



Jean Carlo Cavalini

**DIMENSIONAMENTO E PROJETO DE UM GUINCHO DE ELEVAÇÃO E
MOVIMENTAÇÃO PARA PESSOAS COM MOBILIDADE FÍSICA REDUZIDA**

Horizontina-RS

2022

Jean Carlo Cavalini

**DIMENSIONAMENTO E PROJETO DE UM GUINCHO DE ELEVAÇÃO E
MOVIMENTAÇÃO PARA PESSOAS COM MOBILIDADE FÍSICA REDUZIDA**

Projeto do Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a o Trabalho Final de Curso na Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Dr. Rafael Luciano Dalcin

Horizontina-RS

2022

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

**“Dimensionamento e projeto de um guincho de elevação e movimentação para
pessoas com mobilidade física reduzida”**

**Elaborado por:
Jean Carlo Cavalini**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

Aprovado em: 08/12/2022
Pela Comissão Examinadora

Prof. Dr. Rafael Luciano Dalcin
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

Prof. Dr. Augusto Cesar Huppés da Silva
FAHOR – Faculdade Horizontina

Prof. Me. Tiago Sinigaglia
FAHOR – Faculdade Horizontina

**Horizontina - RS
2022**

Dedicatória
À Deus, a meus pais que sempre deram apoio em
minha trajetória. Dedico também a todos que, de
uma forma ou de outra, possam usufruir dos
resultados deste trabalho.

AGRADECIMENTO

Agradeço ao meu orientador por todo o conhecimento e dedicação prestado, e a todos que colaboraram com este trabalho.

“Um trabalho te dá um propósito e um significado.
A vida é vazia sem ambos.”

(Stephen Hawking)

RESUMO

Devido a cerca de 7,8 milhões de brasileiros que possuem alguma limitação física nos membros inferiores, para a reabilitação destes pacientes os fisioterapeutas são os mais requisitados. Porém sem o equipamento correto desenvolve-se lesões musculoesqueléticas (LER/DORT). Atualmente há guinchos para transferência e suportes para peso corporal para auxílio em marcha. São dois equipamentos distintos e de custo elevado. Com base na metodologia de projeto de produto, desenvolvendo a matriz morfológica e os diagramas de Mudge e Pugh, definiu-se uma concepção de solução de um guincho de transferência com capacidade para 150 kg, na qual foi conceituada e modelada em software de CAD, sendo projetado a partir dos requisitos de projeto. O range de elevação de carga resultou de 846 mm do chão até 2377 mm do chão, mostrando ser o suficiente para a transferência de pacientes desde o chão até a maca e também tendo aplicação para exercícios de marcha. Na sequência o projeto foi validado por meio do método de elementos finitos (FEA), no qual foi regido pelas tensões admissíveis calculadas pela norma correspondente ao equipamento, a NBR8400. As respostas do FEA apresentaram um projeto robusto o suficiente para o qual foi designado. Foram estabelecidos os processos de fabricação para cada item e calculados os seus respectivos custos. O custo final do produto está elevado, ficando 66,56% acima do requisito de custo de manufatura previamente estipulado, porém ainda assim ficou cerca de 24,8% menor do que o valor de mercado.

Palavras-chave: Guincho de transferência. Projeto de produto. Método de Elementos Finitos. NBR8400.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo da marcha.....	21
Figura 2 – Prancha de transferência de pacientes	22
Figura 3 – Suporte de peso corporal	23
Figura 4 – Guincho de movimentação e elevação.....	24
Figura 5 – Matriz morfológica e a combinação de solução.....	26
Figura 6 – Diagrama de Mudge	27
Figura 7 – Diagramas de estados de carga.....	30
Figura 8 – Discretização de um modelo.....	37
Figura 9 – Tipos de elementos para malha.....	38
Figura 10 – Elementos de razão de aspecto boa e ruim.....	39
Figura 11 – Resultado do diagrama de Mudge.....	53
Figura 12 – Visão geral do croqui de projeto	56
Figura 13 – Croqui de projeto no içamento mais baixo.....	57
Figura 14 – Croqui no içamento mais alto com coluna retraída.....	57
Figura 15 – Croqui no içamento mais baixo com coluna estendida.....	58
Figura 16 – Croqui no içamento mais alto com coluna estendida.....	58
Figura 17 – Croqui com elevação máxima.....	59
Figura 18 – Visão geral do projeto modelado	60
Figura 19 – Conjunto base de apoio.....	61
Figura 20 – Base de apoio totalmente fechada	62
Figura 21 – Base de apoio mediantemente aberta.....	62
Figura 22 – Base de apoio totalmente aberta.....	63
Figura 23 – Conjunto coluna retrátil.....	64
Figura 24 – Conjunto de atuador de elevação.....	65
Figura 25 – Comprimento do macaco sem o ajuste do fuso.....	65
Figura 26 – Comprimento do macaco com o ajuste do fuso.....	66
Figura 27 – Conjunto lança de içamento	67
Figura 28 – Posição do centro de gravidade	67
Figura 29 – Cesto de transferência escolhido.....	68
Figura 30 – Cinto de suspensão escolhido.....	68
Figura 31 – Diagrama do estado de carga para Classe B traçado	69
Figura 32 – Divisão da análise no <i>Ansys</i>	73

Figura 33 – Biblioteca desenvolvida	74
Figura 34 – Modelo simplificado no <i>SpaceClaim</i>	75
Figura 35 – Materiais definidos para itens usinados e itens de chapa.....	76
Figura 36 – <i>Beams</i> substitutos dos parafusos e pinos.....	77
Figura 37 – Pontos de massa aplicados na análise.....	77
Figura 38 – Contato aplicado do tipo <i>Bonded</i>	78
Figura 39 – Contato aplicado do tipo <i>No Separation</i>	79
Figura 40 – Resultados do <i>Contact Tool</i>	79
Figura 41 – <i>Joint</i> aplicado no lugar do macaco hidráulico	80
Figura 42 – Malha e os respectivos tamanhos de elemento	81
Figura 43 – Resultados do <i>Element Quality</i>	81
Figura 44 – Condições de contorno	82
Figura 45 – Carregamentos	83
Figura 46 – Informações sobre o processamento da análise	83
Figura 47 – Deformação total	84
Figura 48 – Deformação em Y	84
Figura 49 – Deformação em Z	85
Figura 50 – Tensão equivalente em todo o guincho	85
Figura 51 – Tensão equivalente na coluna móvel	86
Figura 52 – Tensão equivalente na base do macaco hidráulico	87
Figura 53 – Tensão equivalente no fuso do macaco hidráulico	87
Figura 54 – Tensão equivalente na lança.....	88
Figura 55 – Tensão equivalente na barra extensora lateral.....	88
Figura 56 – Tensão equivalente no olhal de içamento	89
Figura 57 – Tensão equivalente do conjunto tubo base	89
Figura 58 – Tensão equivalente do tubo base inferior	90
Figura 59 – Tensão equivalente do conjunto chassi de base	91
Figura 60 – Força necessária do macaco hidráulico	91
Figura 61 – Forças de reação perante os rodízios	92
Figura 62 – Identificação e resultado das cargas cisalhantes.....	92
Figura 63 – Pontos de instrumentação com <i>Strain Gauges</i>	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Pesquisa dos danos à saúde ocupacional na fisioterapia.....	19
Quadro 2 – Causas da DORT na fisioterapia	19
Quadro 3 – Consequências da DORT conforme a frequência.....	20
Quadro 4 – Características do guincho Anjo da Vida	24
Quadro 5 – Metodologia de projetos.....	25
Quadro 6 – Exemplo de um Diagrama de Pugh	28
Quadro 7 – Classes de utilização	29
Quadro 8 – Estados de carga	29
Quadro 9 – Valores de coeficiente dinâmico	31
Quadro 10 – Tensões admissíveis a tração ou compressão simples	32
Quadro 11 – Propriedades mecânicas dos materiais utilizados	35
Quadro 12 – Requisitos de projeto	51
Quadro 13 – Requisitos hierarquizados.....	53
Quadro 14 – Resultados do diagrama de Pugh.....	54
Quadro 15 – Razão entre o limite de escoamento e o limite de ruptura	70
Quadro 16 – Tensão admissível de tração e/ou compressão simples.....	71
Quadro 17 – Pressão diametral admissível para cisalhamento simples.....	71
Quadro 18 – Pressão diametral admissível para cisalhamento duplo	71
Quadro 19 – Cálculo de tensão admissível para cisalhamento simples	72
Quadro 20 – Cálculo de tensão admissível para cisalhamento duplo	72
Quadro 21 – Cálculo de tensão admissível para cisalhamento da solda.....	72
Quadro 22 – Tensões de cisalhamento calculadas	93
Quadro 23 – Lista dos itens comprados	94
Quadro 24 – Lista de peças cortadas e furadas	95
Quadro 25 – Lista de peças cortadas e usinadas em torno.....	95
Quadro 26 – Lista de peças restantes cortadas na serra fita.....	95
Quadro 27 – Lista de peças cortadas a laser	96
Quadro 28 – Lista de peças cortadas a laser e pintadas.....	96
Quadro 29 – Lista de peças cortadas a laser e dobradas.....	97
Quadro 30 – Lista dos conjuntos soldados.....	97
Quadro 31 – Lista dos conjuntos montados.....	97
Quadro 32 – Resultado perante os requisitos de projeto.....	99

Quadro 33 – Lista dos detalhamentos dos conjuntos do guincho.....106

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1	TEMA.....	16
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	16
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.4	HIPÓTESES	16
1.5	OBJETIVOS	17
1.5.1	Objetivo geral.....	17
1.5.2	Objetivos específicos.....	17
1.6	JUSTIFICATIVA.....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	DEMANDA NA FISIOTERAPIA E OS RISCOS OCUPACIONAIS.....	18
2.1.1	Marcha humana.....	20
2.2	TECNOLOGIAS PARA A MOVIMENTAÇÃO DE PACIENTES	21
2.2.1	Prancha de transferência.....	22
2.2.2	Suporte para peso corporal para fisioterapia.....	22
2.2.3	Guincho de elevação e movimentação.....	23
2.3	PROJETO DE PRODUTO.....	25
2.3.1	Matriz Morfológica.....	26
2.3.2	Diagrama de Mudge	26
2.3.3	Diagrama de Pugh	27
2.4	NORMA NBR 8400: EDIÇÃO DE MARÇO DE 1984	28
2.4.1	Classe de utilização	28
2.4.2	Estado da carga.....	29
2.4.3	Solicitações ou carregamentos	30
2.4.4	Solicitações devidas aos movimentos verticais	31
2.4.5	Solicitações devidas aos movimentos horizontais.....	31
2.4.6	Casos de solicitação	31
2.4.7	Método de cálculo	32
2.5	RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS.....	34
2.5.1	Propriedades mecânicas dos materiais	35
2.6	MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS.....	35
2.6.1	Procedimento para a análise de elementos finitos	36

2.6.2	Discretização da malha de elementos finitos	36
2.6.3	Tensão de Von Mises	39
2.6.4	Singularidade de tensão	40
3	METODOLOGIA	41
3.1	COLETA DE DADOS.....	41
3.2	PROJETO DE PRODUTO	41
3.3	DIMENSIONAMENTO DE PROJETO	42
3.4	PROJETO COMPUTACIONAL.....	42
3.5	ANÁLISE PELO MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS (FEA).....	43
3.5.1	Pré-processamento	43
3.5.2	Processamento.....	45
3.5.3	Pós-processamento	46
3.6	PROCESSOS DE FABRICAÇÃO E ANÁLISE DE CUSTOS	46
3.7	RECURSOS NECESSÁRIOS	47
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	48
4.1	CARACTERÍSTICAS DE DELIMITAÇÃO.....	48
4.2	CONCEITOS DE SOLUÇÃO E MATRIZ MORFOLÓGICA	48
4.2.1	Conceito 1 – Suporte corporal	48
4.2.2	Conceito 2 – Trilhos aéreos com talha elétrica	49
4.2.3	Conceito 3 – Guincho de transferência	49
4.2.4	Conceito 4 – Prancha de transferência	51
4.3	REQUISITOS DE PROJETO.....	51
4.3.1	Diagrama de Mudge	52
4.4	DIAGRAMA DE PUGH	54
4.5	ESBOÇO E PROJETO COMPUTACIONAL.....	55
4.5.1	Croqui de projeto.....	55
4.5.2	Projeto em CAD 3D	59
4.6	CLASSIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO E AS TENSÕES ADMISSÍVEIS	69
4.6.1	Classe de utilização e estado da carga	69
4.6.2	Solicitações ou carregamentos	70
4.6.3	Tensões admissíveis de projeto	70
4.7	VALIDAÇÃO DO PROJETO POR FEA	72
4.7.1	Definição da biblioteca de materiais no <i>Ansys</i>	74
4.7.2	Importação e simplificação do modelo no <i>SpaceClaim</i>	75

4.7.3	Aplicação dos materiais e dos pontos de massa	76
4.7.4	Conexões entre componentes	78
4.7.5	Malha	80
4.7.6	Condições de contorno	82
4.7.6	Carregamentos	82
4.7.7	Processamento	83
4.7.8	Resultados de Deformação	84
4.7.9	Resultados de Tensão	85
4.7.9	Resultados de Forças de Reação	91
4.7.9	Cisalhamento de Pinos e Parafusos	92
4.8	CODIFICAÇÃO E DETALHAMENTO TÉCNICO	93
4.9	PROCESSOS E CUSTOS DE FABRICAÇÃO	94
5	DISCUSÃO GERAL DOS RESULTADOS	99
6	CONCLUSÃO	101
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
	APÊNDICE A – MATRIZ MORFOLÓGICA	105
	APÊNDICE B – DETALHAMENTO TÉCNICO DO PROJETO	106

1. INTRODUÇÃO

Aproximadamente 8,4% da população brasileira, acima dos 2 anos de idade, tem algum tipo de deficiência, de acordo com o levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Este percentual representa 17,3 milhões de pessoas, destas, em torno de 49,4% são idosos (JANONE; ALMEIDA, 2021). A pesquisa do IBGE detalha que, destes 17,3 milhões de pessoas, 45,1% (o equivalente a 7,8 milhões de brasileiros), apresentam limitação física nos membros inferiores. o restante possui limitações nos membros inferiores e limitações auditivas, visuais e cognitivas (JANONE; ALMEIDA, 2021).

O fisioterapeuta é um profissional que executa métodos ou técnicas fisioterápicas com a finalidade de restaurar, desenvolver e conservar a capacidade física de seus pacientes (NEGROMONTE, 2016). Porém, em uma frequência considerável, quando não há equipamentos adequados, utiliza seu próprio esforço na reabilitação física das pessoas com mobilidade reduzida. Onde, no qual, este profissional está exposto a diversos fatores de risco para o desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho (NEGROMONTE, 2016). Entre as enfermidades mais comuns estão: dermatites, infecções, LER/DORT, deformidades na coluna e entre outros traumas (NEGROMONTE, 2016).

Estudos estatísticos levantados na Nigéria, Canadá e Turquia, apontam ocorrência de danos osteomusculares relacionados ao trabalho, em cerca de 76% dos fisioterapeutas em geral. Já outro estudo relacionado a fisioterapeutas que trabalham em UTI, 54,69% destes profissionais possuem algum dano osteomuscular relacionado ao trabalho (SILVA *et al.*, 2016). Ainda relacionado ao estudo citado, a maior causa (31,25%) desse tipo de distúrbio está relacionado à realização de força na execução do trabalho, má postura e transferências de pacientes ocupam, respectivamente, quarto lugar (26,56%) e sétimo lugar (15,62%) (SILVA *et al.*, 2016). Uma das atividades que exige esforço físico, tanto de técnicos em enfermagem como dos fisioterapeutas, é a transferência de pacientes de um local para o outro. Seja da cadeira de rodas para a maca, cama ou vice-versa. Atualmente, o equipamento mais comum para este tipo de atividade é o guincho para acamados.

O mercado destes guinchos é amplo, porém o custo é elevado e, na maioria das vezes, não proporciona muitos ajustes conforme o paciente necessita para a sua mobilidade ou reabilitação. Partindo desses pontos, o presente trabalho busca

desenvolver um equipamento, onde se possam ter mais possibilidades de ajustes mecânicos a um custo acessível.

1.1 TEMA

Desenvolvimento e projeto de um guincho para a elevação e movimentação de pessoas acamadas.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Desenvolvimento de projeto de um guincho que seja capaz de movimentar e elevar pessoas com mobilidades físicas reduzidas, dentro de um regime dimensional pré-estabelecido e que possibilite a execução de exercícios de marcha.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Tendo em vista, o número de fisioterapeutas com lesões decorrentes a esforço físico, por falta de equipamento adequado, devido ao custo de aquisição (INOUE *et al.*, 2013), para movimentar, elevar e suspender pacientes, tem-se o seguinte problema de pesquisa. Como desenvolver um equipamento de elevação e movimentação para pessoas acamadas ou com baixa mobilidade física, que seja versátil para exercícios de marcha, que permita o ajuste mecânico e tenha baixo custo?

1.4 HIPÓTESES

Com base em pesquisas e discussões sobre os problemas relatados, quatro hipóteses diferentes foram levantadas para a solução. Sendo estes:

- Hipótese 1: Desenvolvimento do projeto de um suporte corporal para a elevação de pacientes.
- Hipótese 2: Desenvolvimento do projeto de um sistema de elevação e movimentação por meio de uma talha elétrica instalada em trilhos aéreos.
- Hipótese 3: Desenvolvimento do projeto de guincho de movimentação e elevação por meio de um atuador linear hidráulico, no qual possa também ser utilizado para exercícios de marcha.
- Hipótese 4: Aquisição de uma prancha de transferência de pacientes.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo geral

Desenvolver um guincho que facilite a mobilidade de pacientes, aplicando a metodologia de projeto de produto para avaliar a usabilidade e a viabilidade econômica da solução em questão.

1.5.2 Objetivos específicos

- Definir os requisitos de projeto e hierarquizá-los;
- Definir qual a hipótese de solução que atende melhor os requisitos de projeto;
- Pesquisar e definir quais serão os limites dimensionais de alcance de projeto;
- Desenvolver o projeto no *SolidWorks*;
- Calcular os critérios de aceitação de projeto conforme a NBR 8400;
- Validar o projeto final via FEA através do *Ansys Mechanical* e, se necessário, corrigir o projeto para estar dentro dos critérios de aceitação.

1.6 JUSTIFICATIVA

Atualmente, dentre as tecnologias que auxiliam a transferência de pacientes, tem-se, por exemplo: a prancha deslizante e rolante, elevadores para transferência, camas e colchões com decúbito lateral automatizado. Equipamentos ou aparatos que deveriam estar presentes, mas que por diversas razões, sejam elas econômicas ou não, são subutilizados ou não existem (INOUE *et al.*, 2013).

Em cuidado aos 76% dos fisioterapeutas que possuem alguma lesão (DORT) ocupacional, sendo que 31% são de realização de força (SILVA *et al.*, 2016), a solução que será apresentada neste trabalho deverá exercer as funções de elevação, movimentação de pacientes em atividades fisioterapêuticas e/ou de transferência. O mesmo equipamento poderá ser utilizado para auxílio de exercícios de marcha e podendo ser utilizado de forma domiciliar ou hospitalar. O equipamento deverá ser versátil e de custo acessivo perante as soluções equivalentes de mercado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Buscando entender como desenvolver uma solução para um problema, é necessário conhecê-lo como um todo. Desde na questão estatística para verificar a relevância e intensidade do problema, até na questão técnica no desenvolvimento de uma resolução. Os tópicos seguintes retratam um embasamento teórico no qual estrutura a base deste trabalho, dentre os quais, respectivamente podemos citar: análise da importância do problema (saúde ocupacional), definições dos conceitos de solução, definições dos requisitos de projeto e sua hierarquia, escolha do conceito, critérios de aceitação com base na norma regulamentadora, projeto computacional e validação por análise de elementos finitos.

2.1 DEMANDA NA FISIOTERAPIA E OS RISCOS OCUPACIONAIS

Conforme já citado anteriormente, cerca de 7,8 milhões de brasileiros (cerca de 3,78% da população), apresentam algum tipo de limitação física nos membros inferiores (JANONE; ALMEIDA, 2021). Conforme dados de vagas de emprego da Catho, empresa de classificados de emprego, do ano de 2019 para 2020 a procura por fisioterapeutas hospitalares cresceu 725%. Mesmo antes da pandemia por Covid-19, já havia um aumento na demanda por esses profissionais, porém se intensificou na pós-alta dos pacientes, tanto na reabilitação física como respiratória (GRANATO, 2021).

Um estudo realizado no Município de São Luís, no Estado do Maranhão – BR, no ano de 2013, no qual foram entrevistados 64 fisioterapeutas, distribuídos em 14 Unidades de Terapia Intensiva (UTI), mostrou que 76,56% apresentavam algum dano relacionado ao trabalho, subentende-se que dentre estes, 71,42% estavam com algum distúrbio osteomuscular relacionado ao trabalho (DORT) (SILVA *et al.*, 2016). O Quadro 1 a seguir mostra os resultados da pesquisa, realizada entre os 64 profissionais, referente aos danos na saúde ocupacional dos fisioterapeutas, nos seis meses antecedentes aos resultados da pesquisa.

Quadro 1 – Pesquisa dos danos à saúde ocupacional na fisioterapia

Resultado	N (%)
Apresentaram danos à saúde relacionado ao trabalho	49 (77%)
Não apresentaram danos à saúde relacionado ao trabalho	15 (23%)
Possui distúrbio osteomuscular (DORT)	35 (55%)
Não possui distúrbio osteomuscular	30 (45%)
Possui distúrbio respiratório	28 (44%)
Influência positiva sobre a vida social	13 (20%)
Influência negativa sobre a vida social	25 (39%)
Influência neutra sobre a vida social	26 (41%)

Fonte: Adaptado de Silva *et al.*, 2016.

Dos 35 profissionais que relataram possuir alguma DORT, 25 (71,4%) necessitaram de assistência médica e 23 (65,7%) necessitaram de alguma medicação para o tratamento da lesão. Os profissionais citaram como possível causa do DORT a realização de força, trabalhar em pé por longos períodos, movimentos repetitivos, mobilização e ou manipulação em má postura durante o atendimento aos pacientes (SILVA *et al.*, 2016). O Quadro 2 apresenta os resultados das possíveis causas relacionadas ao distúrbio osteomuscular.

Quadro 2 – Causas da DORT na fisioterapia

Causas da DORT	N (%)
Realização de força	20 (31%)
Trabalhar em pé por longos períodos	19 (30%)
Movimentos repetitivos	18 (28%)
Mobilização/Manipulação	17 (27%)
Má postura	17 (27%)
Ortostatismo de pacientes	13 (20%)
Massagem cardíaca	11 (17%)
Transferências	10 (16%)

Fonte: Adaptado de Silva *et al.*, 2016.

De acordo com a tabela anterior, a realização esforço físico no atendimento aos pacientes é a causa mais relevante no surgimento de uma DORT, seguido de trabalhar por longos períodos em pé, movimentos repetitivos, mobilização/manipulação de pacientes, má postura ao trabalho, entre outros (SILVA *et al.*, 2016).

Ainda neste estudo, os mesmos 64 fisioterapeutas responderam a uma Escala de Avaliação dos Danos Relacionados ao Trabalho (EADRT), onde inclui 29 questões que abordam a frequência com que o trabalhador manifesta os problemas

físicos e emocionais relacionados ao trabalho, dentro dos últimos seis meses. Os resultados numéricos da EADRT são classificados em quatro níveis: acima de 4,1 indica doenças ocupacionais; entre 3,1 e 4,0 a avaliação é moderada para grave; entre 3,0 e 2,0 a avaliação é moderada, limítrofe; e abaixo de 1,9 a avaliação é positiva, suportável (SILVA *et al.*, 2016). Seguindo o foco nas lesões físicas, a Quadro 3 a seguir mostra os resultados referentes aos danos físicos, perante a avaliação do EADRT.

Quadro 3 – Consequências da DORT conforme a frequência

Danos físicos	<=3X (%)	>3X (%)	Média (EADRT)
Dores no corpo	42,6	57,4	3,9
Dores nos braços	50,8	49,2	3,4
Dor de cabeça	60,6	39,4	2,9
Distúrbios respiratórios	73,2	26,8	2,0
Distúrbios digestivos	95,1	4,9	0,9
Dores nas costas	27,9	72,1	4,4
Distúrbios auditivos	98,4	1,6	0,3
Alterações no apetite	86,9	13,1	1,2
Distúrbios na visão	98,4	1,6	0,4
Alterações no sono	50,8	49,2	3,3
Dores nas pernas	32,8	67,2	4,3
Distúrbios circulatórios	85,3	14,8	1,3

Fonte: Adaptado de Silva *et al.*, 2016.

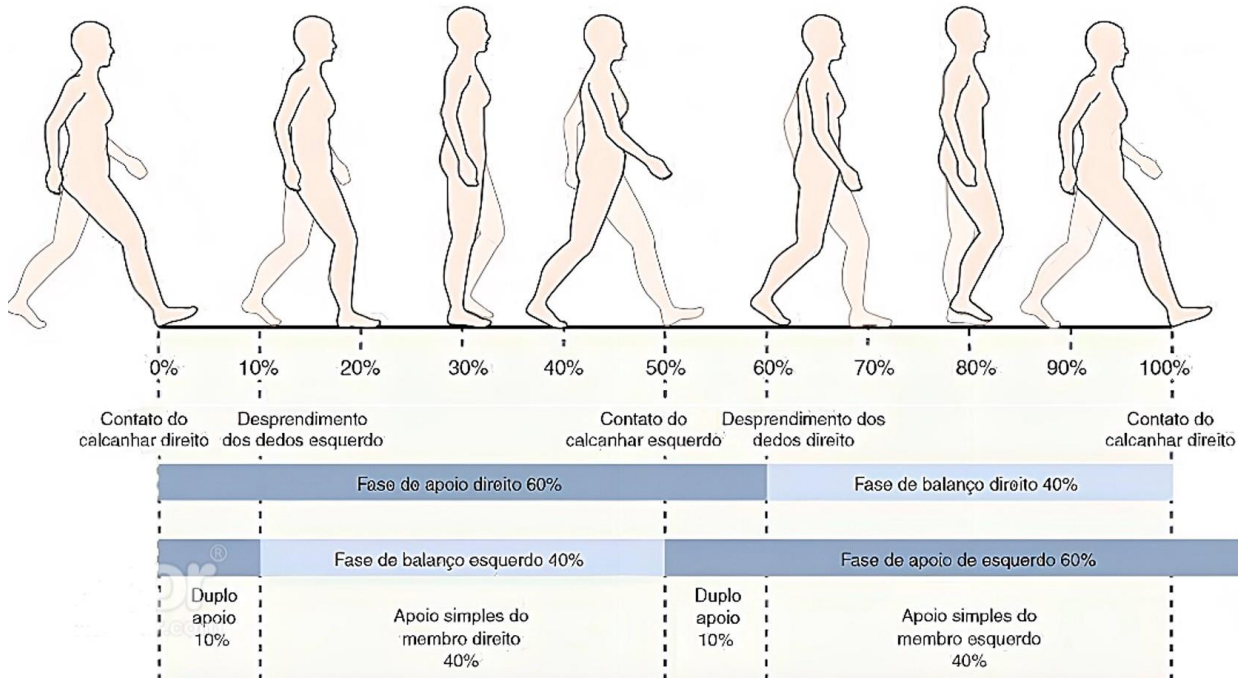
Conforme a classificação média numérica do EADRT, apresentado na tabela anterior, dores nas costas e dores nas pernas foram classificadas como doenças ocupacionais, conforme o estudo. Ocorrendo, respectivamente, a uma taxa percentual de 72,12% e 67,21% em acima de três vezes dentro do período em estudo (seis meses). Dores no corpo, nos braços e alterações de sono foram avaliados como moderadamente grave. Dores de cabeça e distúrbios respiratórios avaliados como moderados, limítrofe. E o restante dos itens tiveram avaliação positiva ou suportável (SILVA *et al.*, 2016).

2.1.1 Marcha humana

A marcha humana é uma função utilizada para locomoção através de uma sequência de repetições dos membros inferiores. Para haver um equilíbrio e estabilidade no caminhar, o ciclo da marcha deve estar organizado de forma que

enquanto um dos membros inferiores oferece apoio para a movimentação, o outro realiza uma função de balanço, avançando para frente e tornando-se a frente móvel de apoio (NEUMANN, 2011). A Figura 1 a seguir apresenta o ciclo da marcha.

Figura 1 – Ciclo da marcha



Fonte: NEUMANN, 2011.

Conforme mostrado na figura anterior, o ciclo da marcha ocorre em duas etapas, uma quando há apoio duplo (os dois membros sobre o chão) e outra quando há apoio simples (apenas um dos membros apoiados). Sendo que, as fases de apoio e de balanço se intercalam entre os membros inferiores (NEUMANN, 2011).

2.2 TECNOLOGIAS PARA A MOVIMENTAÇÃO DE PACIENTES

A contribuição tecnológica na área de enfermagem auxilia e muito nas execuções das atividades para o devido atendimento aos pacientes. Apesar de inicialmente introduzir um investimento alto, os dispositivos de movimentação de pacientes trazem economia a médio e longo prazo para a instituição de saúde (INOUE *et al.*, 2013). Estes dispositivos são classificados na área da saúde como Tecnologia Dura, aos quais consistem em equipamentos ou máquinas utilizadas para o cuidado assistencial dos pacientes e na minimização dos esforços físicos dos profissionais envolvidos no atendimento (INOUE *et al.*, 2013).

2.2.1 Prancha de transferência

A prancha é destinada à transferência de pacientes de uma superfície para a outra, sendo que possui um sistema deslizante e rolante internamente a prancha que facilita a operação. Esse equipamento é confeccionado em polímero expandido de formato retangular, dobrável, desmontável e lavável (INOUE *et al.*, 2013). A Figura 2 a seguir apresenta como é a prancha e sua aplicação.

Figura 2 – Prancha de transferência de pacientes



Fonte: PROVISTA, 2022.

Apesar de seu custo ser acessível, a prancha de transferência ainda exige esforço braçal na transferência de pacientes e, portanto, não é recomendado para a transferência de pacientes com obesidade mórbida devido ao excesso de esforço físico exigido pelos profissionais da saúde. Convencionalmente também, no lugar da prancha, utiliza-se o lençol móvel com o auxílio de três a quatro profissionais onde os quais geralmente acabam adotando posturas inadequadas de trabalho e resultando em alguma DORT (INOUE *et al.*, 2013).

2.2.2 Suporte para peso corporal para fisioterapia

O suporte de peso corporal para fisioterapia é um dispositivo que controla a carga, postura e equilíbrio do paciente em uma esteira ou superfície regular para a reabilitação física gradativa dos membros inferiores, como em exercícios de marcha, até o paciente ter 100% do controle do peso corporal. Conforme a fabricante PhysioGait, o equipamento além de ajudas a manter a postura adequada, reduzir a

carga, e eliminar problemas de equilíbrio, ele melhora o treinamento da coordenação motora (HCIFITNESS, 2022). A Figura 3 a seguir apresenta como é o equipamento.

Figura 3 – Suporte de peso corporal



Fonte: HCIFITNESS, 2022.

De acordo com as características técnicas da fabricante PhysioGait, o equipamento suporta pacientes de até 163 kg, possui altura máxima de 2,4 m e comprimento da base de 1,2m. Além de ser um equipamento de custo elevado (R\$ 47976,00, na cotação em 24 de mar de 2022), atualmente seria necessário importá-lo para o Brasil (HCIFITNESS, 2022).

2.2.3 Guincho de elevação e movimentação

O guincho de elevação e movimentação (também conhecido como guincho para pessoas acamadas) é um equipamento utilizado na área da saúde na forma de um guindaste de pequeno porte, onde possibilita a mobilização do paciente tanto na posição sentada como deitada. O acionamento ou atuação do sistema pode ser por meio mecânico (fuso de rosca), hidráulica ou por um motor elétrico e, conseqüentemente, praticamente eliminando o esforço físico do operador (INOUE *et al.*, 2013).

Esse equipamento, como propriamente dito, é capaz de fazer a elevação e movimentação dos pacientes (através de rodízios em sua base) com segurança de um recinto para o outro, sem que haja trações ou perdas acidentais de tubos, drenos, sondas, e cateteres durante a mobilização do paciente (INOUE *et al.*, 2013). A Figura 4 a seguir apresenta como é o guincho.

Figura 4 – Guincho de movimentação e elevação



Fonte: Magalu (2022).

A fabricante do guincho, apresentado na Figura 4, é a Anjo da Vida (MAGALU, 2022), onde o qual, no Quadro 4 a seguir podemos observar algumas características técnicas referentes ao equipamento da fabricante recém citada.

Quadro 4 – Características do guincho Anjo da Vida

Característica	Valor
Capacidade máxima de carga	150 kg
Altura máxima de alcance	1,75 m
Altura mínima de alcance	0,83 m
Abertura mínima da base	0,73 m
Distância longitudinal entre rodízios	1,00 m
Abertura máxima da base	1,20 m
Peso total do equipamento	30 kg
Tipo de atuador	Atuador hidráulico de 6000 kg

Fonte: Magalu (2022)

Apesar deste tipo de equipamento ser facilmente encontrado, seu custo de aquisição ainda é relativamente alto. Neste caso, na cotação do dia 23 de outubro de 2022, este guincho encontra-se por R\$2690,00 (MAGALU, 2022). Tanto este

como outros guinchos pesquisados, só possuem a função de elevar e movimentar pacientes, nenhum auxilia na suspensão se pacientes para os exercícios de marcha.

2.3 PROJETO DE PRODUTO

Tendo-se o problema delimitado e conhecendo-se as possíveis soluções disponíveis, pode-se partir para a etapa principal do trabalho em questão, o projeto de produto, no qual será abordado na sequência. De acordo com Norton (2013), um produto surge a partir de alguma necessidade, sendo que esta, consiste a partir de uma exposição de mal definida e vaga do problema. Mas entre a etapa de identificação da necessidade e a etapa de produção seriada, existem outras oito etapas importantes para o desenvolvimento de um produto. Estas etapas estão apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5 – Metodologia de projetos

Sequência	Etapa
1	Identificação da necessidade
2	Pesquisa de suporte
3	Definição dos objetivos
4	Especificação de tarefas
5	Síntese
6	Análise
7	Seleção
8	Projeto detalhado
9	Protótipo e teste
10	Produção seriada

Fonte: Adaptado de Norton (2013)

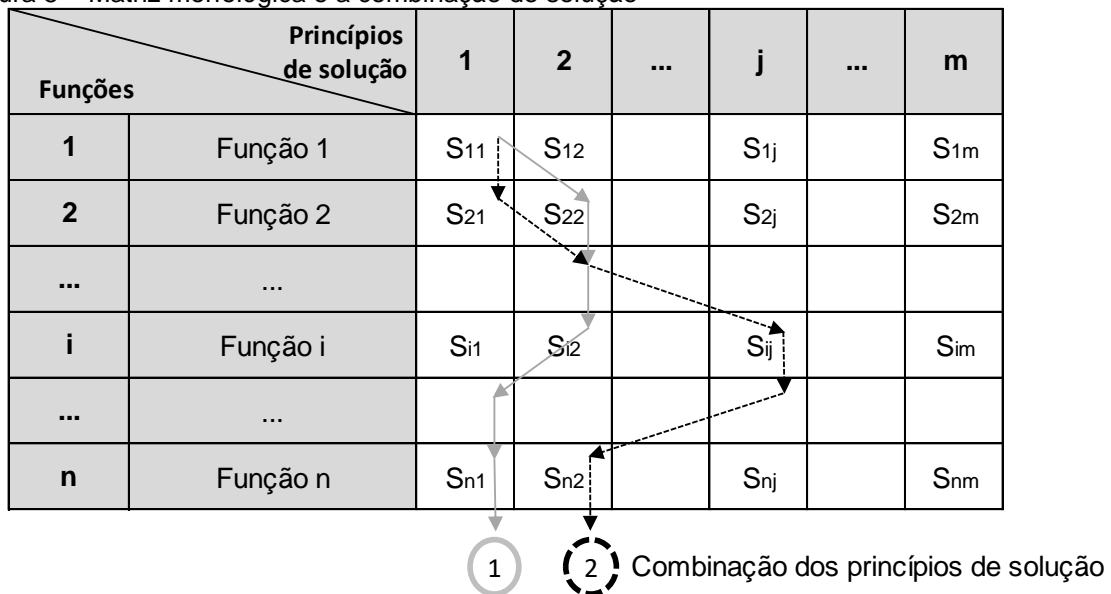
Conforme Norton (2013), primeira etapa consiste basicamente na identificação do problema. Na pesquisa de suporte busca-se por soluções existentes e por referencial teórico que sirva como base para o projeto. A pesquisa de suporte abrange também quais são as especificações da necessidade. Nesta etapa o problema é compreendido e definido por completo em todos os parâmetros possíveis. Na definição dos objetivos, a solução do problema estaria centrada no alcance das metas ou objetivos específicos, seja de cliente e/ou de projeto. A metodologia de trabalho para atingir os objetivos pré-definidos está relacionada nas especificações das tarefas. É na síntese que são estipulados os conceitos de produto ou as hipóteses de solução do problema. Na fase de análise, as hipóteses

podem ser modificadas, incrementadas ou combinadas. A etapa de seleção compreende na escolha da hipótese de solução mais viável. O projeto detalhado foca nos dimensionamentos, desenhos técnicos, na seleção de componentes de máquinas e materiais para apenas aquela hipótese selecionada. Na nona etapa, o projeto é manufaturado e posteriormente testado. Depois de realizadas as devidas correções, o protótipo já está apto para entrar em uma linha de produção. Apesar de o método parecer se desenvolvido de maneira linear, conforme citado, a interação entre as etapas pode ser necessária, inclusive o retorno a uma delas, caso alguma não seja bem sucedida (NORTON, 2013).

2.3.1 Matriz Morfológica

A matriz morfológica é um método sistemático que gera diferentes combinações entre elementos e parâmetros. Esta matriz, descrita na Figura 5, combina princípios subdivididos de soluções individuais em princípios de soluções finais para o produto, nas quais também podem ser denominadas de concepções ou hipóteses de solução (AMARAL *et al.*, 2006).

Figura 5 – Matriz morfológica e a combinação de solução



Fonte: Adaptado de Amaral *et al.* (2006).

2.3.2 Diagrama de Mudge

Em um projeto, pode haver vários fatores ou requisitos entrelaçados e de tamanha complexidade. A hierarquização deles é fundamental para o foco do trabalho, ou seja, priorizar os requisitos e focar em cima deles. Sendo assim, existe

o digrama de Mudge, que cruza comparativamente cada um dos requisitos com todos os outros, definindo assim um grau de importância com cada um (AMARAL *et al.*, 2006).

De acordo com a Figura 6, a hierarquização dos requisitos é realizada através do somatório da eficiência ou importância correspondente a cada requisito. Quanto maior for a soma, mais importante será o requisito perante os outros. Em cada célula do diagrama consta qual é o requisito mais importante (número) e o quanto este requisito é mais importante (letra correspondente a eficiência, sendo “A” mais eficiente e “E” menos eficiente).

Figura 6 – Diagrama de Mudge

Eficiência			2	3	4	5	Soma	%	
A	5	1	1B	1A	1A	1B	18	56	
B	4		2	2D	2D	5C	4	13	
C	3			3	4D	3C	3	9	
D	2				4	5D	2	6	
E	1					5	5	16	
							Total	32	100

Fonte: Amaral *et al.* (2006).

2.3.3 Diagrama de Pugh

Tendo já definido o percentual de importância para cada um dos requisitos, resta agora decidir qual hipótese de solução deve ser escolhida com base neles. O Diagrama de Pugh, desenvolvido por Stuart Pugh, é uma ferramenta que facilita na escolha de concepções, devido a sua simplicidade e eficiência (PUGH, 1991).

Conforme Pugh (1991), o Diagrama de Pugh cruza cada um dos requisitos com cada uma das concepções de projeto. Em cada um destes cruzamentos, pode-se estabelecer uma nota positiva (+1), ou uma nota negativa (-1) ou indiferente (S ou 0). Quando a concepção possui impacto muito positivo com o requisito, a nota pode ser equivalente a "+2". E quando o impacto for muito negativo, a nota é igual a "-2". O somatório do produto das bonificações e penalizações e do percentual de importância de cada um dos requisitos, define qual concepção deve ser escolhida, quanto maior for a pontuação, melhor será o êxito desta concepção. O Quadro 6 mostra um exemplo deste tipo de matriz de decisão, onde no exemplo a seguir, seria o conceito 2 a ser definido.

Quadro 6 – Exemplo de um Diagrama de Pugh

	Conceito 1	Conceito 2	Conceito 3	Conceito 4	Conceito 5
Critério 1	+	S	+	S	+
Critério 2	-	+	S	+	S
Critério 3	S	+	-	-	+
Critério 4	-	S	+	S	+
Critério 5	+	+	S	+	+
Critério 6	+	+	+	+	S
Critério 7	+	S	+	+	-
Critério 8	+	+	-	-	+
Critério 9	S	+	+	-	+
Pontuação Final	3	6	2	1	5

Fonte: Adaptado de Pugh (1991).

2.4 NORMA NBR 8400: EDIÇÃO DE MARÇO DE 1984

A NBR 8400 é a norma que regulamenta o cálculo de equipamentos para levantamento e movimentação de cargas, no qual se aplica a este trabalho. Através da norma são determinadas as solicitações e combinações de solicitações a serem consideradas, as condições de resistência dos diversos componentes do equipamento em relação às solicitações consideradas e as condições de estabilidade a serem observadas. Esta norma apenas não se aplica em guindastes montados sobre pneus ou lagartas. Em todo o capítulo 2.4 deste trabalho, a norma NBR 8400 tem como referência a ABNT (1984).

As estruturas dos equipamentos serão classificadas em diversos grupos, conforme o serviço que irão executar, a fim de serem determinadas as solicitações que deverão ser consideradas no projeto. Para determinação do grupo a que pertence a estrutura de um equipamento, são levados em conta a classe de utilização e o estado da carga.

2.4.1 Classe de utilização

A classe de utilização da estrutura dos equipamentos caracteriza a frequência de utilização dos mesmos. Não se podendo classificar a estrutura dos equipamentos em função de seus diversos ciclos de manobras, convencionou-se classificá-la em função da utilização do movimento de levantamento, definindo-se quatro classes de utilização, conforme o Quadro 7.

Quadro 7 – Classes de utilização

Classe	Frequência de utilização do movimento de levantamento	Número de ciclos
A	Utilização ocasional não regular, seguida de longos períodos de repouso	$6,3 \times 10^4$
B	Utilização regular em serviço intermitente	$2,0 \times 10^5$
C	Utilização regular em serviço intensivo	$6,3 \times 10^5$
D	Utilização em serviço intensivo severo, por exemplo, mais de um turno	$2,0 \times 10^6$

Fonte: Adaptado de ABNT (1984).

2.4.2 Estado da carga

O estado de carga caracteriza em que proporção o equipamento pode levantar em relação a carga máxima, ou somente uma carga reduzida, ao longo de sua vida útil, conforme mostra a Quadro 8.

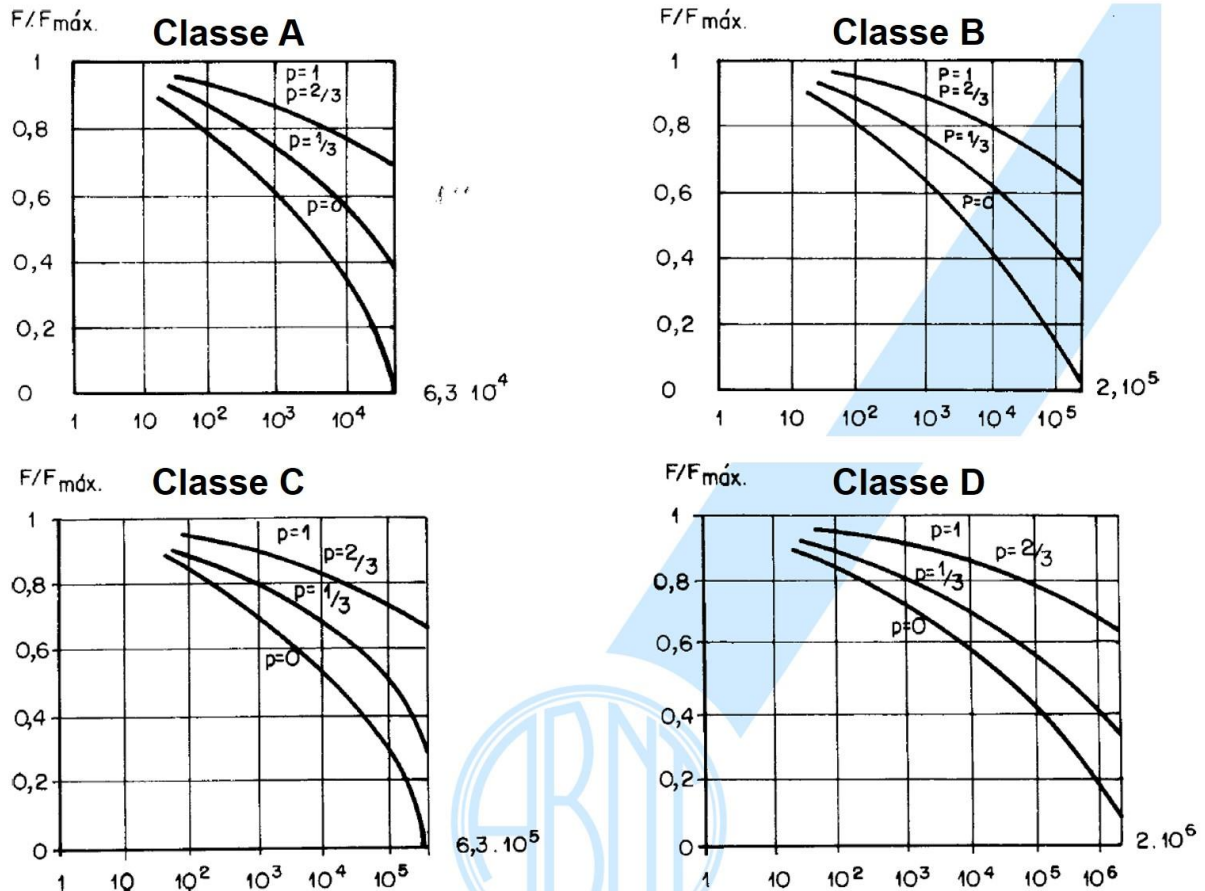
Quadro 8 – Estados de carga

Estado de carga	Definição	Fração mínima da carga máxima
0 (muito leve)	Equipamentos levantando excepcionalmente a carga nominal e comumente cargas muito reduzidas	$P=0$
1 (leve)	Equipamentos que raramente levantam a carga nominal e comumente cargas de ordem de 1/3 da carga nominal	$P=1/3$
2 (médio)	Equipamentos que frequentemente levantam a carga nominal e comumente cargas compreendidas entre 1/3 e 2/3 da carga nominal	$P=2/3$
3 (pesado)	Equipamentos regularmente carregados com a carga nominal	$P=1$

Fonte: Adaptado de ABNT (1984).

Em um número mais preciso, esta fração pode ser representada por diagramas nos quais fazem o cruzamento do número de ciclos (conforme a classificação do equipamento) com as curvas dos estados de carga. A Figura 7 a seguir mostra cada um dos quatro diagramas conforme cada classe de utilização. Onde, conforme o diagrama e o estado de carga determinado, tem-se um percentual em relação a carga máxima que corresponde com a carga de trabalho.

Figura 7 – Diagramas de estados de carga



Fonte: Adaptado de ABNT (1984).

2.4.3 Solicitações ou carregamentos

O cálculo da estrutura do equipamento é efetuado determinando-se as tensões atuantes na mesma durante o seu funcionamento. As principais solicitações exigidas do equipamento são as devidas aos pesos dos próprios elementos que compõem o equipamento (SG) e as solicitações devido as cargas de serviço (SL). Nestas solicitações, os elementos móveis são supostos na posição mais desfavorável. Cada elemento de estrutura é calculado para uma determinada posição do equipamento, cujo valor da carga levantada (compreendida entre 0 e a carga de serviço) origina, no elemento considerado, as tensões máximas. As demais solicitações podem ser oriundas de: movimento verticais, movimento horizontais, efeitos climáticos (que no caso deste trabalho não se aplica esta solicitação em nenhum dos conceitos), entre outros carregamentos externos.

2.4.4 Solicitações devidas aos movimentos verticais

As solicitações devidas aos movimentos verticais são provenientes do içamento relativamente brusco da carga de serviço, durante o levantamento, e de choques verticais devidos ao movimento sobre o caminho de rolamento. No dimensionamento da estrutura é considerado o valor do coeficiente dinâmico que tem influência direta durante o uso, e é utilizado como um coeficiente de segurança. A carga de serviço é multiplicada por este coeficiente dinâmico. No Quadro 9 a seguir mostra os coeficientes dinâmicos conforme o equipamento e a faixa de velocidade de elevação.

Quadro 9 – Valores de coeficiente dinâmico

Equipamento	Coeficiente dinâmico (ψ)	Faixa de velocidade de elevação (m/s)
Pontes ou pórticos rolantes	1,15	$0 < V_L \leq 0,25$
	$1+0,6V_L$	$0,25 < V_L < 1$
	1,60	$V_L \geq 1$
Guindastes com lanças	1,15	$0 < V_L \leq 0,25$
	$1+0,3 V_L$	$0,5 < V_L < 1$
	1,3	$V_L \geq 1$

Fonte: Adaptado de ABNT (1984).

2.4.5 Solicitações devidas aos movimentos horizontais

As solicitações devidas aos movimentos horizontais são provenientes de:

- os efeitos da inércia devidos às acelerações ou desacelerações dos movimentos de direção, de translação, de orientação e de levantamento de lança, calculáveis em função dos valores destas acelerações ou desacelerações;
- os efeitos de forças centrífugas;
- as reações horizontais transversais provocadas pela translação direta;
- os efeitos de choque.

2.4.6 Casos de solicitação

Conforme a norma, são previstos três casos de solicitações:

- caso I - serviço normal sem vento;
- caso II - serviço normal com vento limite de serviço;
- caso III - solicitações excepcionais.

O projeto em vigor se enquadra no caso I, onde não se tem a influência direta do vento sobre o funcionamento do equipamento (seja o conceito que for).

Consideram-se as solicitações estáticas devidas ao peso próprio SG, as solicitações devidas à carga de serviço SL, multiplicadas pelo coeficiente dinâmico, com exclusão dos efeitos do choque.

2.4.7 Método de cálculo

Para os três casos de solicitação de carga, determinam-se as tensões nos diferentes elementos da estrutura e nas junções e verifica-se a existência de um coeficiente de segurança suficiente em relação às tensões críticas, considerando as três seguintes causas de falha possíveis:

- a) ultrapassagem do limite de escoamento;
- b) ultrapassagem das cargas críticas de flambagem;
- c) ultrapassagem do limite de resistência à fadiga.

Nos elementos submetidos a tração (ou compressão) simples e para aços onde a razão entre a tensão de escoamento e o limite de ruptura, for menor que 0,7 a tensão admissível fica conforme o caso de solicitação correspondente ao projeto, dentre uma das três equações apresentadas no Quadro 10 a seguir.

Quadro 10 – Tensões admissíveis a tração ou compressão simples

Caso de solicitação	Equação	Nº da equação
Caso I	$\sigma_a = \frac{\sigma_e}{1,5}$	(1)
Caso II	$\sigma_a = \frac{\sigma_e}{1,33}$	(2)
Caso III	$\sigma_a = \frac{\sigma_e}{1,1}$	(3)

Fonte: Adaptado de ABNT (1984).

Onde:

σ_a – tensão admissível a tração ou compressão simples (MPa);

σ_e – tensão de escoamento do material (MPa).

Ainda de acordo com o quadro anterior, a Equação 1 se aplica em projetos onde se enquadra no Caso I de solicitação de carga. Já a Equação 2, se aplica em projetos onde se enquadra no Caso II de solicitação de carga. E na Equação 3, se aplica em projetos onde se enquadra no Caso III de solicitação de carga.

Nas regiões dos elementos da estrutura onde não há junções e para aços onde a razão entre a tensão de escoamento e o limite de ruptura, for maior que 0,7,

a tensão admissível de tração ou compressão pode ser obtida aplicando-se a Equação 4 a seguir.

$$\sigma_a = \frac{\sigma_e + \sigma_r}{\sigma_{e52} + \sigma_{r52}} * \sigma_{a52} \quad (4)$$

Onde:

σ_a – tensão admissível a tração ou compressão simples (MPa);

σ_e – tensão de escoamento do material (MPa);

σ_r – limite de ruptura do material (MPa);

σ_{e52} – tensão de escoamento do aço de 52 daN/mm² (MPa);

σ_{r52} – limite de ruptura do aço de 52 daN/mm² (MPa);

σ_{a52} – tensão admissível do aço de 52 daN/mm² (MPa).

Em cada uma das tensões normais deve ser igual ou inferior a tensão admissível de tração (ou compressão) simples. Já a tensão admissível para esforço combinado deve ser igual ou inferior a tensão admissível de tração (ou compressão) simples. A pressão diametral admissível sobre as paredes dos furos, nos casos de cisalhamento simples, deve ser igual ou menor que 150% da tensão admissível de tração ou compressão simples do material, conforme a Equação 5.

$$P_{ds} = 1,5 * \sigma_a \quad (5)$$

Onde:

P_{ds} – Pressão diametral admissível para cisalhamento simples;

σ_a – tensão admissível a tração ou compressão simples (MPa).

A pressão diametral admissível sobre as paredes dos furos, nos casos de cisalhamento duplo, deve ser igual ou menor que 200% da tensão admissível de tração ou compressão simples do material, conforme a Equação 6.

$$P_{dd} = 2 * \sigma_a \quad (6)$$

Onde:

P_{dd} – Pressão diametral admissível para cisalhamento duplo;

σ_a – tensão admissível a tração ou compressão simples (MPa).

Conforme a norma, um aparafusamento em condições ideais submete-se a parafusos calibrados cujo comprimento do corpo liso seja igual a soma das espessuras das peças a montar. Nos casos de cisalhamento simples, a tensão de cisalhamento deve ser menor que 60% da tensão admissível de tração (ou compressão) simples do material do parafuso, conforme mostra a Equação 7.

$$\tau_s = 0,6 * \sigma_a \quad (7)$$

Onde:

τ_s – tensão de cisalhamento simples (MPa);

σ_a – tensão admissível a tração ou compressão simples parafuso (MPa).

Já nos casos de cisalhamento duplo, a tensão de cisalhamento deve ser menor que 80% da tensão admissível de tração (ou compressão) simples, conforme mostra a Equação 8.

$$\tau_d = 0,8 * \sigma_a \quad (8)$$

Onde:

τ_d – tensão de cisalhamento duplo (MPa);

σ_a – tensão admissível a tração ou compressão simples do parafuso (MPa).

As tensões referentes a cordões de solda sujeitos a tração e compressão longitudinal, não devem ultrapassar a tensão admissível de tração (ou compressão) simples. Já o cálculo da tensão admissível para o cisalhamento de cordões de solda ocorre por meio da Equação 9 a seguir.

$$\tau_a = \frac{\sigma_a}{\sqrt{2}} \quad (9)$$

Onde:

τ_a – tensão admissível de cisalhamento do cordão de solda (MPa);

σ_a – tensão admissível a tração ou compressão simples (MPa).

2.5 RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

A resistência dos materiais é o campo da ciência e da técnica que estuda o dimensionamento e otimização da forma dos componentes e das estruturas que compõem os sistemas de engenharia. Seu princípio básico consiste em limitar o valor das tensões que atuam nos componentes em valores que evitam a ocorrência de falhas. Através da sua aplicação é possível garantir a integridade e funcionalidade dos sistemas de engenharia ao longo de suas vidas úteis (BOSCH, 2005). Ainda conforme Bosch (2005), as falhas podem ser efeito das tensões que o sistema está submetido, das condições ambientais, da corrosão e da radiação. As

principais falhas que ocorrem em estruturas mecânicas são formações de trincas, fraturas, deformações plásticas ou elásticas e instabilidade por flambagem.

2.5.1 Propriedades mecânicas dos materiais

Os materiais utilizados neste trabalho são: o aço de 52 da/Nmm² (equivalente ao ST52), no qual serve referência para o cálculo das tensões admissíveis conforme a norma presente neste trabalho (Equação 4); o Aço SAE 1020, utilizado em tubos e demais materiais perfilados (LUZ, 2017); Aço ASTM A36, material comum em chapas metálicas (LUZ, 2017); material dos parafusos de Classe de resistência 8.8; Arame de solda AWS ER 70S-6, muito comum a ser utilizado na solda MIG-MAG entre componentes de aço carbono. O Quadro 11 a seguir, especifica os valores (em MPa) de limite de escoamento (LE ou σ_e) e limite mínimo de ruptura (LR ou σ_r) dos materiais recém citados.

Quadro 11 – Propriedades mecânicas dos materiais utilizados

Material	LE (MPa)	LR (MPa)	Fonte da informação
Aço ST52	355	510	JINSHI (2022)
Aço SAE 1020	350	420	LUZ (2017)
Aço ASTM A36	250	400	LUZ (2017)
Parafuso Classe 8.8	640	800	GARCIA (2013)
Arame AWS ER 70S-6	420	540	MJV SOLDAS (2022)

Fonte: Conforme a última coluna deste quadro.

De acordo com LUZ (2017), os materiais como o Aço SAE 1020 e o Aço ASTM A36, possuem boa usinabilidade, boa conformabilidade e boa soldabilidade. Por serem amplamente utilizados na indústria, são comuns de serem encontrados e possuem bom custo-benefício.

2.6 MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Com o auxílio de cálculos estruturais o engenheiro deve garantir que a estrutura em estudo não estará sujeita a falhas sob diversas condições de operação. A base para essa missão é obtida a partir da resistência dos materiais, que trata da resistência e da rigidez dos elementos das estruturas, com os subsídios dos Teoremas da Mecânica Geral e em especial no estudo da estática (ALVES, 2013).

O Método de Elementos Finitos ou também conhecido como FEA (*Finite Element Analysis*), consiste numa aproximação numérica para a decisão de

equações via integração, realizado após a divisão do sistema em partes discretas menores, etapa que é conhecida como discretização do modelo, ou geração de malha (ZIENKIEWICZ, 2005).

Conforme Norton (2013), no ramo da mecânica o FEA fornece informações sobre tensões, deformações, deflexão, frequências naturais e modos de vibração. A abordagem utilizada na maioria dos softwares de FEA é o Método da Rigidez Direta (MRD), onde através de um conjunto de cargas externas aplicadas e das condições de contorno calcula-se os deslocamentos nodais e as forças internas resultantes através da Lei de Hooke.

2.6.1 Procedimento para a análise de elementos finitos

Conforme Moaveni (2003), a análise de elementos finitos normalmente compreende três passos:

I. Pré-processamento: consiste no desenvolvimento do modelo geométrico, especificar as propriedades dos materiais, discretização, definição dos contatos entre componentes, para então definir os carregamentos e condições de contorno;

II. Solução da análise pelo programa de Método de Elementos Finitos: nesta etapa inicia-se realizando a formulação das equações que descrevem o fenômeno. Após isso, realiza-se a solução das equações. Pode-se também durante esta etapa realizar o cálculo dos resultados (temperatura, deslocamento, tensões e reações de apoio, etc.), nos nós e elementos;

III. Pós-processamento: realiza-se a análise dos resultados encontrados com a criação de gráficos ou visualização da deformação e distribuição de tensões, deslocamentos ou temperaturas no modelo. Assim pode-se investigar o comportamento do modelo de acordo com a necessidade do usuário. Porém esta etapa necessita que o usuário possua uma boa base teórica sobre o assunto para poder interpretar corretamente os resultados.

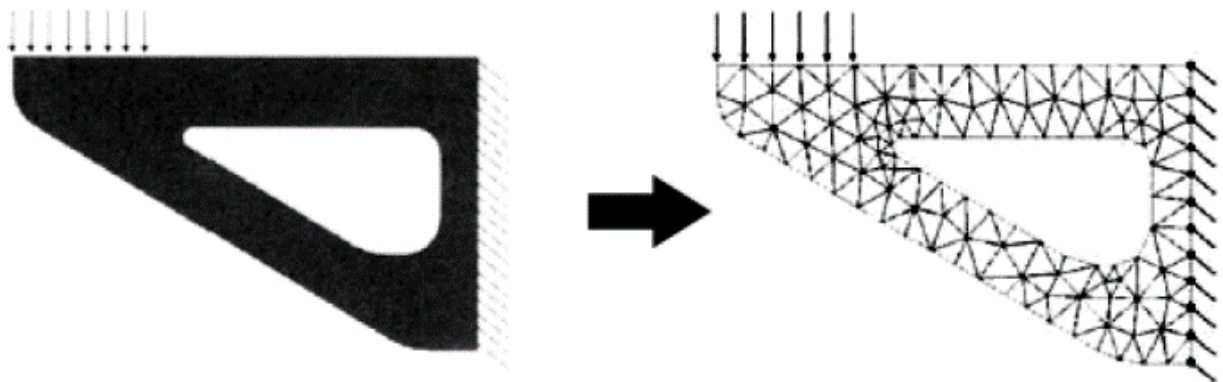
2.6.2 Discretização da malha de elementos finitos

A escolha do tamanho e do tipo da malha adequada não é uma tarefa simples em uma estrutura contínua. Essa escolha depende do conhecimento das propriedades do elemento escolhido para a representação do problema. Atualmente,

uma prévia de malha pode ser gerada facilmente, porém depende sempre de o engenheiro responsável pela análise revisar a qualidade da malha (ALVES, 2013).

Além da discretização geométrica, há também das condições de contorno e dos pontos de fixação, onde estas passam a ser impostas nos nós e não nas superfícies do modelo (ZIENKIEWICZ, 2005). A Figura 8 apresenta um exemplo de discretização com as condições de contorno e carregamento.

Figura 8 – Discretização de um modelo



Fonte: Zienkiewicz (2005).

Alves (2013), apresenta que a particularidade associada a cada tipo de elemento está no número de componentes de força que justificam o equilíbrio do elemento, e a natureza dessas forças. Desta forma pode-se dividir os elementos em:

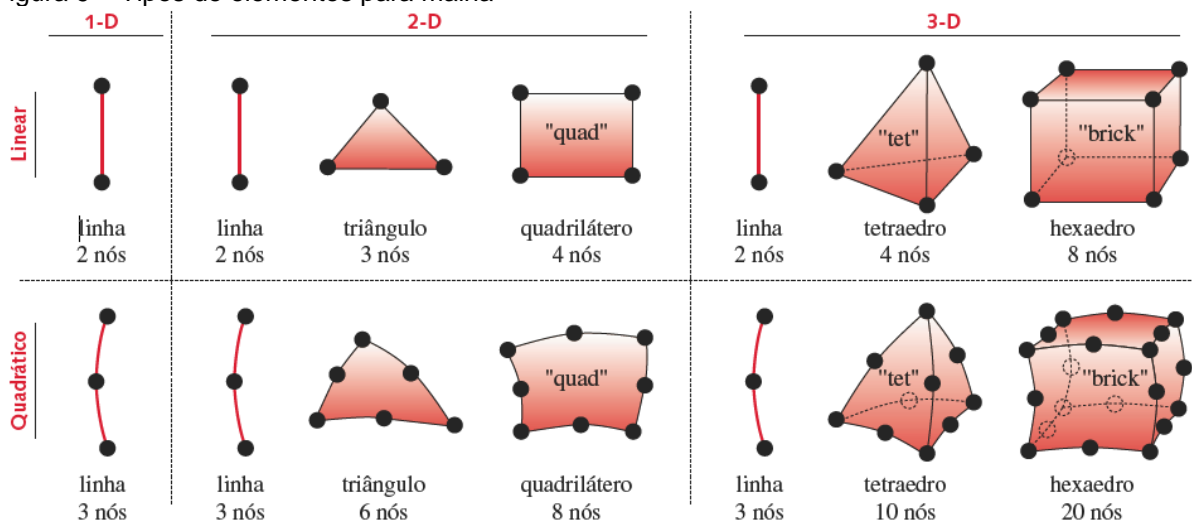
- Elementos de mola: transmite apenas forças axiais;
- Elemento de Treliça: contabiliza apenas a rigidez axial do membro estrutural;
- Elementos de Viga: transmitem além de forças axiais, flexão cisalhamento e torções. Também conhecidos como elementos 1D, são aplicados em componentes que tenham um perfil constante ao longo de seu comprimento (tubos, barras, etc.). Sua diferença em relação ao elemento de treliça é que as uniões entre os elementos não são articuladas, mas sim rígidas. Pode possuir até 12 graus de liberdade;

- Elementos de Casca: são corpos que contêm uma dimensão (por exemplo, a espessura) muito menor que as outras duas (largura e comprimento) que são da mesma ordem de grandeza. Também conhecidos como elementos 2D, tem aplicação em chapas metálicas. Para a representação desse comportamento, visando o cálculo das deformações e tensões, são adequados os Elementos de Estado Plano de Tensões, Placa e Casca (elementos triangulares ou quadrangulares);

• Elementos Sólidos: também conhecidos como elementos 3D são corpos contínuos elásticos que não possuem algum padrão ao longo de si, seja de perfil ou espessura. Na prática, temos os exemplos: como eixos, engrenagens, componentes fundidos, blocos de motor, etc. Para a representação desse comportamento, visando o cálculo das deformações e tensões, são adequados os Elementos Sólidos (hexaedro ou tetraedro).

Conforme Norton (2013), elementos lineares são utilizados superfícies e estruturas retilíneas aos quais não exigem tanta precisão e deixam a análise mais ágil por possuir menos equações para calcular. Já os elementos quadráticos, além de serem mais precisos por possuírem nós intermediários para resultados mais refinados, estes elementos podem calcular em regimes de tensão maiores e são mais utilizados em curvaturas. A Figura 9 a seguir apresenta os principais tipos de elementos.

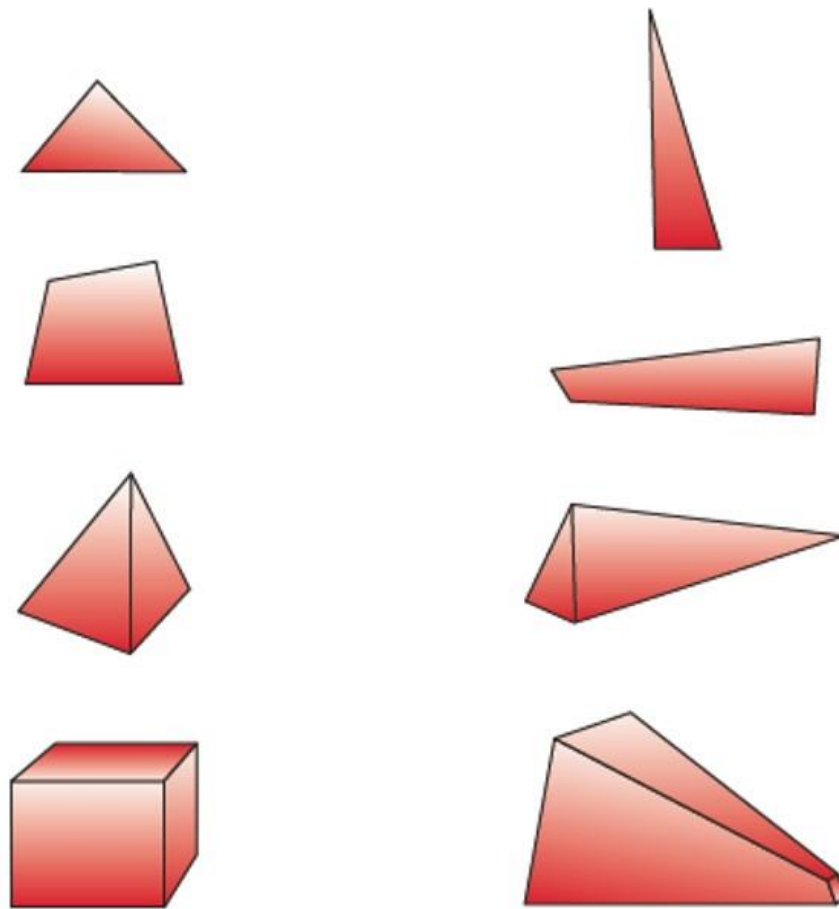
Figura 9 – Tipos de elementos para malha



Fonte: NORTON (2013).

A razão de aspecto de um elemento é basicamente a proporção de distância entre os nós do elemento, onde qual interfere na qualidade da malha e, se for em uma região de relevância, interfere nos resultados. Esta razão calculada dividindo a maior distância entre nós de um elemento, pela menor distância entre nós do mesmo elemento. Os métodos de avaliação dessa razão podem ser o desvio angular da forma retangular (*skew*), o desvio geométrico da forma retangular (*taper*) e a falta de planicidade do elemento (*warp*) (NORTON, 2013). A Figura 10 apresenta as diferenças entre elementos de razão de aspecto boa e ruim.

Figura 10 – Elementos de razão de aspecto boa e ruim



(a) Razão de aspecto boa

(b) Razão de aspecto ruim

Fonte: Adaptado de NORTON (2013).

2.6.3 Tensão de Von Mises

Um elemento que recebe a ação de uma força tende a absorvê-la, gerando forças internas, efeito denominado tensão, que pode ser expresso como a razão entre a força aplicada por unidade de área (FONSECA; TAVARES, 2012).

A tensão de Von Mises é um escalar positivo que descreve o estado de tensão dos materiais, isto é, um componente entrará em colapso assim que sua tensão de Von Mises ultrapassar determinado valor, próprio de cada material. Este escalar, utilizado na análise de elementos finitos, é determinado pela Equação 10 (FONSECA; TAVARES, 2012).

$$\sigma_{Von\ Mises} = \sqrt{\frac{(S_X - S_Y)^2 + (S_X - S_Z)^2 + (S_Y - S_Z)^2 + 6(T_{XY}^2 + T_{XZ}^2 + T_{YZ}^2)}{2}} \quad (10)$$

Onde:

SX - tensão normal na direção do eixo X;

SY - tensão normal na direção do eixo Y;

SZ - tensão normal na direção do eixo Z;

TXY - tensão de cisalhamento na direção do eixo Y sobre o plano YZ;

TXZ - tensão de cisalhamento na direção do eixo Z sobre o plano YZ;

TYZ - tensão de cisalhamento na direção do eixo Z sobre o plano XZ.

2.6.4 Singularidade de tensão

Singularidade de tensão é um pico de tensão decorrente de alguma força sobre uma área muito pequena, qual pode ocorrer tanto pela condição da geometria como pela definição da análise. A singularidade pode ser decorrente de carregamentos aplicados em uma área muito pequena em relação ao resto da estrutura, podem ser decorrentes devido a uma definição de contato com áreas de interação muito pequenas, ou até mesmo restrições em áreas muito pequenas (ENSUS, 2016).

É importante não confundir concentração de tensão com singularidade de tensão, a diferença entre ambos é que na singularidade, a tensão tende aumentar infinitamente com o refino da malha (ENSUS, 2016). O princípio de St. Venant afirma que o efeito de uma descontinuidade local de tensão em um corpo não afeta a distribuição de tensão em uma certa distância a este ponto. Ou seja, os pontos de singularidade de tensão podem ser descartados, desde que estejam a uma certa distância da região de interesse e/ou tenha um volume muito pequeno de tensão, em relação aos entornos (ENSUS, 2016).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho utiliza a pesquisa bibliográfica para buscar em livros e materiais acadêmicos estudos relacionados com o tema em questão. Com isso, obteve-se todo o material de apoio referente às necessidades da fisioterapia ocupacional, metodologia de projeto de produto e dimensionamento por meio da norma regulamentadora e do método de elementos finitos.

Já em busca de soluções para o problema de pesquisa, o trabalho busca seguir o método de pesquisa-ação, que conforme Gil (2002) *apud* THIOLENT (1985) é o tipo de pesquisa com base empírica que é associada com uma ação e solução do problema. Desta forma a pesquisa tem característica aplicada, pois se utiliza de métodos de análise de dimensionamento de estruturas encontrados na literatura e, se adotou um delineamento de estudo de caso, pois este permite definir um objeto e fazer o seu estudo aprofundado.

3.1 COLETA DE DADOS

Para que se possa solucionar um problema, busca-se, primeiramente, entender o problema e sua respectiva causa raiz. Inicialmente por meio de pesquisa bibliográfica e posteriormente por pesquisa a campo, para compreender diretamente na área onde a solução seria implementada, as reais necessidades. Estas reais necessidades irão ajudar a formular os requisitos de projeto. Junto ao referencial teórico, na parte de tecnologias existentes, já se pode ter alguns parâmetros de delimitação de projeto.

3.2 PROJETO DE PRODUTO

Na atividade de análise dos princípios de solução existentes definem-se, para cada componente do modelo, as diversas soluções possíveis deste projeto a partir da matriz morfológica. Essa ferramenta visa estudar sistematicamente um grande número de combinações possíveis entre os elementos de um produto ou sistema. A matriz morfológica tem o objetivo de identificar, indexar, e parametrizar o conjunto das possíveis alternativas para se alcançar o objetivo determinado (ROSENFELD, 2006). Posteriormente a definição e a hierarquização dos requisitos de projeto será desenvolvido por meio do Diagrama de Mudge. Já a escolha final do conceito (entre

os conceitos formulados na matriz morfológica), ocorre por meio do Diagrama de Pugh.

3.3 DIMENSIONAMENTO DE PROJETO

Tendo o conceito escolhido, e seguindo a norma NBR 8400, parte-se para a classificação do equipamento, definição do coeficiente dinâmico de carga vertical e cálculo de tensões admissíveis do projeto. As tensões admissíveis são calculadas conforme o material e sua respectiva aplicação, tendo como referência (de acordo com a NBR 8400) o aço de 52 daN/mm² (equivalente ao aço ST52). Sendo assim, para conceitos onde se tenha aplicação do aço SAE 1020 e do aço ASTM A36, são calculadas as tensões admissíveis de tração e/ou compressão simples (sem junções) e as pressões diametrais admissíveis nas paredes dos furos, nos casos de cisalhamento simples e de cisalhamento duplo. Para os parafusos, são calculadas as tensões admissíveis de cisalhamento simples e de cisalhamento duplo, levando em consideração as propriedades mecânicas do material do parafuso que, neste caso, é da classe de resistência 8.8. Já nos cordões de solda, são calculadas as tensões admissíveis de tração e compressão longitudinal e as tensões admissíveis de cisalhamento do cordão com base nas propriedades mecânicas do material de adição que, neste caso é o arame de solda AWS ER 70S-6 para aço carbono.

3.4 PROJETO COMPUTACIONAL

O croqui de projeto, a modelagem das peças, montagem e detalhamento do projeto será realizada por meio do Software *Solidworks* instalado em um notebook, em uma licença estudantil. Conforme Fialho (2012), o *Solidworks* é um software paramétrico bidirecional de CAD (desenho assistido por computador). Considerada uma das plataformas gráficas mais completas, versáteis e amigáveis, este software é destinado a projetistas e engenheiros das mais diversas áreas. O padrão de codificação dos itens será de GC para itens comprados, GP para peças, GS para conjuntos soldados, GM para conjuntos montados e GTF para o produto final, todos sequenciados de forma numeral.

Para a etapa posterior de FEA, o modelo em CAD, previamente configurado na pior condição de trabalho, será exportado para um formato neutro de geometria que, no caso, será em *Parasolid* (extensão de arquivo “.x_t”) devido a sua eficácia e

rapidez na exportação. Alterações posteriores de projeto serão exportadas pela mesma maneira.

3.5 ANÁLISE PELO MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS (FEA)

Por meio do software *Ansys*, complemento *Mechanical*, será feita a análise de elementos finitos. Ela será uma análise estática estrutural linear, devido ao fato de proporcionar resultados assertivos (como na análise do tipo não-linear), porém com um tempo de processamento muito menor.

3.5.1 Pré-processamento

Em sua etapa inicial, há a importação da geometria (em formato *Parasolid*, conforme recém citado), e simplificação do modelo dentro do *Ansys SpaceClaim* (é o complemento CAD dentro do *Ansys*). O objetivo principal dessa etapa é simplificar o modelo ao máximo para reduzir a quantidade de elementos de malha, reduzindo a necessidade de alta capacidade de processamento computacional e deixando a malha mais homogênea e de melhor qualidade. Vale ressaltar que a simplificação geométrica não deve intervir de maneira significativa nos resultados.

Nesta etapa de simplificação, são removidos os raios internos e externos de tubos retangulares (se houver), raios e chanfros externos em chapas, que ficam afastados de possíveis regiões concentradoras de tensão, também são removidos. Componentes comprados (se houverem) como: pinos, parafusos, porcas, rodízios, macaco hidráulico, atuador elétrico, talha elétrica, cesto para acamado, podem ser removidos, pois na etapa de pré-processamento podem substituídos por suportes ou elementos virtuais, nos quais proporcionam os mesmos resultados, porém sem a necessidade de ter elementos de malha (serão apresentados posteriormente). Outra possibilidade, no caso de pinos e juntas parafusadas, é simplificação dos itens para apenas um corpo cilíndrico, quando se deseja obter resultados de tensão mais detalhados do item descrito. Itens de tubo e chapas metálica serão convertidos de sólido para itens de casca (para posteriormente gerar malha 2D) por meio do recurso *MidSurface*.

No complemento *Engineering Data*, são escolhidos os materiais que serão aplicados (posteriormente) para os componentes (peças) do projeto importado. No caso de não existir o material requerido exatamente como o especificado (em termos

de propriedades mecânicas), pode-se criar os materiais para posteriormente utilizá-los. Ainda na etapa de pré-processamento, porém dentro de *Geometry* do complemento *Mechanical*, são definidos os materiais (conforme escolhidos no *Engineering Data*) para cada uma das peças. Ainda dentro de *Geometry*, será criado um ponto de massa (150 kg) que corresponde ao paciente a ser elevado, o centro de gravidade desse ponto de massa deve corresponder ao do paciente.

O sistema de coordenadas a ser utilizado como referência, é o sistema de coordenadas global (corresponde ao mesmo utilizado no *SolidWorks*) que se aplica para: pontos de massa, aplicações de aceleração, restrições do modelo em determinados graus de liberdade, entre outros carregamentos e restrições que dependem de algum sentido ou orientação para sua definição. Em *Connections*, são definidas as interações entre as peças, nos quais podem ser por meio de uma região de contato (*Contact region*) entre itens soldados ou montados, ou por meio de uma viga/perfil virtual de determinado material e de uma determinada secção transversal (*Beam*). Sendo que este último, tem o intuito de substituir parafusos, pinos e (se houver) qualquer tipo de atuador ou elemento no qual se necessita da presença dele para a estrutura (transferência de carregamentos e restrições), porém não na plotagem de resultados que não sejam de forças.

Um contato entre componentes é gerado pela seleção apenas das faces (pode ser também com arestas ou ainda a combinação de ambas) que terão interação e definindo o tipo de contato, se será do tipo *Bonded* ou *No separation* (no caso de análises lineares). O contato *Bonded* (tradução literal, “colado”) se aplica em faces que serão soldadas ou em montagens onde não há graus de liberdade livre apenas entre as faces peças em questão, pois este tipo de contato restringe todos os graus entre estas faces. No caso do *No separation*, como a própria tradução literal se dá o entendimento, as faces em contato não se separam, porém podem deslizar entre elas. Isso pode ser aplicado, por exemplo, entre um furo e um pino no qual deve ter grau de liberdade para rotacionar. Seja qual for o contato, em seu escopo, é solicitado a(s) face(s) ou aresta(s) de contato (*Contact*) e a face do alvo (*Target*), sendo que esta, receberá os esforços oriundos do contato. Em todos os contatos onde contenha um ou mais componentes de casca, o *Target* sempre deve ser uma face para a correta convergência da análise.

Para avaliar se as faces do contato estão interagindo ou não, o *Mechanical* conta com uma ferramenta chamada *Contact Tool*, no qual ela avalia se o contato

está fechado e interagindo (*Closed* ou *Inactive*), ou se o contato está aberto e não está interagindo (*Far Open*). Neste último caso, se ocorrer, é devido a excesso de folga ou interferência entre as peças em questão. Para corrigir deve-se revisar a seleção de faces do contato ou a geometria (voltando para o *SpaceClaim*).

Quanto a elementos de malha, o modo como os elementos são criados (*Size Function*) será do tipo adaptativo (*Adaptive*), pois o modelo se divide de maneira mais homogênea mesmo com mudanças de geometria (de plano para curvo, por exemplo). A transição (*Transition*) entre elementos menores e maiores será do tipo suave (*Slow*), reduzindo a probabilidade de distorção dos elementos na região. Componentes de chapa metálica e tubos terão malha do tipo quadrática quadrilátera (malha de casca ou 2D), com tamanho de elemento maior que a espessura do mesmo. Já eixos ou pinos (se houver) terão malha quadrática hexaédrica (malha de sólido ou 3D), com tamanho inicial de elemento de 4mm. Os tamanhos de elemento podem variar conforme as limitações de qualidade de malha, limitação de software (licença) e limitação computacional, podendo ter elementos grandes em determinadas regiões e refinamentos de malha nas regiões de interesse.

O recurso denominado *Element Quality* plota um escalar positivo da proporção dos elementos de malha gerados. Através deste recurso, tanto de maneira numérica como visual, pode-se identificar áreas onde se necessita de um refino de malha por ter qualidade ruim (elemento distorcido, conforme apresentado na Figura 10).

As restrições a serem aplicadas serão por meio do recurso *Remote Displacement*, no qual pode-se definir os graus de liberdade, o ponto ancoragem e definir se a região de suporte será deformável ou não. A carga a ser aplicada será uma aceleração de $9,81 \text{ m/s}^2$ pelo SI (*Acceleration*) no sentido vertical.

3.5.2 Processamento

Nesta etapa a análise é executada, onde são formuladas as equações que descrevem o fenômeno e posteriormente resolvidas. Durante o processamento são monitorados o consumo de memória (tanto memória de disco como de memória RAM), para que se houver falha na análise por falta de memória, o usuário seja notificado. Pode-se, antes mesmo da execução, definir as plotagens para o pós-processamento, conforme os conjuntos e/ou peças previamente selecionados.

3.5.3 Pós-processamento

Para a correta análise dos resultados, as regiões de maior tensão apresentadas nas plotagens gráficas terão de ser comparadas com os resultados de qualidade de malha (ferramenta *Element Quality*), para que não haja divergências de acúmulo de tensão por projeto subdimensionado ou por qualidade de malha ruim e, caso seja necessário, a malha terá de ser ajustada nas regiões recém mencionadas. As plotagens gráficas terão seu regime escalar de cores definido pela tensão admissível calculada de maior valor.

Nas regiões de interesse, tanto para tensão como para deformação, poderão ser adicionadas notas mensuradas através do recurso *Probe*. No caso das plotagens dos resultados de tensão, estas notas serão comparadas com sua tensão admissível correspondente, conforme a região. O recurso *Probe* ajuda a identificar casos onde há singularidade de tensão e auxilia também da distinção das tensões admissíveis, por exemplo, a uma determinada distância de um cordão de solda (com base na especificação do cateto de solda no detalhamento técnico) a tensão admissível passa a corresponder ao de tração e/ou compressão simples (sem junções).

É possível que nos resultados da primeira análise, o modelo seja reprovado (com base nas tensões admissíveis de projeto). Porém volta-se para a etapa de CAD, faz-se os ajustes necessários e executa-se novamente a análise de elementos finitos com as mesmas condições aplicadas anteriormente, até que o modelo seja aprovado.

3.6 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO E ANÁLISE DE CUSTOS

Cada item do equipamento terá seus processos de fabricação e seu respectivo custo relatados. Para simplificar os custos cada item terá somado junto a si, os custos referentes a materiais e referente a seus respectivos processos de fabricação. Os custos com acabamentos superficiais (pintura, zincagem, etc.), solda e montagem também são consideradas ao cálculo. Os itens serão divididos em grupos conforme seus processos de fabricação. Ao faz-se o somatório dos custos e compara-se com um equipamento equivalente disponível ao mercado.

3.7 RECURSOS NECESSÁRIOS

O notebook no qual será utilizado para o desenvolvimento deste projeto é da marca Dell, modelo Inspiron I15R-5537 A10, com processador Intel Core I7 4500U, Memória RAM de 8GB DDR3, Placa de vídeo dedicada de 2GB da AMD - modelo Radeon HD 8670 e SSD de 120 GB para o Sistema Operacional Windows 10 e demais softwares que serão citados. Os recursos a serem utilizados em toda a etapa de projeto de produto e de dimensionamento de projeto, se baseia no uso do software *Microsoft Excel*. Já a etapa de projeto computacional, conforme já mencionado anteriormente, será realizada por meio do software *SolidWorks*, licença estudantil. A análise pelo método de elementos finitos será por meio do software *Ansys*, também com licença estudantil.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são abordados os resultados da metodologia de projeto de produto com a definição dos conceitos e a escolha do guincho, a definição dos requisitos e sua hierarquia. Classificação do equipamento conforme a carga e o uso, cálculo das principais tensões admissíveis. Projeto em CAD, validação pelo método e elementos finitos (FEA) e discussão dos resultados.

4.1 CARACTERÍSTICAS DE DELIMITAÇÃO

O equipamento, de uso interno ao recinto, será aplicado nas condições de elevar e transferir o paciente do chão até a cadeira de rodas (ou vice-versa), da cadeira de rodas até sobre a maca (ou vice-versa) e podendo suspender o paciente sobre uma esteira. O equipamento de ser compacto a ponto de passar por portas (ou transitar entre alas) e, se houver uma base sobre o chão, essa base deve passar por baixo de camas sem interferir.

4.2 CONCEITOS DE SOLUÇÃO E MATRIZ MORFOLÓGICA

A seguir, para cada um dos quatro conceitos de solução, há um descritivo onde se apresenta a definição, principais características e principais vantagens e desvantagens de cada um dos conceitos. No APÊNDICE A, consta a matriz morfológica apresentando sistematicamente as características dos conceitos.

4.2.1 Conceito 1 – Suporte corporal

O primeiro conceito a ser abordado, trata-se de um suporte corporal, no qual é um equipamento comercialmente já existente, onde o paciente é elevado e/ou suspenso de forma semelhante a um guincho, porém exclusivamente linear ao invés de angular. O suporte corporal pode ser utilizado na movimentação de pacientes, mas seu uso principal é destinado para suspensão sobre a esteira nos exercícios de marcha. A estrutura principal seria composta por tubos retangulares de aço SAE 1020, por questões de resistência a flexão e facilidade em manufatura.

De simples acionamento (com atuador linear elétrico), o controle remoto exige do operador esforço praticamente nulo e com elevação suave. Há uma diversa gama de deslocamentos (curso do atuador) para atuadores lineares e com um bom range. O tipo de rodado de apoio duplo, apresentado na coluna Conceito 1 do APÊNDICE

A, possibilita que o equipamento seja transportado facilmente pelas escadas (porém se carga içada), no entanto, restringe a mobilidade lateral. Apesar de os atuadores lineares serem seguros quando ao seu tipo de bloqueio (fuso roscado), sua manutenção se torna onerosa, pois o custo de aquisição normalmente é relativamente alto. O mesmo se repercute ao custo das baterias envolvidas na alimentação dos atuadores. Além do fato de necessitarem de recarga elétrica.

4.2.2 Conceito 2 – Trilhos aéreos com talha elétrica

O Conceito 2 aborda uma instalação predial de trilhos aéreos fixos (responsável pela movimentação dos pacientes) no teto das principais alas de fisioterapia, onde neste, seria implementado uma talha elétrica no qual é responsável pela elevação dos pacientes. A coluna Conceito 2 do APÊNDICE A, apresenta quais são as funções elementares desta hipótese de solução. Através da talha elétrica, tem-se ótimas capacidades de carga (=> 500 kg) e grande range e elevação (=> 3 metros), se comparados aos outros conceitos. Neste conceito, como a alimentação é diretamente da rede elétrica predial, não há necessidade de baterias. O sistema de freio de elevação é integrado ao mecanismo de transmissão interno da talha, onde também tem a parada emergencial por meio de uma botoeira de emergência junto ao painel ou controle remoto.

Entretanto, o custo desse sistema como um todo se torna elevado, visando a aquisição da talha elétrica, a aquisição dos trilhos aéreos necessários e mais o custo da instalação destes itens. Entre os conceitos apresentados, apesar da elevada capacidade de carga, o Conceito 2 seria o que mais consumiria energia elétrica devido a potência requerida da talha e, portanto, estima-se que seria o conceito que teria o maior custo de operação. Já no quesito mobilidade, este conceito seria o mais limitado, pois a movimentação dos pacientes estaria restrita somente nos trilhos aéreos.

4.2.3 Conceito 3 – Guincho de transferência

A ideia do Conceito 3 é referente a um guincho de movimentação e elevação, também conhecido como guincho de transferência de pacientes ou guincho para acamados, no qual também possa ser utilizado para os exercícios de marcha. A parte da lança, coluna e base do guincho seria composta por um misto de tubos

retangulares (é perfil comercial de boa resistência a flexão e é mais fácil de ser retrabalhado) de aço SAE 1020 e por itens de chapa de aço ASTM A36 (são itens que podem ser cortados em laser e, portanto, terem ótimo dimensional), no intuito de reduzir custos com material oferecendo resistência o suficiente.

O paciente é içado por uma lança, no qual sua elevação ocorre por meio de um atuador hidráulico, de acionamento manual (macaco hidráulico). No interior deste macaco hidráulico há uma válvula do tipo by-pass, responsável pela trava de elevação do guincho. Esta válvula só permite a passagem do óleo em um sentido (elevação), para abaixar a lança é necessário soltar um parafuso lateral no qual desvia o óleo da válvula by-pass, fazendo-o retornar do cilindro para o reservatório. O range de elevação deste conceito poderia abranger do chão para a maca (e vice-versa) e até mesmo (através de uma regulagem adicional do guincho) atender a pacientes que precisam ser suspensos de pé sobre uma esteira para caminhada (exercícios de marcha), pois este seria mais um diferencial perante a outros guinchos existentes. Neste conceito o custo de operação é nulo, pois não haveria necessidade de alguma fonte de energia elétrica ou combustível, apenas mecânica.

Para a movimentação dos pacientes, o guincho possuiria quatro rodízios giratórios em sua base, dois com freio e dois sem freio. Sua base poderia ter posição paralela entre suas laterais, para facilitar na passagem por portas, e poderia ter a base aberta (com ângulo agudo) para proporcionar estabilidade lateral, oferecendo maior segurança ao paciente. Ainda referente a base, a altura total teria de ser menor o suficiente para não interferir com uma cama hospitalar, pois a base do guincho deve passar por baixo da cama para ter alcance o suficiente a ponto de movimentar o paciente até o centro da cama. Com isso, o guincho poderia operar no meio hospitalar também.

Com exceção dos itens estruturais do guincho, todos os itens restantes seriam itens comerciais e de baixo custo de aquisição, sendo que o próprio operador poderia realizar a manutenção ou a substituição de algum componente, sem a necessidade da vinda de um técnico especializado. As desvantagens desta hipótese de solução, referentes aos Conceitos 1 e 2, seriam de requerir atenção do operador ao abaixar o paciente, para ele não descer rápido demais e, também, referente a comodidade na elevação do paciente, pois um atuador elétrico é mais cômodo e ágil na elevação do que um macaco hidráulico. A coluna Conceito 3 do APÊNDICE A, apresenta com mais detalhes as funções elementares desta hipótese de solução.

4.2.4 Conceito 4 – Prancha de transferência

Conforme as funções elementares apresentadas na coluna Conceito 4 do APÊNDICE A, a quarta hipótese de solução nos mostra a prancha de transferência de pacientes. Conforme já descrito anteriormente, a prancha é um equipamento de formato retangular, dobrável e confeccionado de um polímero expandido no qual permite que o paciente deslize sobre a prancha facilmente (INOUE *et al.*, 2013). Conforme também já descrito anteriormente, apesar de ser o conceito de menor custo de aquisição e com custo nulo de operação, este conceito ainda exige esforço braçal considerável para a transferência, sendo necessário mais de um funcionário para realizar a operação. Referente a manutenção, só é necessário lavagem, porém quando danos é necessário a substituição da prancha.

4.3 REQUISITOS DE PROJETO

O Quadro 12 a seguir apresenta os requisitos de projeto, subdivididos por ciclo de vida do produto. São estes requisitos que auxiliarão nos objetivos do projeto, se serão atendidos ou não conforme o conceito futuramente definido.

Quadro 12 – Requisitos de projeto

Ciclo	Nº	Requisitos de projeto	Critério
Projeto	1	Baixo custo de manufatura	≤ R\$1345,00
	2	Facilidade em automação do projeto	Descritivo
	3	O equipamento deve passar por portas de acesso	L < 800mm
	4	Deve elevar o paciente desde o chão até a maca	0 a 1050mm
	5	Elevar o paciente o suficiente para realizar marcha na esteira	> 2300mm
Produção	6	Ferramental e componentes padrão	Descritivo
	7	Facilidade em manufatura do equipamento	Descritivo
Testes	8	Proporcionar segurança aos operadores e pacientes	Descritivo
	9	Suportar a carga máxima	≥ 150 kg
	10	Baixo custo de operação	< 1% do custo
	11	Facilidade em manusear	Descritivo
	12	Ter boa mobilidade e acesso	Descritivo
	13	Baixo esforço de atuação	≤ 23 kgf
Utilização	14	Baixo custo de manutenção	< 10% do custo
	15	Durabilidade	2x10 ⁵ ciclos
	16	Baixo impacto ambiental	Descritivo
	17	Facilidade em manutenção do equipamento	Descritivo

Fonte: Autor (2022).

Dentre estes requisitos, o custo total do produto foi estimado delimitando pela metade preço do custo médio de mercado (R\$1345,00 com base no guincho apresentado da Figura 4). Já o custo mensal de operação deve corresponder a menos de 1% do custo total do produto. Requisitos como facilidade em automação, manufatura, segurança, manuseio, mobilidade e acesso, impacto ambiental e manutenção do equipamento serão tratados de forma descritiva, pois não há um parâmetro numérico no qual possa se estabelecer de critério. Se o equipamento se enquadrar nos conceitos 1 ou 3, sua respectiva base, em alguma posição definida deverá ter largura máxima de até 800 mm, pois o equipamento deverá passar por portas de acesso.

De um até dois estágios de elevação, o dispositivo deve elevar o paciente de 0 a 1050 mm, pois nessa condição é possível transferir o paciente entre as dependências chão - cadeira de rodas – maca, considerando que o cesto tem 850 mm da alça até a base, o ponto de içamento ficaria (em relação ao chão) de 850 até 1900 mm. Em outro estágio de elevação, nos Conceitos 1, 2 ou 3, elevar a extremidade de içamento até 2300 mm do chão para que o paciente possa ser suspenso em pé sobre a esteira e realizar o exercício de marcha. No caso do conceito 4, o exercício de marcha não se aplica.

Quanto a capacidade de carga, ambos os conceitos se aplicam em pelo menos 150 kg, sendo que, no Conceito 3, a condição de posição da lança é na situação paralela ao chão. Já o esforço de atuação (em ambos os conceitos), seja pra elevação ou para movimentação, deve ser menor que 23 kgf, por questões ergonômicas. Devido ao tempo requerido para a coleta de resultados (200000 ciclos) de custo de manutenção (menos de 10% do custo total do produto ao ano) e de durabilidade, seus resultados serão estimados.

4.3.1 Diagrama de Mudge

Após a definição dos requisitos, o diagrama de Mudge calcula o percentual de importância para cada um deles. O método se baseia em comparar aos pares, entre todos os requisitos, definindo a cada comparação, quem é o mais importante e o quanto mais importante. A Figura 11 a seguir apresenta como ficou o preenchimento e os percentuais calculados pela ferramenta.

Figura 11 – Resultado do diagrama de Mudge

		Número de Requisitos															Soma	%	VC
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	6,1%	0,61
	1A	1D	4C	1C	1C	1B	8A	9B	10B	11D	12C	13C	1C	1D	1A	1B	5	1,6%	0,16
	2	3A	4A	5B	6C	7B	8A	9A	10B	11B	12B	13B	14B	15B	2A	17B	13	4,2%	0,42
	3	4C	3C	3C	3C	8A	9A	10C	3D	3D	3D	3C	3D	3B	3C	3C	25	8,0%	0,80
	4	4B	4B	4B	8B	9B	4C	4C	4C	13C	4C	4C	4B	4C	4C	8	2,6%	0,26	
	5	5C	5C	8A	9A	5D	11C	5C	13C	5C	15C	5C	17C	7	2,2%	0,22			
	6	6B	8B	9B	10C	11C	12C	13C	14C	15B	6B	17C	4	1,3%	0,13				
	7	8B	9A	10C	11C	12C	13B	7C	15B	16C	7D	62	19,8%	1,98					
	8	8B	8B	8B	8B	8B	8A	8B	8A	8A	8A	61	19,5%	1,95					
	9	9A	9B	9B	9B	9A	9B	9A	9A	9A	20	6,4%	0,64						
	10	10C	10C	10D	10C	15C	10A	10B	17	5,4%	0,54								
	11	12C	13C	11B	15C	11A	11B	16	5,1%	0,51									
	12	13C	12C	15C	12A	12B	21	6,7%	0,67										
	13	13B	13D	13A	13C	10	3,2%	0,32											
	14	15C	14A	14C	18	5,8%	0,58												
	15	15B	15C	1	0,3%	0,03													
	16	17C	6	1,9%	0,19														
17	6	1,9%	0,19																
313																	100%		

LEGENDA DE VALORES		
A =	5	Muito mais importante
B =	3	Medianamente mais importante
C =	1	Pouco mais importante
D =	0	Igualmente importante

Fonte: Autor (2022).

Cada valor da coluna “VC” corresponde a importância para cada requisito, que corresponde ao percentual multiplicado por 10. O Quadro 13 a seguir apresenta os mesmos requisitos, porém hierarquizados (conforme a classificação).

Quadro 13 – Requisitos hierarquizados

Classificação	Nº	Requisitos de projeto	Importância
1	8	Proporcionar segurança aos operadores e pacientes	19,81%
2	9	Suportar a carga máxima	19,49%
3	4	Deve elevar o paciente desde o chão até a maca	7,99%
4	13	Baixo esforço de atuação	6,71%
5	10	Baixo custo de operação	6,39%
6	1	Baixo custo de manufatura	6,07%
7	15	Durabilidade	5,75%
8	11	Facilidade em manusear	5,43%
9	12	Ter boa mobilidade e acesso	5,11%
10	3	O equipamento deve passar por portas de acesso	4,15%
11	14	Baixo custo de manutenção	3,19%
12	5	Elevar o paciente o suficiente para realizar marcha na esteira	2,56%
13	6	Ferramental e componentes padrão	2,24%
14	17	Facilidade em manutenção do equipamento	1,92%
15	2	Facilidade em automação do projeto	1,60%
16	7	Facilidade em manufatura do equipamento	1,28%
17	16	Baixo impacto ambiental	0,32%

Fonte: Autor (2022).

4.4 DIAGRAMA DE PUGH

Com os valores “VC” definidos para cada requisito e com o valor de impacto (i) sobre o mesmo, em cada uma das concepções, multiplica-se e realiza-se o somatório total destes produtos. O Quadro 14 mostra os resultados do Diagrama de Pugh, bem como também, a pontuação final para cada concepção.

Quadro 14 – Resultados do diagrama de Pugh

Requisitos de projeto	VC	C1		C2		C3		C4	
		i	i*VC	i	i*VC	i	i*VC	i	i*VC
Baixo custo de manufatura	1,98	2	4,0	2	4,0	2	4,0	-1	-2,0
Facilidade em automação do projeto	1,95	1	1,9	2	3,9	1	1,9	2	3,9
O equipamento deve passar por portas de acesso	0,80	2	1,6	2	1,6	2	1,6	2	1,6
Deve elevar o paciente desde o chão até a maca	0,67	2	1,3	2	1,3	1	0,7	-2	-1,3
Elevar o paciente o suficiente para realizar marcha na esteira	0,64	1	0,6	-1	-0,6	2	1,3	2	1,3
Ferramental e componentes padrão	0,61	0	0,0	-2	-1,2	1	0,6	2	1,2
Facilidade em manufatura do equipamento	0,58	1	0,6	1	0,6	1	0,6	2	1,2
Proporcionar segurança aos operadores e pacientes	0,54	2	1,1	2	1,1	1	0,5	-1	-0,5
Suportar a carga máxima	0,51	1	0,5	-1	-0,5	2	1,0	2	1,0
Baixo custo de operação	0,42	-1	-0,4	0	0,0	2	0,8	2	0,8
Facilidade em manusear	0,32	2	0,6	1	0,3	2	0,6	2	0,6
Ter boa mobilidade e acesso	0,26	2	0,5	2	0,5	2	0,5	0	0,0
Baixo esforço de atuação	0,22	1	0,2	1	0,2	2	0,4	0	0,0
Baixo custo de manutenção	0,19	1	0,2	-1	-0,2	2	0,4	0	0,0
Durabilidade	0,16	1	0,2	0	0,0	1	0,2	0	0,0
Baixo impacto ambiental	0,13	1	0,1	-1	-0,1	1	0,1	2	0,3
Facilidade em manutenção do equipamento	0,03	-1	0,0	1	0,0	-1	0,0	2	0,1
Peso da Concepção		13,1		10,9		15,3		8,1	

Fonte: Autor (2022).

Entre as concepções apresentadas, a que obteve a melhor pontuação no Diagrama de Pugh é o Conceito 3 de projeto (guincho de transferência), com 15,3 pontos. Sendo então, este o conceito escolhido para a realização do projeto.

4.5 ESBOÇO E PROJETO COMPUTACIONAL

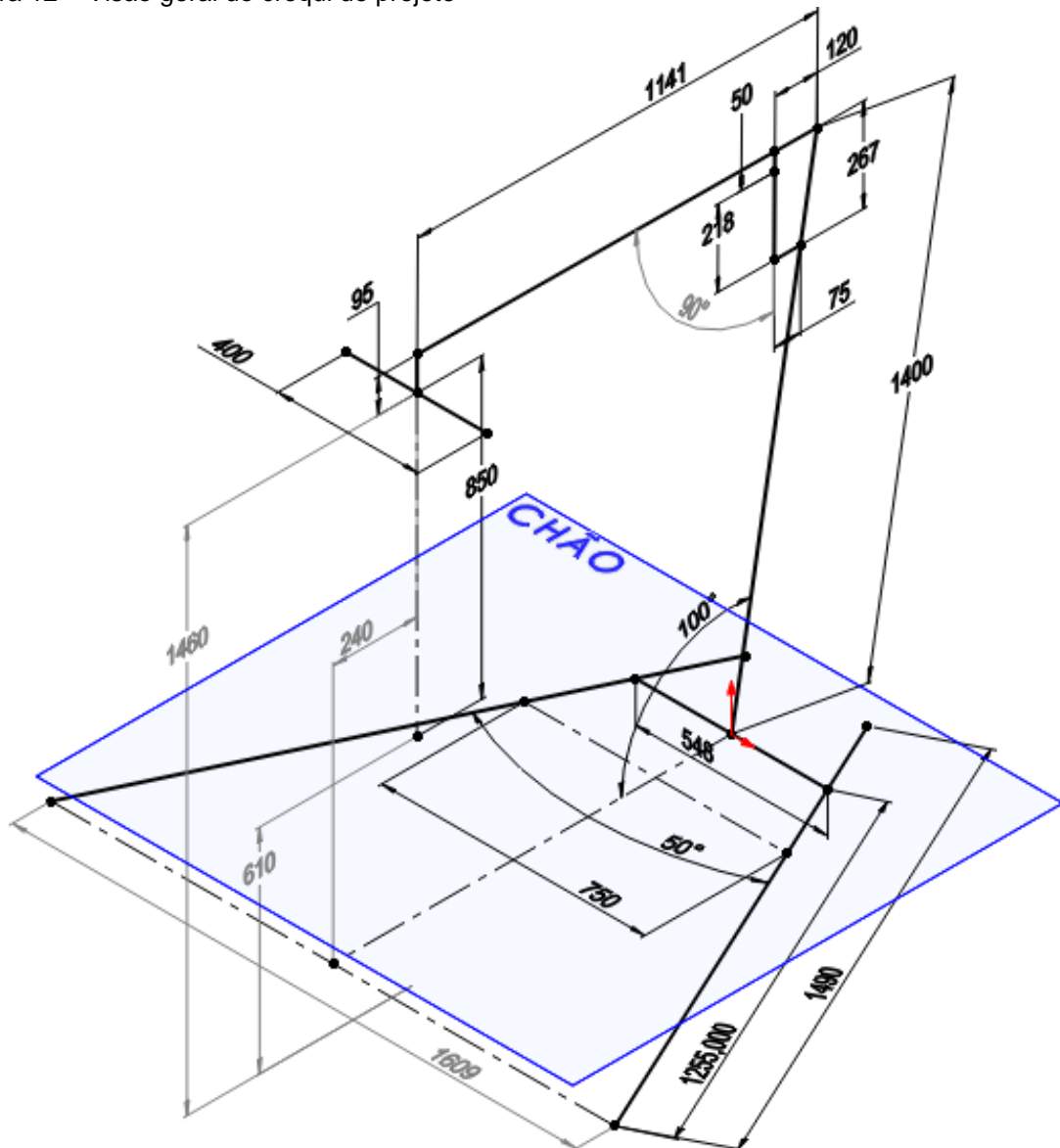
Como primeiro passo, para o desenvolvimento do projeto, foram analisados produtos similares que estão disponíveis no mercado, seus fabricantes e detalhes sobre a funcionalidade de seus respectivos produtos. Segundo passo, a execução de esboço ou croqui de projeto, tendo em vista o conhecimento das delimitações do mesmo, para fornecer uma ideia dimensional a respeito de alcances e comprimentos de perfis.

4.5.1 Croqui de projeto

A Figura 12 a seguir apresenta uma visão geral o croqui de projeto do guincho de transferência, onde o mesmo foi desenvolvido em um esboço 3D por meio de linhas sólidas e as referências secundárias por meio de linhas de centro (linhas tracejadas), as dimensões estão em milímetros e o plano de referência é denominado como chão. Todas as linhas correspondem aos centros de perfis ou de componentes, já os pontos correspondem a uniões por solda ou montagem. As linhas sólidas representam os componentes do guincho propriamente dito, já as linhas tracejadas representam a altura do cesto (dimensão vertical de 850), largura da esteira para exercícios de marcha (dimensão transversal de 750) e largura total da base (dimensão transversal de 1609), dentre estas recém citadas, a única que pode ser ajustada é a largura total da base. A abertura da base (dimensão fixa longitudinal de 1490), pode ser ajustada angularmente entre a mesma de 0° a 50° , ou seja, com abertura em sua extremidade que pode variar de 548 a 1609 mm, onde a finalidade é permitir acesso entre alas (quando estiver fechada) e obter maior estabilidade durante o uso (quando estiver aberta), a base fica paralela ao chão. A coluna (dimensão vertical de 1400) fica inclinada a 100° para trás em relação a base e pode ter seu comprimento ajustado de 1100 a 1400 mm, dividido em furações espaçadas 100 mm, de centro a centro entre os furos. A lança de içamento (dimensão fixa longitudinal de 1141) pode ser ajustada angularmente em relação a base por meio do curso hidráulico do macaco (dimensão vertical de 218), sendo que o macaco escolhido tem curso hidráulico de 95 mm e mais 50 mm de ajuste no fuso da haste. A dimensão longitudinal de 240 mm corresponde ao afastamento do centro de carga até os rodízios frontais, no sentido longitudinal. Já as dimensões verticais

de 1460 mm e 610 mm são, respectivamente, a distância entre o ponto de içamento e o chão e a distância entre a parte inferior do cesto até o chão.

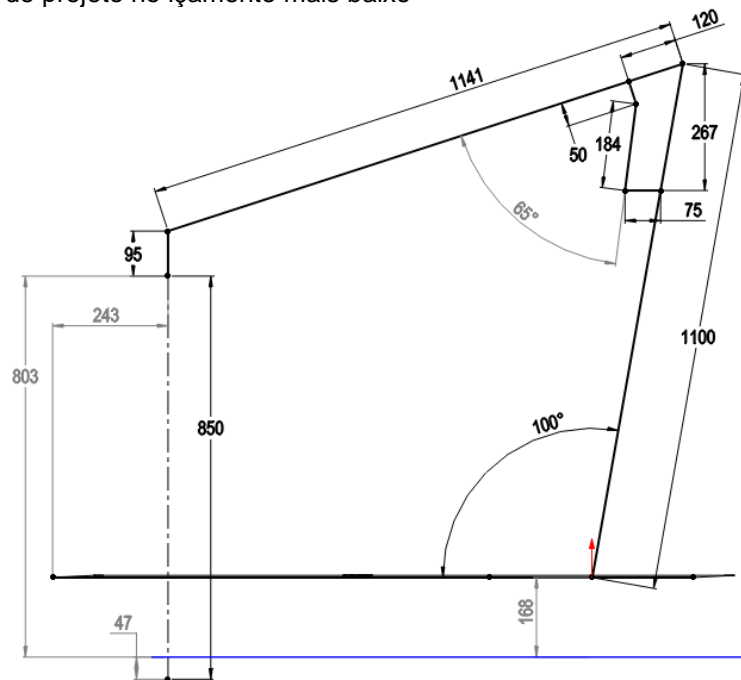
Figura 12 – Visão geral do croqui de projeto



Fonte: Autor (2022).

Ainda na Figura 12, vale ressaltar que o croqui apresentado se encontra na configuração de base totalmente aberta, coluna totalmente estendida e lança parcialmente elevada de forma que a mesma está paralela ao chão. Podendo ser ajustado conforme descrito anteriormente. Já na Figura 13 a seguir, e em vista lateral esquerda, a configuração do croqui é da base totalmente aberta (50° entre si), com a coluna retraída e o macaco hidráulico recolhido. Nota-se que o ponto de içamento fica a 803 mm do chão (linha horizontal azul) e, portanto, o fundo do cesto alcançando o chão.

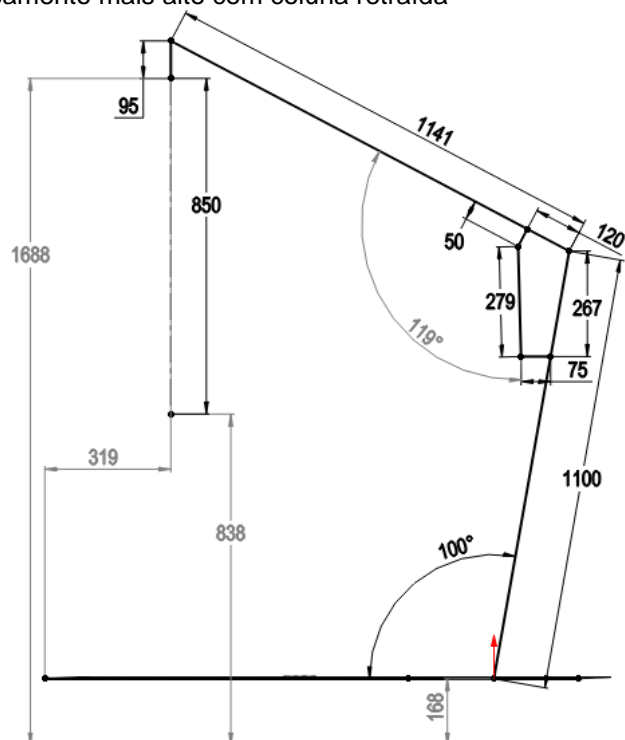
Figura 13 – Croqui de projeto no içamento mais baixo



Fonte: Autor (2022).

Em configuração semelhante apresentado anteriormente, porém com o macaco hidráulico totalmente estendido, a Figura 14 a seguir apresenta os alcances de içamento. Sendo que, nestas configurações, a elevação é o suficiente para o paciente ir do chão até uma cadeira de rodas, pois o ponto mais baixo do cesto encontra-se a 838 mm do chão.

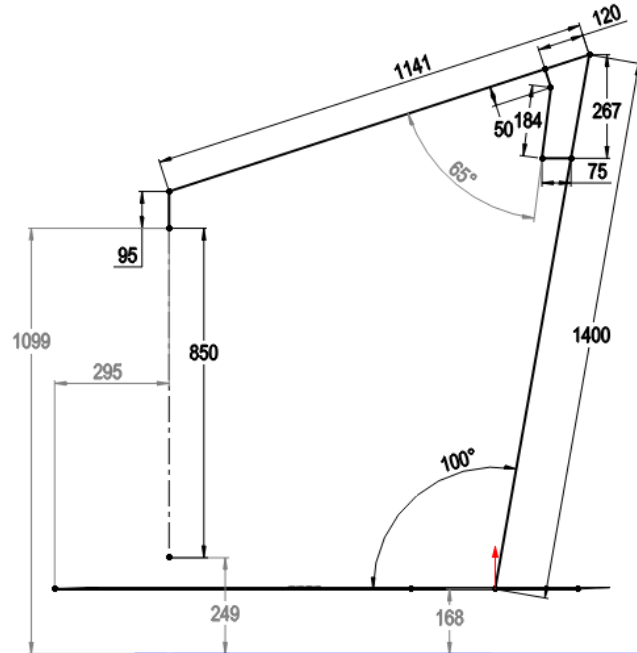
Figura 14 – Croqui no içamento mais alto com coluna retraída



Fonte: Autor (2022).

Já na Figura 15, o croqui se encontra em estado de base totalmente aberta, coluna estendida e cilindro recolhido.

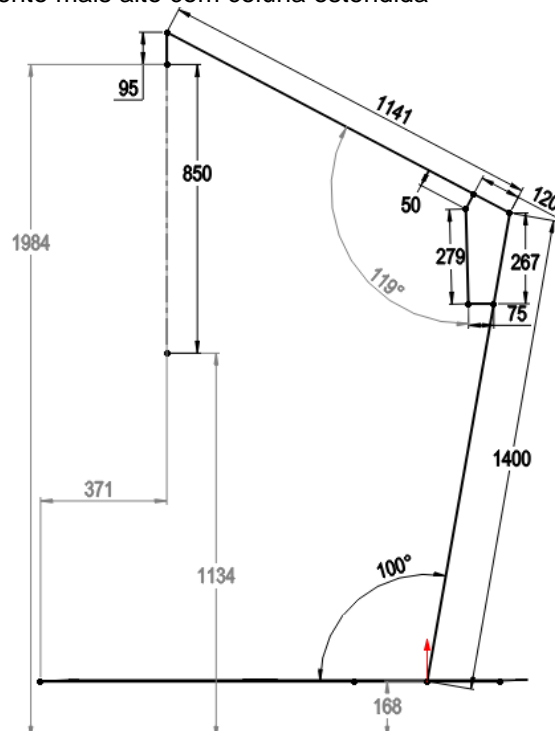
Figura 15 – Croqui no içamento mais baixo com coluna estendida



Fonte: Autor (2022).

Já na Figura 16, o croqui se encontra em estado de base totalmente aberta, coluna estendida e cilindro estendido. Tendo elevação de até 1984 mm do chão. Esta configuração é ideal para elevar o paciente da cadeira de rodas até a maca.

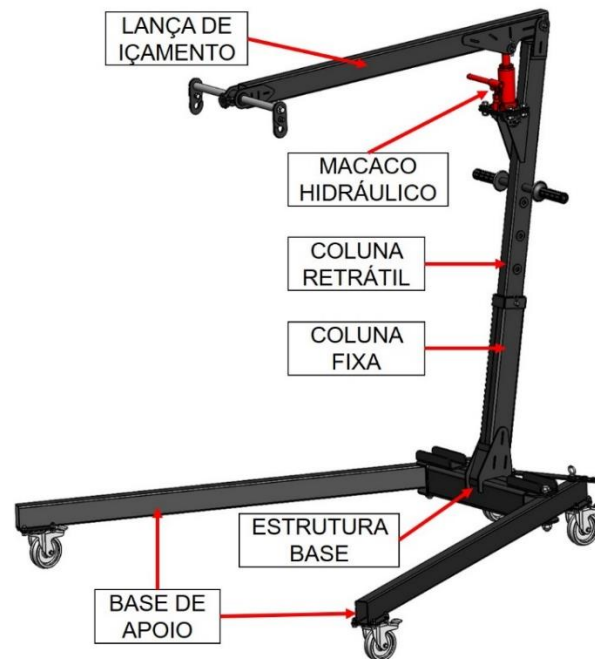
Figura 16 – Croqui no içamento mais alto com coluna estendida



Fonte: Autor (2022).

aço SAE 1020 há apenas dois tipos no projeto, tubo retangular 40 x 70 x 2,25 mm e tubo redondo $\varnothing 22,23$ x 1,60 mm. Chapas de aço ASTM A36, apenas duas espessuras, 3,00 e 4,75 mm, ambos têm o mesmo raio de dobra (em peças que há dobra) para comunicar a ferramenta também. Barras redondas de aço SAE 1020 apenas em diâmetro de 12,70, 22,23 e 38,10 mm, ambos laminados em razão de custo e facilidade em encontrar. Itens de fixação padronizados para bitolas M8, M12 e M16, todos em classe de resistência 8.8 e de acabamento superficial zincado branco. Na maioria dos furos há arruelas de chapa para o aumento da área de contato com os pinos, reduzindo a pressão diametral. A escolha de arruelas em chapa do que buchas usinadas está relacionada a custos, por ser de material e processos mais baratos.

Figura 18 – Visão geral do projeto modelado



Fonte: Autor (2022).

Na Figura 19, consta alguns detalhes referente ao conjunto de base de apoio. Esta base é suportada por quatro rodízios giratórios de 4" com trava individual, da marca Bakelitsul, modelo 03462+08684, com capacidade individual de carga de 80 kg (BAKELITSUL, 2022). Devido a distribuição excentricamente longitudinal da carga, pode ocorrer de dois rodízios estarem mais carregados do que os outros, portanto as forças de reação sobre os flanges de apoio (onde estão montados os rodízios) no FEA nos dirão se será necessária a substituição dos rodízios atuais por algum outro. O tubo de base é um tubo retangular (bitola citada anteriormente) onde sua maior dimensão (70 mm) está disposta verticalmente devida a vantagem em

relação ao ganho em momento de inércia. Ambos os tubos são pivotados na extremidade (dentro de uma chapa dobrada em “C”) da estrutura base. Tanto a estrutura base como a coluna fixa possuem duas chapas dobradas em “C” soldadas concorrentemente. A coluna fixa serve de guia para a coluna retrátil. A regulação de abertura da base fica por conta de um dos três furos localizados no tirante de abertura juntamente com o pino trava inserido. O pino faz o travamento entre o furo do tirante e o tubo base. No primeiro furo (furo mais extremo do tirante) corresponde com a abertura mínima da base, onde ambas ficam paralelas, já o segundo possibilita a abertura intermediária (25° entre ambos) e o terceiro furo (que é o que corresponde com a Figura 19) possibilita a abertura máxima a 50° entre ambos.

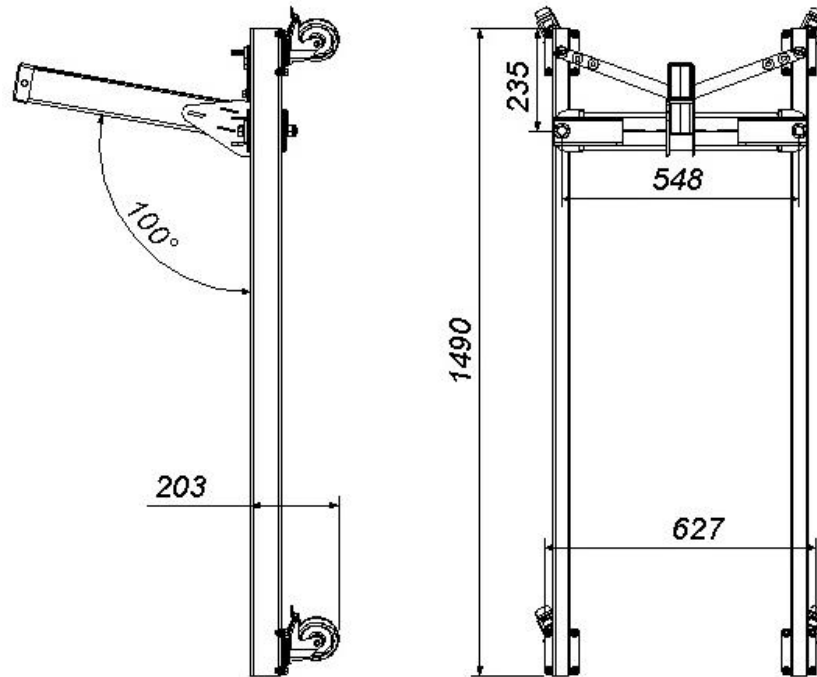
Figura 19 – Conjunto base de apoio



Fonte: Autor (2022).

A Figura 20 apresenta a base de apoio totalmente fechada, onde consta uma vista lateral esquerda e uma vista superior. A dimensão de 203 mm, apresentada na vista lateral, corresponde a altura do chão até a face superior do tubo, onde o qual é o suficiente para passar por baixo de camas. A inclinação de 100° auxilia estruturalmente na coluna do guincho. De acordo com a vista superior, o comprimento total do tubo base é de 1490 mm, a distância de entre os centros de giro é de 548 mm e o espaço máximo ocupado lateralmente (nesta configuração) é de 627 mm, sendo o suficiente para passar por uma porta, no intuito de transitar de uma ala fisioterapêutica até a outra.

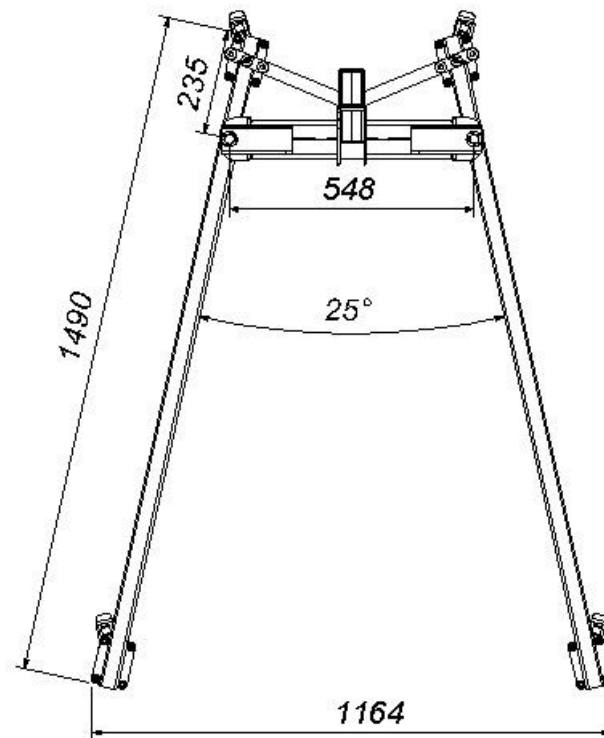
Figura 20 – Base de apoio totalmente fechada



Fonte: Autor (2022).

A Figura 21 mostra uma vista superior da base de apoio aberta mediamente, ou seja, travada pelos furos intermediários dos tirantes. O espaço máximo ocupado nesta configuração de abertura é de 1164 mm.

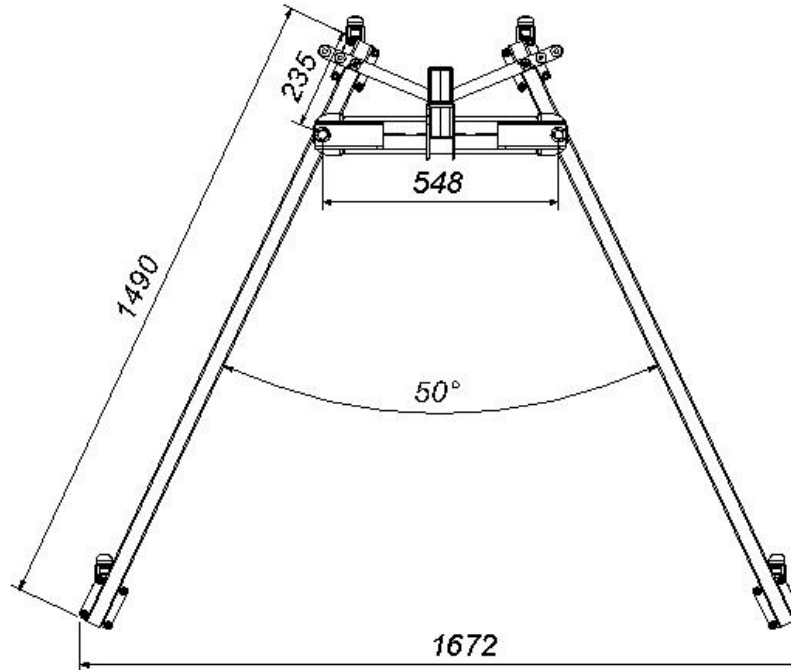
Figura 21 – Base de apoio mediamente aberta



Fonte: Autor (2022).

A Figura 22 mostra uma vista superior da base de apoio aberta totalmente, ou seja, travada pelos furos internos dos tirantes. O espaço máximo ocupado nesta configuração de abertura é de 1672 mm. Estima-se que é a configuração que melhor proporciona estabilidade lateral ao equipamento.

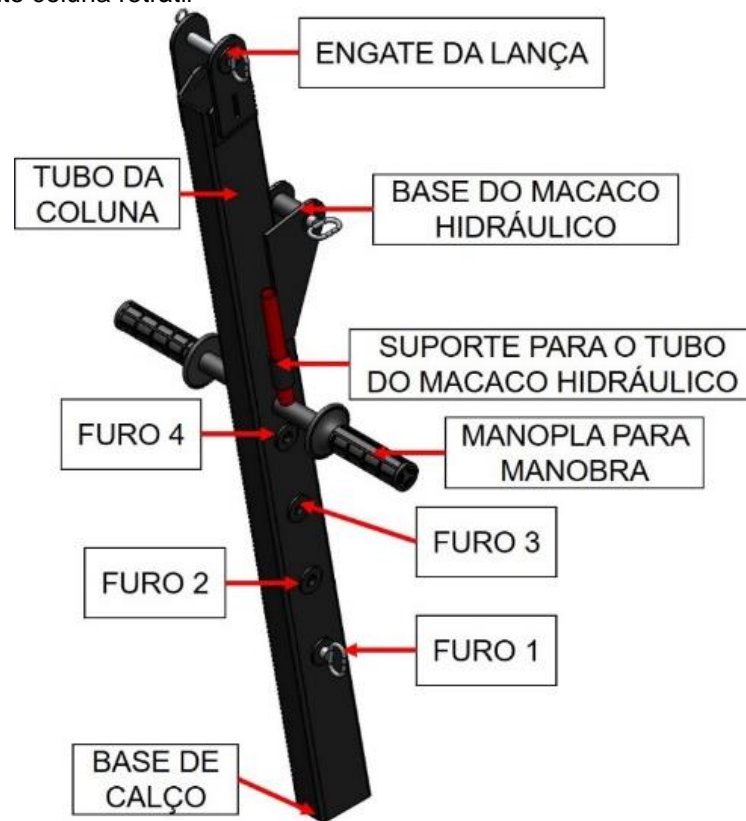
Figura 22 – Base de apoio totalmente aberta



Fonte: Autor (2022).

A Figura 23 apresenta o conjunto da coluna retrátil do guincho. Onde nas laterais há as furações (1; 2; 3 e 4) os quais serve para definir o comprimento total da coluna, sendo que o furo 1 é para a coluna mais estendida e o furo 4 é para a coluna menos estendida. Ao travar pelo furo 4, a coluna fica apoiada pela base de calço sobre a estrutura base do guincho, para que a carga não se distribua apenas pelo pino. A manopla para manobra serve para deslocar e direcionar o guincho, juntamente com o paciente ou não, para onde for necessário. O carregamento nestes casos é desconhecido até que se faça um teste prático com o protótipo manufaturado e instrumentado. O tubo da coluna é retangular (conforme já citado anteriormente) e com a maior dimensão de perfil (70 mm) alinhado longitudinalmente ao guincho, para se obter proveito do maior momento de inércia. Este mesmo tubo tem suporte para o engate com a lança e com a base do macaco hidráulico. Para operar o macaco hidráulico, seja para elevar ou para descer, este conta com um tubo que serve de alavanca onde o qual, quando não estiver sendo usado, pode ser guardado verticalmente em seu suporte lateral.

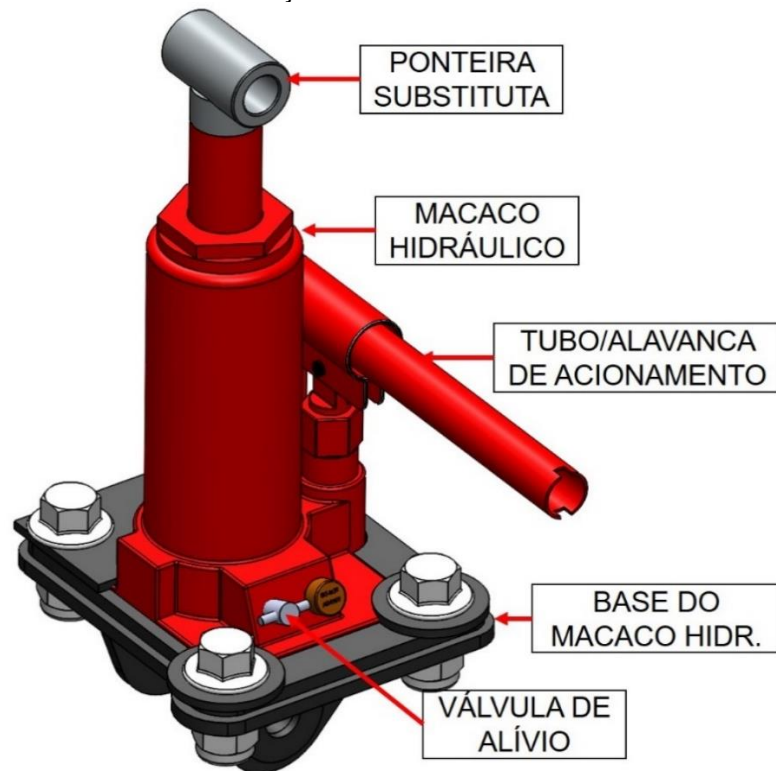
Figura 23 – Conjunto coluna retrátil



Fonte: Autor (2022).

A Figura 24 apresenta o conjunto atuador de elevação de carga do guincho, onde tem-se o macaco hidráulico como principal responsável pelo presente sistema. Por meio da alavanca de acionamento e das diferenças de áreas presentes entre os pistões internos do macaco hidráulico, a energia mecânica introduzida é ampliada a ponto de elevar a carga. A válvula de alívio é responsável por permitir internamente o retorno do óleo, abaixando a carga. O macaco hidráulico utilizado no projeto é do tipo garrafa, marca Sparta e com capacidade de elevação para até 2 toneladas (CONNECTPARTS, 2022). Conforme já citado anteriormente, seu curso hidráulico total é de 95 mm, mais um adicional de 50 mm no ajuste do fuso, no qual, para o presente projeto, é substituído por uma ponteira com a mesma rosca de fuso, porém com uma bucha soldada em sua extremidade. A substituição do macaco é simples e barata devido ao seu baixo custo de aquisição e sem a necessidade de um técnico especializado. Pois basta apenas soltar os parafusos da base, transferir a ponteira substituta para o novo macaco e montar o macaco novo na base novamente. A base a qual prende o macaco possui apoio total na parte inferior, guarnição lateral em todo o contorno da base e sobre a parte superior da base os parafusos “abraçam” a mesma, garantindo que o equipamento trabalhe de forma estável.

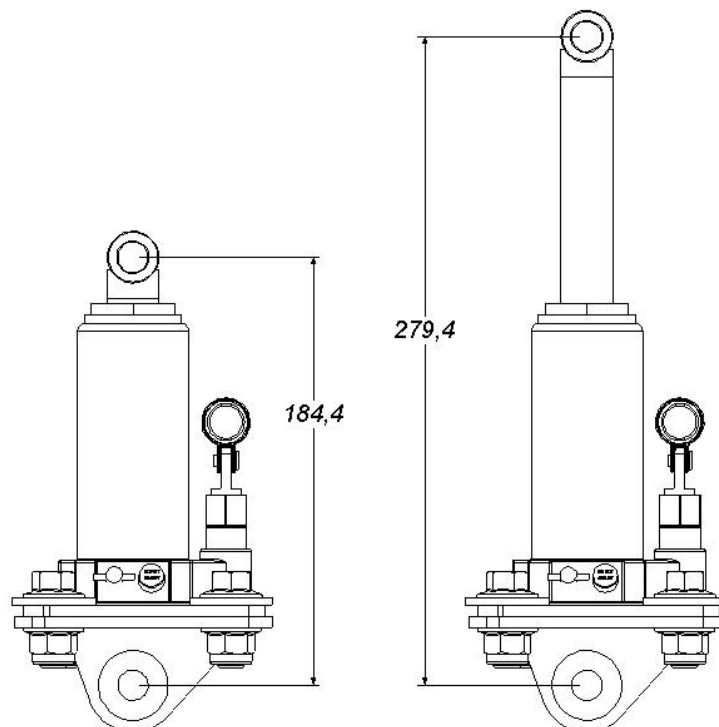
Figura 24 – Conjunto de atuador de elevação



Fonte: Autor (2022).

Sem o ajuste do fuso, a Figura 25 apresenta a distância entre centros dos apoios do conjunto atuador. Onde este, apresenta-se em duas situações, totalmente retraído (com 184,4 mm) e totalmente estendido (com 279,4 mm).

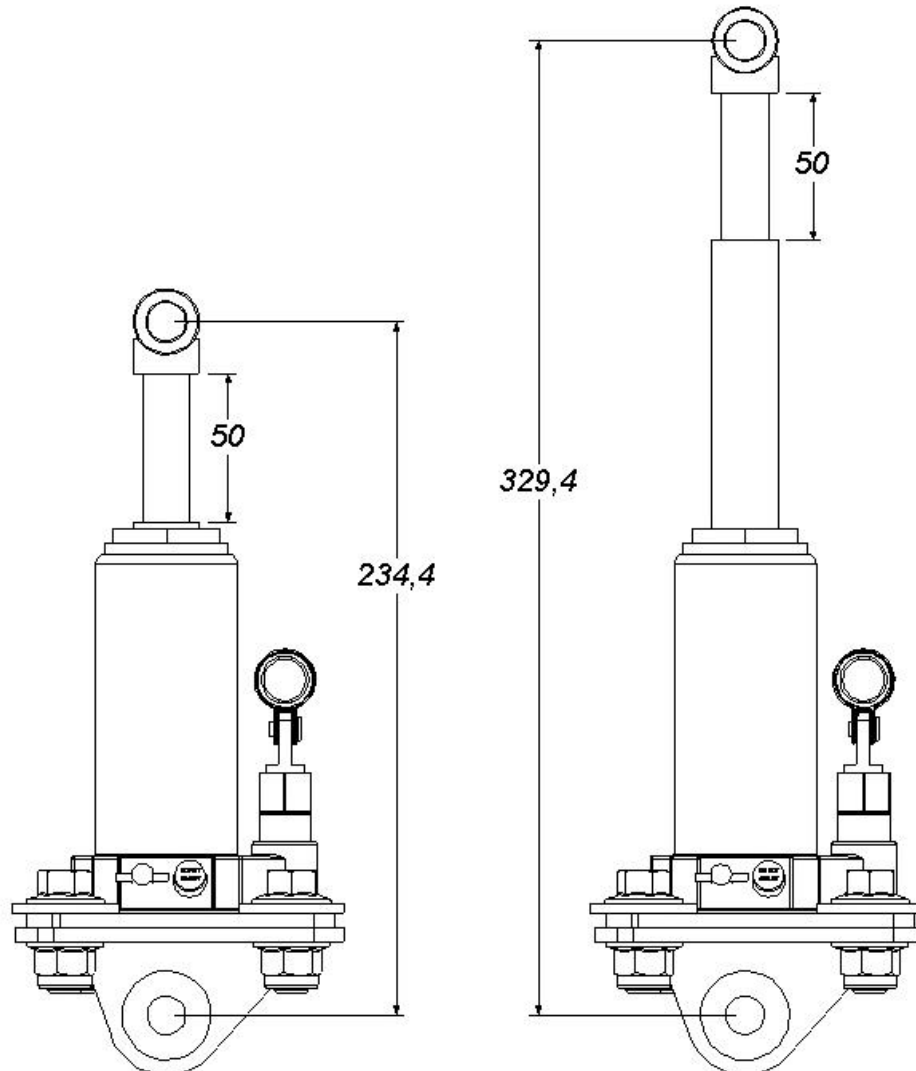
Figura 25 – Comprimento do macaco sem o ajuste do fuso



Fonte: Autor (2022).

Em caso semelhante, porém com o ajuste máximo do fuso, a Figura 26 apresenta a distância entre centros dos apoios do conjunto atuador. Onde este, também se apresenta em duas situações, totalmente retraído (com 234,4 mm) e totalmente estendido (com 329,4 mm).

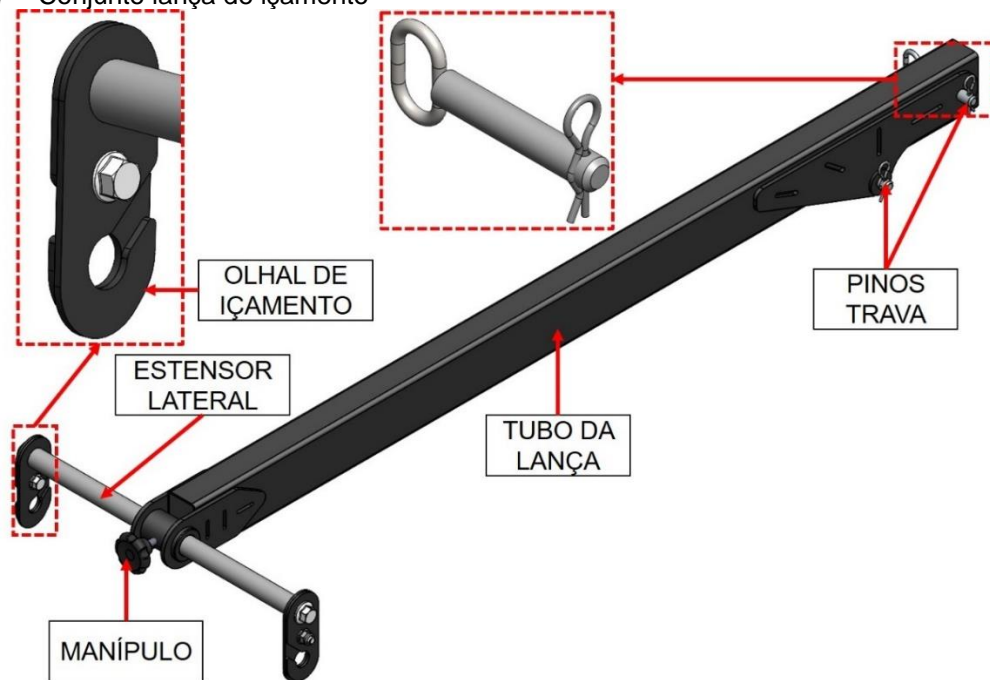
Figura 26 – Comprimento do macaco com o ajuste do fuso



Fonte: Autor (2022).

A Figura 27 apresenta os itens que compõem o conjunto da lança de içamento. O tubo retangular da lança tem sua maior dimensão de perfil (70 mm) disposto verticalmente para obter melhor proveito do momento de inércia. Em sua extremidade há um extensor lateral, fixo por um manípulo, com dois olhais de içamento intercalados. Estes olhais são abertos caso o cesto não tenha um mosquetão e suas alças não possam ser abertas. Assim como na coluna retrátil e na base do conjunto atuador, a lança também possui pinos trava de fácil remoção, preso por um pino “R” em sua extremidade.

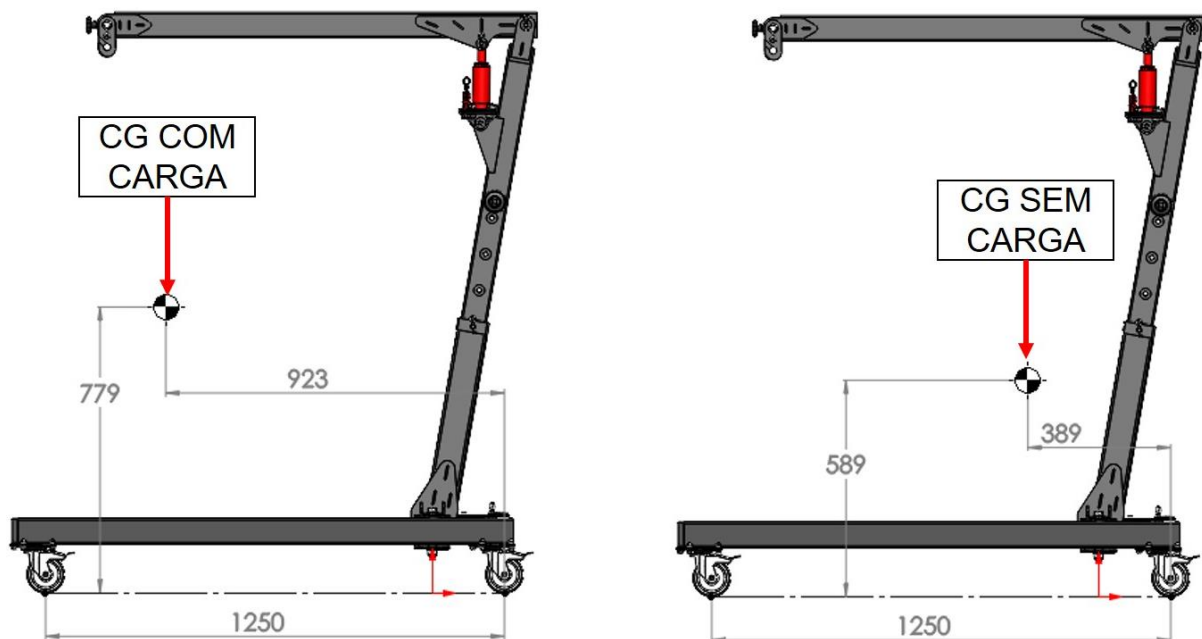
Figura 27 – Conjunto lança de içamento



Fonte: Autor (2022).

Conforme os cálculos de massa do *SolidWorks*, o peso total do equipamento resultou em cerca de 51,6 kg. A Figura 28 a seguir apresenta, em vista lateral esquerda, a posição do centro de gravidade (CG) do equipamento com e sem carga (172,50 kg) em relação aos rodízios. Em ambos os casos, indica estado de equilíbrio, pois o CG encontra-se entre os rodízios.

Figura 28 – Posição do centro de gravidade



Fonte: Autor (2022).

Quanto aos acessórios adicionais como o cesto de transferência e o cinto de suspensão para os exercícios de marcha, fez-se uma pesquisa na internet para descobrir os equipamentos que suportassem a carga e que tivessem um bom custo benefício. A Figura 29 a seguir apresenta o cesto de transferência escolhido da marca Vollenz onde, na cotação do dia 08/11/2022, seu custo de aquisição era de R\$315,50.

Figura 29 – Cesto de transferência escolhido



Fonte: Vollenz (2022).

Já o cinto de suspensão escolhido, da marca Carbografite, modelo 010583210, apresenta-se na Figura 30 a seguir onde, na cotação do dia 08/11/2022, seu custo de aquisição era de R\$216,90.

Figura 30 – Cinto de suspensão escolhido



Fonte: Loja do Mecânico (2022).

Estima-se que a futura manufatura do protótipo seja fácil e precisa, sendo que no projeto as próprias peças têm encaixes para montagem. Além disso, algumas peças já tem as marcações de solda, para que não ocorra a falta ou o excesso de cordões de solda. Os pinos são padronizados o máximo possível, já que estes tendem a ser removidos e inseridos com maior frequência, conforme a necessidade de regulagem do equipamento, permitindo simplicidade ao uso.

4.6 CLASSIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO E AS TENSÕES ADMISSÍVEIS

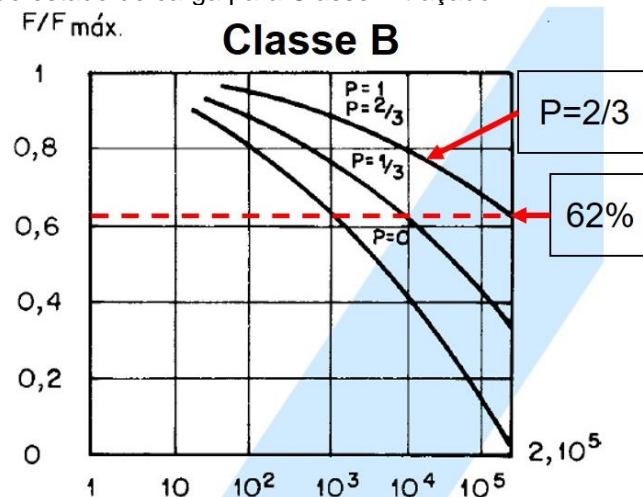
Seguindo a NBR8400, classifica-se o equipamento e calcula-se as tensões admissíveis para cada um dos elementos da estrutura.

4.6.1 Classe de utilização e estado da carga

Conforme já apresentado no Quadro 7, presente equipamento pode ser enquadrado na Classe B de utilização, pois sua utilização é regular e em serviço intermitente, o que compreende a uma vida útil de 200000 ciclos de uso. Já o estado da carga, conforme o Quadro 8, encontra-se na situação de equipamentos que frequentemente levantam a carga nominal e comumente cargas compreendidas entre 1/3 e 2/3 da carga nominal, ou seja, estado de carga em nível médio.

A Figura 31 a seguir apresenta o diagrama de estado de carga traçado conforme a classe e utilização (diagrama da Classe B) e o estado da carga ($P=2/3$). Onde se pode observar que o cruzamento resulta em um percentual de cerca de 62% da carga nominal corresponde a carga mais usualmente aplicada sobre o guincho, ou seja, 93 kg.

Figura 31 – Diagrama do estado de carga para Classe B traçado



Fonte: Adaptado de ABNT (1984).

4.6.2 Solicitações ou carregamentos

Neste caso, as solicitações horizontais decorrentes não possuem magnitude de carga definida e, portanto, não será atribuída ao FEA posteriormente. Já nas solicitações verticais, além do peso do próprio guincho (SG de 51,6 kg), soma-se a carga de serviço (150 kg) multiplicada pelo coeficiente dinâmico definido no Quadro 9 que, neste caso é 1,15, o que resulta em um carregamento final (SL) de 172,5 kg. O valor de 1,15 para o coeficiente dinâmico foi definido por ser um guindaste de baixa velocidade de elevação (< 0,25 m/s). O Caso de solicitação aplicado a este projeto é o de Caso I, por estar incluso em um serviço normal sem vento.

4.6.3 Tensões admissíveis de projeto

Inicialmente calcula-se a razão entre o limite de escoamento e o limite de ruptura de cada um dos materiais citados no Quadro 11 e, conforme já mencionado anteriormente, se a razão resultante for menor que 0,7, a equação de definir a tensão admissível de tração e/ou compressão simples será a Equação 1 (apresentada no Quadro 10), pois neste caso se repercute ao caso de solicitação I, definido anteriormente.

Já se a razão entre o limite de escoamento e o limite de ruptura de algum dos materiais citados no Quadro 11 for, conforme já mencionado anteriormente, maior que 0,7, a equação de definir a tensão admissível de tração e/ou compressão simples será a Equação 4. Tendo o conhecimento destas duas considerações, o Quadro 15 a seguir apresenta esta razão para cada um dos materiais e qual será a equação que regerá a tensão admissível correspondente.

Quadro 15 – Razão entre o limite de escoamento e o limite de ruptura

Material	σ_e/σ_r	Resultado σ_e/σ_r	Equação para a tensão admissível
Aço ST52	355/510	0,696	Equação 1
Aço SAE 1020	350/420	0,833	Equação 4
Aço ASTM A36	250/400	0,625	Equação 1
Parafuso Classe 8.8	640/800	0,800	Equação 4
Arame AWS ER 70S-6	420/540	0,788	Equação 4

Fonte: Autor (2022).

Já o Quadro 16, mostra o resultado de tensão admissível de tração e/ou compressão simples, para cada material. Vale ressaltar que o aço ST52 serve

apenas como referência de cálculo para os outros materiais e, portanto, este material não é aplicado ao projeto.

Quadro 16 – Tensão admissível de tração e/ou compressão simples

Material	Equação	Desenvolvimento	Resultado
Aço ST52	$\sigma_{a52} = \frac{\sigma_e}{1,5}$	$\sigma_{a52} = \frac{355}{1,5}$	$\sigma_{a52} = 236,67 \text{ MPa}$
Aço SAE 1020	$\sigma_a = \frac{\sigma_e + \sigma_r}{\sigma_{e52} + \sigma_{r52}} * \sigma_{a52}$	$\sigma_a = \frac{350 + 420}{355 + 510} * 236,67$	$\sigma_a = 210,67 \text{ MPa}$
Aço ASTM A36	$\sigma_a = \frac{\sigma_e}{1,5}$	$\sigma_a = \frac{250}{1,5}$	$\sigma_a = 166,67 \text{ MPa}$
Parafuso Classe 8.8	$\sigma_a = \frac{\sigma_e + \sigma_r}{\sigma_{e52} + \sigma_{r52}} * \sigma_{a52}$	$\sigma_a = \frac{640 + 800}{355 + 510} * 236,67$	$\sigma_a = 393,99 \text{ MPa}$
Arame AWS ER 70S-6	$\sigma_a = \frac{\sigma_e + \sigma_r}{\sigma_{e52} + \sigma_{r52}} * \sigma_{a52}$	$\sigma_a = \frac{420 + 540}{355 + 510} * 236,67$	$\sigma_a = 262,66 \text{ MPa}$

Fonte: Autor (2022).

Conforme a devida pertinência de aplicação, o Quadro 17 a seguir, apresenta o desenvolvimento do cálculo de pressão diametral admissível, seguindo a Equação 5, para os casos de cisalhamento simples. Se refere o termo pertinência pois há furos compostos de aço SAE 1020 e de aço ASTM A36.

Quadro 17 – Pressão diametral admissível para cisalhamento simples

Material	Equação 5	Desenvolvimento	Resultado
Aço SAE 1020	$P_{ds} = 1,5 * \sigma_a$	$P_{ds} = 1,5 * 210,67$	$P_{ds} = 316,01 \text{ MPa}$
Aço ASTM A36	$P_{ds} = 1,5 * \sigma_a$	$P_{ds} = 1,5 * 166,67$	$P_{ds} = 250,00 \text{ MPa}$

Fonte: Autor (2022).

Conforme a devida pertinência de aplicação, o Quadro 18 a seguir, apresenta o desenvolvimento do cálculo de pressão diametral admissível, seguindo a Equação 6, para os casos de cisalhamento duplo. Se refere o termo pertinência pois há furos compostos de aço SAE 1020 e de aço ASTM A36.

Quadro 18 – Pressão diametral admissível para cisalhamento duplo

Material	Equação 6	Desenvolvimento	Resultado
Aço SAE 1020	$P_{dd} = 2 * \sigma_a$	$P_{dd} = 2 * 210,67$	$P_{dd} = 421,35 \text{ MPa}$
Aço ASTM A36	$P_{dd} = 2 * \sigma_a$	$P_{dd} = 2 * 166,67$	$P_{dd} = 333,33 \text{ MPa}$

Fonte: Autor (2022).

Conforme a devida pertinência de aplicação, o Quadro 19 a seguir, apresenta o desenvolvimento do cálculo de tensão admissível para cisalhamento simples,

segundo a Equação 7. Se refere o termo pertinência pois há cisalhamento sobre pino compostos do aço SAE 1020 e sobre parafusos de classe 8.8.

Quadro 19 – Cálculo de tensão admissível para cisalhamento simples

Material	Equação 7	Desenvolvimento	Resultado
Aço SAE 1020	$\tau_s = 0,6 * \sigma_a$	$\tau_s = 0,6 * 210,67$	$\tau_s = \mathbf{126,04 MPa}$
Parafuso Classe 8.8	$\tau_s = 0,6 * \sigma_a$	$\tau_s = 0,6 * 393,99$	$\tau_s = \mathbf{236,39 MPa}$

Fonte: Autor (2022).

Conforme a devida pertinência de aplicação, o Quadro 20, apresenta o desenvolvimento do cálculo de tensão admissível para cisalhamento duplo, seguindo a Equação 8. Se refere o termo pertinência pois há cisalhamento sobre pino compostos do aço SAE 1020 e sobre parafusos de classe 8.8.

Quadro 20 – Cálculo de tensão admissível para cisalhamento duplo

Material	Equação 8	Desenvolvimento	Resultado
Aço SAE 1020	$\tau_d = 0,8 * \sigma_a$	$\tau_d = 0,8 * 210,67$	$\tau_d = \mathbf{168,54 MPa}$
Parafuso Classe 8.8	$\tau_d = 0,8 * \sigma_a$	$\tau_d = 0,8 * 393,99$	$\tau_d = \mathbf{315,19 MPa}$

Fonte: Autor (2022).

Já em relação aos cordões de solda, conforme citado anteriormente, as tensões referentes a cordões de solda sujeitos a tração e compressão longitudinal, não devem ultrapassar a tensão admissível de tração e/ou compressão simples que, conforme calculado no Quadro 16, corresponde a 262,66 MPa. Já o Quadro 21 a seguir, apresenta o cálculo da tensão admissível para cisalhamento do cordão de solda, seguindo a Equação 9.

Quadro 21 – Cálculo de tensão admissível para cisalhamento da solda

Material	Equação 9	Desenvolvimento	Resultado
Arame AWS ER 70S-6	$\tau_a = \frac{\sigma_a}{\sqrt{2}}$	$\tau_a = \frac{262,66}{\sqrt{2}}$	$\tau_a = \mathbf{185,73 MPa}$

Fonte: Autor (2022).

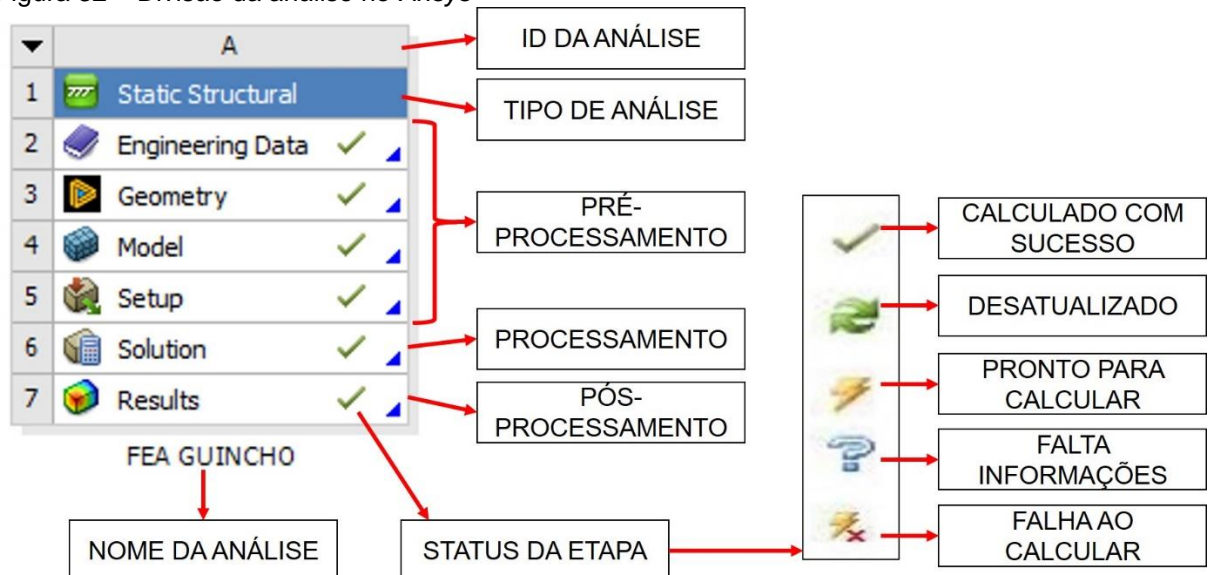
4.7 VALIDAÇÃO DO PROJETO POR FEA

Tendo-se os critérios de tensão definidos, já se sabe os limites objetivos para a etapa de validação do projeto. Conforme citado anteriormente, a validação se sucederá por meio do Método de Elementos Finitos no qual, também pode ser chamado de FEA. A Figura 32 a seguir apresenta como a análise é dividida dentro do Ansys. As análises possuem uma identificação alfabética única (ID) para que mesmo que a análise tenha o mesmo nome não haja conflitos, essa ID é o Ansys

que define sequencialmente. Abaixo da ID tem-se a definição do tipo de análise que, no caso deste trabalho, é do tipo estática estrutural linear. As outras seis etapas são divididas da seguinte forma:

- *Engineering Data*: é a biblioteca de materiais, onde são escolhidos os materiais para a análise, é possível criar uma biblioteca própria;
- *Geometry*: é a etapa de CAD do *Ansys*, onde fica salva o modelo 3D e pode ser modificado conforme a necessidade;
- *Model*: etapa onde são definidos os materiais individualmente para cada peça, definidos os pontos de massa, as interações entre as peças (contato, juntas, vigas virtuais, etc.) e a discretização do modelo (malha);
- *Setup*: etapa onde são definidas as condições de contorno e as cargas aplicadas;
- *Solution*: é a etapa de processamento onde o *Ansys* gera as equações com base no modelo matemático e as resolve;
- *Results*: é a etapa de pós-processamento onde os resultados numéricos obtidos na etapa anterior são plotados graficamente.

Figura 32 – Divisão da análise no *Ansys*



Fonte: Autor (2022).

Ainda na Figura 32, cada etapa da análise recebe uma indicação de status no decorrer do seu desenvolvimento onde, nas situações mais comuns, pode ser de calculado com sucesso, desatualizado (foi calculado, mas teve alguma alteração), pronto para calcular (toda a análise está com as informações definidas), falta

informações (pode até ter o parâmetro, mas falta defini-lo) e falha ao calcular (neste caso lê-se as mensagens para descobrir o erro).

4.7.1 Definição da biblioteca de materiais no Ansys

Conforme a Figura 33, foi desenvolvido uma biblioteca denominada “TFC”, onde dentro dela foram criados os materiais utilizados no projeto, com suas respectivas propriedades físicas e mecânicas. Porém apenas foram adicionadas a análise (conforme a indicação de inserção), o aço ASTM A36, a classe de resistência 8.8 (dos parafusos) e o aço SAE 1020. O material do arame de adição da solda (AWS ER 70S-6), não foi adicionado momentaneamente na análise por não ter cordões em 3D no modelo em CAD, as soldas serão posteriormente (nas plotagens) consideradas por aproximação conforme a especificação indicada nos detalhamentos técnicos e pelas tensões admissíveis. Caso, futuramente, haja necessidade, o material de adição de solda, encontra-se pronto para ser inserido, quando houver cordões em 3D.

Figura 33 – Biblioteca desenvolvida

The screenshot displays the Ansys Engineering Data Sources interface. It is divided into three main sections:

- Engineering Data Sources:** A table with columns A (Data Source), B (Location), and C (Description). Row 20 is highlighted with 'TFC' in column A.
- Outline of TFC:** A table with columns A (Contents of TFC), B (Add), C (Source), and D (Description). It lists materials:

Row	Material	Add	Source	Description
3	ASTM A36	+	☑	SN R-ratio dataset: reference = "MIL-HDBK-5J, Figure 2.3.1.3.8(c), p2-47"
4	AWS ER 70S-6	+	☐	SN R-ratio dataset: reference = "MIL-HDBK-5J, Figure 2.3.1.3.8(c), p2-47"
5	CLASSE_8.8	+	☑	SN R-ratio dataset: reference = "MIL-HDBK-5J, Figure 2.3.1.3.8(c), p2-47"
6	SAE1020	+	☑	SN R-ratio dataset: reference = "MIL-HDBK-5J, Figure 2.3.1.3.8(c), p2-47"
- Properties of Outline Row 3: ASTM A36:** A table with columns A (Property), B (Value), and C (Unit).

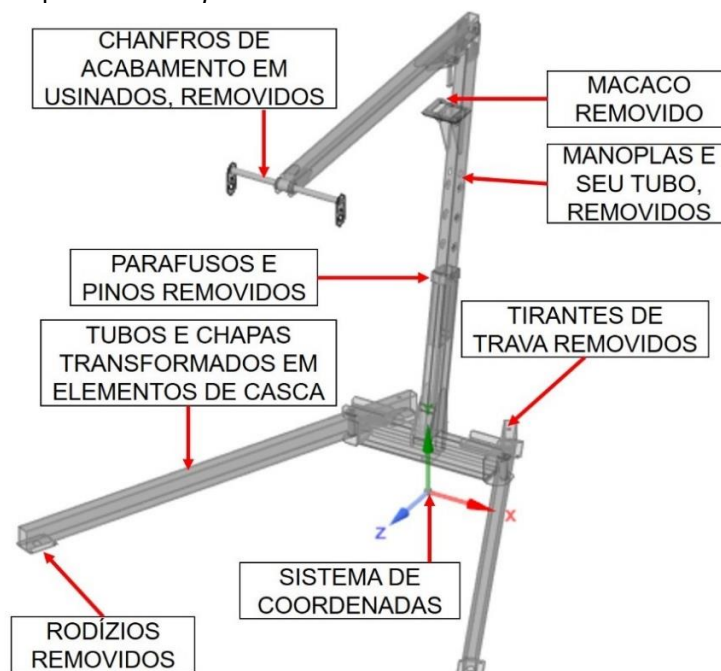
Row	Property	Value	Unit
2	Density	7,8E-06	kg mm ⁻³
3	Isotropic Elasticity		
9	S-N Curve	Tabular	
13	Tensile Yield Strength	250	MPa
14	Tensile Ultimate Strength	400	MPa

Fonte: Autor (2022).

4.7.2 Importação e simplificação do modelo no *SpaceClaim*

O modelo em 3D desenvolvido no *SolidWorks*, é exportado no formato neutro de CAD em *Parasolid* (extensão de arquivo “.x_t”) onde o mesmo é importado no complemento *SpaceClaim* do *Ansys*, conforme a etapa *Geometry* (Figura 32). A configuração exportada é da lança paralela ao chão, base totalmente aberta e coluna estendida. O sistema de coordenadas e sua respectiva origem, são mantidas as mesmas do *SolidWorks*, em todas as etapas da análise. A Figura 34 a seguir apresenta o modelo já simplificado e de que maneira foi tratado. Sendo que elementos comerciais manoplas, macaco hidráulico e rodízios foram removidos e serão representados posteriormente virtualmente. Parafusos e pinos também foram removidos e serão representados posteriormente virtualmente. Chanfros (de acabamento) que não interferem estruturalmente de maneira significativa, foram removidos. Todos os tubos e chapas metálicas foram transformados de corpos sólidos em superfície média regida por uma espessura virtual, ou seja, transformados em elementos de casca, o recurso utilizado foi o *Midsurface*. O objetivo principal desta etapa de simplificação é obter uma análise mais leve de ser executada, pois a posterior discretização do modelo será mais simples e, portanto, menos equações são necessárias para solucionar o mesmo problema, sem reduzir significativamente a precisão dos resultados.

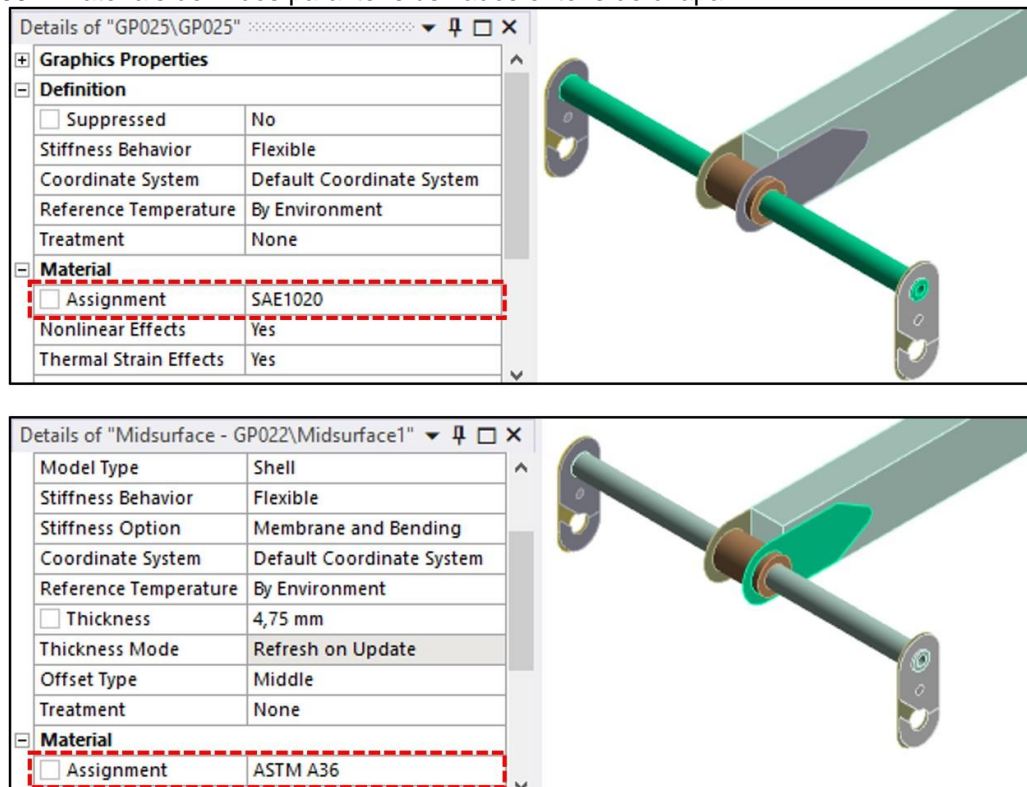
Figura 34 – Modelo simplificado no *SpaceClaim*



4.7.3 Aplicação dos materiais e dos pontos de massa

Desta etapa em diante, as operações descritas se remetem dentro do complemento *Mechanical* do *Ansys*. Neste tópico do trabalho, dentro do contexto *Geometry* do *Mechanical*, a Figura 35 a seguir apresenta dois exemplos de aplicação de material onde, no primeiro caso, que corresponde a itens usinados, tem-se a aplicação do aço SAE 1020. Já o exemplo do segundo caso se remete a itens de chapa metálica, tendo a aplicação do aço ASTM A36.

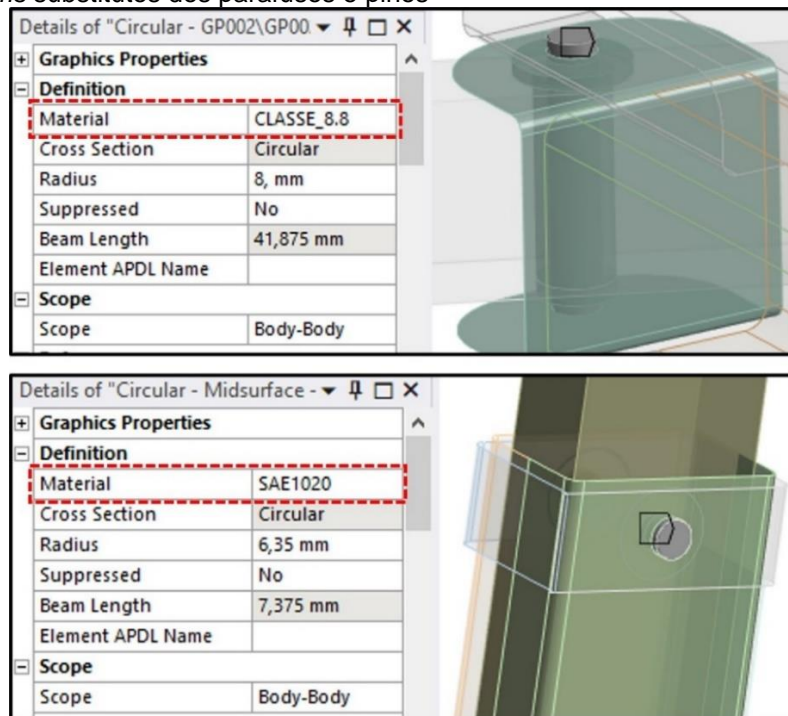
Figura 35 – Materiais definidos para itens usinados e itens de chapa



Fonte: Autor (2022).

Já na Figura 36, no lugar dos parafusos e pinos, foram colocados perfis cilíndricos virtuais de material determinado (*Beams*), neles pode ser determinado uma bitola (*Radius*) correspondente ao elemento que estava montado. Onde o exemplo do primeiro caso, que corresponde aos parafusos, tem o material aplicado da classe de resistência correspondente (Classe 8.8). Já no segundo caso, que corresponde aos pinos, tem aplicação do aço SAE 1020 como material. Ao todo, foram criados seis *Beams* para os locais onde havia parafusos e oito *Beams* para os locais onde haviam pinos. Vale ressaltar que, onde há cisalhamento duplo, é necessário criar dois *Beams* por parafuso ou pino, pois o recurso só permite seleção aos pares, porém isso não interfere no resultado.

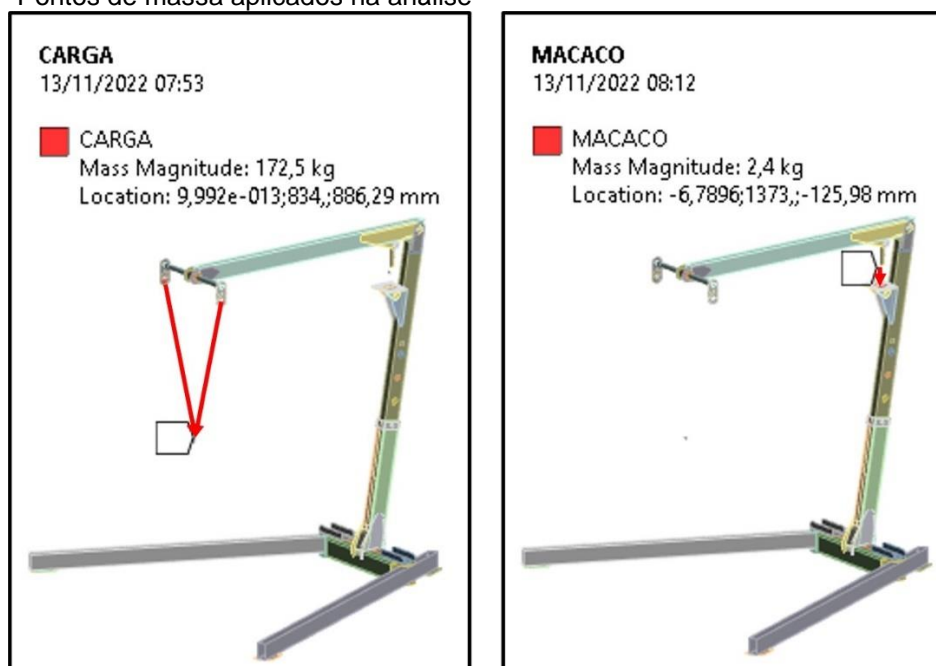
Figura 36 – Beams substitutos dos parafusos e pinos



Fonte: Autor (2022).

A Figura 37 apresenta a magnitude dos pontos de massa aplicados na análise e sua respectiva localização. A massa da carga aplicada é de 172,5 kg (conforme calculado anteriormente) e localiza-se a 650 mm abaixo dos olhais de içamento. Já a massa do macaco hidráulico (2,4 kg), tem seu ponto de massa onde corresponderia ao seu respectivo CG em relação a sua base.

Figura 37 – Pontos de massa aplicados na análise

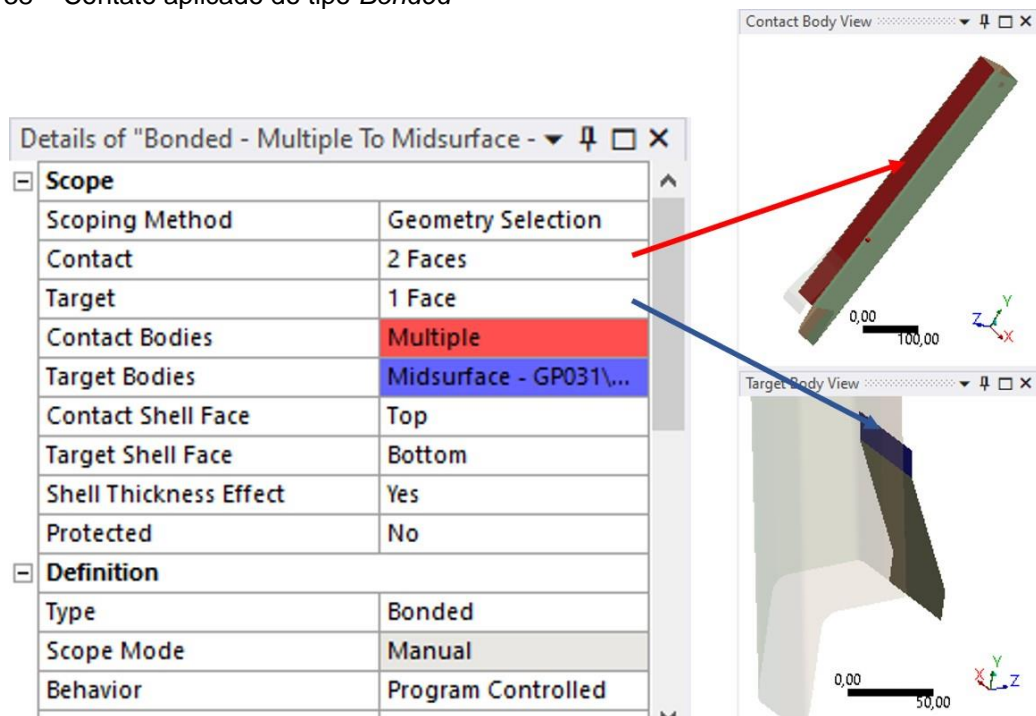


Fonte: Autor (2022).

4.7.4 Conexões entre componentes

Dentro de *Contacts*, localizado no contexto *Connections*, são criados os contatos entre as peças que, conforme citado anteriormente para análises lineares, podem ser do tipo *Bonded* (entre itens soldados) ou do tipo *No Separation* (entre itens montados). Ao todo, para esta análise, foram gerados 62 contatos do tipo *Bonded* e 5 contatos do tipo *No Separation*. Vale ressaltar que onde há *Beams*, não há necessidade de contatos, pois o recurso já suporta essa questão. Conforme já citado anteriormente, seja qual for o contato, deve-se definir as faces de contato (Contact) e as faces de alvo deste contato (Target), além do tipo de contato. A Figura 38 a seguir apresenta um exemplo do contato aplicado do tipo *Bonded*.

Figura 38 – Contato aplicado do tipo *Bonded*



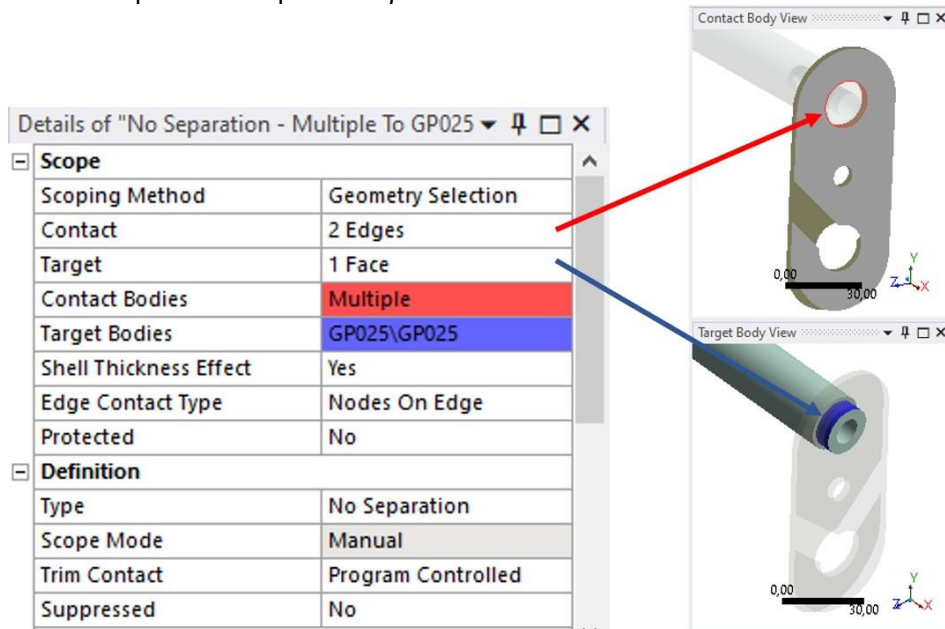
Fonte: Autor (2022).

Ainda na Figura 38, nos casos de contatos entre itens de casca, define-se o lado da superfície que irá iterar (*Top* ou *Bottom*), deve-se ter atenção para que os lados coincidam. E se deseja obter o efeito da espessura (*Shell Thickness Effect*) na plotagem dos resultados que, em todos os contatos presentes, foi definido como sim (Yes) para melhor apresentação. Estes parâmetros valem para outros tipos de contato também.

A Figura 39 a seguir apresenta um exemplo do contato do tipo *No Separation*. Onde tem-se o exemplo descrito de que o Target é uma face e o Contact são as

arestas do olhal de içamento. Diferente do Bonded, neste contato No Separation, as chapas do olhal têm grau de liberdade para transladar ao longo do eixo e rotacionar em torno do eixo.

Figura 39 – Contato aplicado do tipo *No Separation*



Fonte: Autor (2022).

Já a Figura 40 apresenta os resultados do *Contact Tool* que, como já mencionado, é uma ferramenta que avalia o estado dos contatos. Sendo que, nesta análise, todos os contatos apresentaram o *Status* de *Closed*, o que indica de todos os contatos estão interagindo. Se porventura o Status de algum contato se apresentar como *Far Open* (contato aberto), ele deve ser corrigido, pois ou há muita folga ou interferência entre os componentes em questão.

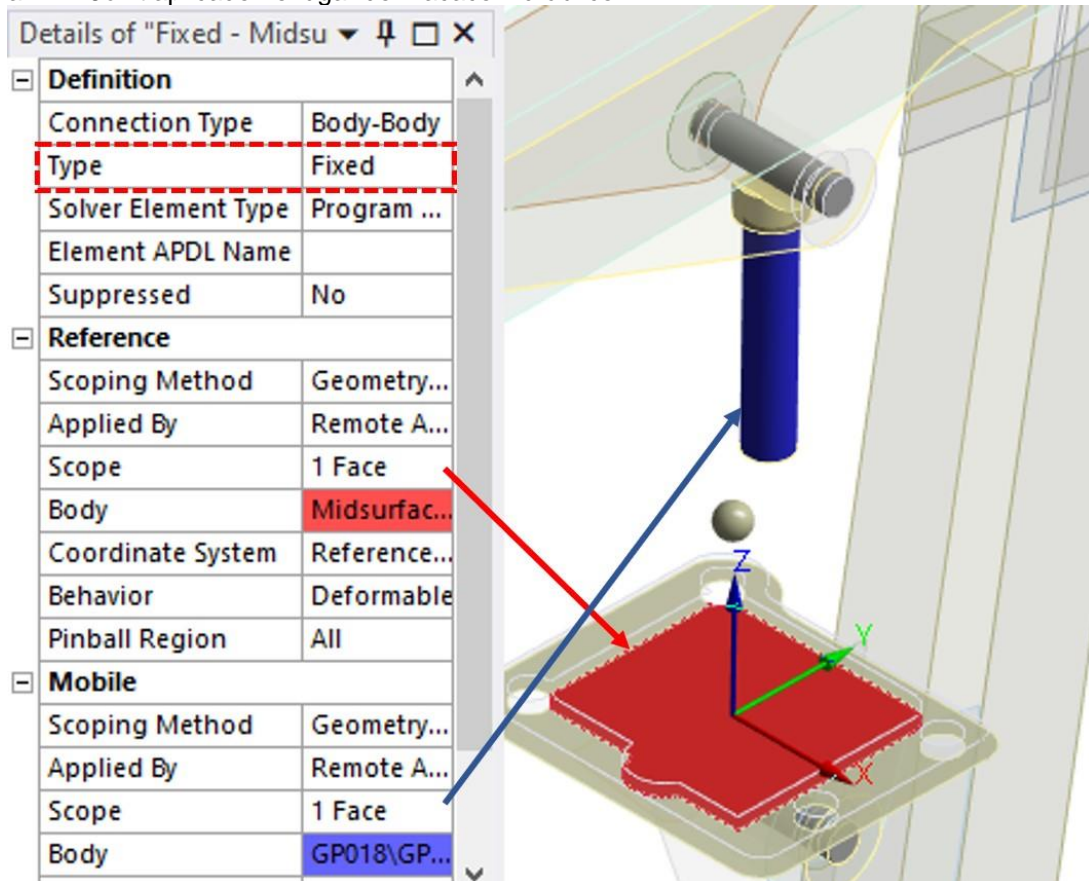
Figura 40 – Resultados do *Contact Tool*

Name	Contact Side	Type	Status	Number Contacting	Penetration (mm)	Gap (mm)
Bonded - Multiple To Mi	Contact	Bonded	Closed	168,	6,6613e-016	0,
Bonded - Multiple To Mi	Contact	Bonded	Closed	126,	6,6613e-016	0,
Bonded - Midsurface - i	Contact	Bonded	Closed	32,	6,6613e-016	0,
Bonded - Multiple To Mi	Contact	Bonded	Closed	131,	6,6613e-016	0,
Bonded - Midsurface - i	Contact	Bonded	Closed	53,	6,6613e-016	0,
Bonded - Midsurface - i	Contact	Bonded	Closed	82,	6,6613e-016	0,
Bonded - Midsurface - i	Contact	Bonded	Closed	42,	0,	0,
Bonded - Multiple To GF	Contact	Bonded	Closed	18,	0,	0,
Bonded - Multiple To Mi	Contact	Bonded	Closed	31,	0,	0,
Bonded - Midsurface - i	Contact	Bonded	Closed	42,	0,	0,
Bonded - Midsurface - i	Contact	Bonded	Closed	33,	0,	0,
Bonded - Midsurface - i	Contact	Bonded	Closed	216,	1,9007e-013	0,
Bonded - Multiple To Mi	Contact	Bonded	Closed	440,	0,	0,
Bonded - Midsurface - i	Contact	Bonded	Closed	42,	0,	0,

Fonte: Autor (2022).

Conforme a Figura 41, para substituir o macaco hidráulico, foi criado um *Joint* entre as faces indicadas (onde seria a interação com o macaco), com todos os graus de liberdade restritos (*Fixed*). Para não restringir globalmente na análise, foi determinado que o sistema de coordenadas (*Coordinate System*) do *Joint* se oriente pela face da base (*Reference*). Assim, quando ocorrer a deformação da estrutura, o *Joint* acompanha esse deslocamento.

Figura 41 – *Joint* aplicado no lugar do macaco hidráulico

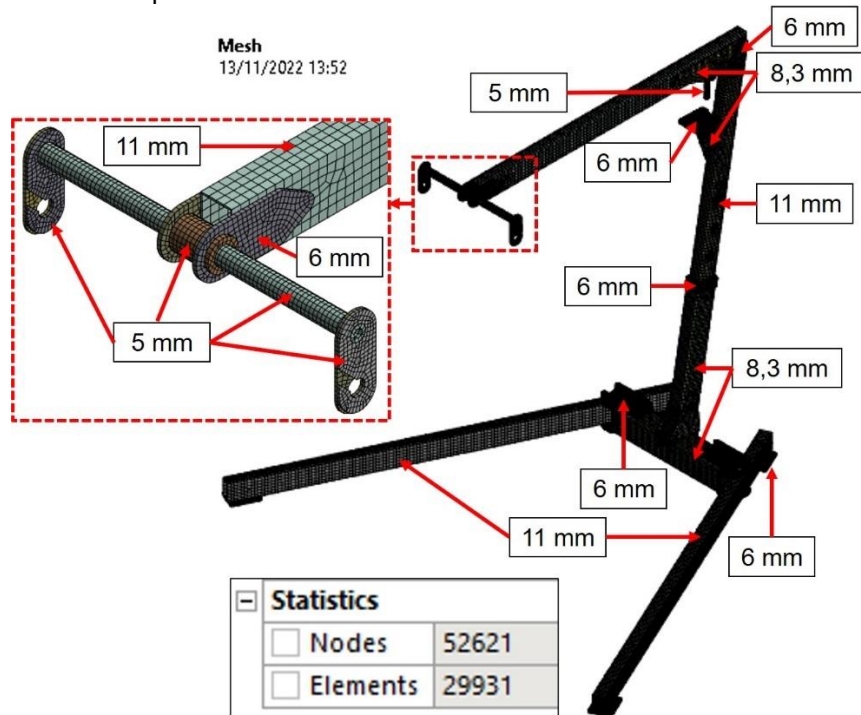


Fonte: Autor (2022).

4.7.5 Malha

A Figura 42 a seguir, apresenta a malha gerada onde, conforme a limitação da versão estudantil (até 30000 elementos), o modelo foi discretizado em 29931 elementos aos quais são unidos por 52621 nós. Foi utilizado o método adaptativo (*Adaptative*) para gerar a malha, juntamente com a definição de transição suave entre os elementos (*Transition = Slow*). Para o refino da malha foi utilizado o recurso *Body Sizing*, onde este rege um determinado tamanho de elemento ao longo de todo o corpo selecionado, os tamanhos de elementos utilizados nos recursos de *Body Sizing* encontram-se na Figura 42 a seguir.

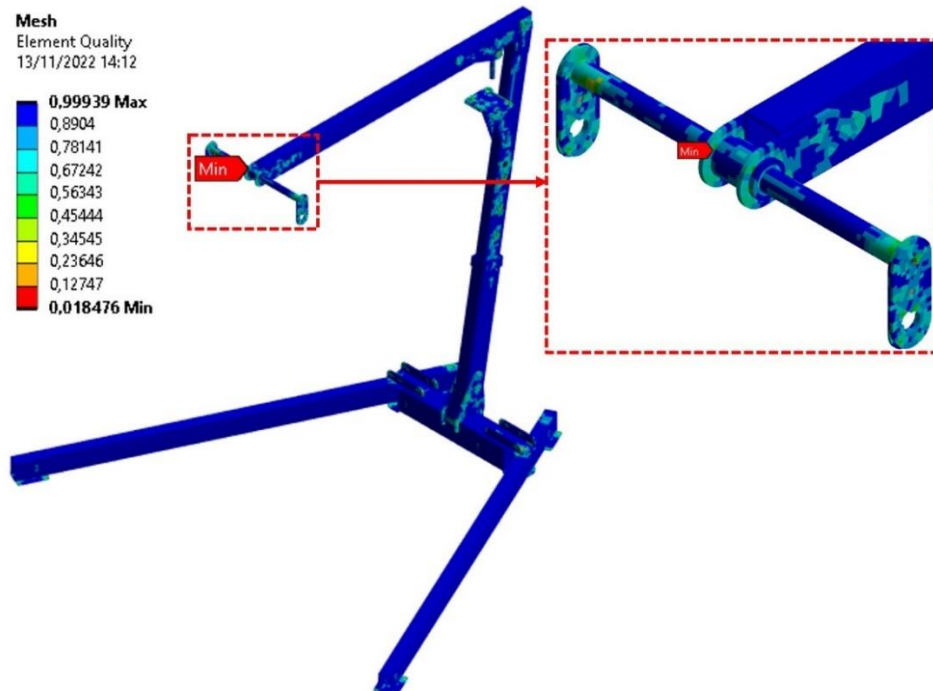
Figura 42 – Malha e os respectivos tamanhos de elemento



Fonte: Autor (2022).

O Element Quality é um recurso que calcula as distorções dos elementos onde, conforme a escala, 0 é péssimo e 1 é o elemento perfeito. Na Figura 43, tem-se os resultados de qualidade de malha plotados, onde, obteve-se uma malha de boa qualidade. O ponto de maior distorção encontra-se no detalhe ampliado.

Figura 43 – Resultados do *Element Quality*

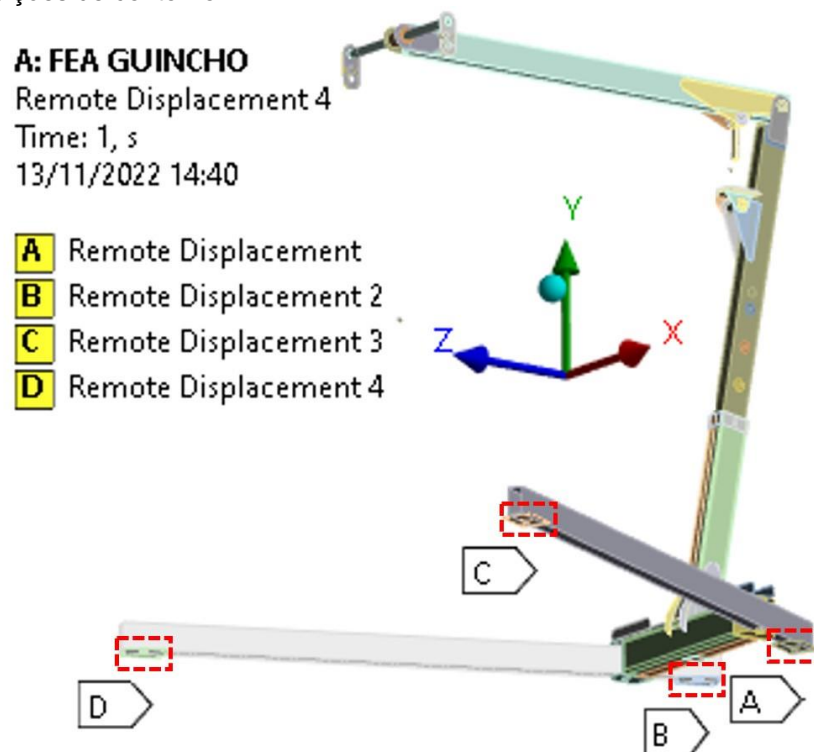


Fonte: Autor (2022).

4.7.6 Condições de contorno

Para restringir o modelo da maneira mais próxima da realidade, foram aplicados quatro recursos de Remote Displacement nas sapatas onde são montados os rodízios. O Remote Displacement é mais indicado pois nele pode se controlar a rigidez do suporte, os graus de liberdade e em relação a um determinado sistema de coordenadas próprio. A Figura 44 a seguir mostra onde estão aplicadas as condições de contorno, sendo que estes estão restritos conforme mostra as setas A, B, C e D, que no caso corresponde ao ponto onde o rodízio toca o chão, as coordenadas foram mensuradas no SolidWorks. Para os quatro casos, as rotações nos três eixos estão livres e as translações em X e Y estão restritas. Porém nos suportes A e B a translação em Z é restrita, já nos suportes C e D a translação em Z é livre, representando melhor o pior caso de carga.

Figura 44 – Condições de contorno



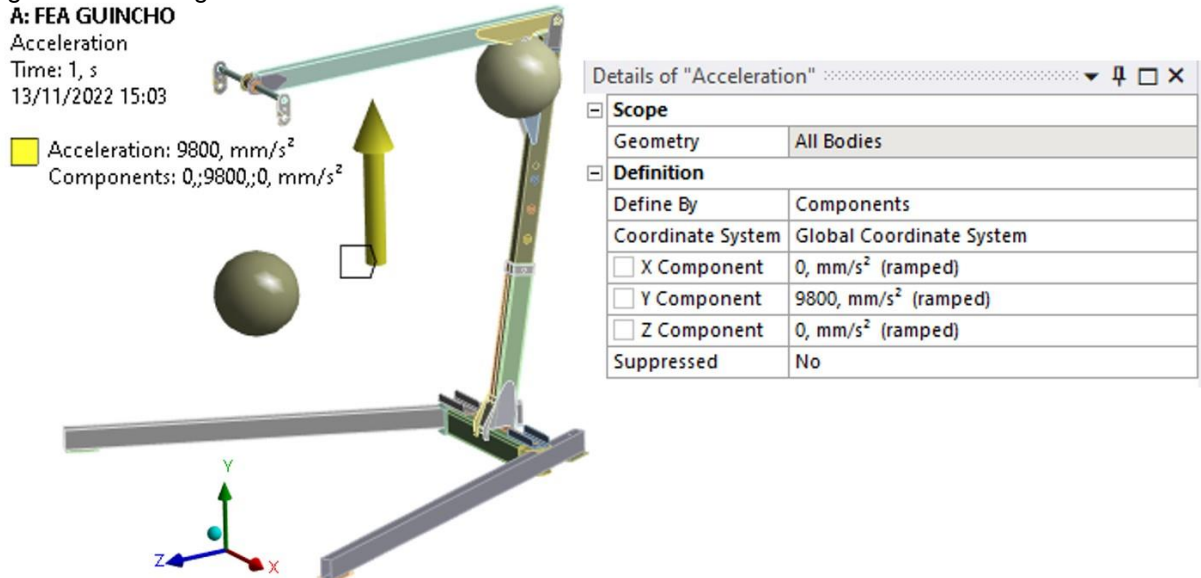
Fonte: Autor (2022).

4.7.6 Carregamentos

Tendo-se os devidos pontos de massa aplicados, resta aplicar uma aceleração gravitacional em Y na magnitude correspondente da Figura 45 a seguir. A vantagem da aceleração é que ela já leva em consideração a massa da própria

estrutura do guincho para o cálculo. O sentido indicado na Figura 45 corresponde a reação dos suportes, portanto estando correta a aplicação da carga.

Figura 45 – Carregamentos



Fonte: Autor (2022).

4.7.7 Processamento

A Figura 46 a seguir apresenta na íntegra algumas informações a respeito do processamento da análise. Onde o tempo total de cálculo foi de 1 minuto e 16 segundos, foram necessários 2,38 GB da memória RAM e o tamanho do arquivo de resultados da análise ficou em 42,25 MB.

Figura 46 – Informações sobre o processamento da análise

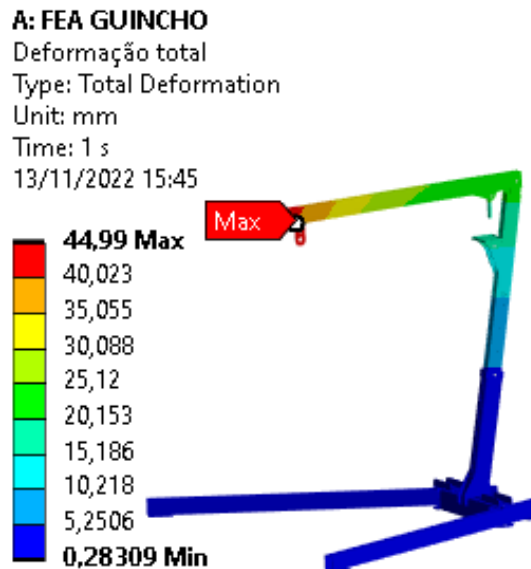
Details of "Solution (A6)"	
Max Refinement Loops	1,
Refinement Depth	2,
Information	
Status	Done
<input type="checkbox"/> MAPDL Elapsed Time	1 m 16 s
MAPDL Memory Used	2,3799 GB
MAPDL Result File Size	42,25 MB
Post Processing	
Beam Section Results	No
On Demand Stress/Strain	No

Fonte: Autor (2022).

4.7.8 Resultados de Deformação

A Figura 47 a seguir apresenta os resultados de deformação total para todo o guincho onde, considerando as folgas nos pontos de junção de montagem da estrutura, estima-se que esteja em um valor condizente.

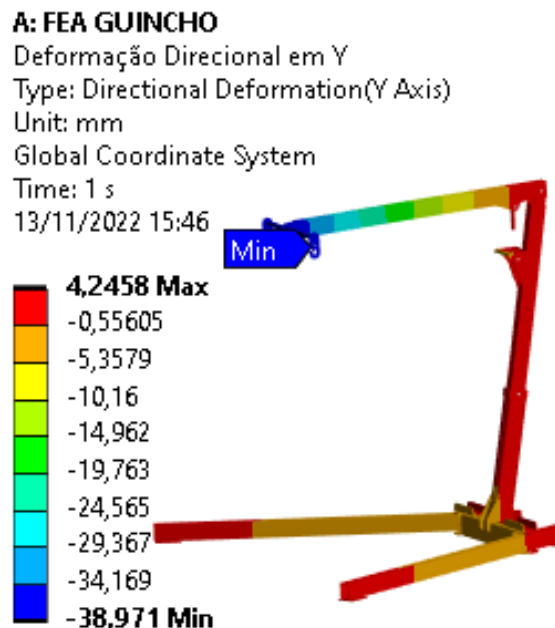
Figura 47 – Deformação total



Fonte: Autor (2022).

A Figura 48 a seguir apresenta os resultados de deformação em Y (vertical) para todo o guincho, a fins de se verificar o quanto que a estrutura desloca o seu range de curso, onde o qual apresenta-se em -38,971 mm.

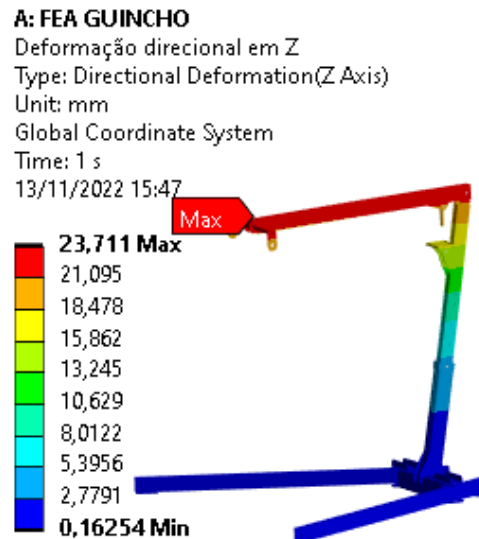
Figura 48 – Deformação em Y



Fonte: Autor (2022).

A Figura 49 a seguir apresenta os resultados de deformação em Z (longitudinal) para todo o guincho, a fins de se verificar o quanto que a carga se desloca para frente em uma intenção de desequilíbrio. Considerando que a carga está a 240 mm dos rodízios frontais, o deslocamento máximo de 23,711 mm apresentado na plotagem não resultaria em tombamento do equipamento.

Figura 49 – Deformação em Z

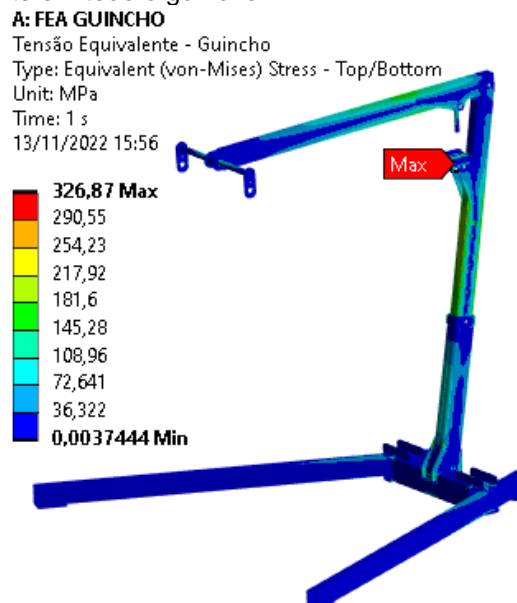


Fonte: Autor (2022).

4.7.9 Resultados de Tensão

A Figura 50 apresenta os resultados de tensão equivalente do guincho, no objetivo de verificar onde seria o ponto máximo de tensão, no caso na coluna móvel.

Figura 50 – Tensão equivalente em todo o guincho



Fonte: Autor (2022).

A Figura 51 apresenta os resultados de tensão equivalente do conjunto soldado da coluna móvel. Em um detalhe ampliado ao lado, observa-se que o ponto máximo de tensão (326,87 MPa) ocorreu por pressão diametral de cisalhamento duplo (pois nesta região não há solda) na bucha de aço SAE 1020 e, portanto, estaria abaixo da tensão admissível correspondente (421,35 MPa). Já o segundo maior ponto de tensão (206,13 MPa) ocorrido neste conjunto, caracteriza-se como compressão simples para o aço SAE 1020 e, portanto, também se encontra abaixo da tensão admissível (210,67 MPa).

Figura 51 – Tensão equivalente na coluna móvel

A: FEA GUINCHO

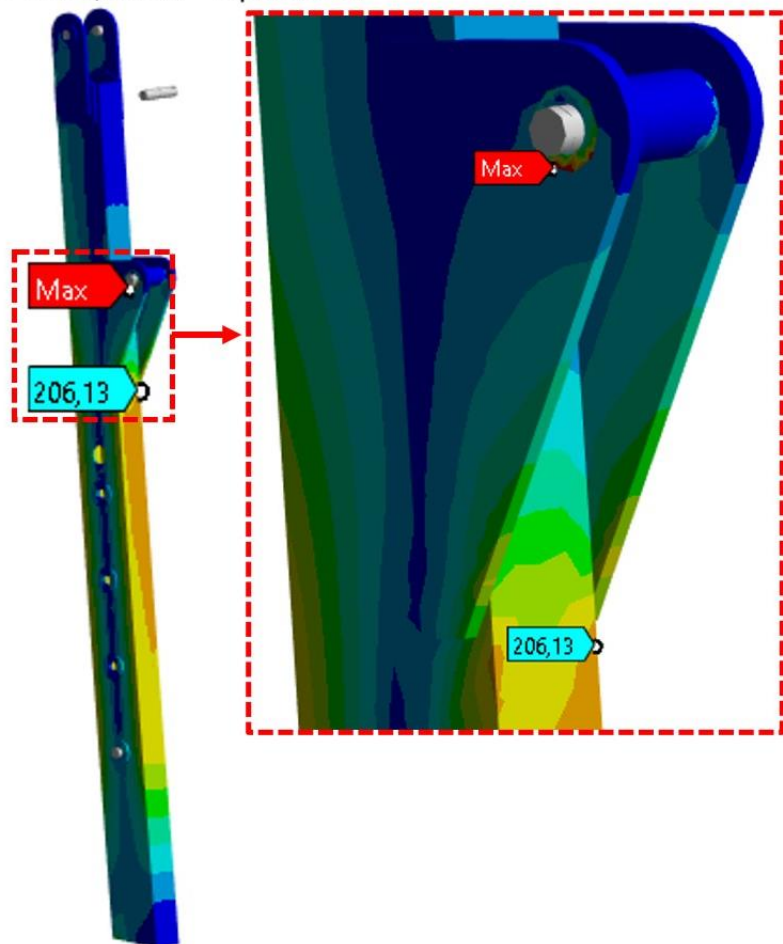
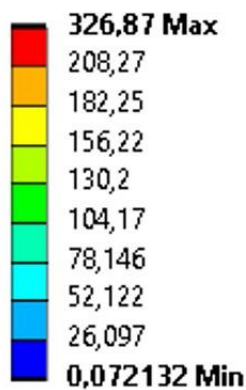
Tensão Equivalente - Coluna Móvel

Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom

Unit: MPa

Time: 1 s

13/11/2022 16:51



Fonte: Autor (2022).

A Figura 52 apresenta os resultados de tensão equivalente do conjunto soldado da base do macaco hidráulico, onde o ponto máximo (223,23 MPa) se sucedeu por pressão diametral em cisalhamento simples no aço ASTM A36.

Considerando que para este caso, a tensão admissível é de 250 MPa, então este conjunto está aprovado.

Figura 52 – Tensão equivalente na base do macaco hidráulico

A: FEA GUINCHO

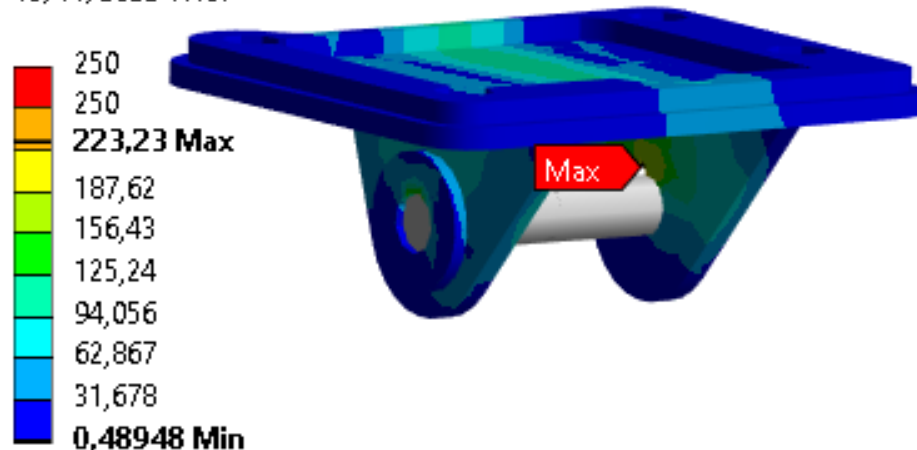
Tensão Equivalente - Base macaco

Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom

Unit: MPa

Time: 1 s

13/11/2022 17:07



Fonte: Autor (2022).

A Figura 53 apresenta os resultados de tensão equivalente do conjunto soldado do fuso do macaco hidráulico, onde o ponto máximo (145,04 MPa) se sucedeu por compressão simples no aço SAE 1020. Considerando que para este caso, a tensão admissível é de 210,67 MPa, então este conjunto está aprovado.

Figura 53 – Tensão equivalente no fuso do macaco hidráulico

A: FEA GUINCHO

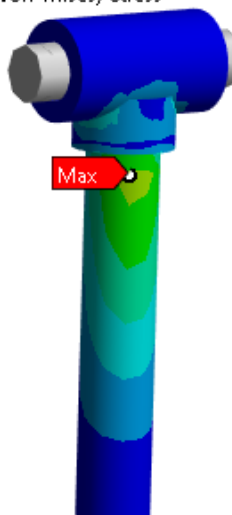
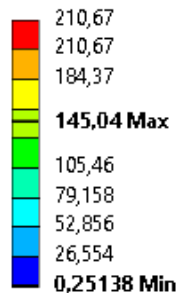
Tensão Equivalente - Pino macaco

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1 s

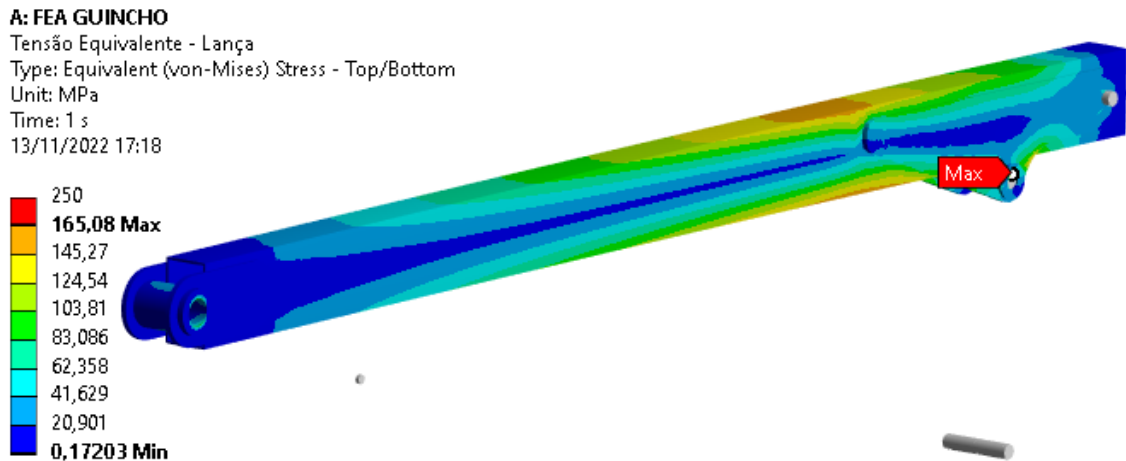
13/11/2022 17:15



Fonte: Autor (2022).

A Figura 54 apresenta os resultados de tensão equivalente do conjunto soldado da lança, onde o ponto máximo (165,08 MPa) se sucedeu por pressão diametral em cisalhamento simples no aço ASTM A36. Considerando que para este caso, a tensão admissível é de 250 MPa, então este conjunto está aprovado.

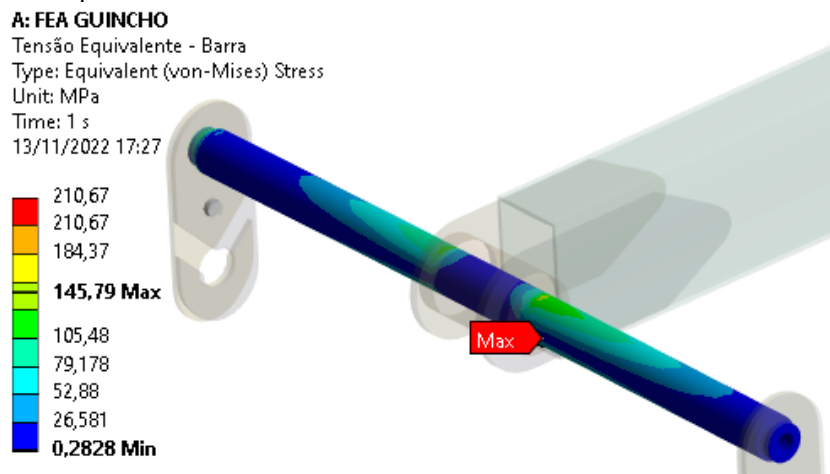
Figura 54 – Tensão equivalente na lança



Fonte: Autor (2022).

A Figura 55 apresenta os resultados de tensão equivalente da barra extensora lateral, onde o ponto máximo (145,79 MPa) se sucedeu por compressão simples no aço SAE 1020 (devido a flexão). Considerando que para este caso, a tensão admissível é de 210,67 MPa, então este conjunto está aprovado e suscetível a redução de custos.

Figura 55 – Tensão equivalente na barra extensora lateral

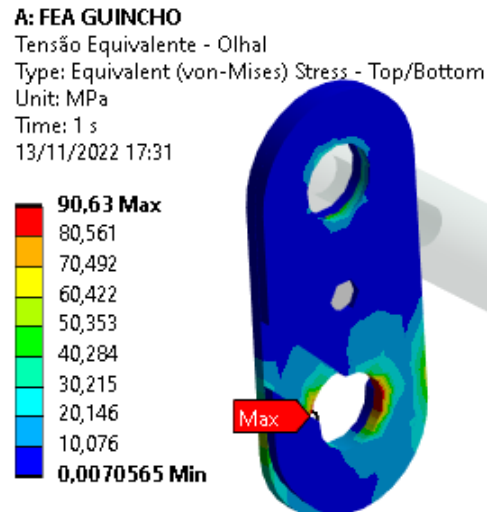


Fonte: Autor (2022).

A Figura 56 apresenta os resultados de tensão equivalente do conjunto montado do olhal de içamento, onde o ponto máximo (90,63 MPa) se sucedeu por tração simples no aço ASTM A36, pois o olhal é aberto e a pressão diametral não se

apresenta tão significativa quanto a tração lateral do furo. Considerando que para este caso, a tensão admissível é de 166,67 MPa, então este conjunto está aprovado.

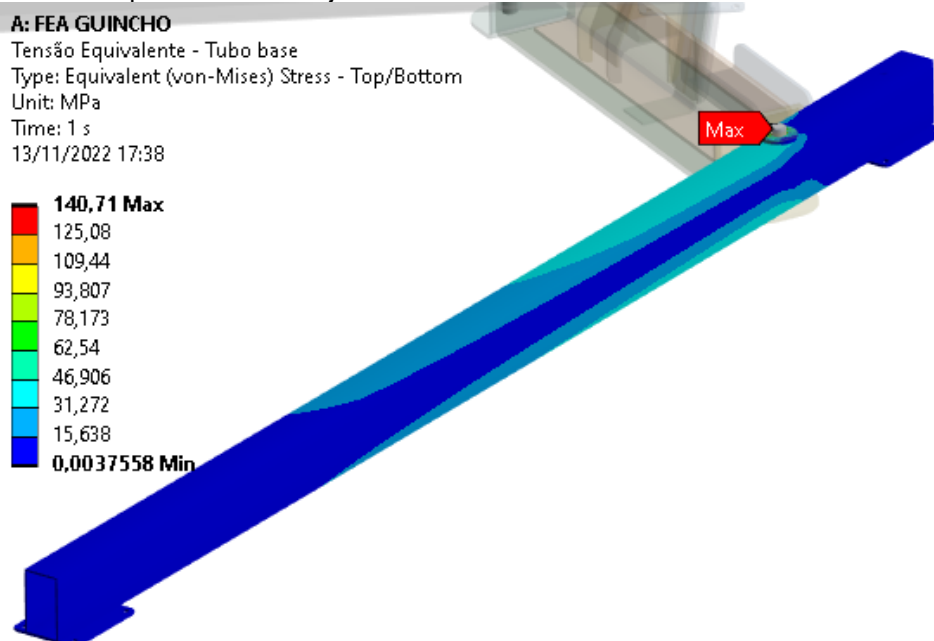
Figura 56 – Tensão equivalente no olhal de içamento



Fonte: Autor (2022).

A Figura 57 apresenta os resultados de tensão equivalente do conjunto soldado do tubo base do apoio do guincho. Observa-se que o ponto máximo de tensão (140,71 MPa) ocorreu por pressão diametral de cisalhamento duplo na região interna da bucha de aço SAE 1020 e, portanto, estaria abaixo da tensão admissível correspondente (421,35 MPa). Considerando o baixo range de tensões neste conjunto, este também estaria suscetível a redução de custos.

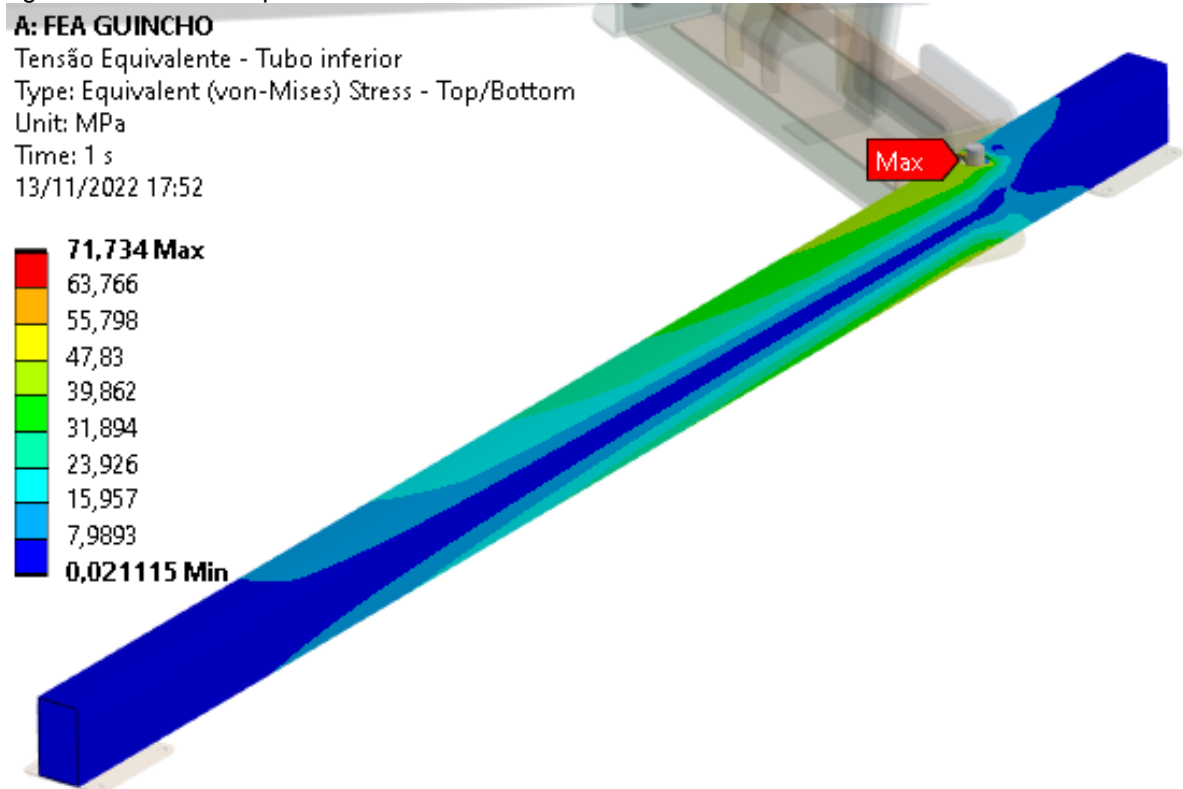
Figura 57 – Tensão equivalente do conjunto tubo base



Fonte: Autor (2022).

A Figura 58 apresenta os resultados de tensão equivalente apenas no tubo base inferior. Observa-se que o ponto máximo de tensão (71,734 MPa) ocorreu por compressão simples do cordão de solda (pois é bem próximo a bucha) e, portanto, estaria muito abaixo da tensão admissível correspondente (262,66 MPa). Considerando o baixo range de tensões neste item, poderia ser reduzido a espessura do tubo e/ou a altura do mesmo, apenas não foi alterado para este item por questão de comunizar a compra do material.

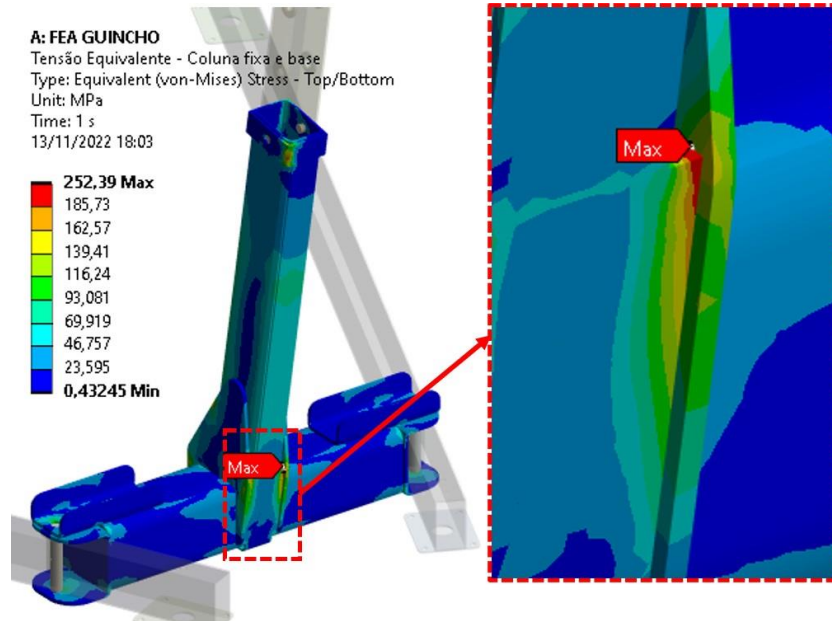
Figura 58 – Tensão equivalente do tubo base inferior



Fonte: Autor (2022).

A Figura 59 apresenta os resultados de tensão equivalente do conjunto soldado chassi de base. Observa-se que o ponto máximo de tensão (252,39 MPa) ocorreu por cisalhamento do cordão de solda e, portanto, estaria acima da tensão admissível correspondente (185,73 MPa). Considerando que o volume de tensão, da região sobrecarregada, é muito pequeno e que as regiões no entorno se apresentam estáveis e bem dimensionadas, caracteriza-se então como uma singularidade de tensão e pode ser momentaneamente ignorada.

Figura 59 – Tensão equivalente do conjunto chassi de base

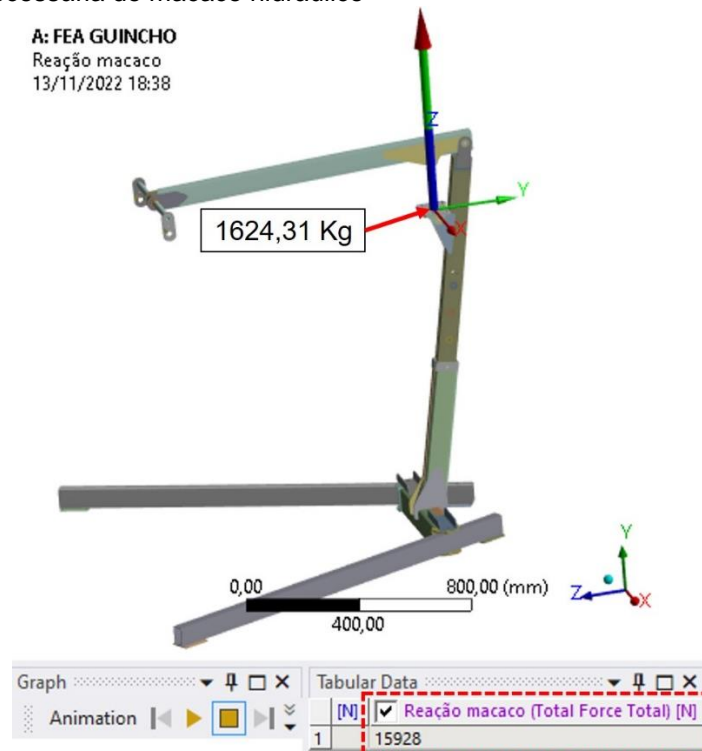


Fonte: Autor (2022).

4.7.9 Resultados de Forças de Reação

A Figura 60 a seguir apresenta a força de reação em relação ao macaco hidráulico, que comprova que a capacidade de carga do macaco atual (2000 kg) é suficiente para o projeto.

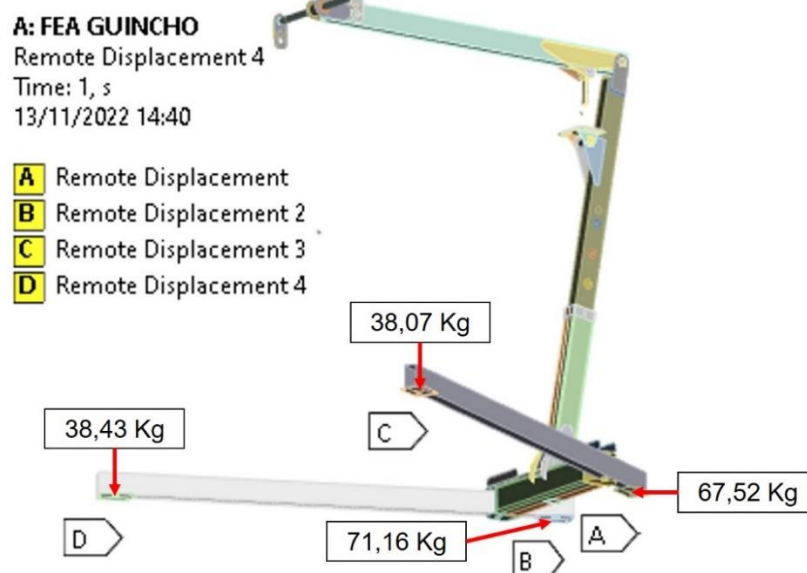
Figura 60 – Força necessária do macaco hidráulico



Fonte: Autor (2022).

A Figura 61 a seguir apresenta as forças de reação em relação aos rodízios, que comprova que a capacidade de carga do rodízio atual (80 kg) é suficiente para o projeto, mesmo para as rodas mais carregadas (A e B). Para as rodas menos carregadas (C e D), pode se estudar a possibilidade de redução.

Figura 61 – Forças de reação perante os rodízios

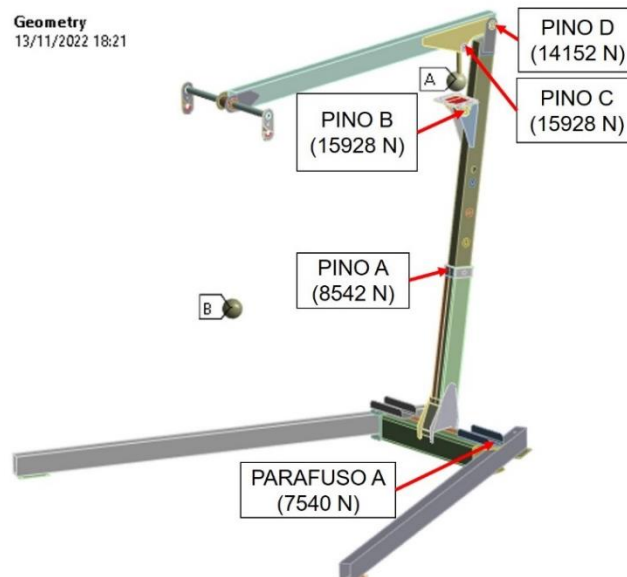


Fonte: Autor (2022).

4.7.9 Cisalhamento de Pinos e Parafusos

A Figura 62 a seguir nomeia os pinos e parafusos em estudo e apresenta suas respectivas cargas de cisalhamento, obtidas por meio do *Beam Probe*.

Figura 62 – Identificação e resultado das cargas cisalhantes



Fonte: Autor (2022).

O Quadro 22 apresenta o cálculo das tensões de cisalhamento para cada um dos itens nomeados. Considerando que o Parafuso A possui diâmetro de 16 mm e os pinos têm diâmetro de 12,7 mm, a tensão de cisalhamento é calculada pela razão entre a força cisalhante e a respectiva área de secção transversal. Todos os casos presentes estão situados em cisalhamento duplo tendo, portanto, tensão admissível de 315,19 MPa para os parafusos e 168,54 MPa para os pinos. Como pode-se notar, todos os casos presentes no Quadro 22 estão superdimensionados, podendo ser suscetíveis a redução, mas por questões de segurança optou-se por manter conforme o projeto, porém na etapa de custos será avaliada a sua relevância.

Quadro 22 – Tensões de cisalhamento calculadas

Item	Força de cisalhamento	Área de secção Dupla (2x)	$\sigma = \frac{F}{A}$	Resultado
Parafuso A	7540 N	402,12 mm ²	$\sigma = \frac{7540 N}{402,12 mm^2}$	$\sigma = 18,75 MPa$
Pino A	8542 N	253,34 mm ²	$\sigma = \frac{8542 N}{253,34 mm^2}$	$\sigma = 33,71 MPa$
Pinos B e C	15928 N	253,34 mm ²	$\sigma = \frac{15928 N}{253,34 mm^2}$	$\sigma = 62,87 MPa$
Pino D	14152 N	253,34 mm ²	$\sigma = \frac{14152 N}{253,34 mm^2}$	$\sigma = 55,86 MPa$

Fonte: Autor (2022)

4.8 CODIFICAÇÃO E DETALHAMENTO TÉCNICO

Após a validação do projeto, revisa-se as codificações dos itens antes da etapa de detalhamento técnico 2D. Por padrão, adotou-se para peças próprias do projeto as letras “GP” (derivado de Guincho Peças) seguido de uma sequência numérica preenchida por 3 dígitos, por exemplo, GP001, GP002, GP003 e assim sucessivamente. Semelhante para as peças, o padrão foi aplicado aos conjuntos e a itens comprados, onde GS é utilizado para conjuntos soldados, GM para conjuntos montados e GC para itens comprados, todos seguidos de uma sequência numérica preenchida por 3 dígitos. Porcas, parafusos e pinos “R” recebem, respectivamente, as codificações de PO, PA e PR, também seguidos de uma sequência numérica preenchida por 3 dígitos. Já o conjunto final recebe a codificação de GTF (derivado de Guincho de Transferência Final) seguido de uma sequência numérica preenchida por 2 dígitos, no caso, GTF01. Apesar de cada item ter um código sequencial, cada

item possui também uma descrição do componente, de forma que o item possa ser identificado mais facilmente.

Para este trabalho foram detalhados apenas os conjuntos de solda, conjuntos de montagem e o produto final. Os detalhamentos de solda possuem o padrão JIS de soldagem em suas notas. No caso dos detalhamentos de montagem a como do produto final, cada desenho possui uma vista isométrica explodida, ou seja, com alguns componentes arrastados linearmente para mostrar sua sequência de montagem. O produto final possui dois detalhamentos, um para a apresentação dos componentes e o outro para a apresentação das dimensões de alcance. Ao todo são 15 detalhamentos, eles se encontram no APÊNDICE B deste trabalho.

4.9 PROCESSOS E CUSTOS DE FABRICAÇÃO

Nos quadros deste tópico do trabalho, o custo unitário corresponde ao custo final do item em questão, ou seja, o custo do material com os processos. Na coluna “QTDE” se refere quantidade total requisitada para a produção de um equipamento. O Quadro 23 a seguir apresenta os itens que são comprados para o guincho, onde os processos referentes a estes itens são: Comprar e estocar na montagem.

Quadro 23 – Lista dos itens comprados

Código	Descrição	Custo unitário	QTDE	Subtotal
GC001	RODÍZIO GIRATÓRIO 4" BAKELITSUL	R\$ 82,10	4	R\$ 328,40
GC002	MACACO HIDRÁULICO GARRAFA 2T	R\$ 58,90	1	R\$ 58,90
GC003	MANOPLA 7/8" PARA BICICLETA	R\$ 9,84	2	R\$ 19,68
GC004	ELO DE CORRENTE 24X40X3/16"	R\$ 1,80	6	R\$ 10,80
GC005	MANÍPULO MACHO M8X1,25	R\$ 2,95	1	R\$ 2,95
GC006	CESTO DE TRANSFERÊNCIA VOLLENZ	R\$ 315,50	1	R\$ 315,50
GC007	CINTO DE SEGUR. CARBOGRAFITE	R\$ 216,90	1	R\$ 216,90
PA001	PARAF. SEXT. FLANG. M12X1,75X30 ZB 8.8	R\$ 1,21	6	R\$ 7,26
PA002	PARAF. SEXT. FLANG. M8X1,25X20 ZB 8.8	R\$ 0,42	20	R\$ 8,40
PA003	PARAF. SEXT. FLANG. M16X2X120 RP38 ZB 8.8	R\$ 20,79	2	R\$ 41,58
PO001	PORCA SEXT. FLANG. TRAV. M8X1,25 ZB 8.8	R\$ 0,32	20	R\$ 6,40
PO002	PORCA SEXT. FLANG. TRAV. M12X1,75 ZB 8.8	R\$ 0,56	4	R\$ 2,24
PO003	PORCA SEXT. FLANG. TRAV. M16X2,0 ZB 8.8	R\$ 2,23	2	R\$ 4,46
PR001	PINO "R" 2,5MM X 50MM ZB - TIPO B	R\$ 0,80	4	R\$ 3,20
TOTAL				R\$1026,67

Fonte: Autor (2022)

O Quadro 24 apresenta os itens que são cortados e furados, onde os seus processos são: Cortar na serra fita, furar na furadeira e estocar para a solda.

Quadro 24 – Lista de peças cortadas e furadas

Código	Descrição	Custo unitário	QTDE	Subtotal
GP001	TUBO BASE	R\$ 87,00	2	R\$ 174,00
GP010	TUBO DA COLUNA	R\$ 65,20	1	R\$ 65,20
GP015	TUBO DA LANÇA	R\$ 63,80	1	R\$ 63,80
GP038	PINO TRAVA DE 72	R\$ 4,96	2	R\$ 9,92
GP039	PINO TRAVA DE 78	R\$ 5,08	2	R\$ 10,16
TOTAL				R\$323,08

Fonte: Autor (2022)

O Quadro 25 apresenta os itens que são cortados e usinados, onde os seus processos são: Cortar na serra fita, usinar em torno ou CNC e estocar para a solda.

Quadro 25 – Lista de peças cortadas e usinadas em torno

Código	Descrição	Custo unitário	QTDE	Subtotal
GP002	BUCHA GUIA	R\$ 17,20	2	R\$ 34,40
GP017	LUVA SUPERIOR DO ATUADOR	R\$ 6,44	1	R\$ 6,44
GP018	BARRA COM ROSCA QUADRADA M16	R\$ 28,60	1	R\$ 28,60
GP027	BUCHA INFERIOR DO ATUADOR	R\$ 6,80	1	R\$ 6,80
GP037	PINO TRAVA LATERAL	R\$ 6,48	2	R\$ 12,96
TOTAL				R\$89,20

Fonte: Autor (2022)

O Quadro 26 a seguir apresenta os itens restantes que são cortados e que tenham outros processos posteriores. Onde os processos referentes aos itens GP019 e GP040 são: Cortar na serra fita e estocar para a solda. Já os processos referentes ao item GP021 são: Cortar na serra fita, usinar no torno, furar na furadeira, fazer rosca e estocar para a solda. Já os processos referentes ao item GP025 são: Cortar na serra fita, usinar no torno, zincar e estocar na montagem.

Quadro 26 – Lista de peças restantes cortadas na serra fita

Código	Descrição	Custo unitário	QTDE	Subtotal
GP019	TUBO PARA MANOBRA	R\$ 7,76	1	R\$ 7,76
GP021	BUCHA EXTREMIDADE DA LANÇA	R\$ 17,20	1	R\$ 17,20
GP025	EXTENSÃO LATERAL DE IÇAMENTO	R\$ 24,40	1	R\$ 24,40
GP040	GUARDA ALAVANCA	R\$ 3,56	1	R\$ 3,56
TOTAL				R\$52,92

Fonte: Autor (2022)

O Quadro 27 a seguir apresenta os itens que são cortados a laser, onde os processos referentes a estes itens são: Cortar a laser e estocar para a solda.

Quadro 27 – Lista de peças cortadas a laser

Código	Descrição	Custo unitário	QTDE	Subtotal
GP006	ESPESSADOR DA TRAVA LATERAL	R\$ 2,24	8	R\$ 17,92
GP011	ARRUELA DE ESPEÇAMENTO PARA 1/2"	R\$ 2,16	14	R\$ 30,24
GP012	OLHAL INFERIOR	R\$ 4,20	2	R\$ 8,40
GP013	OLHAL DA COLUNA	R\$ 4,76	2	R\$ 9,52
GP014	AFASTADOR 4,75 DO OLHAL	R\$ 4,12	2	R\$ 8,24
GP016	LATERAL MAIOR DA LANÇA	R\$ 13,04	2	R\$ 26,08
GP020	BASE DO MACACO	R\$ 7,16	1	R\$ 7,16
GP022	APOIO DA BUCHA DE EXTREMIDADE	R\$ 5,64	2	R\$ 11,28
GP023	GUIA LATERAL DO MACACO	R\$ 6,84	1	R\$ 6,84
GP024	SAPATA DO RODÍZIO	R\$ 4,60	4	R\$ 18,40
GP026	BASE LATERAL DO ATUADOR	R\$ 5,80	2	R\$ 11,60
GP028	REFORÇO DA TRAVA LATERAL	R\$ 2,16	1	R\$ 2,16
GP029	REFORÇO LATERAL DA BASE	R\$ 11,20	2	R\$ 22,40
GP034	BASE DA TRAVA LATERAL	R\$ 2,40	1	R\$ 2,40
GP035	GUIA DE TRAVA	R\$ 5,80	2	R\$ 11,60
TOTAL				R\$194,24

Fonte: Autor (2022)

O Quadro 28 apresenta os itens que são cortados a laser e pintados, onde os seus processos são: Cortar a laser, lavar, pintar e estocar na montagem.

Quadro 28 – Lista de peças cortadas a laser e pintadas

Código	Descrição	Custo unitário	QTDE	Subtotal
GP032	APOIO SUPERIOR MACACO	R\$ 5,64	1	R\$ 5,64
GP033	OLHAL DE IÇAMENTO	R\$ 5,96	4	R\$ 23,84
GP036	ARRUELA DE CALÇO DO MACACO	R\$ 5,24	2	R\$ 10,48
TOTAL				R\$39,96

Fonte: Autor (2022)

O Quadro 29 a seguir apresenta os itens que são cortados a laser e dobradas, onde os processos referentes a estes itens são: Cortar a laser, dobrar em prensa dobradeira e estocar para a solda.

Quadro 29 – Lista de peças cortadas a laser e dobradas

Código	Descrição	Custo unitário	QTDE	Subtotal
GP003	PERFIL TRANSVERSAL	R\$ 27,60	2	R\$ 55,20
GP004	GUIA DA BASE	R\$ 12,00	2	R\$ 24,00
GP005	REFORÇO SUPERIOR DO GUIA	R\$ 11,60	2	R\$ 23,20
GP007	COLUNA EXTERNA ESQUERDA	R\$ 20,40	1	R\$ 20,40
GP008	COLUNA EXTERNA DIREITA	R\$ 20,40	1	R\$ 20,40
GP009	REFORÇO SUPERIOR DA COLUNA EXTERNA	R\$ 5,96	2	R\$ 11,92
GP030	REFORÇO POSTERIOR DA COLUNA EXTERNA	R\$ 11,40	1	R\$ 11,40
GP031	REFORÇO FRONTAL DA BASE	R\$ 7,28	1	R\$ 7,28
TOTAL				R\$173,80

Fonte: Autor (2022)

O Quadro 30 apresenta os conjuntos soldados, onde os seus processos são: Separar os itens para solda, soldar, lavar, pintar e estocar para a montagem.

Quadro 30 – Lista dos conjuntos soldados

Código	Descrição	Custo unitário	QTDE	Subtotal
GS001	CJ SD BASE DE APOIO	R\$ 144,41	2	R\$ 288,82
GS002	CJ SD CHASSI BASE	R\$ 258,56	1	R\$ 258,56
GS003	CJ SD COLUNA DO GUINCHO	R\$ 172,48	1	R\$ 172,48
GS004	CJ SD LANÇA DE IÇAMENTO	R\$ 156,11	1	R\$ 156,11
GS005	CJ SD BASE DO MACACO HIDRÁULICO	R\$ 47,01	1	R\$ 47,01
GS006	CJ SD OLHAL EXTENSOR DO MACACO	R\$ 49,15	1	R\$ 49,15
GS007	CJ SD TRAVA LATERAL	R\$ 27,52	2	R\$ 55,04
GS008	CJ SD PINO TRAVA LATERAL	R\$ 16,28	2	R\$ 32,56
GS009	CJ SD PINO TRAVA DE 72	R\$ 14,76	2	R\$ 29,52
GS010	CJ SD PINO TRAVA DE 78	R\$ 14,88	2	R\$ 29,76
TOTAL				R\$1119,01

Fonte: Autor (2022)

O Quadro 31 apresenta os conjuntos montados, onde os seus processos são: Separar os itens para montar, montar e estocar para a montagem do produto final.

Quadro 31 – Lista dos conjuntos montados

Código	Descrição	Custo unitário	QTDE	Subtotal
GM001	CJ MT BASE GUINCHO	R\$ 1.037,74	1	R\$ 1.037,74
GM002	CJ MT LANÇA DO GUINCHO	R\$ 219,20	1	R\$ 219,20
GM003	CJ MT ATUADOR HIDRAULICO	R\$ 186,26	1	R\$ 186,26
TOTAL				R\$1443,02

Fonte: Autor (2022)

Já o produto final, denominado como GTF01, recebe em sua estrutura de produto além dos conjuntos montados, demais itens presentes em seu detalhamento corresponde dentro do APÊNDICE B. Os processos envolvidos neste equipamento são: Separar os itens para montar, montar, engraxar e testar. O custo final do produto se resume em R\$ 2240,24, onde deste valor, 45,8% (R\$1026,67) correspondem a itens comprados (padronizados), 39% (R\$873,20) em peças e o restante corresponde a custos de solda montagem e pintura.

Vale ressaltar que os guinchos convencionais não possuem o cinto. Pois os eles não têm curso suficiente para elevar pacientes a ponto de realizar a marcha. Portanto, na situação de comparar custos com os guinchos convencionais, teria que subtrair do total final o custo do cinto (R\$216,90), resultando em R\$2023,04. Considerando o valor de mercado R\$2690,00 (MAGALU, 2022), nas mesmas condições, o guincho deste trabalho poderia ser vendido a uma margem de lucro de 24,8%, desconsiderando-se as tributações. Porém mesmo assim, o requisito de projeto de baixo custo de manufatura (< R\$1345,00) não foi atendido.

5 DISCUSÃO GERAL DOS RESULTADOS

Todas as etapas de desenvolvimento deste trabalho, tiveram por objetivo desenvolver o projeto de um guincho para auxiliar os profissionais da área da saúde, na elevação e movimentação pacientes acamados.

Utilizando como base a metodologia de projeto de produto, pôde-se definir entre as quatro hipóteses de solução, a mais adequada conforme os diagramas de Mudge e Pugh que, no caso, foi o guincho de transferência. De acordo com o projeto, os requisitos de alcance foram atendidos. A validação por meio do método de elementos finitos, regido pelas tensões admissíveis calculadas por meio da NBR8400, apresentou-se satisfatória e com algumas sugestões de possíveis reduções de custo, como no caso do tubo de base e nos itens cisalhantes do projeto (pinos e parafusos).

Apesar de não ter sido atendido o requisito de baixo custo de manufatura, o custo total ainda assim ficou 24,8% menor do que um equipamento equivalente de mercado. O Quadro 32 mostra o resultado para cada requisito de projeto.

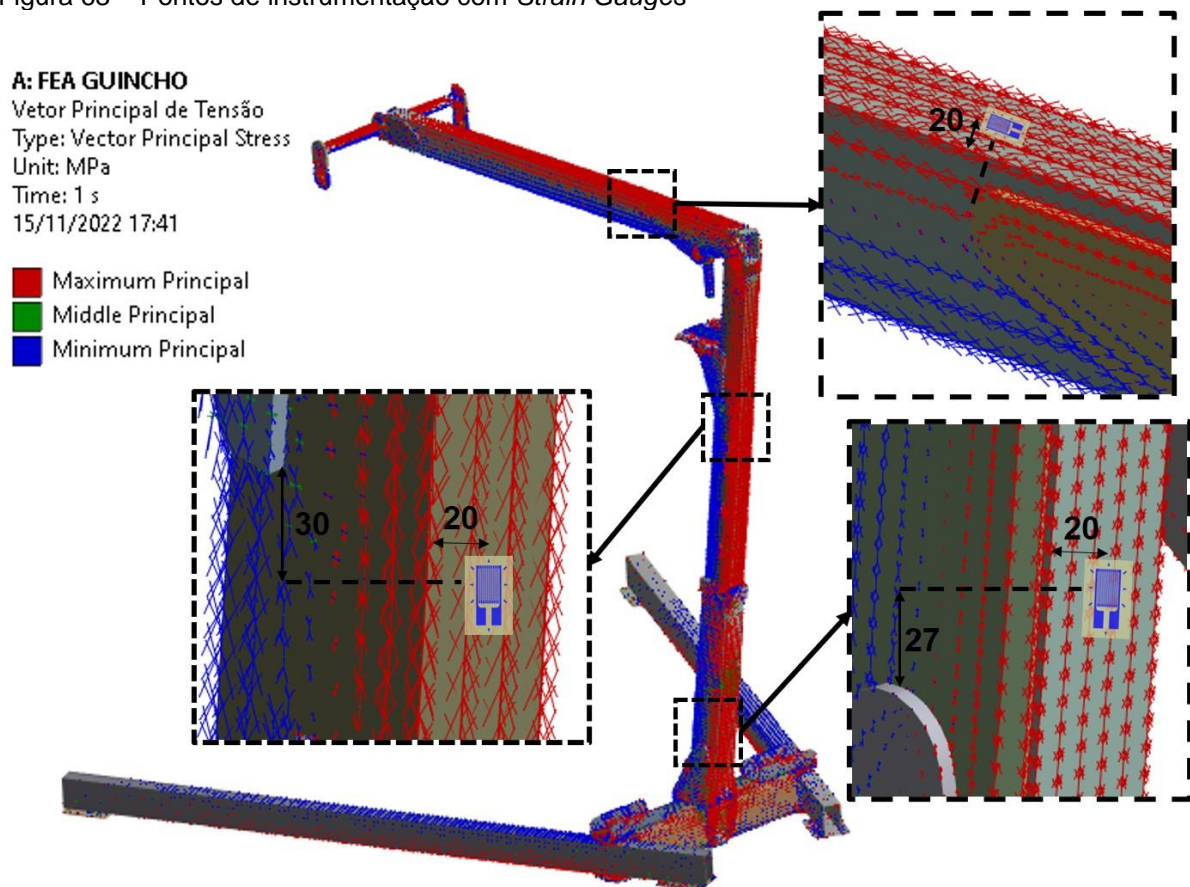
Quadro 32 – Resultado perante os requisitos de projeto

N° do Requisito	Requisito de projeto	Resultado
8	Proporcionar segurança aos operadores e pacientes	Atende
9	Suportar a carga máxima	Atende
4	Deve elevar o paciente desde o chão até a maca	Atende
13	Baixo esforço de atuação	Atende
10	Baixo custo de operação	Atende
1	Baixo custo de manufatura	Não atende
15	Durabilidade	Atende
11	Facilidade em manusear	Atende
12	Ter boa mobilidade e acesso	Atende
3	O equipamento deve passar por portas de acesso	Atende
14	Baixo custo de manutenção	Atende
5	Elevar o paciente o suficiente para realizar marcha na esteira	Atende
6	Ferramental e componentes padrão	Atende
17	Facilidade em manutenção do equipamento	Atende
2	Facilidade em automação do projeto	Atende
7	Facilidade em manufatura do equipamento	Atende
16	Baixo impacto ambiental	Atende

Fonte: Autor (2022)

Uma sugestão de trabalho futuro seria manufaturar o guincho conforme as especificações nos desenhos técnicos e posteriormente instrumentar o equipamento com extensômetros (*strain gauges*) uniaxiais em alguns pontos de maior interesse. A Figura 63 apresenta uma plotagem dos vetores de tensão, sendo que as setas em vermelho indicam que as regiões estão em tração e as setas em azul indicam as regiões que estão em compressão. Os detalhes ampliados indicam os pontos propensos para a instrumentação, sendo que as cotas presentes servem de referência para posicionar o centro do extensômetro. Vale lembrar que o extensômetro deve ficar alinhado conforme indica os detalhes, ou seja, alinhado longitudinalmente com os vetores.

Figura 63 – Pontos de instrumentação com *Strain Gauges*



Fonte: Autor (2022).

6 CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos neste trabalho, as seguintes conclusões podem ser obtidas:

- Dentre as quatro hipóteses de solução apresentadas, a mais adequada de acordo com o diagrama de Pugh, é o guincho de transferência;
- O projeto proposto do guincho de transferência apresentou-se versátil por não apenas elevar e movimentar pacientes, mas também suspender para os exercícios de marcha;
- Estima-se que o projeto possua boa estabilidade devido a sua base com amplos apoios;
- Com a validação por FEA, foi possível comprovar que o projeto deste guincho suporta cargas de 150 kg e, se considerar o coeficiente dinâmico, picos de até 172,5 kg;
- O custo total de manufatura excedeu em 66,56% perante o respectivo requisito de projeto, porém ainda está cerca de 24,8% menor que um guincho comercial.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8400**: Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas. Rio de Janeiro: ABNT. 1984.

ALVES, Avelino Filho. **Elementos Finitos**: a base da Tecnologia CAE. 6. ed. São Paulo: Érica, 2013.

AMARAL, *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos**. Editora Saraiva. São Paulo. 2006.

BAKELITSUL. **Rodízio giratório c/trava roda PP 40a140KGF**. Disponível em: <https://www.bakelitsul.com.br/produtos/rodas-e-rodizios-carrinhos-industriais/rd0111-rodizio-giratorio-c-trava-roda-pp-40a140kgf/188?filtro=>. Acesso em: 08 nov. 2022.

BOSCH, R. **Manual da tecnologia automotiva**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

CONNECTPARTS. **Mini macaco Hidráulico tipo garrafa 2 toneladas vermelho com cabo de acionamento**. Disponível em: https://www.connectparts.com.br/macaco-hidraulico-tipo-garrafa-2-toneladas-altura-148278mm1780/p?idsku=2035797&gclid=EAlaIQobChMlibGYq9fg3AIVRICRCh07PARNEAQYAyABEglq5vD_BwE. Acesso em: 08 nov. 2022.

EEKELS, J.; ROOZENBURG, N. F. M. **A methodological comparison of the structures of scientific research and engineering design**: their similarities and differences. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/014-2694X9190031Q>. Acesso em: 31 mar. 2022.

ENSUS. **Singularidade de Tensão...** O que fazer? – Elementos Finitos. Disponível em: <https://ensus.com.br/elementos-finitos-singularidade-de-tensao-o-que-fazer/>. 2016. Acesso em: 12 out. 2022.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Solidworks Premium 2012**: Teoria e prática no desenvolvimento de produtos industriais. Editora Érica. São Paulo. 2012.

FONSECA, J. O.; TAVARES. J. M. **Introdução ao SolidWorks**: análise de tensões de peças. Faculdade de Engenharia FEUP. Portugal, 2012.

GARCIA, Roberto. **A que se propõem os Elementos de Fixação?** Disponível em: <http://www.revistadoparafuso.com.br/v1/modelo/noticia.php?id=653>. 2013. Acesso em: 23 out. 2022.

GIL, A, C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GRANATO, Luísa. **Fisioterapeuta**: Conheça a profissão que cresceu 725% na pandemia. Disponível em: <https://exame.com/carreira/fisioterapeuta-conheca-a-profissao-que-cresceu-725-na-pandemia/>. 2021. Acesso em: 24 mar. 2022.

HCIFITNESS. **PhysioGait**. Disponível em: <https://www.hcifitness.com/Physiogait>. Acesso em: 24 mar. 2022.

INOUE, Kelly Cristina; *et al.* **Tecnologias para minimização do esforço físico no trabalho de enfermagem em Unidade de Terapia Intensiva**. Disponível em: https://www.mastereditora.com.br/periodico/20130831_181111.pdf. 2013. Acesso em: 23 mar. 2022.

JANONE, Lucas; ALMEIDA, Pauline. **CNN Brasil**. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/noticias/brasil-tem-mais-de-17-milhoes-de-pessoas-com-deficiencia-segundo-ibge/>. 2021. Acesso em: 03 mar. 2022.

JINSHI, Hebei. **DIN ST52-2 Angle Steel – Good Weldability**. Disponível em: <https://www.steel-sections.com/steelsections/st52-3-angle-steel.html#:~:text=ST52%20steel%20angle%20with%200.23,suitable%20for%20weldable%20%26%20supporting%20components/>. Acesso em: 23 out. 2022.

MECÂNICO, Loja do. **Cinturão de segurança Tamanho 2 Evolution 7I – Carbografite-010583210**. Disponível em: https://www.lojadomecanico.com.br/produto/110451/36/709/Cinturao-de-Seguranca-Tamanho2Evolution7I/153/?utm_source=googleshopping&utm_campaign=xmlshopping&utm_medium=cpc&utm_content=110451&gclid=EAlalQobChMIjcah7NqfwlV2uFcCh1PjwsCEAQYCSABEgKmv_D_BwE. Acesso em: 08 nov. 2022.

LUZ, Gelson. **Aço ASTM A36 Propriedades Mecânicas e Composição Química**. Disponível em: <https://www.materiais.gelsonluz.com/2017/10/astm-a36-propriedades-mecanicas-e-composicao-quimica.html/>. 2017. Acesso em: 23 out. 2022.

LUZ, Gelson. **Aço SAE 1020 Propriedades** (e fornecedores do Aço 1020). Disponível em: <https://www.materiais.gelsonluz.com/2017/10/aco-sae-1020-propriedades-mecanicas.html>. 2017. Acesso em: 23 out. 2022.

MAGALU. **Guincho de transferência hidráulico dobrável até 150Kg Anjo da Vida**. Disponível em: <https://www.magazineluiza.com.br/guincho-de-transferencia-hidraulico-dobavel-ate-150kg-anjo-da-vida/p/ah3h5390h9/pi/guin/>. Acesso em: 23 out. 2022.

MJV, Soldas. **Arame Aço Carbono AWS ER 70S-6**. Disponível em: <https://www.mjvsoldas.com.br/produto/mjv-arames-aco-aws-er-70s-6#:~:text=AWS%20A%2D5.18%20ER%2070S6&text=Deposita%20cord%C3%B5es%20de%20solda%20com,com%20baixo%20%C3%ADndice%20de%20respingo>. Acesso em: 23 out. 2022.

MOAVENI, S. **Finite Element Analysis, Theory and Application with ANSYS**. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 2003

NEGROMONTE, Sabrina Kelly Lucena. **Elaboração de uma cartilha sobre a prevenção de riscos ocupacionais do fisioterapeuta**. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/11560/1/PDF%20>

%20Sabrina%20Kelly%20Lucena%20Negromonte.pdf. 2016. Acesso em: 23 mar. 2022.

NEUMANN, D. A. **Cinesiologia do aparelho musculoesquelético** – Fundamentos para reabilitação. Tradução da 2ª edição. Ed. Mosby. 2011.

NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas** – Uma abordagem integrada. 4. ed. Editora Bookman. 2013.

PROVISTA. **Prancha de transferência Samarit Rollbord Professional Standart**. Disponível em: <https://www.provista.com.br/maca-de-transferencia-rollbord-high-tec-standard>. Acesso em: 24 mar. 2022.

PUGH, Stuart. **Total design: Integrated Methods for Successful Product Engineering**. Editora Addison-Wesley. 1991.






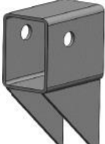

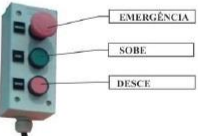




ROSENFELD, H. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**. Uma referência para melhoria do processo. 1 edição, Ed. Saraiva, São Paulo, SP, 2006.

SILVA, Gustavo de Jesus Pires da; FERREIRA, Pedro Antônio Muniz; COSTA, Rute Pires; JESUS, Sulamizia Filmomena Costa de; GONDIM, Louise Aline Romão; FERREIRA, Patrícia Rodrigues. **Danos à saúde relacionados ao trabalho de fisioterapeutas que atuam em terapia intensiva**. Disponível em: <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/rebrafis/article/download/25328/19676>. 2016. Acesso em: 23 mar. 2022.

VOLLENTZ. **Cesto de transferência impermeável**. Disponível em: <https://www.vollenz.com/acessorios/cesto-de-transferencia-impermeavel-vollenz>. Acesso em: 08 nov. 2022.

ZIENKIEWICZ, O. C.; TAYLOR, R. L.; ZHU, J. Z. **Finite element method** – Its basis and fundamentals. 6 ed. Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.

APÊNDICE A – MATRIZ MORFOLÓGICA

FUNÇÕES ELEMENTARES	CONCEITO 1	CONCEITO 2	CONCEITO 3	CONCEITO 4
DEFINIÇÃO GERAL	 SUPORTE CORPORAL	 TRILHO AÉREO	 GUINCHO DE TRANSFERÊNCIA	 PRANCHA DE TRANSFERÊNCIA
TIPO DE ASSENTO	 CINTA	 CESTO	 CESTO	 POLÍMERO EXPANDIDO
CONCEITO DE ESTRUTURA	 TUBO RETANGULAR SAE 1020	 PERFIL DE TRILHO	 MISTO (TUBO RETANGULAR SAE 1020 + CHAPA ASTM A36)	 LONA PARA PRANCHA
TIPO DE ATUADOR	 ATUADOR ELÉTRICO	 TALHA ELÉTRICA	 ATUADOR HIDRÁULICO	 BRAÇAL
ACIONAMENTO	 ELÉTRICO POR CONTROLE REMOTO	 ELÉTRICO POR PAINEL	 MANUAL MECÂNICO	NÃO SE APLICA
TIPO DE BASE OU APOIO	 RODÍZIOS PARA ESCADAS	 TRILHOS AÉREOS	 RODÍZIOS	 ALÇAS
TIPO DE TRAVA DE ELEVAÇÃO	 FUSO ROSCADO	 FREIO DA TALHA ELÉTRICA	 VÁLVULA BYPASS	NÃO HÁ TRAVA

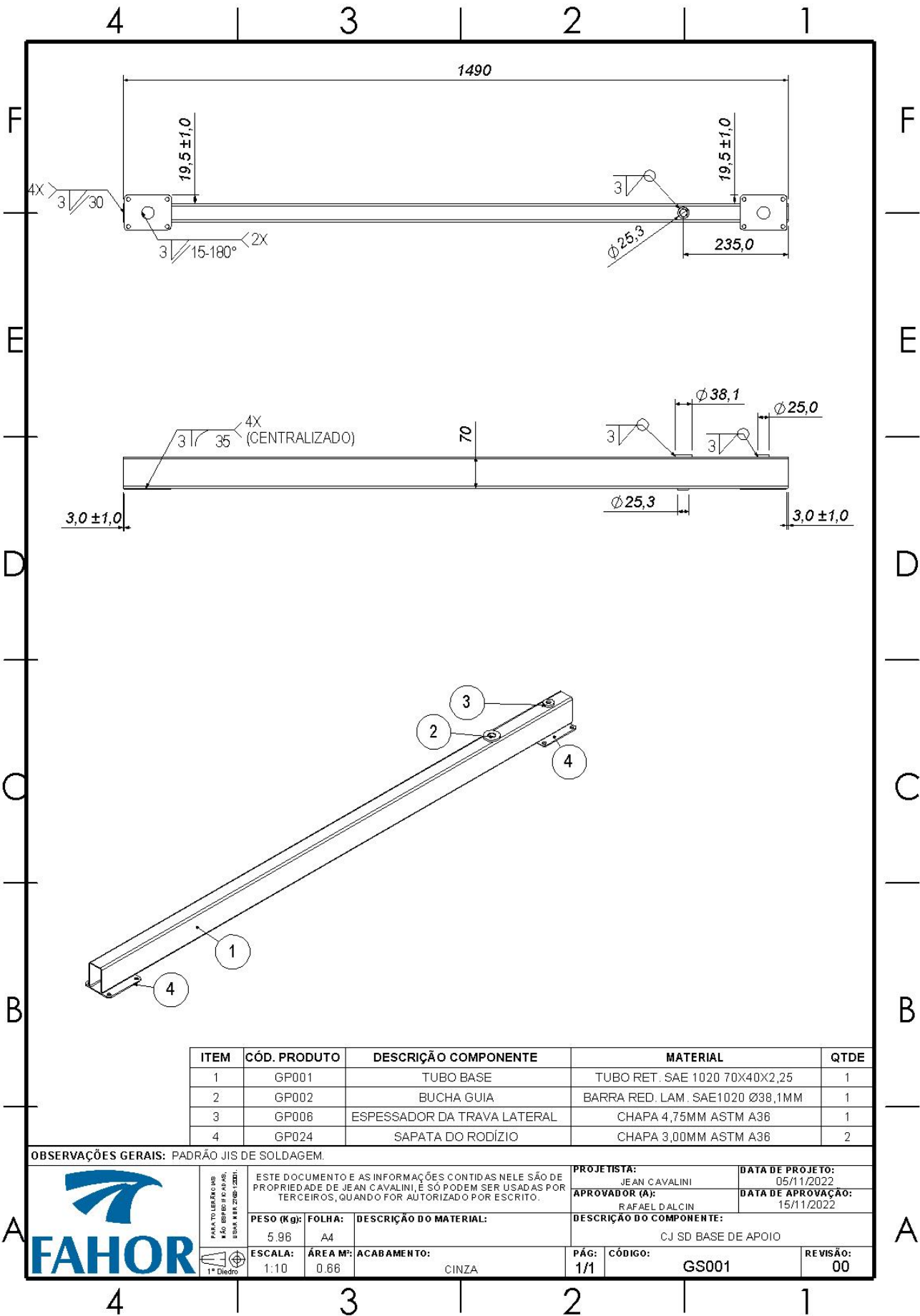
APÊNDICE B – DETALHAMENTO TÉCNICO DO PROJETO

Nas próximas 15 páginas encontram-se os detalhes técnicos dos conjuntos do guincho, seguindo a ordem mostrada no Quadro 33.

Quadro 33 – Lista dos detalhes dos conjuntos do guincho

Sequência	Página correspondente	Código do item	Classificação	Quantidade por projeto
1	107	GS001	Conjunto soldado	2
2	108	GS002	Conjunto soldado	1
3	109	GS003	Conjunto soldado	1
4	110	GS004	Conjunto soldado	1
5	111	GS005	Conjunto soldado	1
6	112	GS006	Conjunto soldado	1
7	113	GS007	Conjunto soldado	2
8	114	GS008	Conjunto soldado	2
9	115	GS009	Conjunto soldado	2
10	116	GS010	Conjunto soldado	2
11	117	GM001	Conjunto montado	1
12	118	GM002	Conjunto montado	1
13	119	GM003	Conjunto montado	1
14	120	GTF01 (componentes)	Produto final	1
15	121	GTF02 (dimensões)	Dimensões do produto	Não se aplica

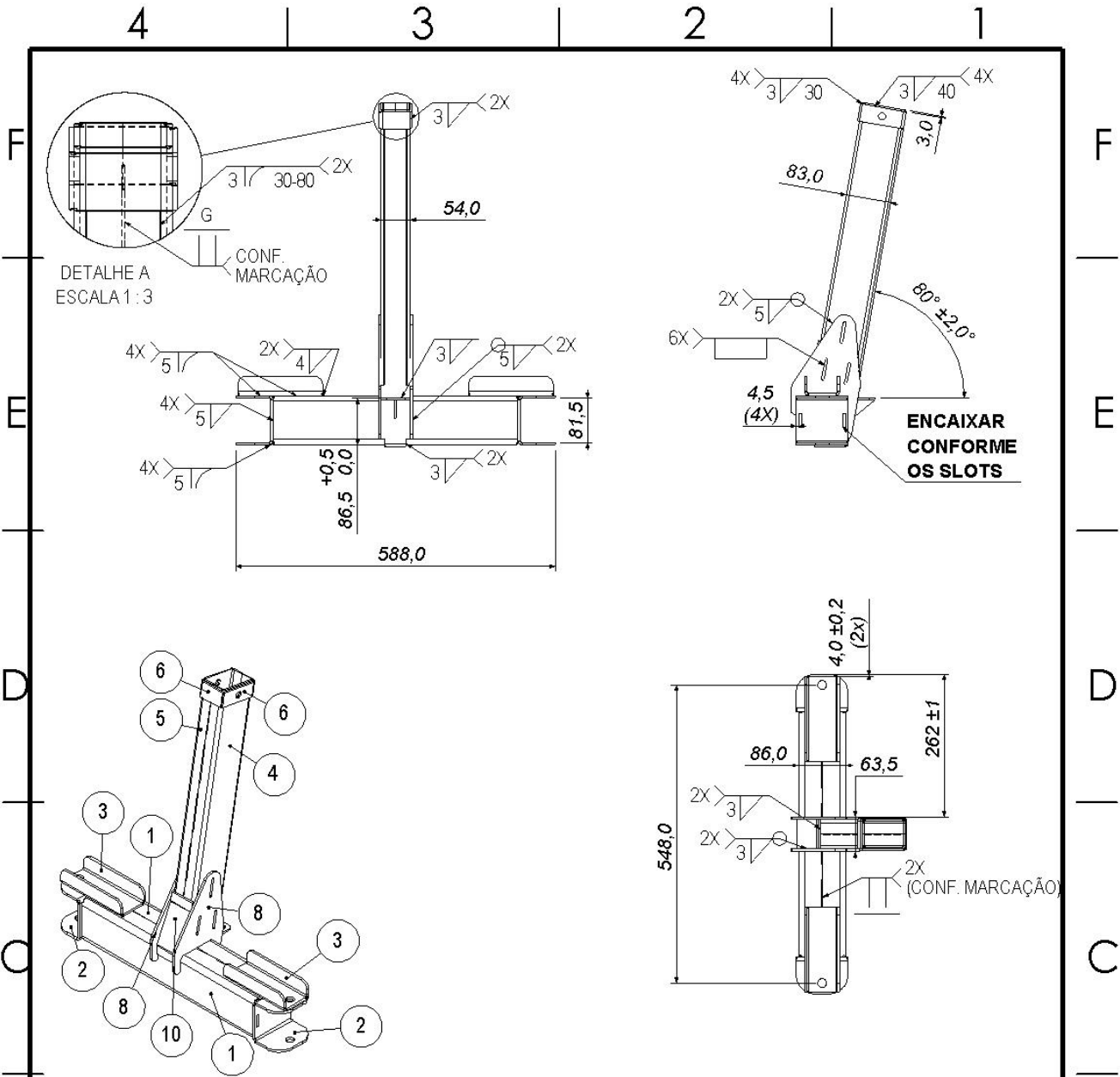
Fonte: Autor (2022).



ITEM	CÓD. PRODUTO	DESCRIÇÃO COMPONENTE	MATERIAL	QTDE
1	GP001	TUBO BASE	TUBO RET. SAE 1020 70X40X2,25	1
2	GP002	BUCHA GUIA	BARRA RED. LAM. SAE1020 Ø38,1MM	1
3	GP006	ESPESSADOR DA TRAVA LATERAL	CHAPA 4,75MM ASTM A36	1
4	GP024	SAPATA DO RODÍZIO	CHAPA 3,00MM ASTM A36	2

OBSERVAÇÕES GERAIS: PADRÃO JIS DE SOLDAGEM.

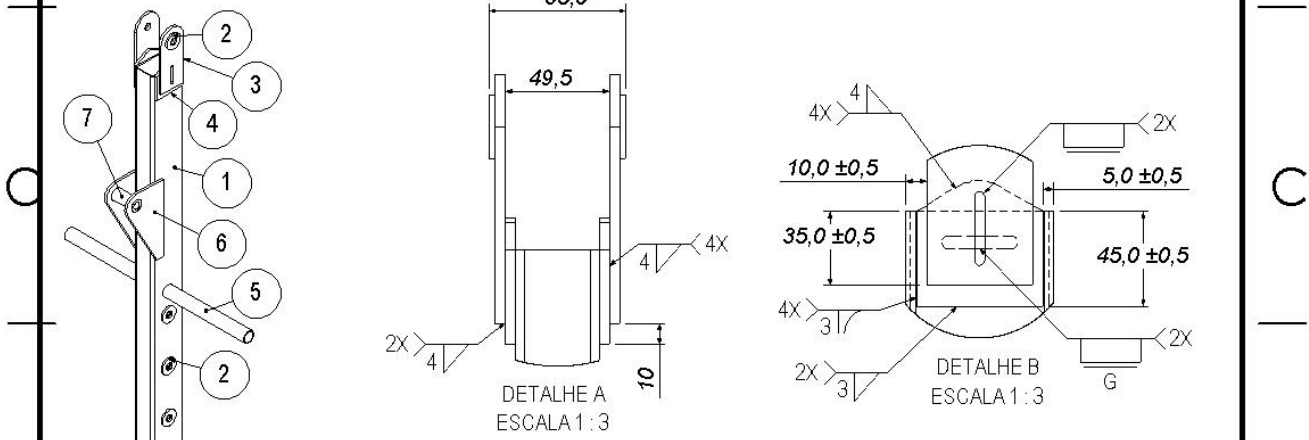
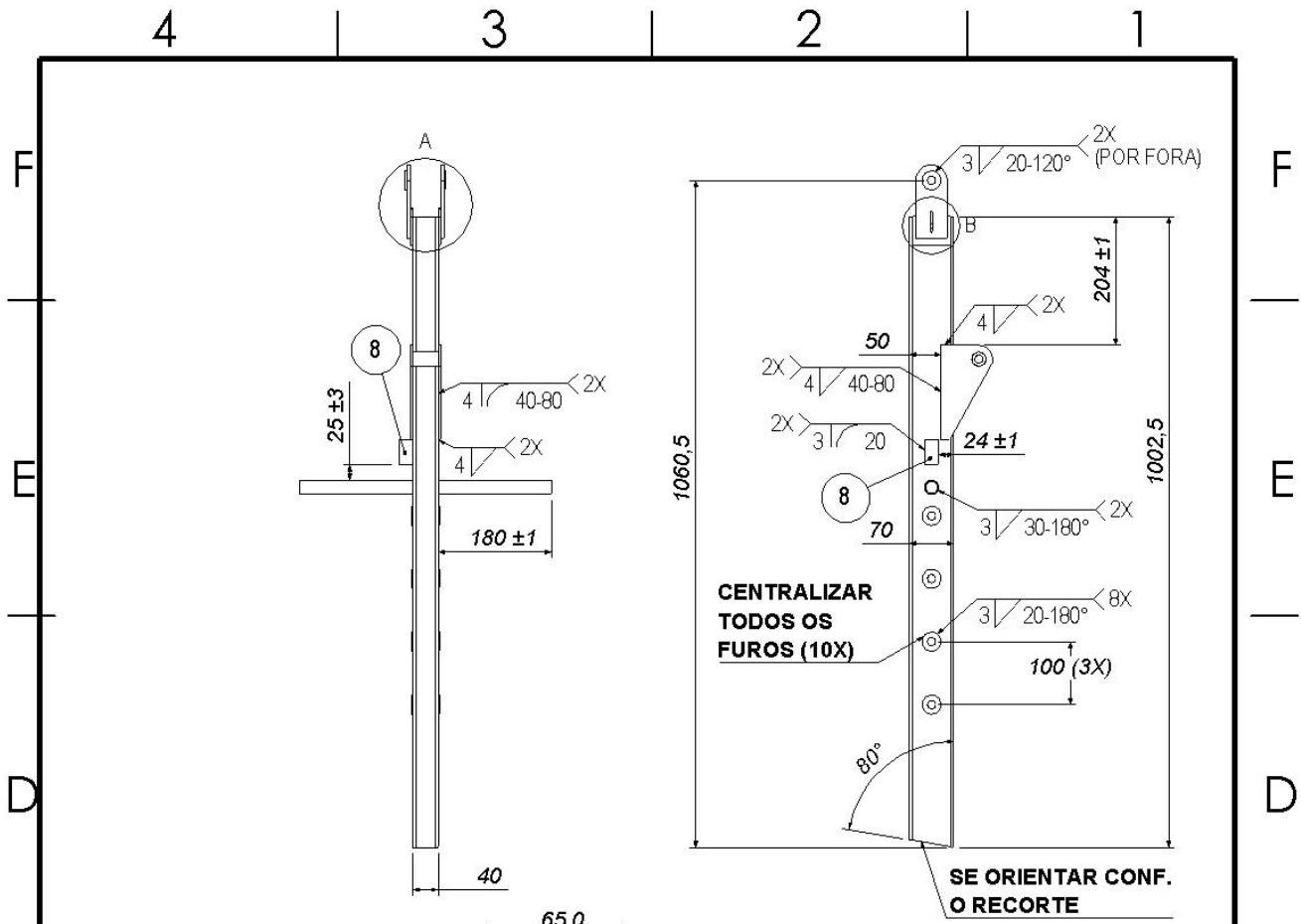
	ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NELE SÃO DE PROPRIEDADE DE JEAN CAVALINI, E SÓ PODEM SER USADAS POR TERCEIROS, QUANDO FOR AUTORIZADO POR ESCRITO.			PROJETISTA: JEAN CAVALINI	DATA DE PROJETO: 05/11/2022	
				APROVADOR (A): RAFAEL DALCIN	DATA DE APROVAÇÃO: 15/11/2022	
	PESO (Kg): 5.96	FOLHA: A4	DESCRIÇÃO DO MATERIAL:	DESCRIÇÃO DO COMPONENTE: CJ SD BASE DE APOIO		
	ESCALA: 1:10	ÁREA M²: 0.66	ACABAMENTO: CINZA	PÁG: 1/1	CÓDIGO: GS001	REVISÃO: 00



ITEM	CÓD. PRODUTO	DESCRIÇÃO COMPONENTE	MATERIAL	QTDE
1	GP003	PERFIL TRANSVERSAL	CHAPA 4,75MM ASTM A36	2
2	GP004	GUIA DA BASE	CHAPA 4,75MM ASTM A36	2
3	GP005	REFORÇO SUPERIOR DO GUIA	CHAPA 4,75MM ASTM A36	2
4	GP007	COLUNA EXTERNA ESQUERDA	CHAPA 3,00MM ASTM A36	1
5	GP008	COLUNA EXTERNA DIREITA	CHAPA 3,00MM ASTM A36	1
6	GP009	REFORÇO SUPERIOR DA COLUNA EXTERNA	CHAPA 3,00MM ASTM A36	2
7	GP028	REFORÇO DA TRAVA LATERAL	CHAPA 3,00MM ASTM A36	1
8	GP029	REFORÇO LATERAL DA BASE	CHAPA 4,75MM ASTM A36	2
9	GP030	REFORÇO POSTERIOR DA COLUNA EXTERNA	CHAPA 3,00MM ASTM A36	1
10	GP031	REFORÇO FRONTAL DA BASE	CHAPA 3,00MM ASTM A36	1
11	GP034	BASE DA TRAVA LATERAL	CHAPA 3,00MM ASTM A36	1

OBSERVAÇÕES GERAIS: PADRÃO JIS DE SOLDAGEM.

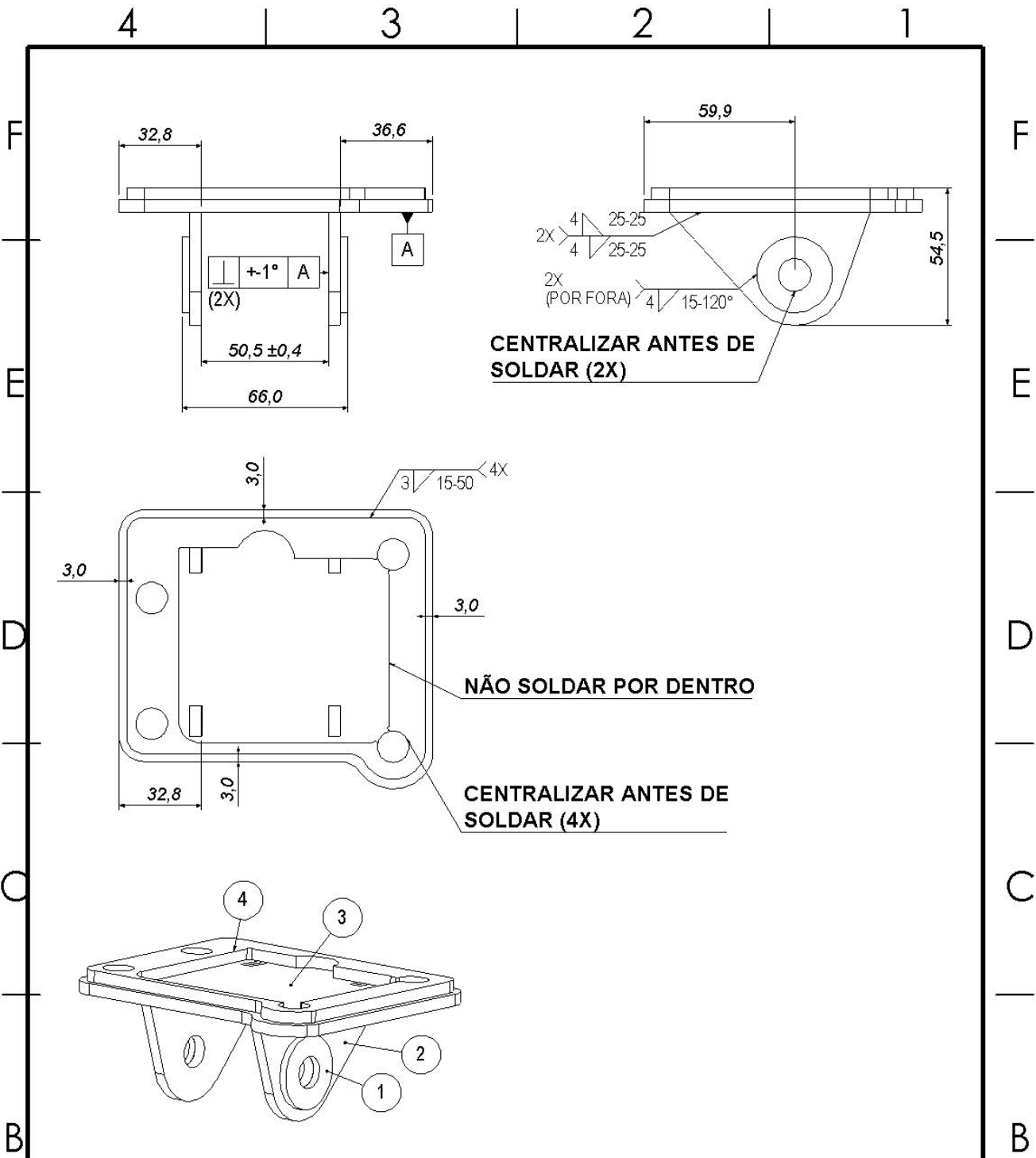
	PARA O LEITANTE NÃO SEREM USAS AS ZONAS C/CDI.	ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NELE SÃO DE PROPRIEDADE DE JEAN CAVALINI, E SÓ PODEM SER USADAS POR TERCEIROS, QUANDO FOR AUTORIZADO POR ESCRITO.		PROJETISTA: JEAN CAVALINI	DATA DE PROJETO: 05/11/2022		
				APROVADOR (A): RAFAEL DALCIN	DATA DE APROVAÇÃO: 15/11/2022		
		PESO (KG): 13.50		FOLHA: A4		DESCRIÇÃO DO COMPONENTE: CJ SD CHASSI BASE	
		ESCALA: 1:10		ÁREA M ² : 0.91		PÁG: 1/1	CÓDIGO: GS002
		ACABAMENTO: CINZA		REVISÃO: 00			



ITEM	CÓD. PRODUTO	DESCRIÇÃO COMPONENTE	MATERIAL	QTDE
1	GP010	TUBO DA COLUNA	TUBO RET. SAE 1020 70X40X2,25	1
2	GP011	ARRUELA DE ESPEÇAMENTO PARA 1/2"	CHAPA 3,00MM ASTM A36	10
3	GP013	OLHAL DA COLUNA	CHAPA 4,75MM ASTM A36	2
4	GP014	AFASTADOR 4,75 DO OLHAL	CHAPA 4,75MM ASTM A36	2
5	GP019	TUBO PARA MANOBRA	TUBO RED. SAE 1020 Ø22,23x1,80MM	1
6	GP026	BASE LATERAL DO ATUADOR	CHAPA 4,75MM ASTM A36	2
7	GP027	BUCHA INFERIOR DO ATUADOR	BARRA RED. LAM. SAE1020 Ø22,225MM	1
8	GP040	GUARDA ALAVANCA	TUBO RED. SAE 1020 Ø22,23x1,80MM	1

OBSERVAÇÕES GERAIS: PADRÃO JIS DE SOLDAGEM.

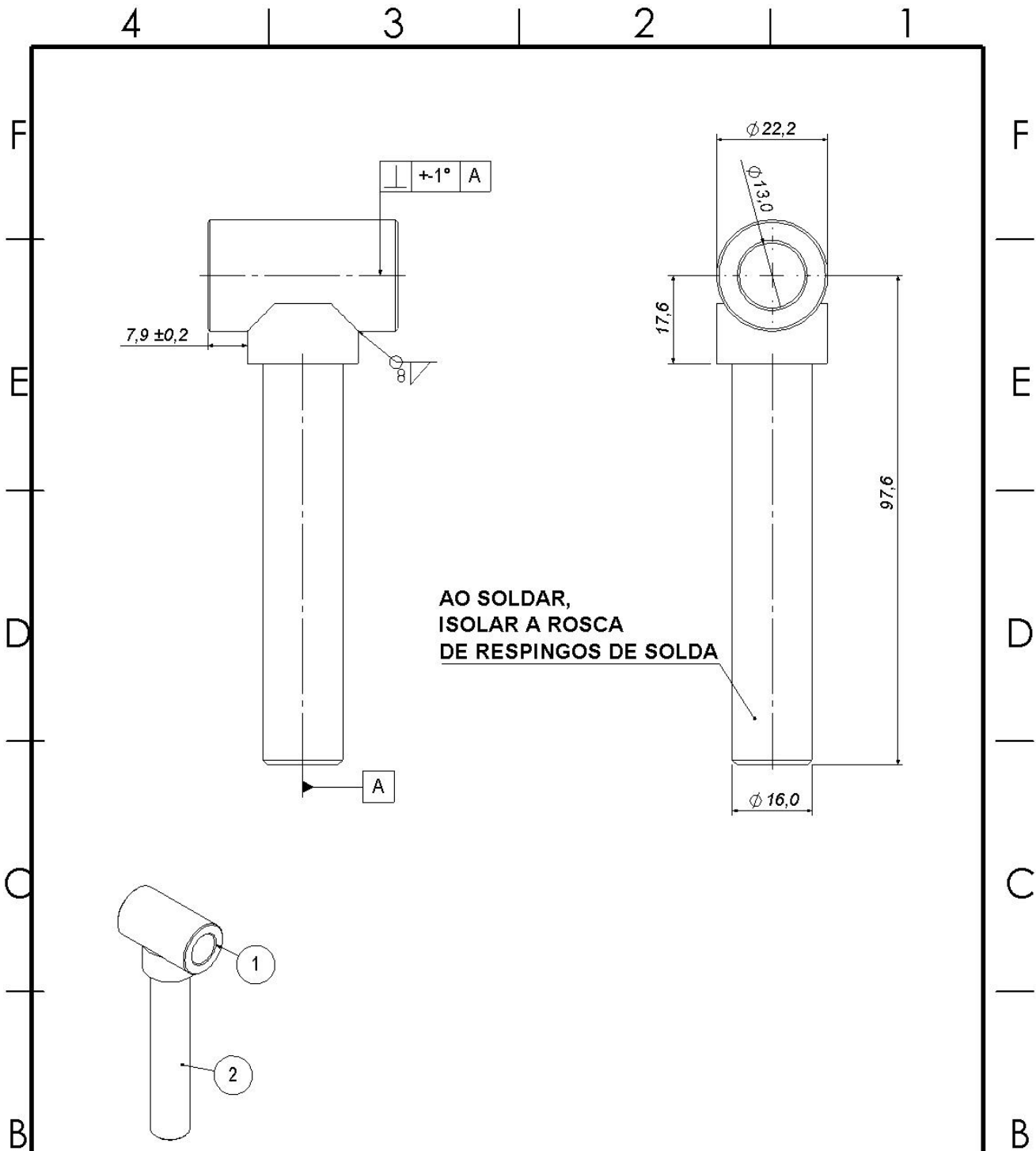
	ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NELE SÃO DE PROPRIEDADE DE JEAN CAVALINI, E SÓ PODEM SER USADAS POR TERCEIROS, QUANDO FOR AUTORIZADO POR ESCRITO.		PROJETISTA: JEAN CAVALINI	DATA DE PROJETO: 05/11/2022	
	PARA TO ENFERME NÃO REBRICAR, USAR BARRAS E CILINDROS.		APROVADOR (A): RAFAEL DALCIN	DATA DE APROVAÇÃO: 15/11/2022	
	PESO (KG): 5.37	FOLHA: A4	DESCRIÇÃO DO COMPONENTE: CJ SD COLUNA DO GUINCHO		
	ESCALA: 1:10	ÁREA M²: 0.56	ACABAMENTO: CINZA	PÁG: 1/1	CÓDIGO: GS003
			REVISÃO: 00		



ITEM	CÓD. PRODUTO	DESCRIÇÃO COMPONENTE	MATERIAL	QTDE
1	GP011	ARRUELA DE ESPEÇAMENTO PARA 1/2"	CHAPA 3,00MM ASTM A36	2
2	GP012	OLHAL INFERIOR	CHAPA 4,75MM ASTM A36	2
3	GP020	BASE DO MACACO	CHAPA 4,75MM ASTM A36	1
4	GP023	GUIA LATERAL DO MACACO	CHAPA 4,75MM ASTM A36	1

OBSERVAÇÕES GERAIS: PADRÃO JIS DE SOLDAGEM.

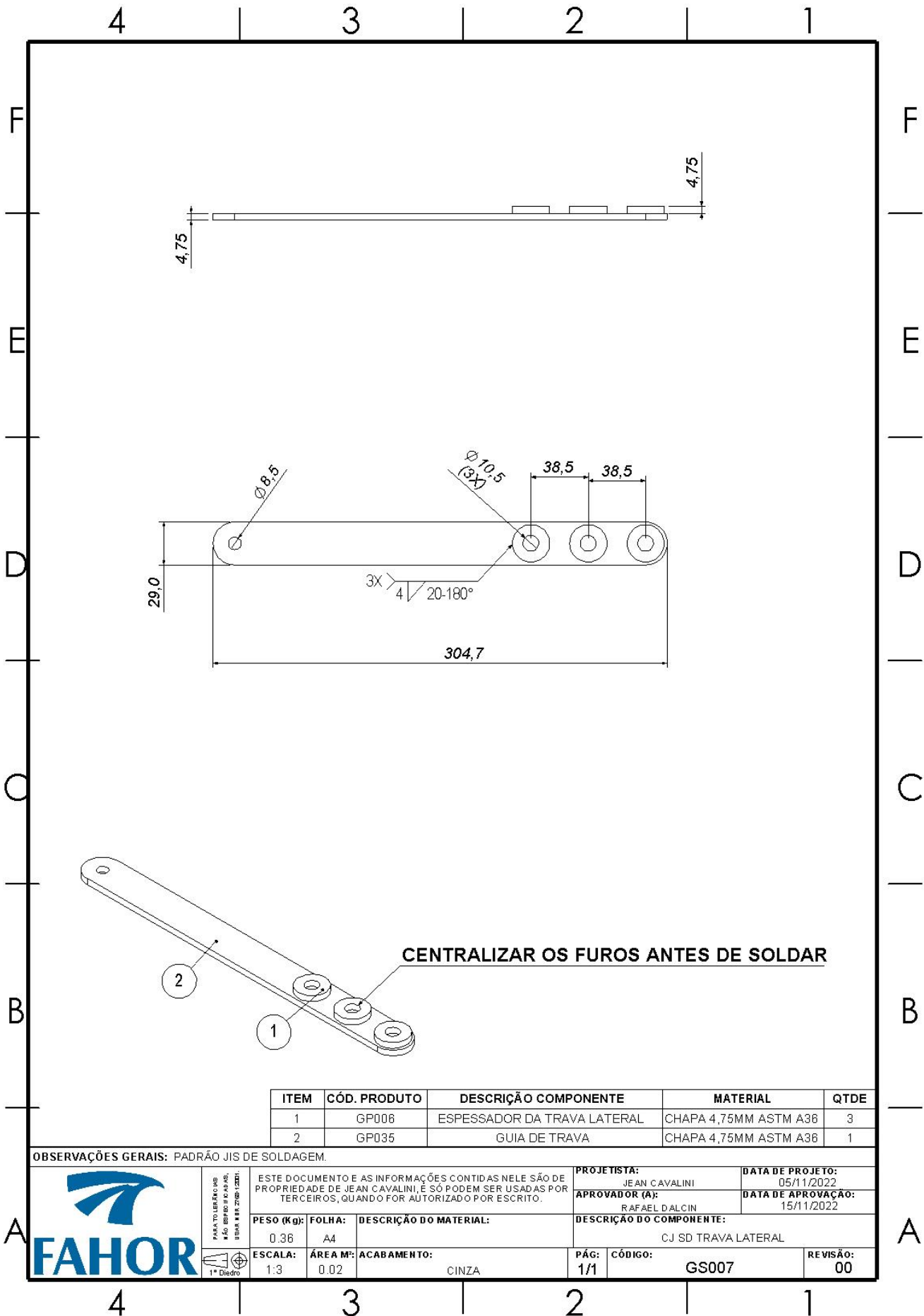
	PARA O LERENCIAMENTO NÃO REPRODUCIR, USAR E/OU ZEP (ZCZD).	ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NELE SÃO DE PROPRIEDADE DE JEAN CAVALINI, E SÓ PODEM SER USADAS POR TERCEIROS, QUANDO FOR AUTORIZADO POR ESCRITO.		PROJETISTA: JEAN CAVALINI	DATA DE PROJETO: 05/11/2022	
		PESO (KG): 0,81		APROVADOR (A): RAFAEL DALCIN		DATA DE APROVAÇÃO: 15/11/2022
		FOLHA: A4	DESCRIÇÃO DO MATERIAL:		DESCRIÇÃO DO COMPONENTE: CJ SD BASE DO MACACO HIDRÁULICO	
ESCALA: 1:2	ÁREA M ² : 0,05	ACABAMENTO: CINZA	PÁG: 1/1	CÓDIGO: GS005	REVISÃO: 00	



ITEM	CÓD. PRODUTO	DESCRIÇÃO COMPONENTE	MATERIAL	QTDE
1	GP017	LUVA SUPERIOR DO ATUADOR	BARRA RED. LAM. SAE1020 Ø22,225MM	1
2	GP018	BARRA COM ROSCA QUADRADA M18	BARRA RED. LAM. SAE1020 Ø22,225MM	1

OBSERVAÇÕES GERAIS: PADRÃO JIS DE SOLDAGEM.

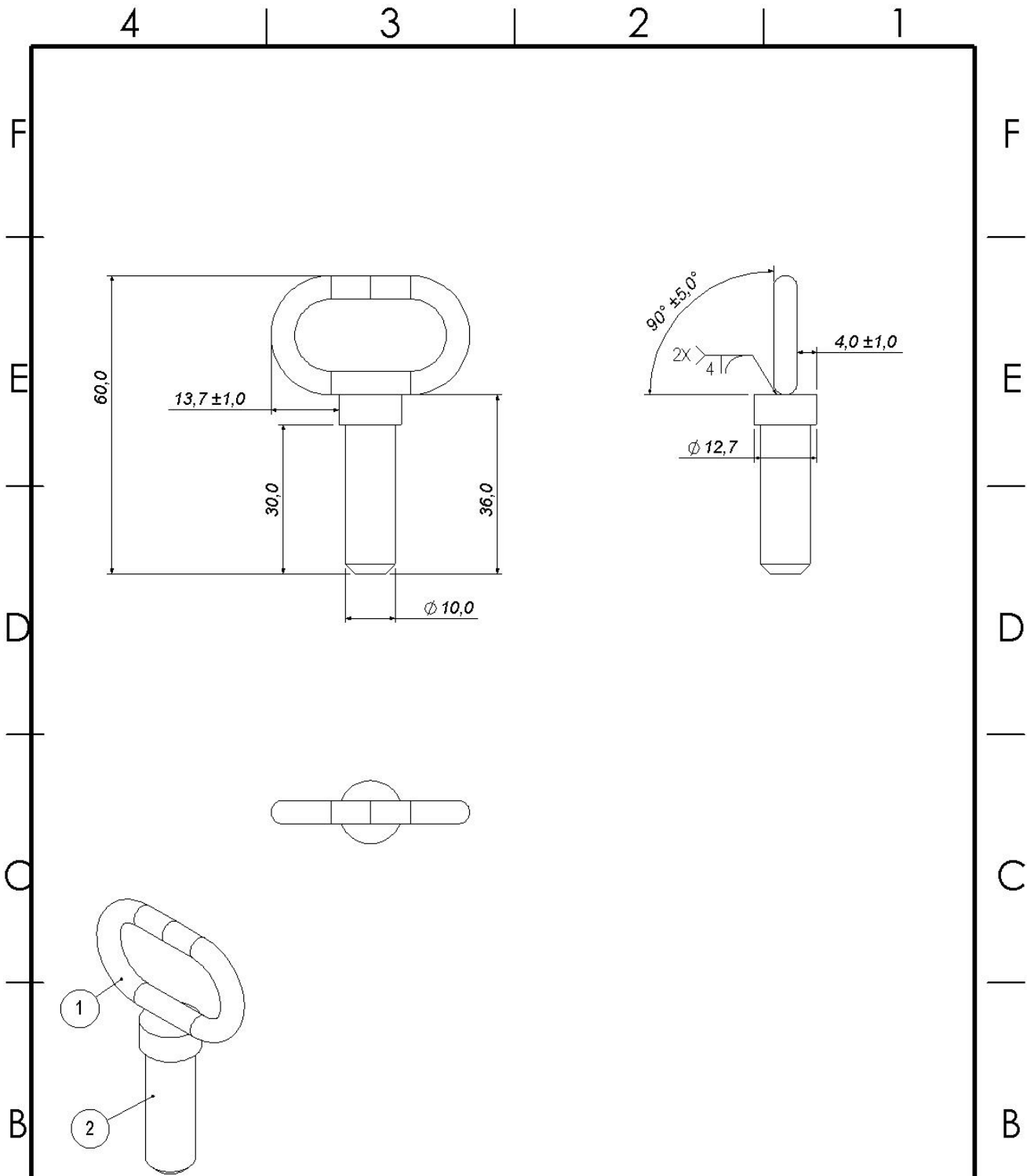
	ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NELE SÃO DE PROPRIEDADE DE JEAN CAVALINI, E SÓ PODEM SER USADAS POR TERCEIROS, QUANDO FOR AUTORIZADO POR ESCRITO.		PROJETISTA: JEAN CAVALINI	DATA DE PROJETO: 05/11/2022	
	PARA TO ENFERME NÃO REBRICAR, USAR LUVA ZINCO-ZINCO.		APROVADOR (A): RAFAEL DALCIN	DATA DE APROVAÇÃO: 15/11/2022	
	PESO (Kg): 0.23	FOLHA: A4	DESCRIÇÃO DO COMPONENTE: CJ SD OLHAL EXTENSOR DO MACACO		
	ESCALA: 1:1	ÁREA M: 0.01	ACABAMENTO: ZINCADO BRANCO	PÁG: 1/1	CÓDIGO: GS006
			REVISÃO: 00		



ITEM	CÓD. PRODUTO	DESCRIÇÃO COMPONENTE	MATERIAL	QTDE
1	GP006	ESPESSADOR DA TRAVA LATERAL	CHAPA 4,75MM ASTM A36	3
2	GP035	GUIA DE TRAVA	CHAPA 4,75MM ASTM A36	1

OBSERVAÇÕES GERAIS: PADRÃO JIS DE SOLDAGEM.

	PARA O LERCIOME NÃO REPRODUCIR, USAR NEM ZEN-12001	ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NELE SÃO DE PROPRIEDADE DE JEAN CAVALINI, E SÓ PODEM SER USADAS POR TERCEIROS, QUANDO FOR AUTORIZADO POR ESCRITO.		PROJETISTA: JEAN CAVALINI	DATA DE PROJETO: 05/11/2022	
				APROVADOR (A): RAFAEL DALCIN	DATA DE APROVAÇÃO: 15/11/2022	
		PESO (KG): 0.36		FOLHA: A4	DESCRIÇÃO DO COMPONENTE: CJ SD TRAVA LATERAL	
		ESCALA: 1:3	ÁREA M ² : 0.02	ACABAMENTO: CINZA	PÁG: 1/1	CÓDIGO: GS007

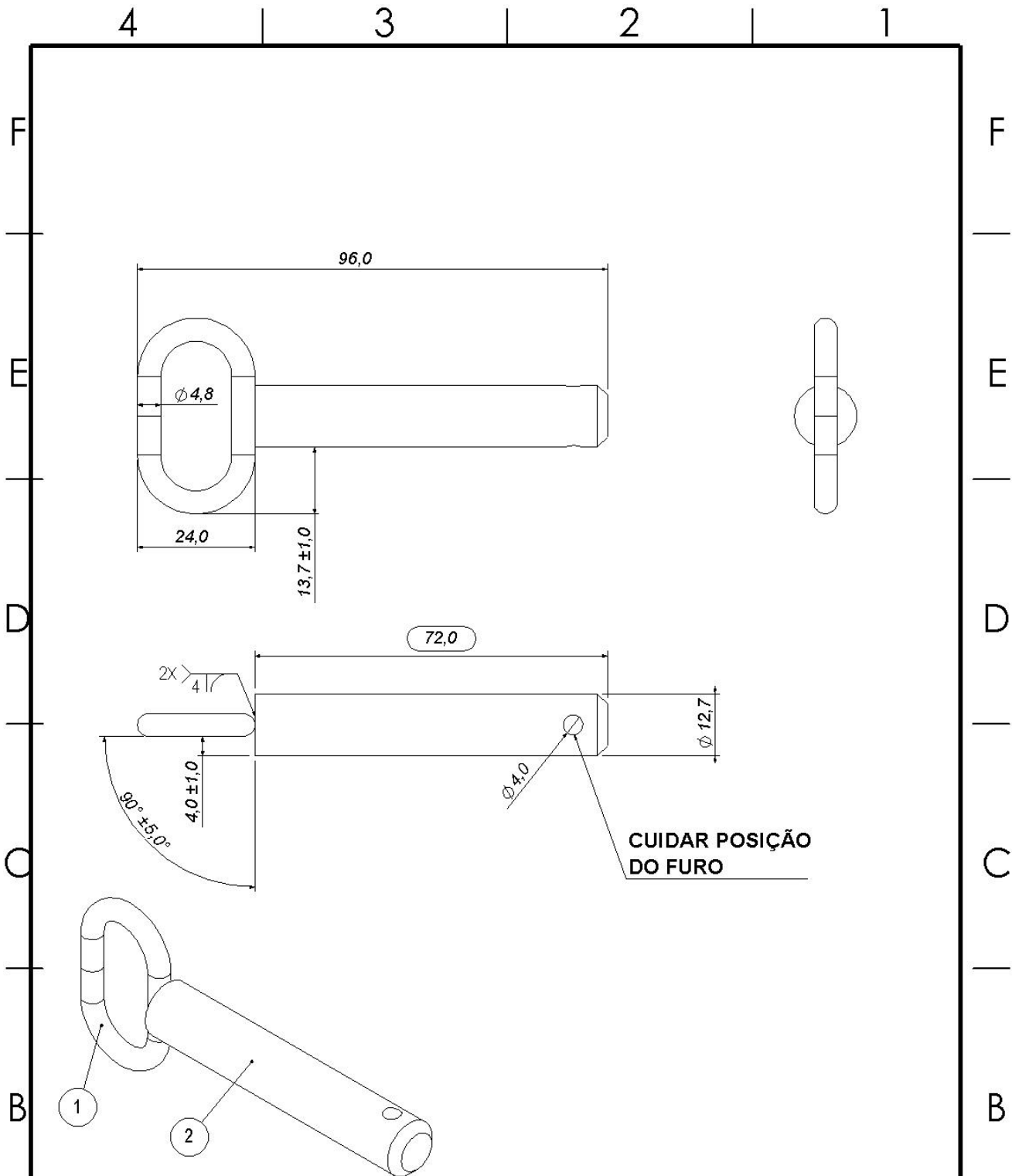


ITEM	CÓD. PRODUTO	DESCRIÇÃO COMPONENTE	MATERIAL	QTDE
1	GC004	ELO DE CORRENTE 24X40X3/16"	AISI 1020	1
2	GP037	PINO TRAVA LATERAL	BARRA RED. LAM. SAE1020 Ø12,7MM	1

OBSERVAÇÕES GERAIS: PADRÃO JIS DE SOLDAGEM.

	PARA TO ENFERME NÃO REPRODUZIR, USAR SEM ZEN-12321	ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NELE SÃO DE PROPRIEDADE DE JEAN CAVALINI, E SÓ PODEM SER USADAS POR TERCEIROS, QUANDO FOR AUTORIZADO POR ESCRITO.	PROJETISTA: JEAN CAVALINI	DATA DE PROJETO: 05/11/2022	
	PESO (Kg): 0.04	FOLHA: A4	DESCRIÇÃO DO MATERIAL:	APROVADOR (A): RAFAEL DALCIN	DATA DE APROVAÇÃO: 15/11/2022
	ESCALA: 1:1	ÁREA M ² : 0.00	ACABAMENTO: ZINCADO BRANCO	DESCRIÇÃO DO COMPONENTE: CJ SD PINO TRAVA LATERAL	
		PÁG: 1/1	CÓDIGO: GS008	REVISÃO: 00	

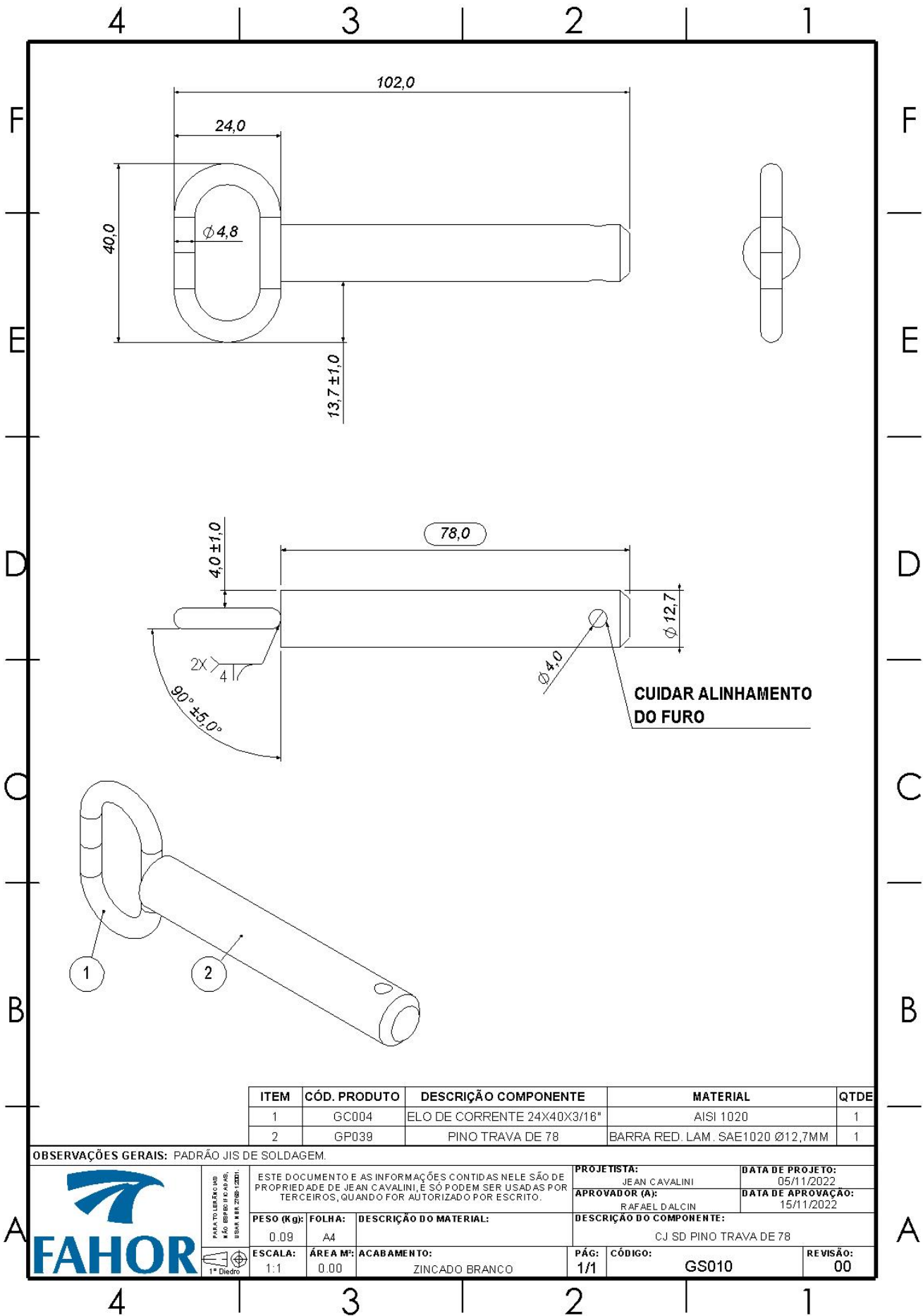
4 | 3 | 2 | 1



ITEM	CÓD. PRODUTO	DESCRIÇÃO COMPONENTE	MATERIAL	QTDE
1	GC004	ELO DE CORRENTE 24X40X3/16"	AISI 1020	1
2	GP038	PINO TRAVA DE 72	BARRA RED. LAM. SAE1020 Ø12,7MM	1

OBSERVAÇÕES GERAIS: PADRÃO JIS DE SOLDAGEM.

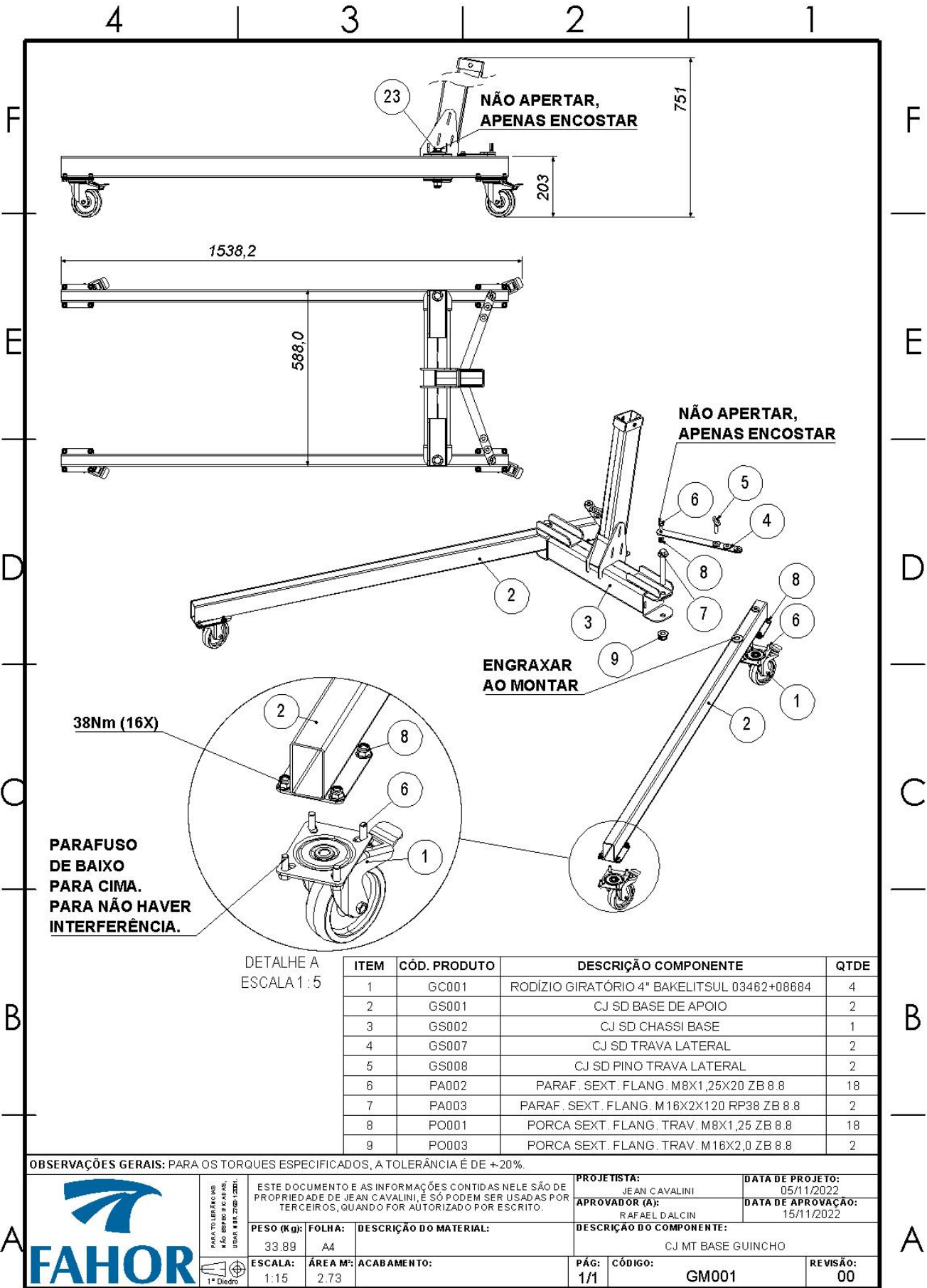
	PARA TO ENFERME NÃO REBRUTICAR, USAR FERRAMENTAS 1º Diêdro	ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NELE SÃO DE PROPRIEDADE DE JEAN CAVALINI, E SÓ PODEM SER USADAS POR TERCEIROS, QUANDO FOR AUTORIZADO POR ESCRITO.	PROJETISTA: JEAN CAVALINI	DATA DE PROJETO: 05/11/2022	
	PESO (KG): 0,08	FOLHA: A4	DESCRICÃO DO MATERIAL:	APROVADOR (A): RAFAEL DALCIN	DATA DE APROVAÇÃO: 15/11/2022
	ESCALA: 1:1	ÁREA M²: 0,00	ACABAMENTO: ZINCADO BRANCO	DESCRICÃO DO COMPONENTE: CJ SD PINO TRAVA DE 72	
				PÁG: 1/1	CÓDIGO: GS009



ITEM	CÓD. PRODUTO	DESCRIÇÃO COMPONENTE	MATERIAL	QTDE
1	GC004	ELO DE CORRENTE 24X40X3/16"	AISI 1020	1
2	GP039	PINO TRAVA DE 78	BARRA RED. LAM. SAE1020 Ø12,7MM	1

OBSERVAÇÕES GERAIS: PADRÃO JIS DE SOLDAGEM.

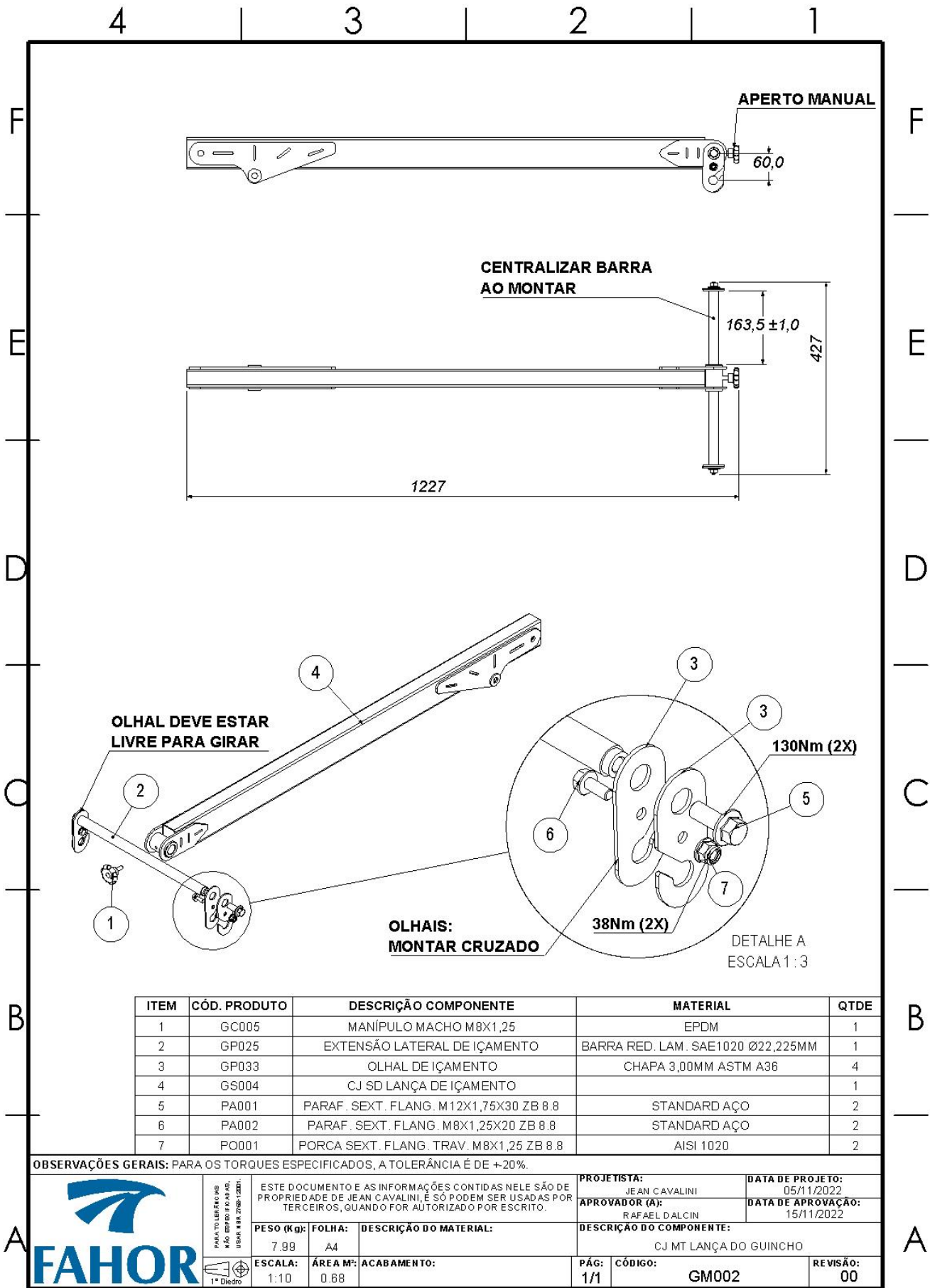
	PARA O LERNOBRE NÃO REPRODIREMOS, USAR SEM ZEN (ZCZ).	ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NELE SÃO DE PROPRIEDADE DE JEAN CAVALINI, E SÓ PODEM SER USADAS POR TERCEIROS, QUANDO FOR AUTORIZADO POR ESCRITO.		PROJETISTA: JEAN CAVALINI	DATA DE PROJETO: 05/11/2022	
				APROVADOR (A): RAFAEL DALCIN	DATA DE APROVAÇÃO: 15/11/2022	
		PESO (KG): 0.09 FOLHA: A4		DESCRIÇÃO DO COMPONENTE: CJ SD PINO TRAVA DE 78		
		ESCALA: 1:1 ÁREA M ² : 0.00		ACABAMENTO: ZINCADO BRANCO	PÁG: 1/1	CÓDIGO: GS010



ITEM	CÓD. PRODUTO	DESCRIÇÃO COMPONENTE	QTDE
1	GC001	RODÍZIO GIRATÓRIO 4" BAKELITSUL 03462+08684	4
2	GS001	CJ SD BASE DE APOIO	2
3	GS002	CJ SD CHASSI BASE	1
4	GS007	CJ SD TRAVA LATERAL	2
5	GS008	CJ SD PINO TRAVA LATERAL	2
6	PA002	PARAF. SEXT. FLANG. M8X1,25X20 ZB 8.8	18
7	PA003	PARAF. SEXT. FLANG. M16X2X120 RP38 ZB 8.8	2
8	PO001	PORCA SEXT. FLANG. TRAV. M8X1,25 ZB 8.8	18
9	PO003	PORCA SEXT. FLANG. TRAV. M16X2,0 ZB 8.8	2

OBSERVAÇÕES GERAIS: PARA OS TORQUES ESPECIFICADOS, A TOLERÂNCIA É DE +20%.

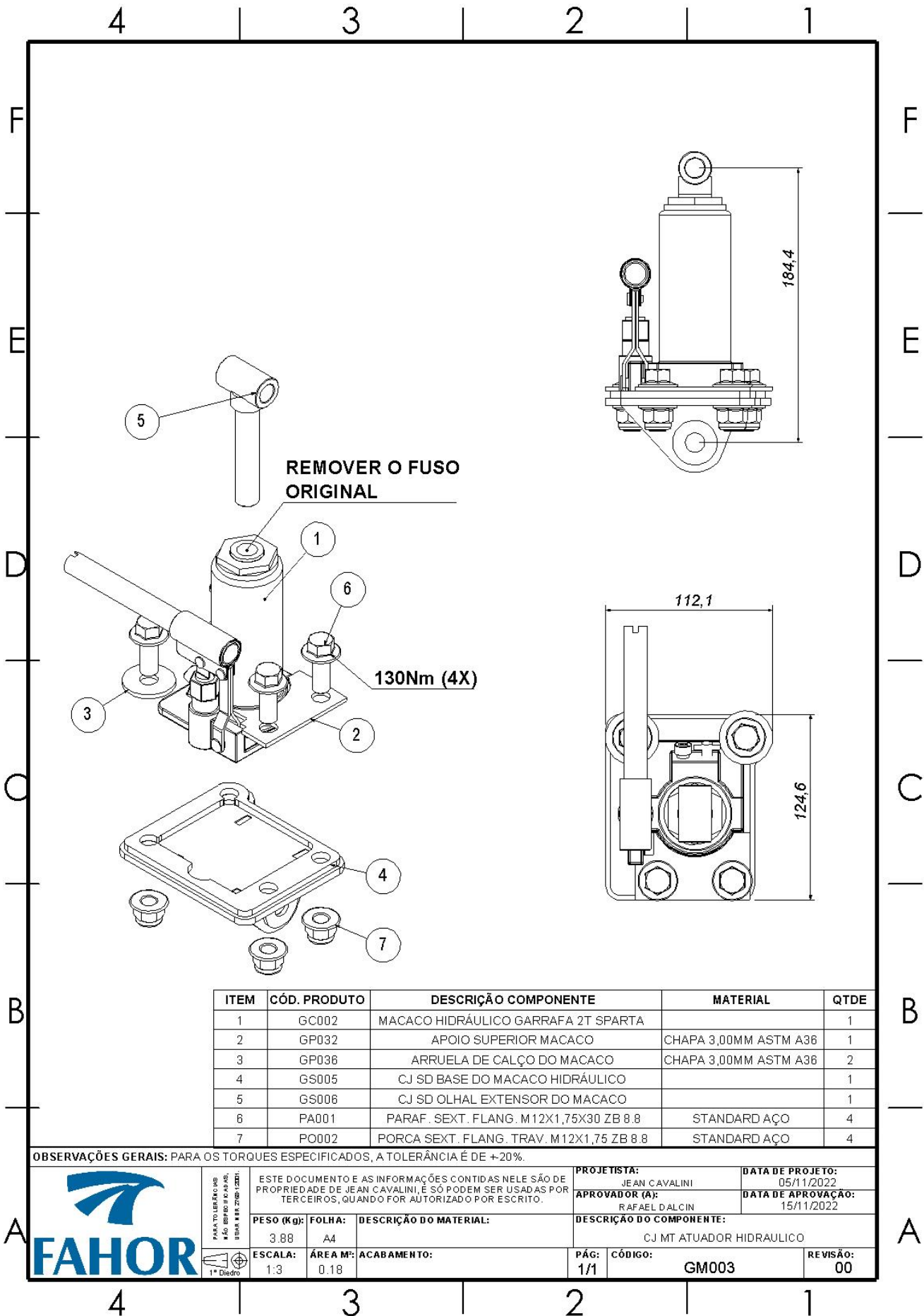
	PARA TO LER O C O M E N Ã O E S T R E I T O P O R A S. U S A R E S T R E I T O S (C O D E I)	ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NELE SÃO DE PROPRIEDADE DE JEAN CAVALINI, E SÓ PODEM SER USADAS POR TERCEIROS, QUANDO FOR AUTORIZADO POR ESCRITO.	PROJETISTA: JEAN CAVALINI	DATA DE PROJETO: 05/11/2022	
	PESO (KG): 33.89	FOLHA: A4	DESCRIÇÃO DO MATERIAL:	APROVADOR (A): RAFAEL D ALCIN	DATA DE APROVAÇÃO: 15/11/2022
	ESCALA: 1:15	ÁREA M²: 2.73	ACABAMENTO:	DESCRIÇÃO DO COMPONENTE: CJ MT BASE GUINCHO	
		PÁG: 1/1	CÓDIGO: GM001	REVISÃO: 00	



ITEM	CÓD. PRODUTO	DESCRIÇÃO COMPONENTE	MATERIAL	QTDE
1	GC005	MANÍPULO MACHO M8X1,25	EPDM	1
2	GP025	EXTENSÃO LATERAL DE IÇAMENTO	BARRA RED. LAM. SAE1020 Ø22,225MM	1
3	GP033	OLHAL DE IÇAMENTO	CHAPA 3,00MM ASTM A36	4
4	GS004	CJ SD LANÇA DE IÇAMENTO		1
5	PA001	PARAF. SEXT. FLANG. M12X1,75X30 ZB 8.8	STANDARD AÇO	2
6	PA002	PARAF. SEXT. FLANG. M8X1,25X20 ZB 8.8	STANDARD AÇO	2
7	PO001	PORCA SEXT. FLANG. TRAV. M8X1,25 ZB 8.8	AISI 1020	2

OBSERVAÇÕES GERAIS: PARA OS TORQUES ESPECIFICADOS, A TOLERÂNCIA É DE +20%.

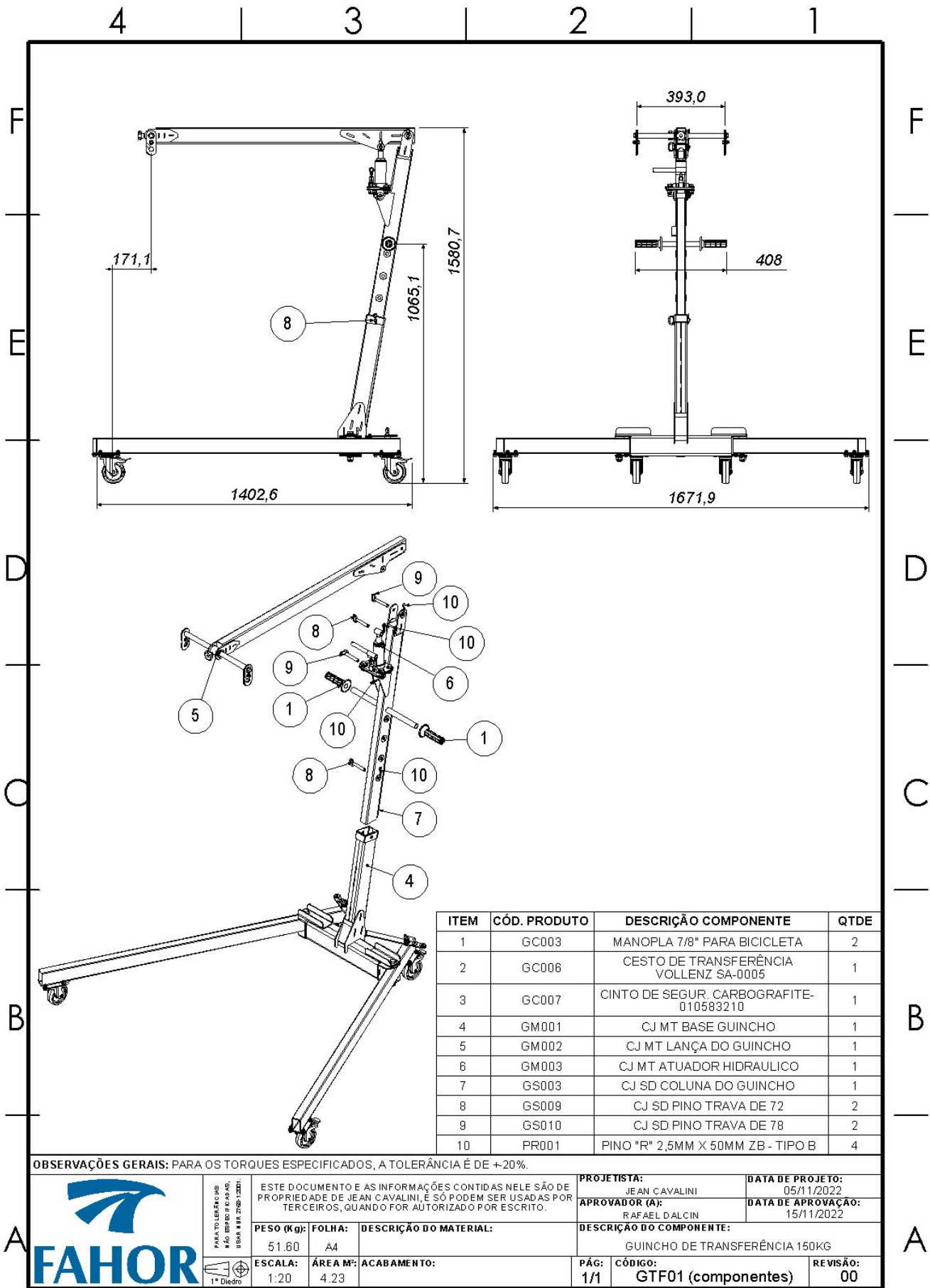
	PARA O LERENCIAMENTO NÃO REPRODUZIR, USAR NBR 7060 (2020)	ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NELE SÃO DE PROPRIEDADE DE JEAN CAVALINI, E SÓ PODEM SER USADAS POR TERCEIROS, QUANDO FOR AUTORIZADO POR ESCRITO.	PROJETISTA: JEAN CAVALINI	DATA DE PROJETO: 05/11/2022	
	PESO (Kg): 7.99	FOLHA: A4	APROVADOR (A): RAFAEL DALCIN	DATA DE APROVAÇÃO: 15/11/2022	
	ESCALA: 1:10	ÁREA M²: 0.68	DESCRIÇÃO DO COMPONENTE: CJ MT LANÇA DO GUINCHO	PÁG: 1/1	CÓDIGO: GM002
	ACABAMENTO:	REVISÃO: 00	REVISÃO: 00	REVISÃO: 00	



ITEM	CÓD. PRODUTO	DESCRIÇÃO COMPONENTE	MATERIAL	QTDE
1	GC002	MACACO HIDRÁULICO GARRAFA 2T SPARTA		1
2	GP032	APOIO SUPERIOR MACACO	CHAPA 3,00MM ASTM A36	1
3	GP036	ARRUELA DE CALÇO DO MACACO	CHAPA 3,00MM ASTM A36	2
4	GS005	CJ SD BASE DO MACACO HIDRÁULICO		1
5	GS006	CJ SD OLHAL EXTENSOR DO MACACO		1
6	PA001	PARAF. SEXT. FLANG. M12X1,75X30 ZB 8.8	STANDARD AÇO	4
7	PO002	PORCA SEXT. FLANG. TRAV. M12X1,75 ZB 8.8	STANDARD AÇO	4

OBSERVAÇÕES GERAIS: PARA OS TORQUES ESPECIFICADOS, A TOLERÂNCIA É DE +20%.

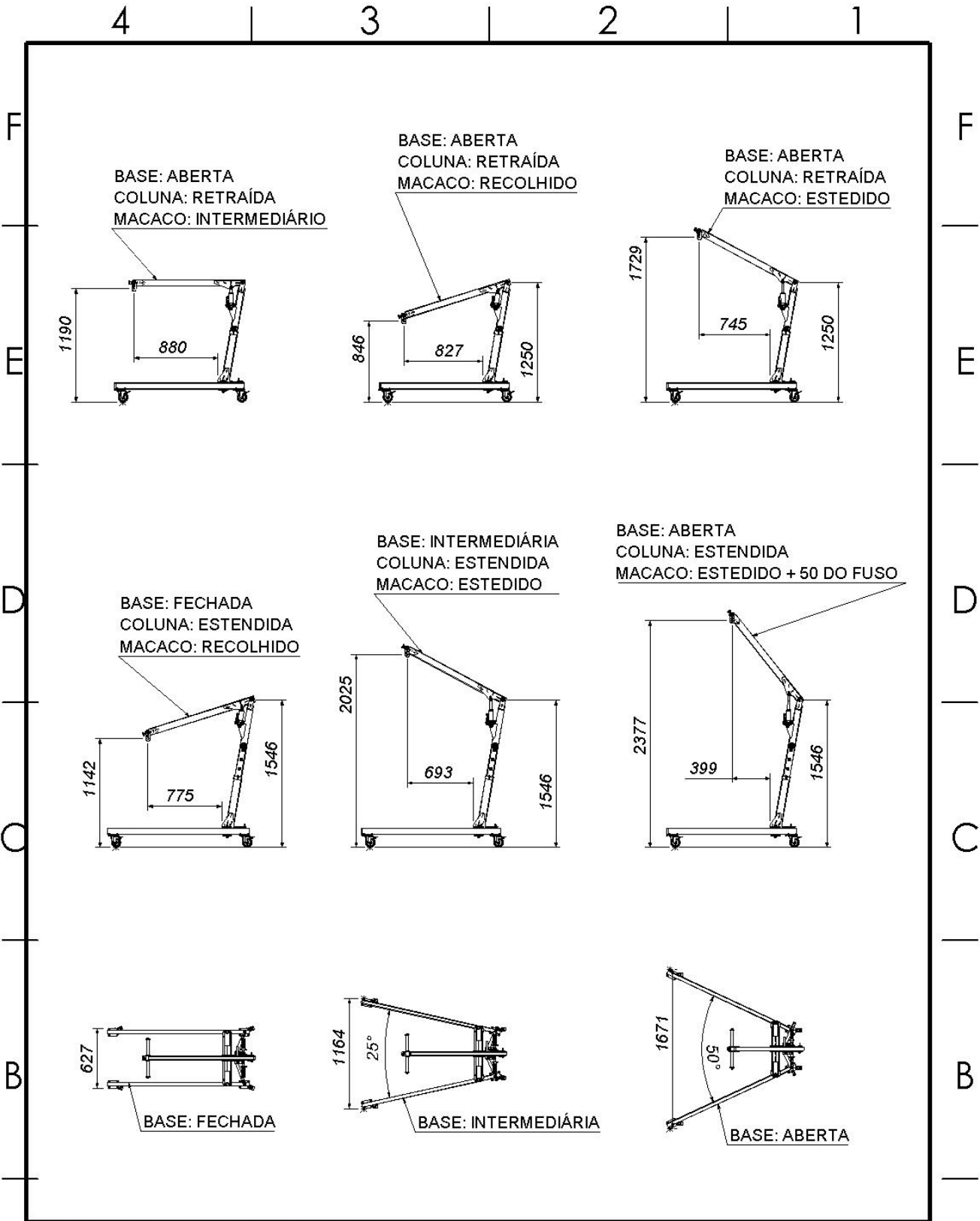
	PARA O LERENCIAR NÃO REPRODUCIR USAR SEM A PERMISSÃO	ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NELE SÃO DE PROPRIEDADE DE JEAN CAVALINI, E SÓ PODEM SER USADAS POR TERCEIROS, QUANDO FOR AUTORIZADO POR ESCRITO.		PROJETA: JEAN CAVALINI	DATA DE PROJETO: 05/11/2022	
				APROVADOR (A): RAFAEL DALCIN	DATA DE APROVAÇÃO: 15/11/2022	
		PESO (KG): 3.88		FOLHA: A4	DESCRIÇÃO DO COMPONENTE: CJ MT ATUADOR HIDRAULICO	
		ESCALA: 1:3	ÁREA M ² : 0.18	ACABAMENTO:	PÁG: 1/1	CÓDIGO: GM003



ITEM	CÓD. PRODUTO	DESCRIÇÃO COMPONENTE	QTDE
1	GC003	MANOPLA 7/8" PARA BICICLETA	2
2	GC006	CESTO DE TRANSFERÊNCIA VOLLENZ SA-0005	1
3	GC007	CINTO DE SEGUR. CARBOGRAFITE-010583210	1
4	GM001	CJ MT BASE GUINCHO	1
5	GM002	CJ MT LANÇA DO GUINCHO	1
6	GM003	CJ MT ATUADOR HIDRAULICO	1
7	GS003	CJ SD COLUNA DO GUINCHO	1
8	GS009	CJ SD PINO TRAVA DE 72	2
9	GS010	CJ SD PINO TRAVA DE 78	2
10	PR001	PINO "R" 2,5MM X 50MM ZB - TIPO B	4

OBSERVAÇÕES GERAIS: PARA OS TORQUES ESPECIFICADOS, A TOLERÂNCIA É DE +20%.

	PARA TO ENFERME NÃO REPRODUZIR USAR SEM ZEP (C20)	ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NELE SÃO DE PROPRIEDADE DE JEAN CAVALINI, E SÓ PODEM SER USADAS POR TERCEIROS, QUANDO FOR AUTORIZADO POR ESCRITO.	PROJETA: JEAN CAVALINI	DATA DE PROJETO: 05/11/2022
	PESO (KG): 51.60	FOLHA: A4	APROVADOR (A): RAFAEL DALCIN	DATA DE APROVAÇÃO: 15/11/2022
	ESCALA: 1:20	ÁREA M²: 4.23	DESCRIÇÃO DO COMPONENTE: GUINCHO DE TRANSFERÊNCIA 150KG	PÁG: 1/1
	ACABAMENTO:	CÓDIGO: GTF01 (componentes)	REVISÃO: 00	



OBSERVAÇÕES GERAIS: PARA OS TORQUES ESPECIFICADOS, A TOLERÂNCIA É DE +20%.

	PARA TO ENFERME NÃO REPRODUZIR USAR SEM PERMISSÃO	ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NELE SÃO DE PROPRIEDADE DE JEAN CAVALINI, E SÓ PODEM SER USADAS POR TERCEIROS, QUANDO FOR AUTORIZADO POR ESCRITO.		PROJETA: JEAN CAVALINI	DATA DE PROJETO: 05/11/2022	
		PESO (KG): 51.65	FOLHA: A4	DESCRIÇÃO DO MATERIAL:	APROVADOR (A): RAFAEL DALCIN	DATA DE APROVAÇÃO: 15/11/2022
		ESCALA: 1:50	ÁREA M ² :	ACABAMENTO:	DESCRIÇÃO DO COMPONENTE: GUINCHO DE TRANSFERÊNCIA 150KG	
		1º Dieder	PÁG: 1/1	CÓDIGO: GTF01 (dimensões)	REVISÃO: 00	

4 | 3 | 2 | 1