



# TRABALHO ACADÊMICO INTEGRADOR I

## GUINDASTE HIDRÁULICO

Denise Irlaine dos Santos

Ingridy Cristina Faria

Ivan Júlio dos Reis Motta de Lima

Moisés Júnior Lemos Alves

Victor Thiago Teodoro Duarte

Arcos/MG

2018

DENISE IRLAINE DOS SANTOS  
INGRIDY CRISTINA FARIA  
IVAN JÚLIO DOS REIS MOTTA DE LIMA  
MOISÉS JÚNIOR LEMOS ALVES  
VICTOR THIAGO TEODORO DUARTE

**TRABALHO ACADÊMICO INTEGRADOR I:  
GUINDASTE HIDRÁULICO**

Relatório final do  
Trabalho Acadêmico  
Integrador apresentado ao  
Instituto Federal de  
Educação, Ciência e  
Tecnologia de Minas  
Gerais - Campus: Arcos.

Orientador: Prof. Dr.  
Niltom Vieira Junior.

Arcos/MG

2018

## RESUMO

O projeto foi realizado por um grupo de alunos do Instituto Federal de Minas Gerais Campus Arcos, cujo principal objetivo é utilizar matérias abordadas no primeiro período do curso de engenharia mecânica, para se construir um protótipo. O projeto escolhido foi um guindaste hidráulico acionado manualmente, construído de madeira e por um sistema hidráulico de seringas de farmácias. O protótipo tem como objetivo levantar uma massa de dois quilos, sem comprometer sua estrutura, baseando-se no princípio de Pascal para o funcionamento do sistema hidráulico, no qual o acréscimo de pressão produzido num líquido transmite-se integralmente a todos os pontos do líquido. Ao longo dos séculos várias máquinas foram desenvolvidas com a finalidade de minimizar os esforços do homem e, com o passar do tempo foi aprimorado, graças aos avanços que a mecânica dos fluídos proporcionou para o desenvolvimento da engenharia e suas tecnologias. O guindaste hidráulico é de suma importância para indústrias, oficinas e construções civis, pois consegue erguer cargas com facilidade, tendo como único esforço o de acionar a alavanca ou bombear o pistão. O guindaste quando finalizado conseguiu erguer o peso de dois quilos sem comprometer a estrutura ou ocorrer vazamentos no sistema hidráulico, as metas foram alcançadas, os cálculos e pesquisas foram concretizados. Em suma, o projeto foi de grande importância para aprimorar os conhecimentos de forma didática para todos os integrantes.

Palavras chaves: Guindaste hidráulico, seringa, variação da pressão, força, madeira.

## **ABSTRACT**

The project was carried out by a group of students from the Federal Institute of Minas Gerais Arcos Campus, whose main objective was to utilize subject matters covered in the first period of the Mechanical Engineering Course, to build a working prototype. The chosen project was a hydraulic crane manually fired, built out of “MDF” wood and by a hydraulic system of pharmacies syringes. The prototype main objective is to raise a bulk of 4.4 lbs., without compromising its structure and in accordance with Pascal’s Principle for the inner workings of the hydraulic system, by which the pressure increase produced by a given liquid is transmitted in its entirety to all points of that liquid. Over the centuries several machines were developed to minimize the efforts of man, which have been improved by the passage of time, all thank to the advances bring forth by fluid mechanics in providing the development of engineering and its technologies. The hydraulic crane is of the utmost importance to industries, workshops and civil construction sites, because of its ability to lift loads with ease, with only the necessary effort to engage the lever or pump the piston. The crane when finalized managed to lift the weight of four pounds, without compromising its structure or occurring any leaks in the hydraulic system, the were reached, and all the research and calculations have been fully accomplished. The project was of paramount importance to enhance the obtained knowledge and to the personal growth of the group members due to the attendance required.

Key-words: hydraulic crane, syringes, pressure variation, strength, wood.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Guindaste usado na Idade Média .....	8
Figura 2- Medidas.....	9
Figura 3-Exemplo de seringas .....	10
Figura 4- Exemplo de guindaste .....	12
Figura 5-Componentes do guindaste .....	15
Figura 6- Base do guindaste vista de cima .....	16
Figura 7- Sistema de seringas .....	16
Figura 8- Determinação da posição da seringa.....	17
Figura 9-Forças que atuam na lança posição horizontal.....	18
Figura 10-Guindaste na anulação máxima .....	19
Figura 11-Forças na posição mínima.....	19
Figura 12-Teste para saber a resistência da seringa. ....	21
Figura 13-Representação dos vetores no eixo cartesiano .....	22
Figura 14-Triângulo retângulo formado na lança.....	22
Figura 15- Base.....	24
Figura 16-Mastro. ....	24
Figura 17- Lança.....	25
Figura 18- Sistema hidráulico. ....	25

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Cronograma de estudo .....	13
Tabela 2: Preço de materiais .....	14

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	8
1.1 Objetivo geral .....	9
1.2 Objetivos específicos .....	9
<b>2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	11
2.1 Funcionamento .....	11
2.2 Utilização .....	12
2.3 Vantagens .....	12
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	13
3.1 Cronograma .....	13
3.2 Desenho técnico .....	14
3.3 Tabela de materiais e custo de montagem .....	14
3.4 Performance do guindaste .....	15
3.5 Sistema hidráulico .....	16
Figura 7- Sistema de seringas .....	16
Fonte: Próprios autores. ....	16
3.6 Posições de fixação da seringa .....	17
3.7 Força que a seringa realiza em posições críticas .....	17
3.8 Força mínima que a seringa menor exerce na seringa maior. ....	20
3.9 Testes realizados .....	21
3.10 Distância entre a seringa e os pontos de fixação .....	21
3.11 Velocidade de içamento .....	22
3.12 Montagem do protótipo. ....	24
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	26
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	27
<b>6.APÊNDICES</b> .....	28

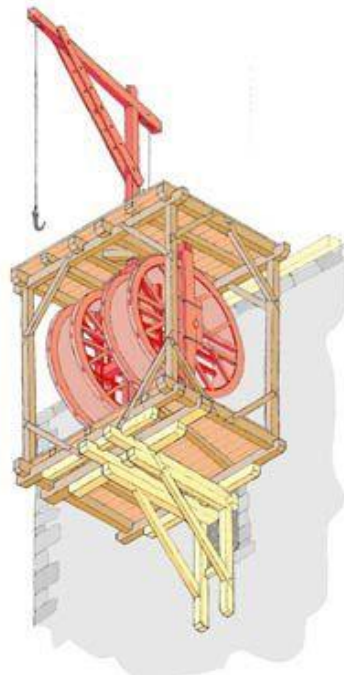
## 1. INTRODUÇÃO

Os guindastes hidráulicos funcionam de acordo com os princípios da mecânica dos fluidos. Esta, aborda o estudo do movimento dos fluídos e foi um dos primeiros problemas que a engenharia enfrentou para que as cidades pudessem se desenvolver durante a Idade Média (Figura 1); mas, foi na Era Renascentista que ganhou ênfase todas as suas aplicações, se estendendo até os séculos seguintes, com a ajuda de cientistas, médicos e engenheiros.

Com o desenvolvimento da mecânica dos fluídos, durante o século XX foi possível uma rápida expansão e desenvolvimento tecnológico nos setores automobilísticos, navais, aeronáuticos e em indústrias petroquímicas, vale salientar que estes e vários outros grandes avanços tecnológicos ocorreram em virtude das grandes Guerras Mundiais que ocorreram no século, Cengel e Cimbala (2015).

Concomitantemente, a proposta foi criar um protótipo do guindaste hidráulico que associe matérias do primeiro semestre do curso de engenharia mecânica do campus Arcos. Após diálogo e pesquisa, decidiu-se fazer um protótipo de madeira utilizando seringas para realizar a elevação de cargas baseando-se no princípio de Pascal. O protótipo será de escala reduzida sendo um projeto de mesa, de fácil manuseio e baixo custo.

Figura 1-Guindaste usado na Idade Média



Fonte: <http://www.handshouse.org/#/czech-crane/>, Acesso em: 25 abr. 2018.



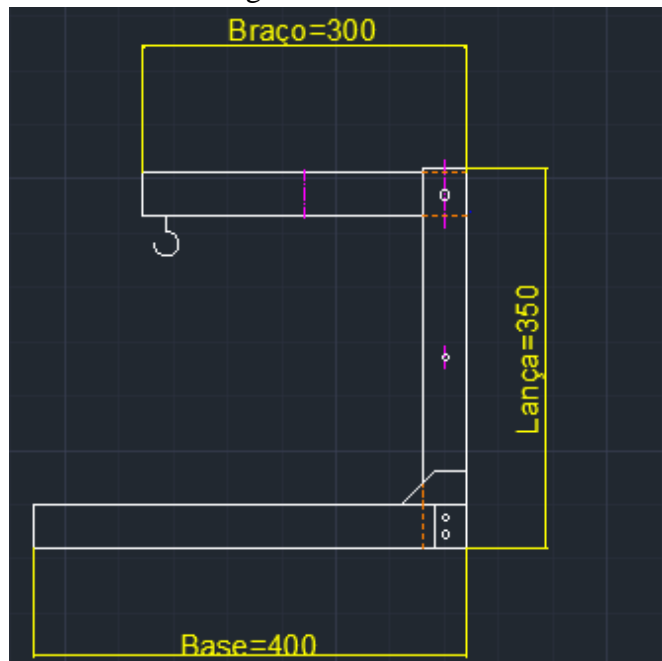
## 1.1 Objetivo geral

O propósito é criar um protótipo possuindo uma estrutura leve e que suporte dois quilos. Sendo capaz de aguentar um peso maior que sua massa, podendo ser usado em locais que precisem elevar cargas, mantendo a estabilidade e segurança do operador.

## 1.2 Objetivos específicos

O objetivo foi criar um guindaste com medidas de 300mm de braço/lança, mastro de 350mm, base de 400mm em cada viga e com um ângulo de 60 graus entre elas (Figura 2), que exerça força para levantar 2 quilos usando seringas de 5 ml e vinte ml, por meio da lei de Pascal (Figura 3). O sistema do guindaste é semelhante aos guindastes de oficinas, usados para levantar motores. Destarte, foi necessário pesquisar áreas de sua utilização, analisar peças, definir a escolha de um material leve e resistente e, por fim, observar seu funcionamento e eficácia.

Figura 2 - Medidas



Fonte: Próprios autores.

Figura 3-Exemplo de seringas



Fonte: <http://www.cienciasnaweb.xpg.com.br/aulas/6/pascal.htm/>, Acesso em: 20 mai. 2018.

### 1.3 Justificativa

Após fazer pesquisas sobre equipamentos e em trabalhos de conclusão de curso, foi decidido fazer um projeto de guindaste hidráulico, já que áreas como engenharia civil, produção e mecânica, na linha de montagem e construção a demanda por esse equipamento é alta. O objetivo é que ele suporte a carga máxima de dois quilos sem que ele quebre ou a estrutura sofra deformação. Para desenvolvê-lo foi preciso utilizar-se das matérias abordadas no primeiro semestre do curso de Engenharia Mecânica, fazendo testes e abordando conhecimentos adquiridos.

Após executar pesquisas sobre origens e funcionamentos foi decidido primeiramente que a base teria que ser triangular, pois o triângulo é a figura geométrica com menor grau de liberdade; “Definição: Corpo que não sofre deformações em nenhuma de suas direções” (BECKER, 2010, p. 05), possuindo assim uma maior estabilidade e segurança; foi decidido também que o material usado para a construção da estrutura seria o Mdf, pois, é um material fácil de se cortar, pode ser perfurado em qualquer área sem apresentar rachaduras, e possuir um melhor custo/benefício, segundo Eleotério (apud ASTM-D1554, 1974, MALONEY, 1996), Mdf são definidos como “painéis a seco feitos com fibras lignocelulósicas, combinadas com resina ou outro agente ligante, compactadas por prensagem a quente num processo em que a totalidade de colagem entre a fibras é criada pelo adesivo adicionado”. Em empresas de montagens, o guindaste é de grande importância pois é o equipamento capaz de diminuir o esforço humano, evitando assim o desgaste físico, melhora as condições de segurança e aumenta a produção.

## 2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os guindastes são equipamentos usados para elevar pesos verticalmente, mover horizontalmente e minimizar o esforço humano em determinadas atividades, segundo Blaiser (1623-1622) funcionando como um multiplicador de forças. O guindaste tinha utilidade de ajudar nas construções da época, assim como no comércio por rotas marítimas durante a Idade Média, onde o guindaste ganhou utilidade no setor portuário, como também na construção, porém, os movimentos eram restritos e mais tarde um aperfeiçoamento com engrenagens foi adquirido.

Rodrigues (2013) afirma que durante a Revolução Industrial, a grua evoluiu e com isso novos materiais foram incorporados nas fabricações, o esforço animal e humano foi substituído pelos motores a vapor, onde a resistência aumentou e a capacidade de carga também. Sendo utilizado em oficinas para elevação de motores, em construções para levantamento de vigas e barras a grandes alturas, possuindo grande importância nas indústrias, por tornar possível e prático a produção e o transporte de materiais pesados.

### 2.1 Funcionamento

Guindastes são equipamentos feitos para a elevação de materiais pesados. A força é aplicada em um pistão menor, o fluido presente no pistão menor é transmitido para um pistão maior, a força então é multiplicada, sendo capaz de levantar objetos pesados. Os pistões no protótipo serão duas seringas, a menor de 5ml e a maior 20ml, que possuem diâmetros diferentes, possibilitando a multiplicação de forças. Logo, é estabelecido a teoria de pascal.

Em um recipiente fechado, a pressão aplicada sobre um fluido em equilíbrio é transmitida integralmente para todos os pontos deste fluido e para as paredes do recipiente. Tal fato foi verificado experimentalmente pelo cientista francês Blaise Pascal(1623 - 1622).

Onde:

F1 e F2 são as forças aplicadas aos êmbolos 1 e 2.

A1 e A2 são as suas respectivas áreas.

$$\frac{F1}{A1} = \frac{F2}{A2}$$

Logo, a força que a menor seringa irá exercer, será proporcional à área do seu êmbolo e à força resultante da seringa maior, e, inversamente proporcional à área do êmbolo da seringa maior.

## 2.2 Utilização

As situações mais comuns em que são usados os guindastes:

- Oficinas Mecânicas.
- Construções civis.
- Organização de estoque com prateleiras altas e objetos pesados.
- Carregamentos de objetos.

Figura 4- Exemplo de guindaste



Fonte: <http://www.solucoesindustriais.com.br/lista/imagens/guindaste/guindaste-8.jpg>,  
Acesso em: 02 mar. 2018.

## 2.3 Vantagens

Os guindastes são equipamentos que reduzem os gastos com a mão de obra, levantam pesos com maior facilidade, diminuem esforço braçal, aumentam a eficiência do trabalho, aperfeiçoam o tempo de produção garantindo a segurança de quem trabalha. Ademais, os

guindastes são responsáveis pelas remoções industriais e se destacam pelo emprego de peças pré-montadas em equipamentos e construções de grande porte.

### 3. METODOLOGIA

Para desenvolver o projeto foi criado primeiramente uma lista de tarefas, logo após foram realizadas pesquisas sobre origens, componentes, utilização, importância, onde é usado, quais os mais buscados no mercado, analisar peças e componentes do guindaste, observar o funcionamento, entre outras. Após pesquisas e análises, realizou busca por materiais que satisfizessem os objetivos, e então foram realizados cálculos, testes e montagem do protótipo; foi optado então por explicar e demonstrar resultados na base de cálculos, com ajuda de fontes externas como livros, trabalhos de conclusão de curso e sites, que só acrescentaram na pesquisa, ajudando a concretizar e afirmar aplicações, como também abrir um espaço maior para abordagens. Por fim, para a realização da montagem do protótipo, seguiu-se as medidas estabelecidas no desenho técnico e cálculos no decorrer do projeto.

#### 3.1 Cronograma

Cronograma de atividades e desenvolvimento do grupo, onde são estipulados atividades e prazos a serem cumpridos para melhor organização e controle das atividades. O cronograma foi feito quinzenalmente.

Tabela 1- Cronograma de estudo

<b>DATA</b>	<b>Planejamento</b>
1º e 2º Semana	Montar grupo de TAI/Conhecer trabalhos já feitos no TAI/Ler regulamento TAI
3º e 4º Semana	Pesquisar projetos/Conversar com os professores/Decidir o projeto
5º e 6º Semana	Pesquisar origem, materiais, funcionamento/Esboçar o desenho do protótipo definir medidas/Começar o relatório
7º e 8º Semana	Pesquisar e adquirir materiais do protótipo/Atualizar o relatório
9º e 10º semana	Desenvolvimento do protótipo e relatórios

11° e 12° semana	Desenvolvimento do protótipo, relatórios e slides/Finalizar projeto/colocar em funcionamento
13° e 14° semana	Correção e finalização dos relatórios e slides/Fazer banner
15° e 16° semana	Preparação e treinamento para apresentação/ Apresentação

Fonte: Próprios autores.

### 3.2 Desenho técnico

O desenho técnico do protótipo foi realizado no primeiro diedro possuindo as três vistas principais, vista frontal, vista superior e vista lateral esquerda (Apêndice A); a partir das vistas principais é capaz de se produzir o protótipo e também sua perspectiva.

### 3.3 Tabela de materiais e custo de montagem

Como o objetivo é fazer o trabalho com baixo orçamento, foram realizadas pesquisas de preços (Tabela 2), para que se possa ter controle dos gastos envolvidos no protótipo, sendo que alguns componentes foram obtidos gratuitamente, o que diminuiu o custo do projeto.

Tabela 2- Preço de materiais

Produto	Preço (R\$)
MDF/metro/15mm	Sem custo
Seringa 20 ml	Sem custo
Seringa 5 ml	Sem custo
Parafusos	5,00
Reservatório	Sem custo
Pistola de cola quente	Sem custo
Total	5,00

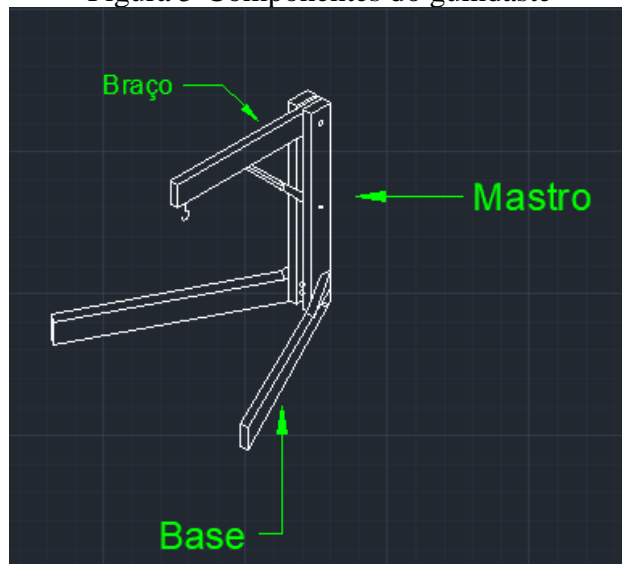
Fonte: Próprios autores.

### 3.4 Performance do guindaste

O protótipo é constituído de três partes: base, mastro e lança, todos de Mdf, duas seringas cuja a função é realizar a elevação da carga. A base é o componente fixo que manterá a estrutura e o peso em equilíbrio, possui medida de 400 milímetros em cada viga (Figura 5). O mastro é a altura do guindaste, que foi determinado por 350 milímetros. O braço é responsável pela sustentação e a angulação, e tem 300 milímetros, quando na posição horizontal e é próximo ao eixo de simetria da base triangular. O ângulo do braço/lança sofrerá variação quando a seringa menor for acionada e transferir o líquido para a seringa maior. A angulação entre o mastro e o braço será de no mínimo  $75^\circ$  e máxima  $120^\circ$ .

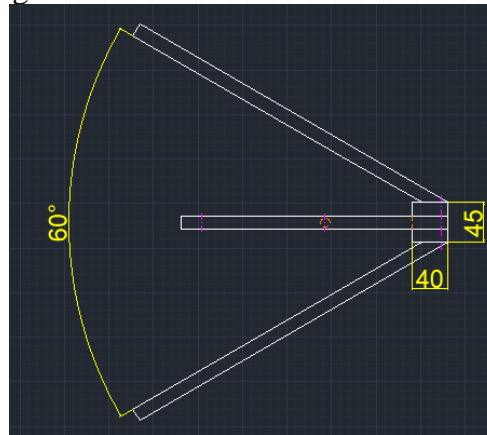
As medidas do braço e da base, assim como o formato do guindaste se baseia no centro de simetria do triangulo equilátero, para que o guindaste se mantenha estável durante a operação, ele não deve tombar para os lados, então a base é feita a partir de um triangulo equilátero de 400 mm de lado (Figura 6). É importante ressaltar sobre o peso da estrutura do guindaste; o peso das madeiras usada no guindaste para a base e mastro é no total de 773 gramas, e a madeira usada na lança pesa 130 gramas, a madeira foi pesada em uma balança de precisão.

Figura 5-Componentes do guindaste



Fonte:Próprios autores.

Figura 6-Base do Guindaste vista de cima



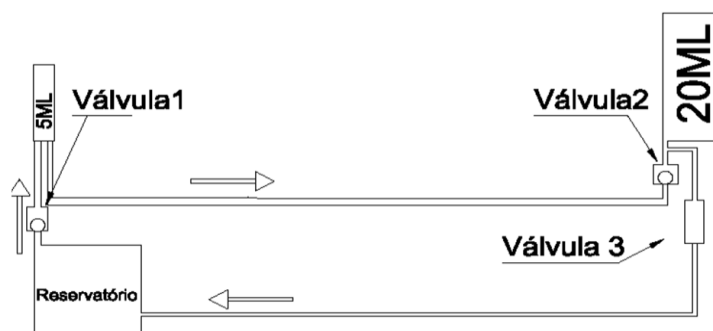
Fonte: Próprios autores.

### 3.5 Sistema hidráulico

O princípio de Pascal é uma Lei que envolve a variação da pressão hidráulica num fluido em equilíbrio (BLAISER, 1623-1622), onde o aumento da pressão exercida em um líquido é transmitido integralmente a todos os pontos do interior do líquido, bem como as paredes do recipiente em que está contido, funcionando como um multiplicador de forças.

Em suma, no guindaste projetado, seu sistema hidráulico é composto por um reservatório de 150 ml, três válvulas e duas seringas de 20 e 5 ml. O objetivo do sistema é fazer com que o líquido seja levado até a seringa de 20 ml sem que haja retorno ou vazamentos, e, que faça com que a seringa de 20 ml atinja as três posições críticas estabelecidas. Entretanto, para que o líquido retorne e que o sistema se estabeleça em sua posição inicial, é necessário que abra as válvulas responsáveis pelo seu travamento.

Figura 7- Sistema de seringas



Fonte: Próprios autores.



### 3.6 Posições de fixação da seringa

A definição da posição de fixação da seringa (pistão) no mastro, foi baseado nos guindastes de mercado (Figura 8), onde fica aproximadamente na metade do mastro.

Figura 8- Determinação da posição da seringa



Fonte: <https://www.lojadomecanico.com.br/produto/75542/11/481/guincho-hidraulico-500kg-em-v-com-rodas-de-ferro-bovenau-g500t>

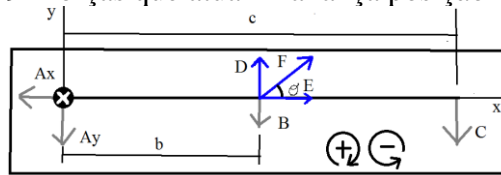
### 3.7 Força que a seringa realiza em posições críticas

Para calcular as forças resultantes que atuam na seringa de 20 ml, é preciso considerar a lança nas três posições críticas, a posição máxima, horizontal e mínima, assim é necessário o conceito de momento, segundo (HIBBELER, 2011, p-85.)

Quando uma força é aplicada a um corpo, ela produzirá uma tendência de rotação do corpo em torno de um ponto que não está na linha de ação da força. Essa tendência de rotação algumas vezes é chamada de torque, mas normalmente é denominada momento de uma força, ou simplesmente momento.

A partir desta definição, a lança do guindaste não pode sofrer tendência de rotação em torno do eixo de fixação, caso contrário, ela não será capaz de suportar a carga de dois quilos; dessa forma, realizando o somatório de momentos igual a zero nas três posições críticas, é possível encontrar o mínimo de força que a seringa precisa realizar, de acordo com Hibbeler (2011) o momento de uma força em relação a um ponto pode ser expresso por meio do produto vetorial, para se obter o somatório de forças, cada força e sua respectiva distância será projetado no eixo cartesiano como na Figura 9.

Figura 9- Forças que atuam na lança posição horizontal.



Fonte: Próprios autores

De acordo com a Figura 9 tem-se que:

$$\theta = \text{ângulo entre } F \text{ e } E. \theta = 49^\circ$$

$A_x$  = Força de reação do parafuso no eixo  $x$

$A_y$  = Força de reação do parafuso no eixo  $y$

$$B = \text{Peso da madeira} \quad B = 0.130\text{kg} * 9.81 = 1.2753\text{N}$$

$$C = \text{Peso que se deseja levantar} \quad C = 2\text{kg} * 9.81 = 24.6200\text{N}$$

$$D = \text{Força } F \text{ decomposta no eixo } y \quad D = F * \text{sen}(\theta)$$

$$E = \text{Força decomposta no eixo } x \quad E = F * \text{cos}(\theta)$$

$F$  = Força que a seringa realiza.

$$c = \text{distancia da força } C \text{ até o parafuso} \quad c = 0.23\text{m}$$

$$b = \text{distancia do ponto de fixação da seringa à lança.} \quad b = 0.13\text{m}$$

Como todo produto vetorial é feito no eixo cartesiano com o vetor partindo da origem, foi preciso colocar todos os vetores na origem, a partir disso obteve-se as coordenadas na horizontal:

$$Cxc = (0 - 24.6200)x(0.23 \ 0) = 5.6626$$

$$Bxb = (0 - 1.2753)x(0.13 \ 0) = 0.165789$$

$$Dxb = (0 \ F * \text{sen}(\theta))x(0.13 \ 0) = -0.13 * F * \text{sen}(\theta)$$

$$\sum M = 0$$

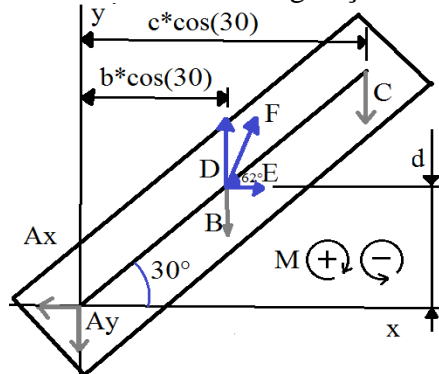
$$\sum M = \begin{bmatrix} 0 & -24.6200 \\ 0.23 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -1.2753 \\ 0.13 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & F * \text{sen}(\theta) \\ 0.13 & 0 \end{bmatrix}$$

$$F = \frac{-5.831389}{0.13 * \text{sen}(\theta)} \quad F = 44.833762\text{N}$$

Para agilizar o processo de cálculo, todo o restante das posições, foram realizadas no software MatLab (Apêndice B) onde foi possível programar o cálculo de somatório de forças e

momento nas três posições, como desenvolvido no cálculo acima, a (Figura 10) e a (Figura 11) representam as forças nas posições máxima e mínima.

Figura 10-Guindaste na angulação máxima.

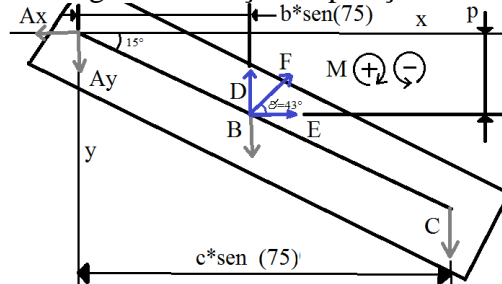


Fonte: próprios autores

$$d = 0.13 * \text{sen}(30)$$

$$\begin{aligned} \sum M &= \begin{bmatrix} 0 & -24.6200 \\ 0.23 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -1.2753 \\ 0.13 & 0 \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} 0 & F * \text{sen}(62) \\ 0.13 * \cos(30) & 0 \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} F * \cos(62) & 0 \\ 0 & 0.13 * \text{sen}(30) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Figura 11-Forças na posição mínima.



Fonte: próprios autores

$$p = 0.13 * \cos(75)$$

$$\begin{aligned} \sum M &= \begin{bmatrix} 0 & -24.6200 \\ 0.23 * \text{sen}(75) & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -1.2753 \\ 0.13 * \text{sen}(75) & 0 \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} 0 & F * \text{sen}(43) \\ 0.13 * \text{sen}(75) & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F * \cos(43) & 0 \\ 0 & 0.13 * \cos(75) \end{bmatrix} = 0 \end{aligned}$$

Assim tem se que a força na posição máxima é  $F = 70.342110\text{N}$ . E na posição mínima  $F = 51.065604\text{N}$

### 3.8 Força mínima que a seringa menor exerce na seringa maior.

A partir do somatório realizado onde se calculou a força que a seringa realiza nas posições críticas, foi possível adquirir a força mínima que a seringa menor necessita para acionar a seringa maior (Apêndice C).

Onde:

$$F1 = \text{Força da seringa menor}$$

$$F2 = \text{Força da seringa maior}$$

$$A1 = \text{Área do êmbolo da seringa menor}$$

$$A2 = \text{Área do êmbolo da seringa maior}$$

Realizando o cálculo na posição de equilíbrio horizontal, tem-se:

$$F2 = 44,833762$$

$$A2 = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$A1 = 1,1304 \times 10^{-4} \text{ m}$$

F1 então é calculado de acordo com a equação de Pascal

$$F1 = \frac{F2 \times A1}{A2}$$

Logo,  $F1 = 1,614015432 \times 10^{-7} \text{ N}$ ;

Realizando o cálculo na posição de equilíbrio na altura máxima, tem-se:

$$F2' = 70,34210 \text{ N}$$

$$A2' = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$A1' = 1,1304 \times 10^{-4} \text{ m}$$

F1' é determinado e vale  $2,5323156 \times 10^{-7} \text{ N}$ ;

Realizando o cálculo na posição de equilíbrio na altura mínima, tem-se:

$$F2'' = 51,065604 \text{ N}$$

$$A2'' = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$A1'' = 1,1304 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$F1''$  é determinada e vale  $1,1838361744 \times 10^{-7} \text{ N}$ .

### 3.9 Testes realizados

O primeiro teste foi realizado para saber qual o peso a seringa iria suportar. A seringa foi colocada entre um suporte construído com duas folhas de papelão, uma tabua foi colocada sobre a seringa e pesos foram sobrepostos (Figura 12). A seringa suportou um peso máximo de 4200g, porém, ocorreram vazamentos durante o teste, a cola quente usada nas conexões foi substituída por outra cola que possuía melhor vedação. Logo, com a substituição da cola o guindaste suportou uma carga máxima de 8kg maior que o estimado.

Figura 12- Teste para saber a resistência da seringa.

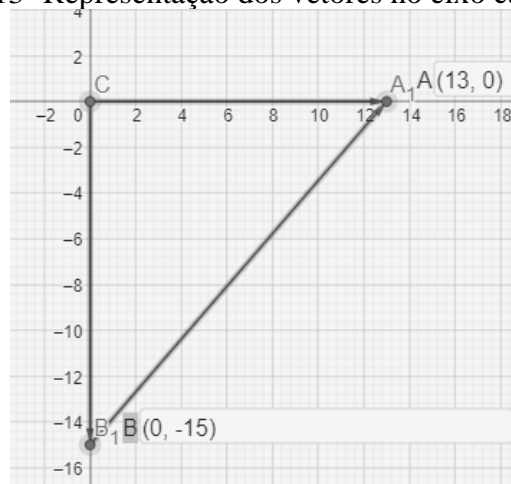


Fonte: Próprios autores.

### 3.10 Distância entre a seringa e os pontos de fixação

Para calcular a distância entre o parafuso que fixa a seringa no mastro, até o parafuso que fixa a seringa no braço, considerando que as distâncias são vetores no plano cartesiano, é possível encontrar a que distância o suporte de fixação da seringa ao braço ficará localizado (Apêndice D), para melhor representar esta situação foi realizado um desenho no *software* Geogebra (Figura 13). O cálculo foi realizado também no *software* Matlab.

Figura 13- Representação dos vetores no eixo cartesiano.

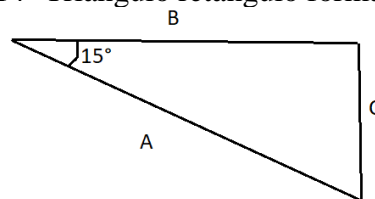


Fonte: Próprios autores.

Utilizando as coordenadas fornecidas na Figura 12, foi efetuado o cálculo de distância de vetores, o resultado foi obtido em coordenadas, e como se queria uma medida, as coordenadas foram colocadas em um módulo onde se obteve  $|\overline{OB}| = 19,85 \text{ cm}$ , que era a distância procurada.

### 3.11 Velocidade de içamento

Figura 14- Triângulo retângulo formado na lança.



Fonte: Próprios autores

$A =$  Distância do parafuso até a extremidade da lança

$B$  e  $C =$  Catetos do triângulo

$$A = 280 \text{ mm}$$

$$B = 270,4 \text{ mm}$$

$$C = 72,7 \text{ mm}$$

Determinado a variação da altura em função do tempo, constatou-se que os três catetos formavam um triângulo retângulo em todas suas posições, até chegar a posição de angulação 0, (posição horizontal da lança). Assim sendo, foi necessário descobrir a variação de B, da posição mínima até a horizontal.

Logo:  $\Delta B = 280 - 270,4$

$$\Delta B = 9,6 \text{ mm}$$

Logo após, foi necessário descobrir a variação em função do tempo de “B”, e para isso foi utilizado a taxa de variação do ângulo em função do tempo que foi de  $0,9^\circ/s$ , medida durante testes, assim o lança descreve  $15^\circ$  em 13,5s, ou seja, o lado “B” descreve:

$$\frac{dB}{dt} = \frac{9,6 \text{ mm}}{13,5 \text{ seg}}$$

$$\frac{db}{dt} = 0,71 \text{ mm/seg}$$

Após descobrirmos a variação de “B” em função do tempo, utilizando derivação implícita do teorema de Pitágoras com as variáveis já conhecidas, e isolando a variação de “c” em função do tempo, que corresponde à velocidade de içamento, tem-se

$$A^2 = B^2 + C^2:$$

$$0 = 2B \times \frac{dB}{dt} + 2C \times \frac{dC}{dt}$$

$$\frac{dC}{dt} = \frac{-2B \times \frac{dB}{dt}}{2 \times C}$$

$$\frac{dC}{dt} = \frac{2 \times 270,4 \times 0,71}{2 \times 72,4}$$

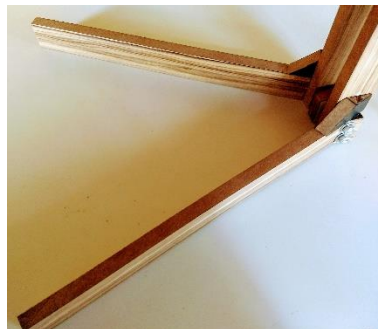
$$\frac{dC}{dt} = \frac{2,65 \text{ mm}}{\text{seg}}$$

Assim, a velocidade com que o objeto é içado é de: 2,65mm/seg.

### 3.12 Montagem do protótipo.

Para a realização da montagem, foi necessário cortar e furar o Mdf de acordo com as medidas e angulações, para a montagem da base foi feito um chanfro de trinta graus, a sobra da madeira foi colada do lado oposto para se obter uma maior área para a fixação do parafuso.

Figura15-Base



Fonte: Próprios autores

Logo após a montagem da base, o mastro foi unido com a base por meio de parafusos.

Figura 16-Mastro



Fonte: Próprios autores

Após a montagem do mastro foi colocado então a lança no meio das duas madeiras do mastro, fixado por parafusos e arruelas, e colocado os suportes da seringa



Figura 17-Lança



Fonte: Próprios autores

O sistema de seringa foi montado logo após toda a estrutura ficar unida.

Figura 18- Sistema de seringa



Fonte: Próprios autores

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das pesquisas abordadas neste projeto, foi possível perceber que o guindaste é de grande importância para indústrias principalmente em áreas de montagens e, também, em construções civis, pois consegue realizar um serviço mais ágil, diminuindo gastos com mão de obra, já que a força exercida por vários trabalhadores é executada pelo equipamento, sendo a única força é a de acionar o pistão.

Após a construção do guindaste ser concluída, ele suportou a carga de dois quilos como o esperado no objetivo, não ocorreram vazamentos, e nem danos na estrutura, os cálculos e pesquisas realizadas foram concretizadas, pois o guindaste exerceu sua função, ergueu a carga estimada e foi eficaz.

O projeto realizado teve importância para aprimorar as relações interpessoais, assemelhando o trabalho em equipe ao mundo do trabalho do qual futuramente farão parte, e principalmente para melhorar os conhecimentos específicos nas matérias aprendidas no primeiro semestre do curso de engenharia mecânica, além do visível amadurecimento devido a compromissos, prazos para entrega de atividades e convivência em grupo.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL ESCOLA. Construindo um elevador hidráulico. Disponível em:

<<https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/construindo-um-elevador-hidraulico.htm>>. Acesso em: 28 mar. 2018.

BRASIL ESCOLA. Máquinas Hidráulicas: a Aplicação do Princípio de Pascal. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/maquinas-hidraulicas-aplicacao-principio-pascal.htm>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

CIMBALA, J. M.; ÇENGEL, Y. A. **Mecânica dos fluídos**: Fundamentos e aplicações. 3ed. [S.L.]:AMGH, 2015.p.2-8.

ELEOTÉRIO, J. R. **Propriedades físicas e mecânicas de painéis mdf de diferentes densidades e teores de resina**. São Paulo, fev. 2000. Disponíveis em: [www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11149/tde-18102002-164850/.../jackson.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11149/tde-18102002-164850/.../jackson.pdf). Acesso em: 02 mai. 2018

ENGIOMBRA. Guindastes de Torre: O Tipo de Grua Mais Comum. Disponível em: <<http://engiobra.com/guindastes-torre/>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

GELSONLUZ. Módulo de elasticidade. Disponível em: <<http://www.materiais.gelsonluz.com/2017/12/modulo-de-elasticidade-ou-modulo-de-young.html>>. Acesso em: 27 mar. 2018.

HIBBELER, R.C. **Estática - Mecânica para Engenharia**. 12<sup>a</sup> ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2011

INFO ESCOLA. Dilatação volumétrica. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/fisica/dilatacao-volumetrica/>>. Acesso em: 02 mai. 2018.

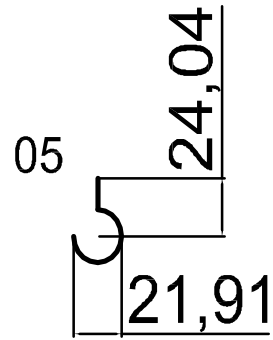
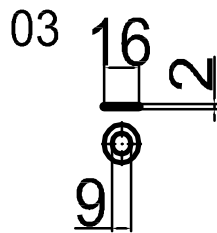
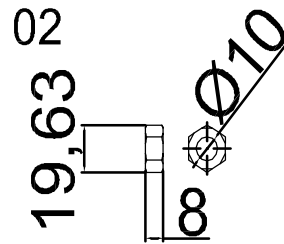
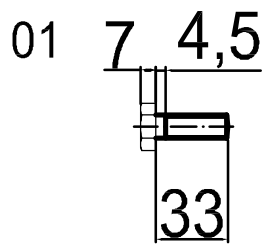
INFO ESCOLA. Pressão Hidráulica (Princípio de Pascal). Disponível em: <<https://www.infoescola.com/fisica/pressao-hidraulica-principio-de-pascal/>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

MECATRONICA USP. Graus de liberdade em cadeias cinemáticas. Disponível em: <[http://www.mecatronica.eesc.usp.br/wiki/upload/9/99/aula\\_2\\_sem0104.pdf](http://www.mecatronica.eesc.usp.br/wiki/upload/9/99/aula_2_sem0104.pdf)>. Acesso em: 02 mai. 2018.

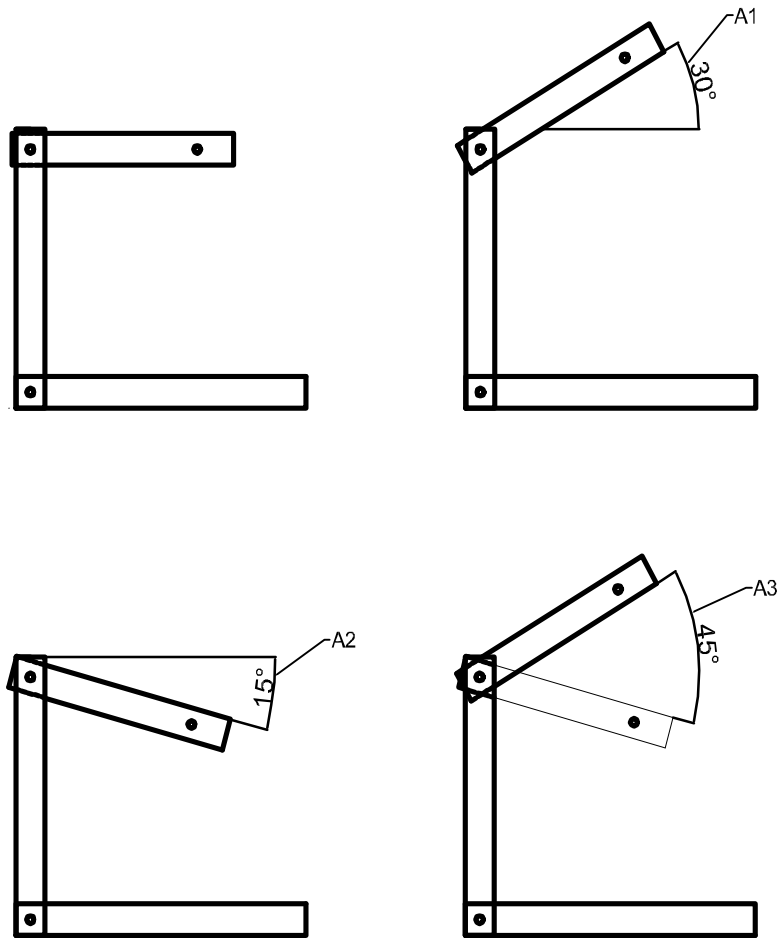
MUNARO, André Felipe. Estudo de guindaste hidráulico para içamento de contêiner de entulhos. Trabalho de conclusão de curso, Pato Branco, 201./jun. 2018. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/344/1/PB\\_COEME\\_2011\\_2\\_01.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/344/1/PB_COEME_2011_2_01.pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2018.

SARKIS, N. A.; MAURO, R. F.; GUADALUPE, A. O. **Pré-vestibular Física**. 4ed. São José dos Campos-São Paulo: Poliedro, 2018. p.126. Acesso em: 03 mai. 2018.

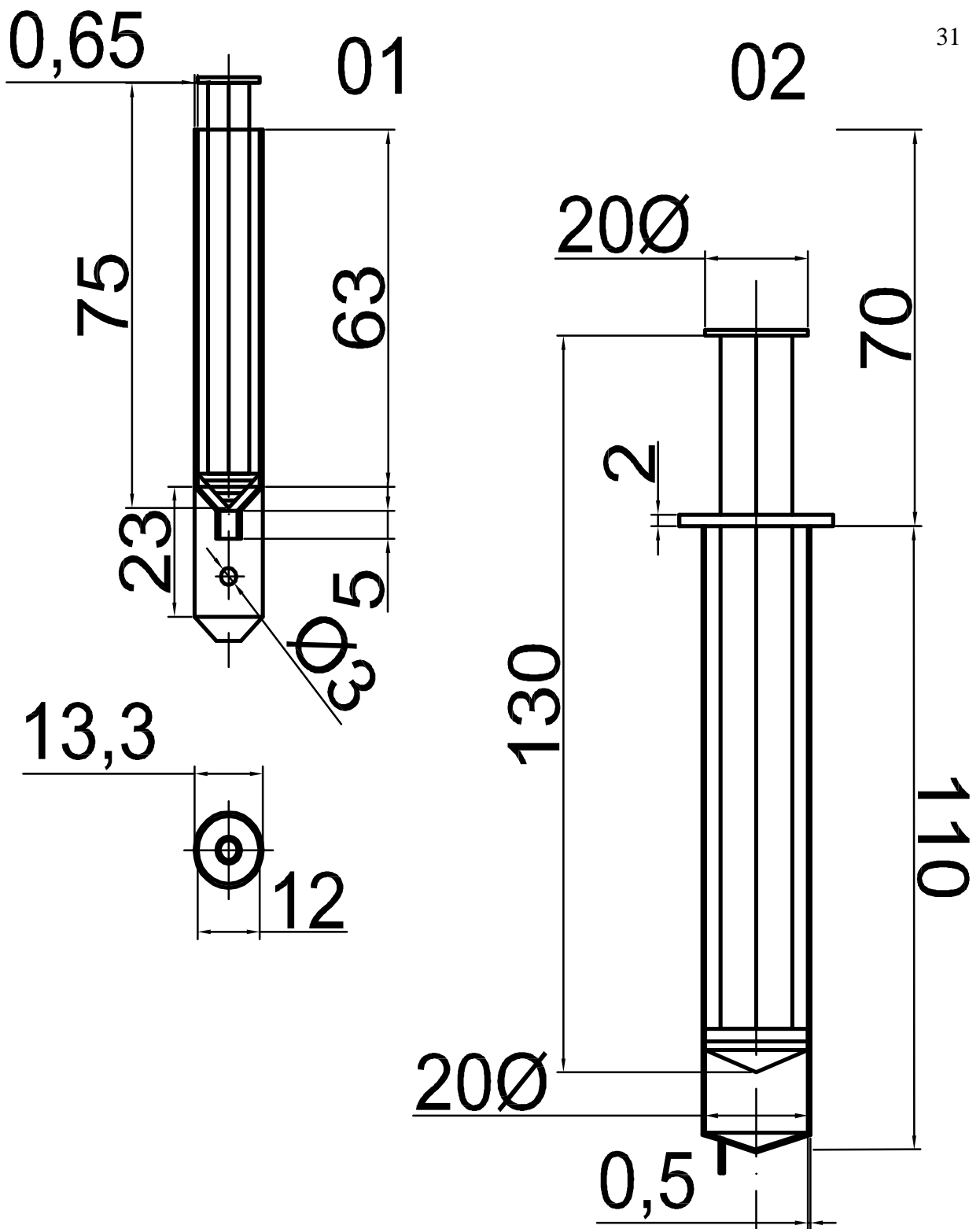




4	1	Gancho Bicromatizado	DIN 7540
3	30	Arruela	DIN 1441
2	5	Porca Sext.	DIN EN 24032
1	5	Parafuso Cab. Sext.	DIN EN 24017
Número	Unidade	Descrição	Norma DIN
IFMG - Campus Arcos			Escala: 1:1
Tabela de Materiais			Folha: 2/4
			TAI 1



Distância Total do Solo	190 mm
Distância Mínima do Solo	64,7 mm
Distância Máxima do Solo	125 mm
IFMG Campus Arcos	Escala: 1:1
	TAI 1      Folha: 3/4
<b>Guindaste Hidráulico</b>	



02	Pistão 2	20ml
01	Pistão 1	5ml
N°	Descrição	Volume
IFMG - Campus Arcos		Escala: 1:1
		TAI 1
		Folha: 4/4

# Pistões

## APÊNDICE B- Cálculo da seringa nas posições críticas

```

%Objetivo: calcular a que forças a seringa está submetida nas posições críticas%
clear
clc
P=input('Entre com peso que guindaste levanta em kg:');
m=input('Entre com peso da lança em kg:');
t=input('Entre com angulo em graus entre o mastro e a lança:');
E=(P*9.81)+5 %E:Peso que se deseja levantar + a margem de erro%
G=m*9.81 %G:Peso da lança%
if t==120
    theta=t-90; %theta:Angulo entre o eixo x e lança%
    t2=theta+32;
    C=[0 -E;0.23*cosd(theta) 0];
    B=[0 -G;0.13*cosd(theta) 0];
    M=det(C)+det(B);
    F=-M/(cosd(t2)*0.065-sind(t2)*0.115830848)
    Ay=F*sind(t2)-E-G
    Ax=F*cosd(t2)
    fprintf('A força que pistão precisa realizar na posição maxima é de:%fN \nTensão no
parafuso no eixo x:%fN \nTensão do parafuso no eixo y:%fN',F,Ax,Ay)
elseif t==75
    t2=t-32; %Angulo entre o eixo x e força que seringa realiza%
    C=[0 -E;0.23*sind(t) 0];
    B=[0 -G;0.13*sind(t) 0];
    M=det(C)+det(B);
    F=M/(sind(t2)*0.125570357+cosd(t2)*0.033646475);
    Ay=F*sind(t2)-E-G;
    Ax=F*cosd(t2);
    fprintf('A força que pistão precisa realizar na posição minima é de:%fN \nTensão no
parafuso no eixo x:%fN \nTensão do parafuso no eixo y:%fN',F,Ax,Ay)
else t==90
    C=[0 -E;0.23 0];

```



```
B=[0 -G;0.13 0];
M=det(C)+det(B);
F=M/(sind(t)*0.13);
Ax=F*cosd(49);
Ay=F*sind(49)-E-G;
fprintf('A força que pistão precisa realizar na posição horizontal é de:%fN \nTensão no
parafuso no eixo x:%fN \nTensão do parafuso no eixo y:%fN',F,Ax,Ay)
end
```

**APÊNDICE C- Simulação da força no guindaste na posição horizontal**
$$Na=[20:75]$$
$$Y=[\text{rand}(An)]$$
$$Fc=[50./Y]$$
$$M=\text{max}(fc)$$
$$\text{Min}=\text{min}(Fc)$$
$$\text{Me}=\text{median}(Fc)$$

### APÊNDICE D- Cálculo da distância da seringa entre os pontos de fixação.

Ponto A é coordenada de fixação da seringa no braço.

$$A = (13,0)$$

Ponto B é coordenada de fixação da seringa no mastro.

$$B = (0, -15)$$

Ponto O é coordenada de origem.

$$O = (0,0)$$

O vetor  $\overrightarrow{OA}$  é o vetor do parafuso de fixação da seringa no braço.

$$\overrightarrow{OA} = A - O$$

$$\overrightarrow{OA} = (13,0)$$

O vetor  $\overrightarrow{OB}$  é o vetor do parafuso de fixação do mastro no suporte da seringa

$$\overrightarrow{OB} = B - O$$

$$\overrightarrow{OB} = (0, -15)$$

O vetor  $\overrightarrow{AB}$  é a coordenada do parafuso de fixação do mastro no braço até o suporte da seringa.

$$\overrightarrow{AB} = (\overrightarrow{OB}) - (\overrightarrow{OA})$$

$$\overrightarrow{AB} = (-13, -15)$$

Como no cálculo foi obtido coordenadas, e se precisava de medidas, foi calculado então através de modulo o valor da distância.

$$|\overrightarrow{AB}| = \sqrt{(-13)^2 + (-15)^2}$$

$$|\overrightarrow{AB}| = \sqrt{394}$$

$$|\overrightarrow{AB}| = 19,85$$

Calculo realizado no Matlab

```
Ax=input('Entre com o valor do braço no eixo x: ')
Bx=input('Entre com o valor do mastro no eixo x: ')
Ay=input('Entre com o valor do braço no eixo y: ')
By=input('Entre com o valor do mastro no eixo y: ')
Distancia= sqrt((Ax+Bx)^2+(Ay+By)^2)
fprintf('O valor da distância é %g\n', Distancia)
disp('A seringa deve conter a medida que possui a distância.')
```