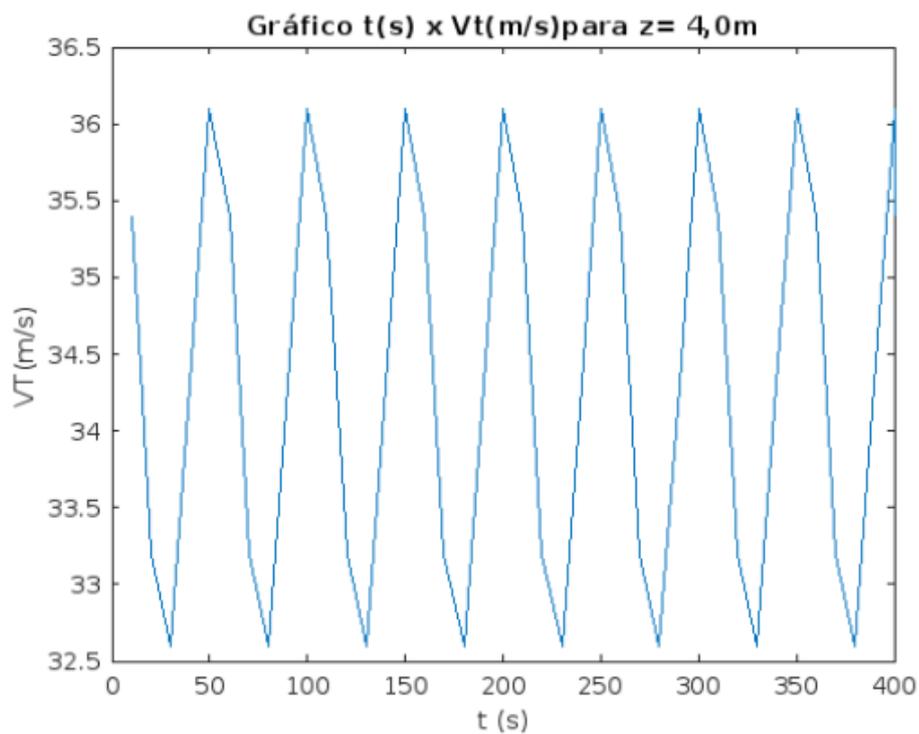


Figura 32 - Velocidade do vento V_t (m/s) em função do tempo(s) para altura de 4,0 m do conjunto Lancha

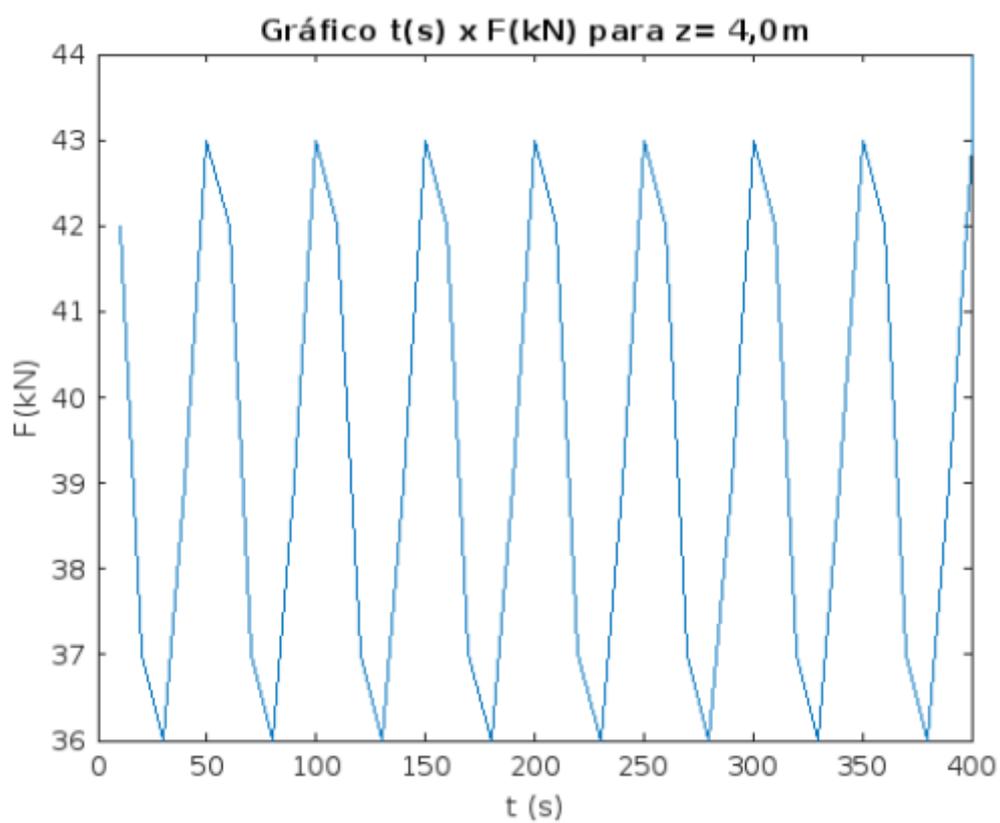


Figura 33 - Força do vento F (kN) em função do tempo(s) para altura de 4,0 m do conjunto Lancha + Carreta

5.4 Verificação do equilíbrio do Conjunto submetido às Forças do vento

Para determinação do equilíbrio do corpo quando submetido às Forças produzidas pelo vento, irá se considerar o momento produzido pela força máxima encontrada. Este deverá ser igual ao momento resultante das barras roscadas, estabelecendo desta maneira, um equilíbrio no diagrama de corpo livre apresentada na Figura 10, no início deste projeto.

De acordo com os cálculos feitos no capítulo 4, mostrando que todas as reações calculadas nas simulações do capítulo 5 serão suportadas, obtém-se que há um equilíbrio entre as forças do vento, e as reações da estrutura da carreta. Chegando ao objetivo inicial de que as alterações sugeridas por esse estudo trazem um resultado positivo diante das condições fornecidas.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que através do conhecimento adquirido ao longo do curso de Engenharia Mecânica do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET, com o auxílio de professores, livros didáticos, softwares e com a consulta das mais variadas normas que abrangem o contexto de máquinas de transporte, foi possível dimensionar todo o projeto de maneira satisfatória.

Após mesclar todo o conhecimento adquirido ao longo dos anos na faculdade, com a consulta a normas, catálogos técnicos, busca de fornecedores e softwares de desenho antes desconhecidos, o projeto tornou-se um desafio enriquecedor para os alunos a fim de apresentar um projeto capaz de ser competitivo no atual contexto da indústria náutica.

O desenvolvimento do desafio gerado por esse projeto nos agregou intelectualmente além de gerar um maior senso crítico em relação a engenharia mecânica principalmente pelas influências da natureza, que foi a parte específica do nosso trabalho.

A carreta projetada fará com que os obstáculos enfrentados pelos donos das embarcações sejam reduzidos e inúmeros acidentes serão evitados. Estas mudanças ajudaram na redução dos gastos com acidente e até mesmo nos índices de risco de vida por acidentes desse porte.

Após a análise das simulações feitas pelo *Matlab*, verifica-se que a carreta não suportaria a embarcação com o vento sugerido. Entretanto, com o acréscimo da barra roscada, sugerida por esse projeto, se mostrou um instrumento eficaz no controle do sistema fazendo com que o conjunto não vire com a força do vento.

Além dessa inovação, foi indicado o uso de uma cinta, que faz com que a embarcação fique aderida a carreta, evitando movimentos como a rotação da lancha.

Por fim, é importante afirmar que em situações extremas de tempestades climáticas críticas, o recomendado e o mais habitual é que os barcos sejam armazenados em hangares fechados para que acidentes sejam

evitados, prejuízos, danos ambientais e físicos para os trabalhadores da região e até mesmo para clientes que estejam circulando pelas instalações.

Como sugestão futura para uma elaboração ainda mais profunda sobre o projeto, cabe uma análise numérica ainda mais detalhada sobre o comportamento das vigas laterais e como será o seu comportamento quando receber a força do vento. Por mais que tenha sido comprovado pelas análises das vigas que o sistema não irá falhar, as simulações são aspectos importantes para a análise completa do projeto para torná-lo comercial. Outra sugestão seria de fazer uma análise de elementos finitos utilizando algum software que pudesse analisar de forma mais profunda as forças atuantes no chassi da carreta.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES FILHO, A. **Elementos Finitos: A Base da Tecnologia CAE 2ª edição**. São Paulo: Érica, 2003.

APLICATIVO VIGA Online disponível em: <<http://www.viga.online/index.php>>

ARTIGO sobre barras roscadas disponível em: <
[https://blog.ciser.com.br/construcao-civil/barra-roscada-tipos-e-aplicacoes-na-construcao-civil/#:~:text=S%C3%A3o%20elas%3A,tra%C3%A7%C3%A3o%20%3D%201000%20N%2Fmm%C2%B2\)%3B](https://blog.ciser.com.br/construcao-civil/barra-roscada-tipos-e-aplicacoes-na-construcao-civil/#:~:text=S%C3%A3o%20elas%3A,tra%C3%A7%C3%A3o%20%3D%201000%20N%2Fmm%C2%B2)%3B)>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8400: Equipamentos de elevação e movimentação de carga – Regras para projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2084.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BLESSMANN, J. O vento na engenharia estrutural. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2ª Edição, Porto Alegre, 2013.

CENGEL, Yunus A; CIMBALA, John M. Mecânica dos fluidos: fundamentos e aplicações. 5 ed. Porto Alegre: AMGH, 2015.

CATÁLOGO Vallourec disponível em:
<http://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/20437/24987/catalogo_estruturais_vallourec.pdf>

CATÁLOGO Ciser parafusos disponível em:
<<https://www.ciser.com.br/userfiles/paginas/catalogo-de-produtos-ciser-rev-12-2020.pdf>>

CATÁLOGO dos modelos de olhal para içamento disponível em: <
<https://www.rud.com.br/pdf/catalogo-pontos-icamento.pdf> >

CATÁLOGO do semieixo disponível em: < https://www.alkotech.com/sites/default/files/uploaded_files/BR/al-ko_hauptkatalog_04-2018_br.pdf

CÁLCULO da força do vento disponível em: < <https://pt.wikihow.com/Calcular-a-For%C3%A7a-do-Vento>>

CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS –CTEP.
Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/noticias/>. Acesso em: 6 jul. 22.
Disponível em: <https://ensur.com.br/forca-do-vento-nbr-6123/>. Acesso em: 6 jul. 22.

HIBBELER, R. C. Resistência dos materiais 7ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

SEGERLIND, L. J. APPLIED FINITE ELEMENT ANALYSIS 2ª edição. São Paulo: John Wiley, 1984.

MODELO de cinta disponível em: <<https://www.spanset.com/br-br/products/cintaspowerplus?id=17874>>

MODELO barco Focker 230 disponível em: <<https://www.bombarco.com.br/comunidade/noticias/focker-230-da-fibrafort--modelo-cabinado-para-a-familia#:~:text=Parte%20da%20linha%20Sport%20da,acomoda%20duas%20pessoas%20para%20pernoite>>

MODELO de carretas para barcos disponível em: <<https://carretaspier.com.br/carretas/>>

MODELO Motor de Popa Yamaha 250HP F250LETX 4 Tempos disponível em: <<https://www.abcnautica.com.br/motor-de-popa-yamaha-250hp-rabeta-extra-longa-4-tempos>>

MODELO do pneu escolhido em: <https://m.pontofrio.com.br/kit-4-pneus-bridgestone-aro15-ecopia-ep150-195-60r15-88v-1502720954/p/1502720954?utm_medium=cpc&utm_source=GP_PLA&IdSku=1502720954&idLojista=11578&utm_campaign=3P_Grupo-Medio_SSC&gclid=CjwKCAjw-qeFBhAsEiwA2G7NlzNuxOH0wLJJgXxuk9K6wBiGf7bcdxUjol4JITpygD4ANT6D_gPSYhoCaLkQAvD_BwE#modal>

NBR 6123. Forças devidas aos ventos em edificações. 1988.

PESQUISA de normas disponível em: <<https://www.gedweb.com.br/home/>>

PESQUISA de materiais anticorrosivos em: < Os diferentes métodos para evitar corrosão de metais - Coppermetal >

MAGNAN, MURILLO DE CARVALHO. PINTURA NA PROTEÇÃO ANTICORROSIVA. Projeto final UEZO 2011.

PROPRIEDADES sobre aço AISI 304 disponível em: <
http://www.valaco.com.br/inf_tecnicas/mat_propriedades.html>

SHINOZUKA, M., JAM, C. M. Digital simulation of random process and its applications. Journal of Sound and Vibration, v. 25, n. 1, pp. 111-118, 1972.s

8. APÊNDICE

A1. Desenhos

Página 1: Chassi para traslado de embarcação

Página 2: Desenho de conjunto

Página 3: Lista de materiais

Página 4: Vistas do chassi

Página 5: Perfis de aço

Página 6: Perfis de aço (2)

Página 7: Pé suporte ajustável

A2. Informações sobre o vento INMET

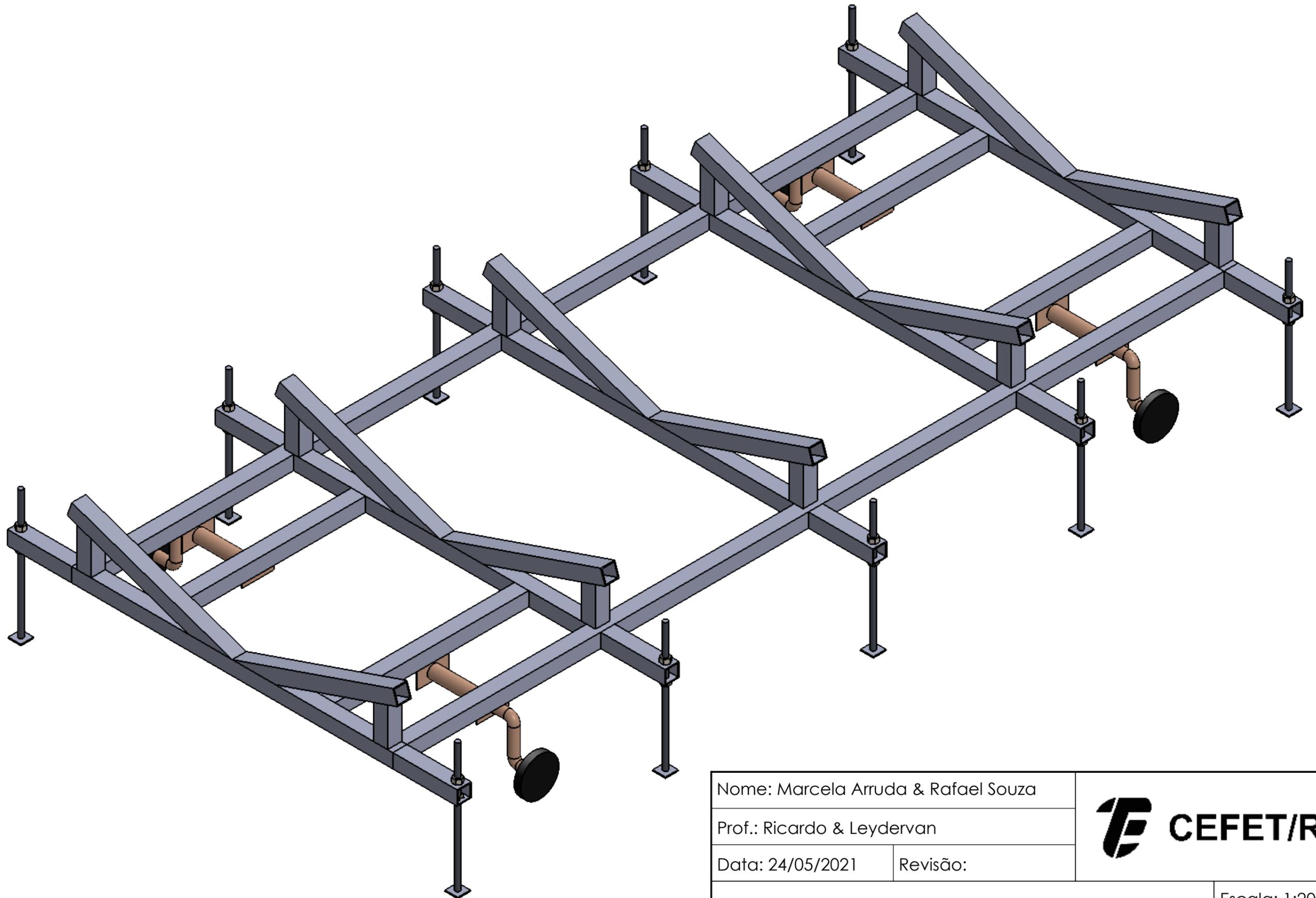
Planilha 1: Dados 2017 - Jacarepaguá

Planilha 2: Dados 2018 - Jacarepaguá

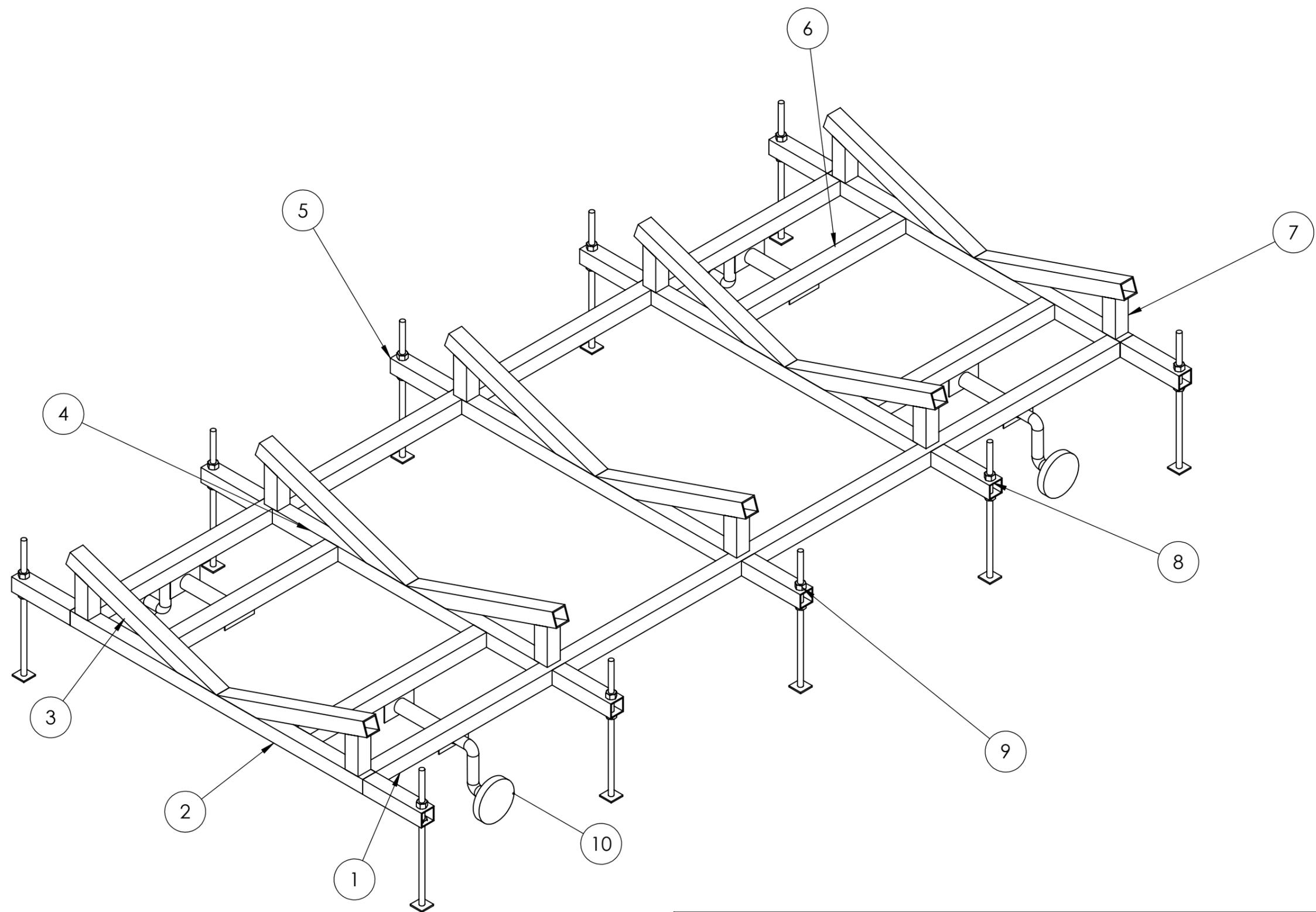
Planilha 3: Dados 2019 – Forte de Copacabana

Planilha 4: Dados 2020 – Forte de Copacabana

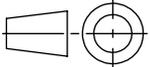
Planilha 5: Dados 2021 – Forte de Copacabana

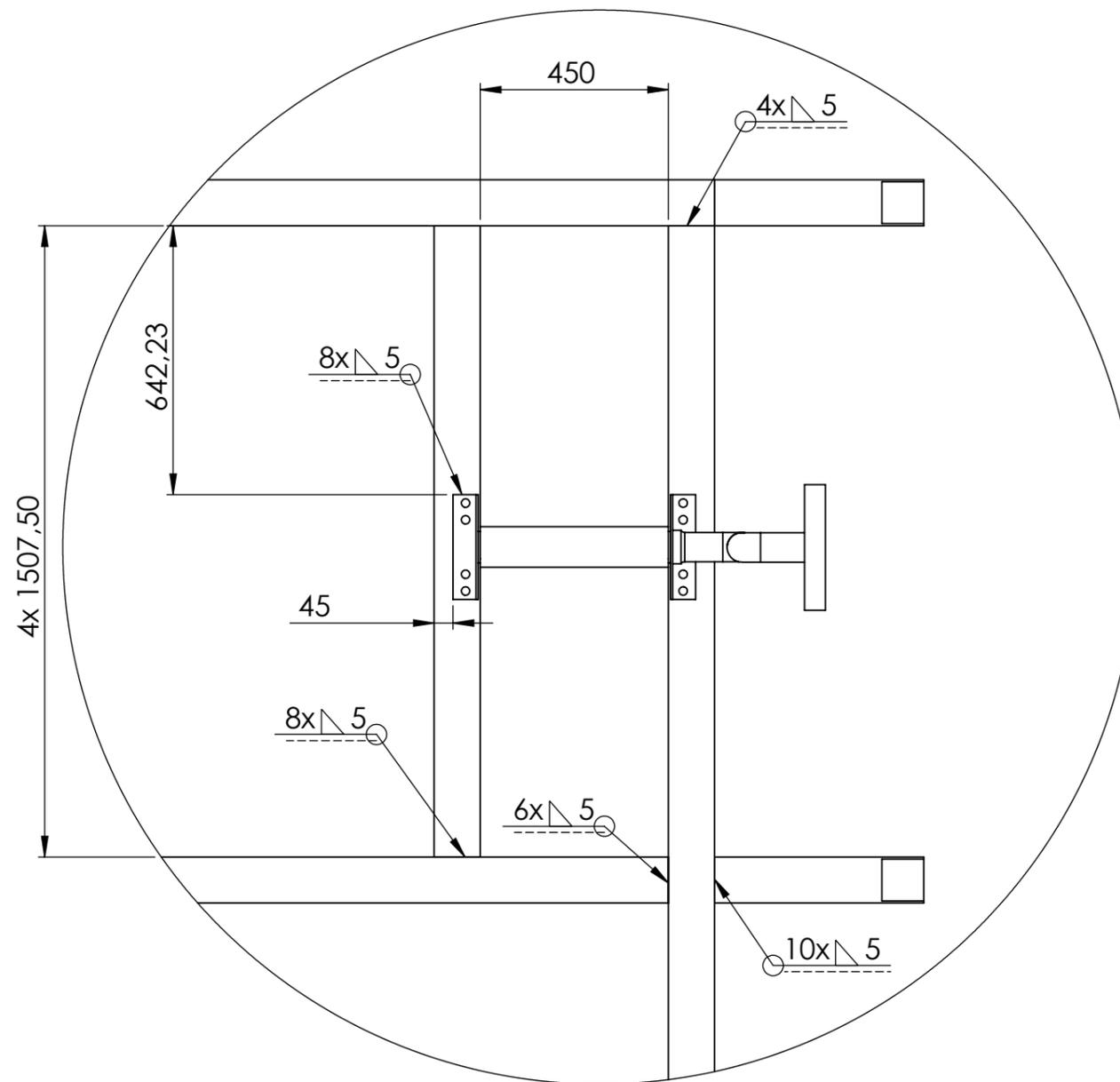
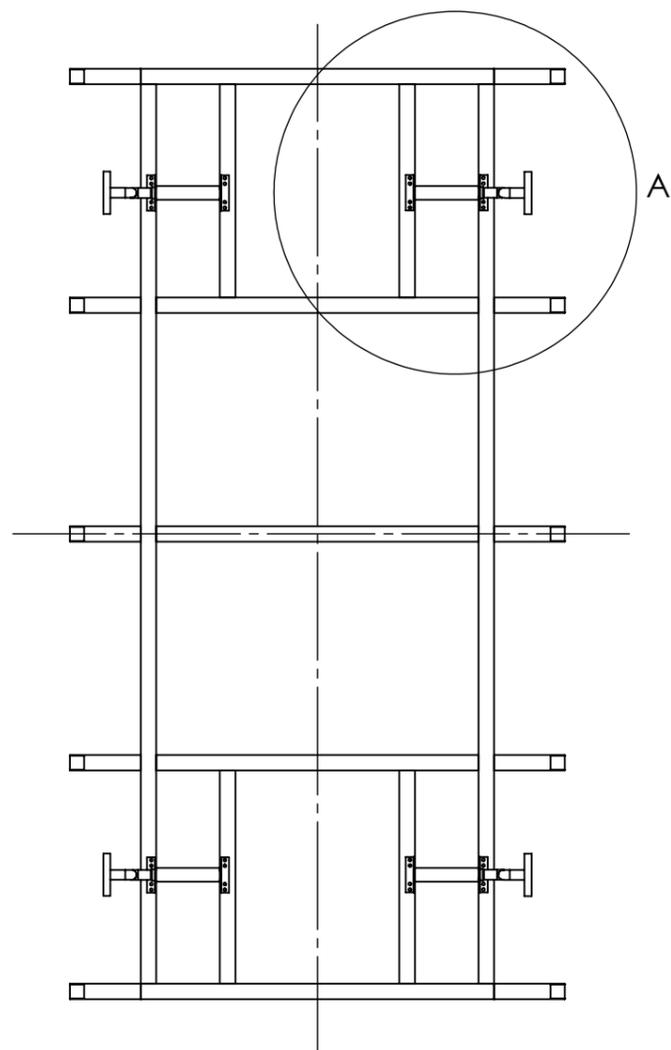


Nome: Marcela Arruda & Rafael Souza		
Prof.: Ricardo & Leydervan		
Data: 24/05/2021	Revisão:	
Título: Chassi para translado de embarcação		Escala: 1:20
		Pág.: 1/7

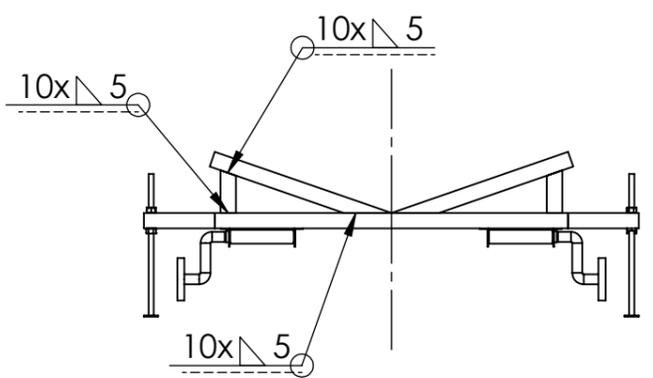


Nome: Marcela Arruda & Rafael Souza		
Prof.: Ricardo & Leydervan		
Data: 24/05/2021	Revisão:	
Título: Chassi para translado de embarcação		Escala: 1:25
		Pág.: 2/7

Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	QTD.	Pág.	
1	Perfil quadrado 6360mm	2	5	
2	Perfil quadrado 2500mm	2	5	
3	Perfil quadrado 1322mm	10	5	
4	Perfil quadrado 2280mm	3	5	
5	Perfil quadrado 500mm	10	6	
6	Perfil quadrado 1507,5mm	4	6	
7	Perfil quadrado 300mm	10	6	
8	Pé suporte ajustável	10	7	
9	B18.2.4.6M - Heavy hex nut, M36 x 4 --D-N	20	x	
10	Suspensão AL-KO modelo ACHSE GU UBR HA 750 OPTIMA WD nº 1 421 391	4	x	
Nome	Marcela Arruda & Rafael Souza			
Prof.	Ricardo & Leydervan			
Data	24/05/2021			
ESC. 1:1	Lista de materiais	Esc.	NA	Pág. 3/7
		Rev.		

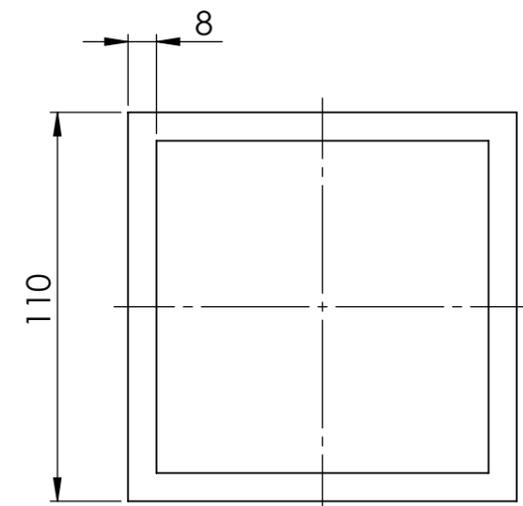
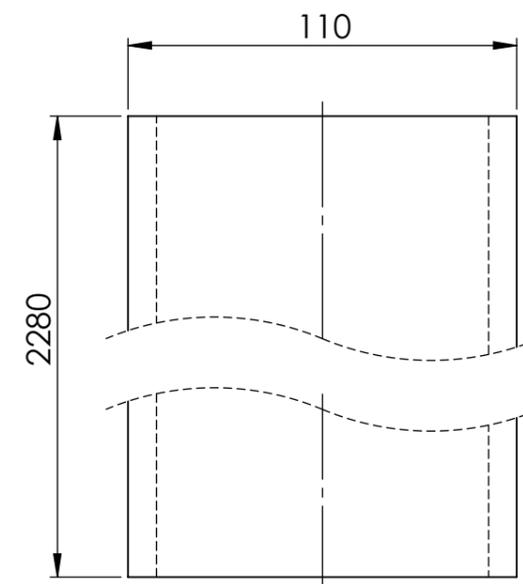
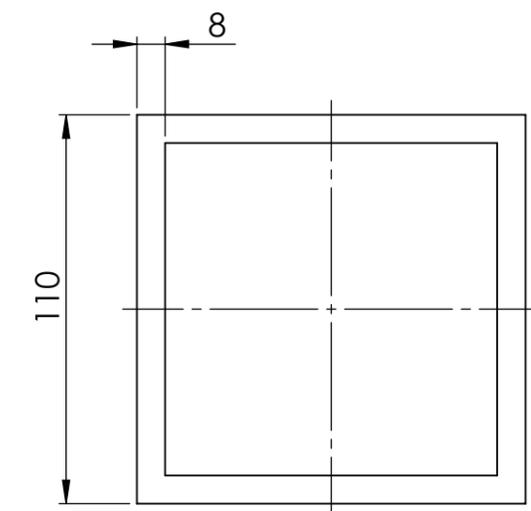
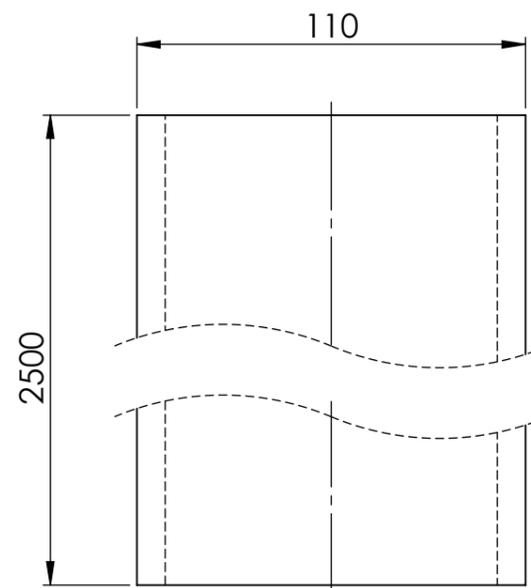
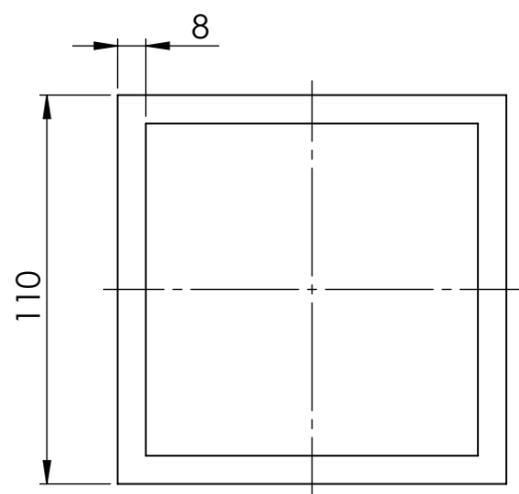
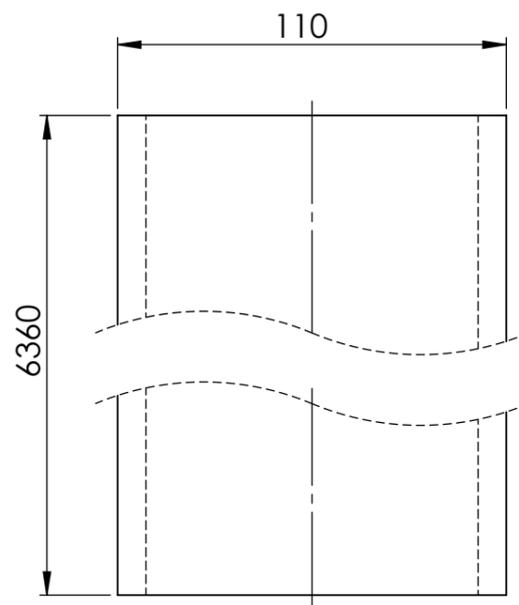
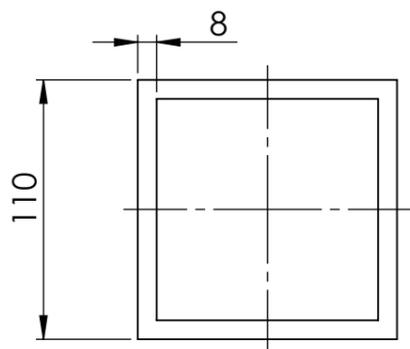
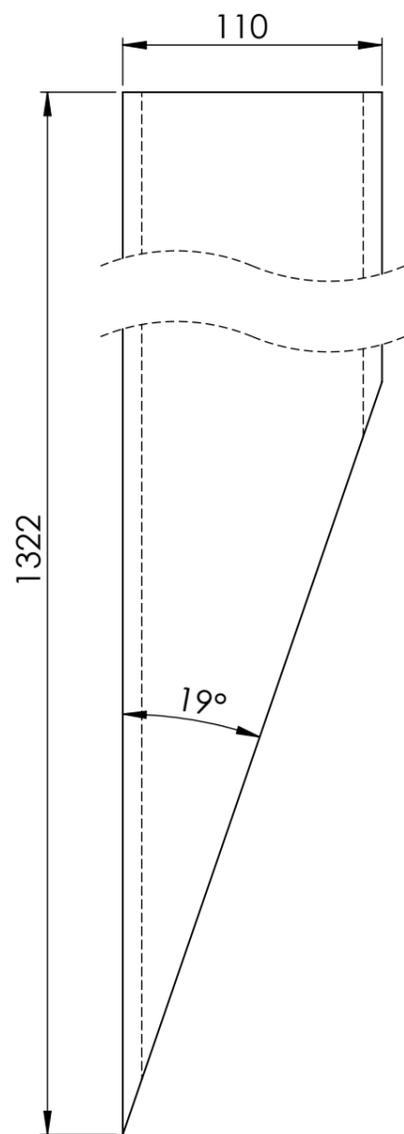


DETALHE A
ESCALA 1 : 15



Nome: Marcela Arruda & Rafael Souza		
Prof.: Ricardo & Leydervan		
Data: 24/05/2021	Revisão:	
Título: Chassi para translado de embarcação		Escala: 1:50 Pág.: 4/7

Esc.: 1:3



Nome: Marcela Arruda & Rafael Souza

Prof.: Ricardo & Leydervan

Data: 24/05/2021

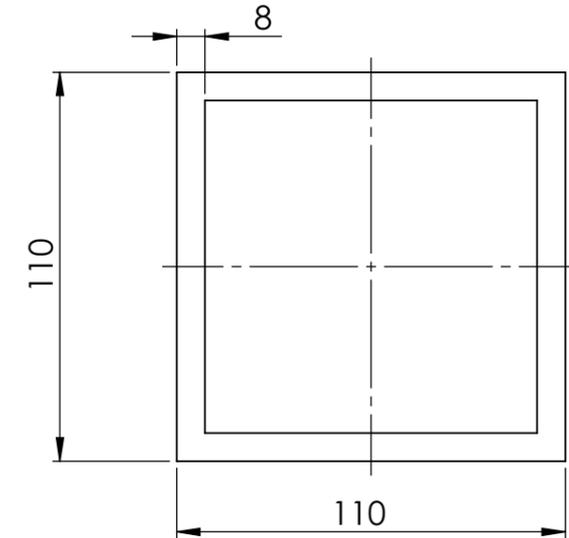
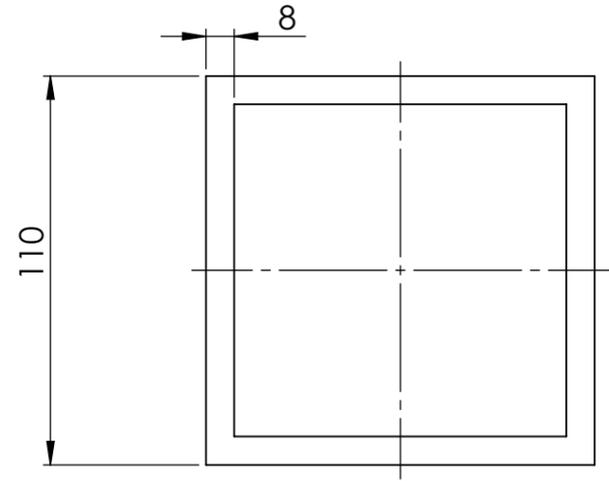
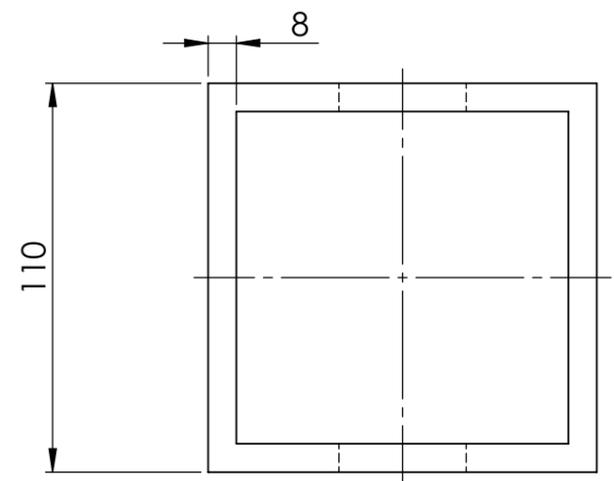
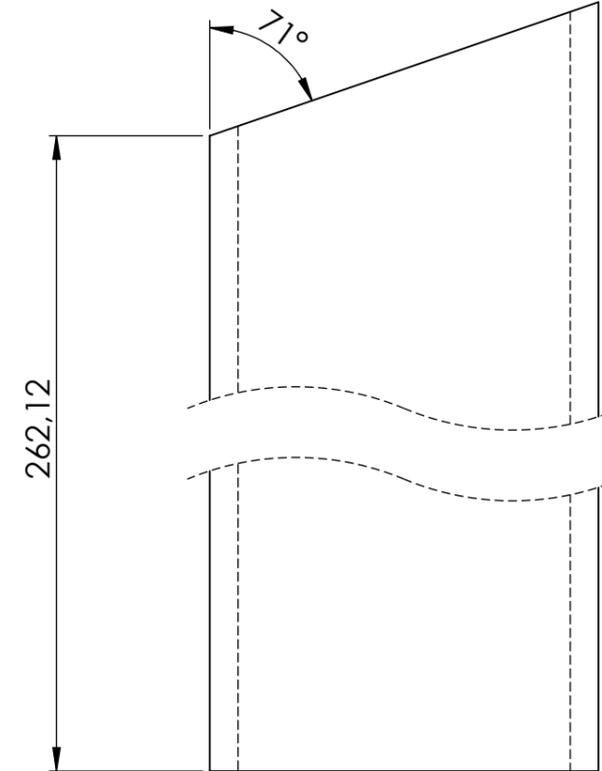
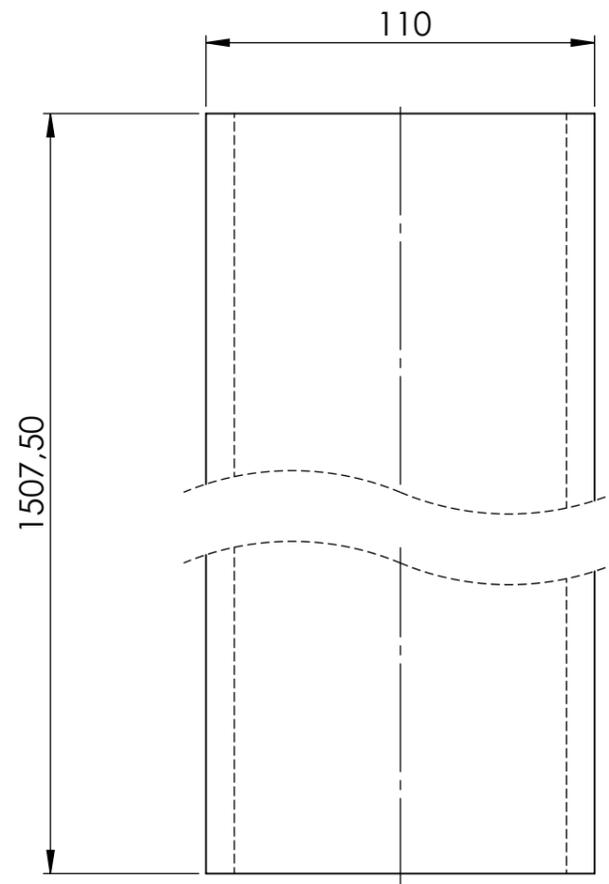
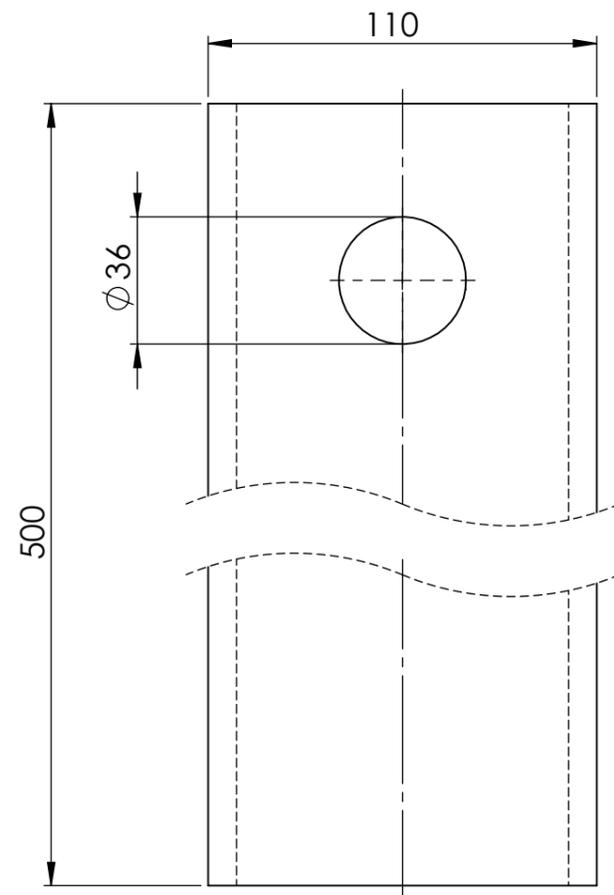
Revisão:



Título: Perfis de aço

Escala: 1:2

Pág.: 5/7



Nome: Marcela Arruda & Rafael Souza

Prof.: Ricardo & Leydervan

Data: 24/05/2021

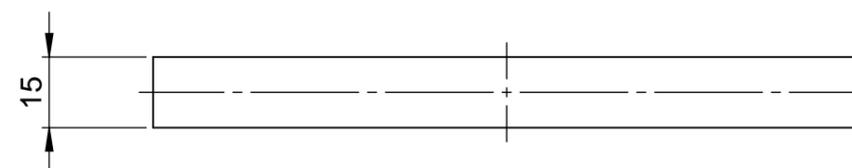
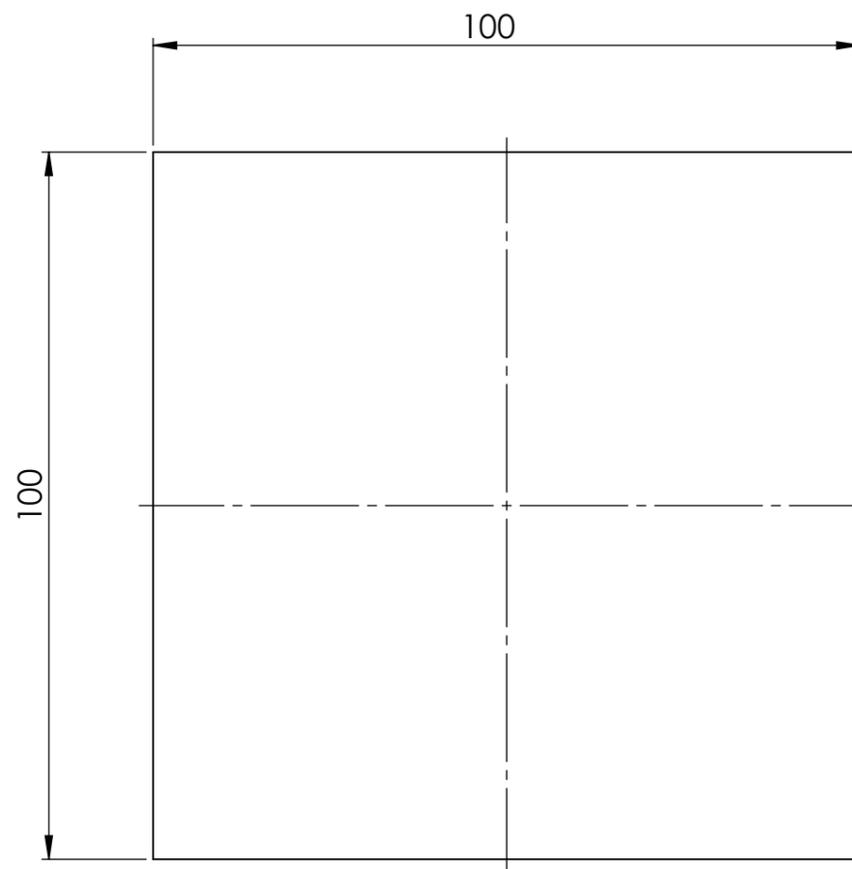
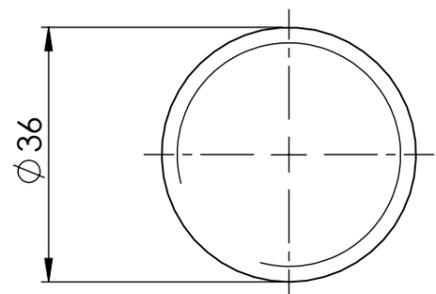
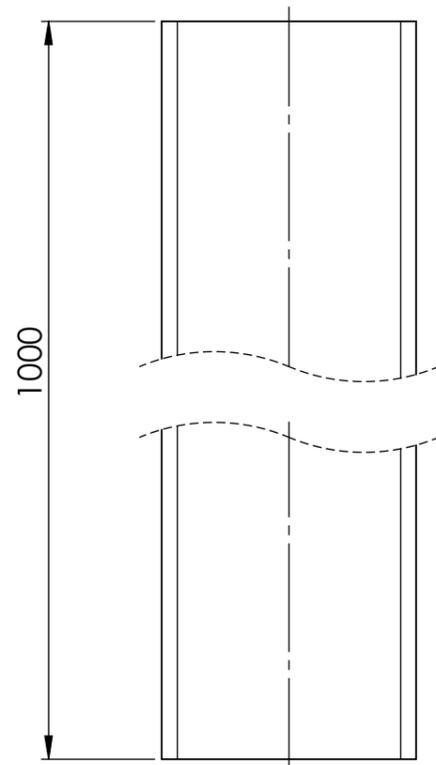
Revisão:



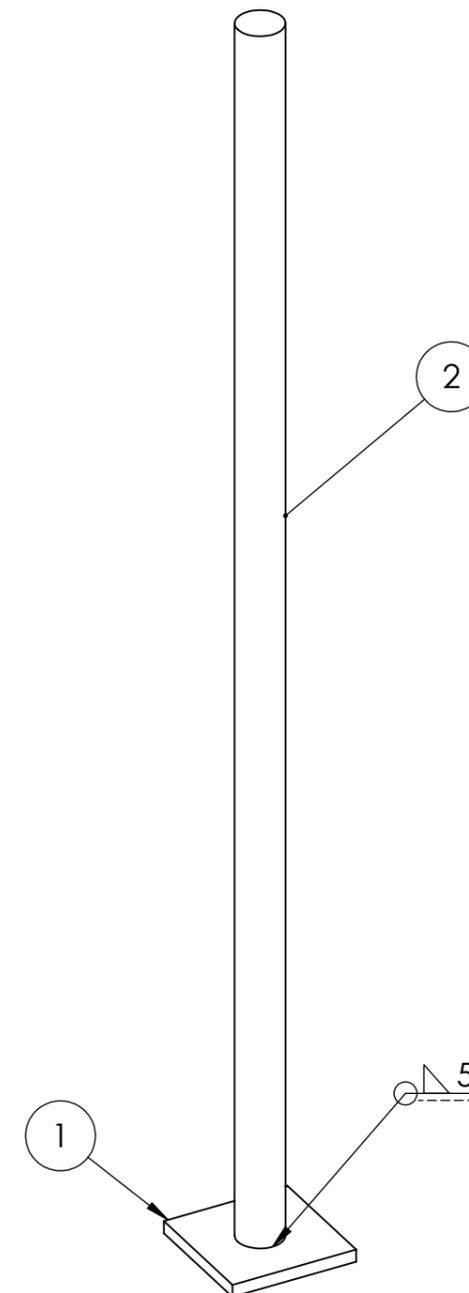
Título: Perfis de aço

Escala: 1:2

Pág.: 6/7



Escala: 1:5



Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	QTD.	Pág.
1	Base suporte ajustável	1	7
2	Barra roscada	1	7

Nome: Marcela Arruda & Rafael Souza

Prof.: Ricardo & Leydervan

Data: 24/05/2021

Revisão:



Título: Pé suporte ajustável

Escala: 1:1

Pág.: 7/7