



**CENTRO PAULA SOUZA  
ETEC - JÚLIO DE MESQUITA  
Curso técnico em Mecânica**

**Gustavo Bernardes Souza  
Levi Nathan Araújo Santos  
Matheus Guilherme Ferreira do Nascimento  
Matheus Souto Spontone  
Murillo Cardoso Teixeira  
Vitória de Oliveira Teixeira Siqueira**

**BRAÇO PANTOGRÁFICO**

**Santo André  
2022**

# **BRAÇO PANTOGRÁFICO**

**Gustavo Bernardes Souza**

**Levi Nathan Araújo Santos**

**Matheus Guilherme Ferreira do Nascimento**

**Matheus Souto Spontone**

**Murillo Cardoso Teixeira**

**Vitória de Oliveira Teixeira Siqueira**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em mecânica da ETEC Júlio de Mesquita, orientado pelo Prof. Rinaldo Ferreira Martins, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em mecânica.

**Santo André**

**2022**

## Lista de ilustrações

Figura 1. (Braço pantográfico aéreo) (kpa automação, 2022)	09
Figura 2. (Braço pantográfico fixo) (árticos, 2022)	10
Figura 3. (Guindaste grego) (Palfinger ,2022)	11
Figura 4. (Guindaste romano) (Palfinger ,2022)	11
Figura 14. (Croqui do braço pantográfico)	13
Figura 15. (Cronograma do 1º semestre)	14

## **Lista de tabelas**

<b>1.1.1. Braço pantográfico aéreo</b>	<b>09</b>
<b>1.1.2. Braços pantográfico fixos</b>	<b>10</b>
<b>1.2. Embasamento histórico</b>	<b>10</b>
<b>1.2.1. Croqui do projeto</b>	<b>13</b>
<b>2. Cronograma</b>	<b>14</b>
<b>2.1.1. Componentes mecânicos</b>	<b>17</b>
<b>2.1.2. Desenhos</b>	<b>18</b>
<b>2.1.3. Cálculos estruturais</b>	<b>21</b>

## Lista de símbolos

°.....É uma medida dos ângulos planos correspondendo a 1/360 de uma circunferência

KGF.....Quilograma-força

kN/m.....Quilo newtons por metro

## Sumário

Lista de ilustrações.....	2
Lista de tabelas .....	3
Lista de símbolos .....	4
Sumário.....	5
1. INTRODUÇÃO .....	6
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	6
1.2. APLICAÇÕES.....	7
1.2.1. BRAÇOS PANTOGRÁFICOS AÉREOS.....	7
1.2.2. BRAÇOS PANTOGRÁFICOS FIXOS.....	8
1.3. Embasamento histórico .....	8
2. Dados do projeto .....	11
2.1. Desenvolvimento mecânico .....	11
2.1.1. Croqui do projeto .....	11
3. Cronograma.....	12
3.1. Cronograma das primeiras atividades .....	12
4. Objetivos.....	13
5. Materiais e Métodos.....	14
5.1.1. Componentes mecânicos .....	15
5.1.2. Desenhos .....	16
5.1.3. Cálculos estruturais .....	19
6. Considerações.....	27

# **1. INTRODUÇÃO**

## **2.2. CONTEXTUALIZAÇÃO**

Como recurso fundamental para o trabalho na movimentação e deslocamento de cargas e equipamentos, o braço pantográfico é uma ferramenta prática e muito útil no trabalho mecânico, com foco, principalmente na movimentação de cargas com precisão. Com ampla resistência e uma dinâmica extremamente acessível, o braço exerce um trabalho de muita confiança nas funções a desempenhar, auxiliando no desenvolvimento destes processos.

Os braços pantográficos são dotados de duas barras paralelas articuladas em um sistema de mancal. Por este motivo, realiza suas atividades em apenas uma direção seja ela horizontal ou vertical.

Assim como os outros tipos de braços articulados, os braços pantográficos são muito úteis em diversas aplicações, devido a sua praticidade e flexibilidade de trabalho, onde garante um ambiente de trabalho ergonomicamente correto para operações específicas como, por exemplo, aparafusamento e furação, e precisão na movimentação de cargas, onde produtos devem estar posicionados precisamente.

## 2.3. APLICAÇÕES

Existem duas aplicações mais comuns na utilização de braços pantográficos para movimentação de carga de um local para outro. Que são aéreos e fixos.

### 2.3.1. BRAÇOS PANTOGRÁFICOS AÉREOS

É composto, basicamente, de coluna, eixo principal e braço pantográfico, que conta com barras paralelas articuladas, como descrito anteriormente, considerando uma capacidade máxima de 300 kgf para transporte de carga e giro de 360° em torno de sua coluna. Estes braços são fixados em colunas ou estruturas das empresas.

Para precisão e resistência, a ferramenta ainda pode contar com acessórios de comando para a manipulação das cargas.



figura 1. (Braço pantográfico aéreo) (kpa automação,2022)

### 2.3.2. BRAÇOS PANTOGRÁFICOS FIXOS

Este modelo é ideal para locais com estrutura e espaço suficientes para fixação no solo, uma vez que, diferentemente do braço pantográfico aéreo, possui uma base, para fixação desta maneira. Sua capacidade máxima é de 300 kgf e o braço transporta cargas com giro de 360°.

Assim, é possível contar com os braços pantográficos para a realização de atividades que envolvam movimentação de carga e atividades onde seja necessária precisão e resistência, de modo que, para garantir esta situação, este braço ainda aceita acessórios de comando.



figura 2. (Braço pantográfico fixo) (árticos ,2022)

### 2.4. Embasamento histórico

Desde a pré-história o homem procura formas de automatizar processos de produção, onde o ganho de qualidade, quantidade e o aumento de produção geram lucros iminentes, a automação substitui o trabalho braçal por máquinas computadorizadas e robôs propondo enormes ganhos de produtividade.

Pensando nos braços pantográficos, historicamente o equipamento que se assemelha é o guindaste, assim veremos a evolução dos guindastes durante a história.

O primeiro relato de um dispositivo semelhante a um guindaste foi na Mesopotâmia, onde está localizado o Iraque atualmente, por volta de 3000 a.C. Esse padrão inicial era conhecido como shadouf, que possuía um mecanismo de alavanca e era utilizado para levantar água para irrigação.

Após, outros modelos foram sendo inventados, em diversas localidades. Algumas civilizações aprimoraram esses equipamentos.

Na Grécia antiga, os guindastes para construção surgiram em 515 a.C, de acordo com os registros arqueológicos. Estes, eram movidos por homens ou animais (burros) e, neste período, foi introduzido o guincho de polia ou trispastos, mas, logo foi substituído por rampas como o principal meio de transporte vertical.

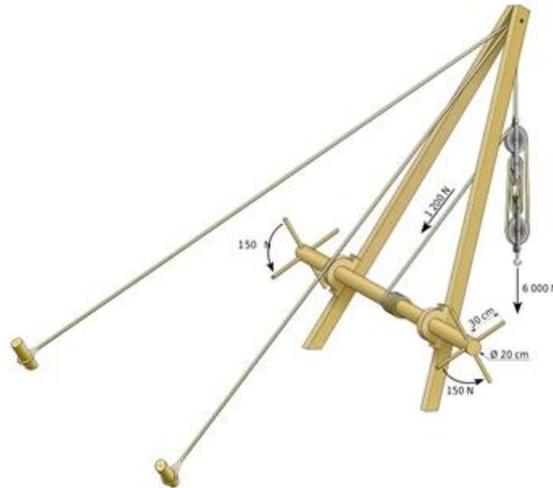


figura 3. (Guindaste grego) (Palfinger ,2022)

O Império Romano desenvolveu guindastes maiores e passou a empregar rodas de esteira humana, permitindo levantamento de pesos maiores. O modelo mais utilizado era o Penta pastos, que consistia em uma lança de viga única, um guincho, uma corda e um bloco contendo cinco polias.



figura 4. (Guindaste romano) (Palfinger ,2022)

No século XIX, com a ascensão das indústrias siderúrgicas, os guindastes passaram a ser de ferro. Com a evolução da Revolução Industrial, a demanda por

guindastes só aumentava. Devido à grande versatilidade no uso, esses equipamentos se popularizaram.

Após essas evoluções surgiram muitas variações, o braço pantográfico é uma delas, um equipamento compacto, de fácil manuseio, fácil instalação e com grande utilidade principalmente no setor industrial.

### 3. Dados do projeto

#### 3.1. Desenvolvimento mecânico

##### 3.1.1. Croqui do projeto

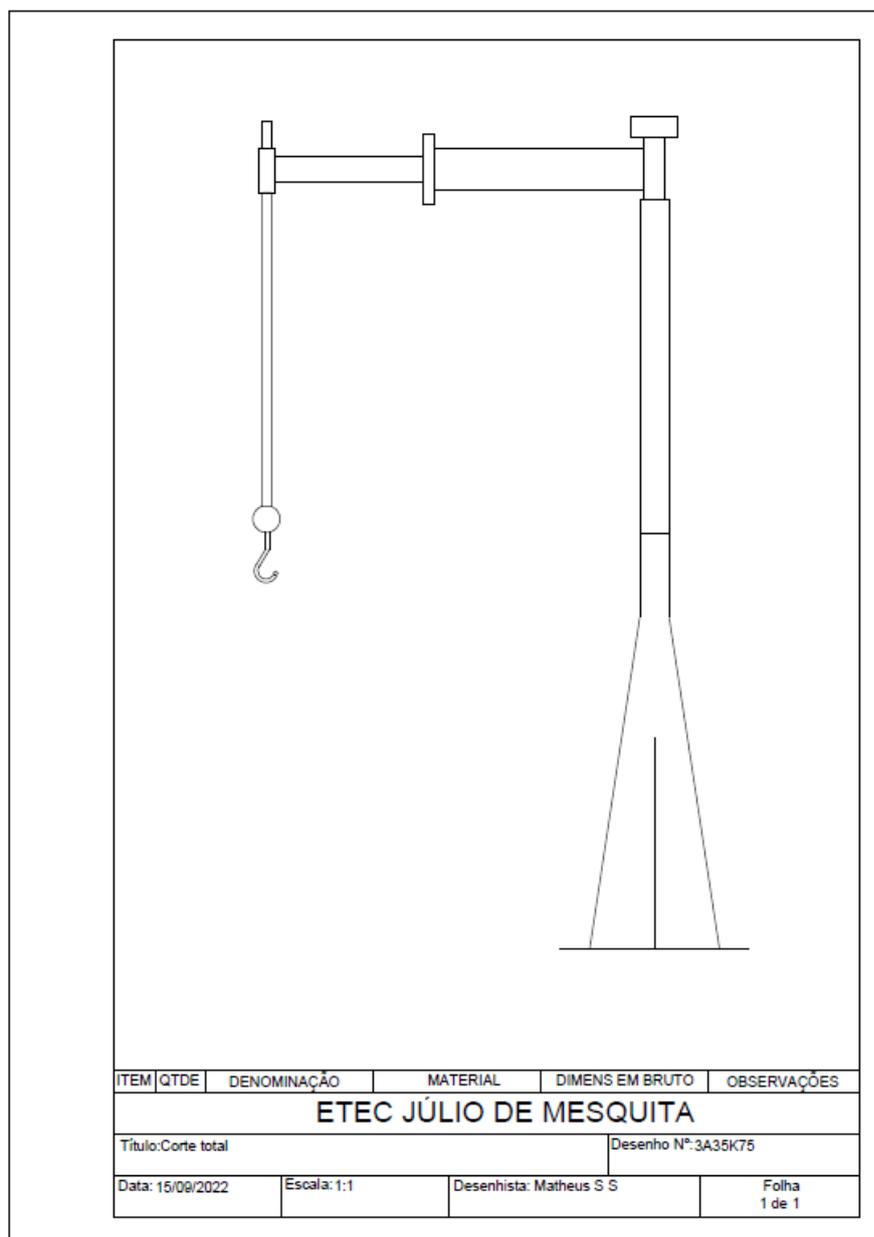


Figura 2. (Croqui do braço pantráfico)

## 4. Cronograma

### 4.1. Cronograma das primeiras atividades

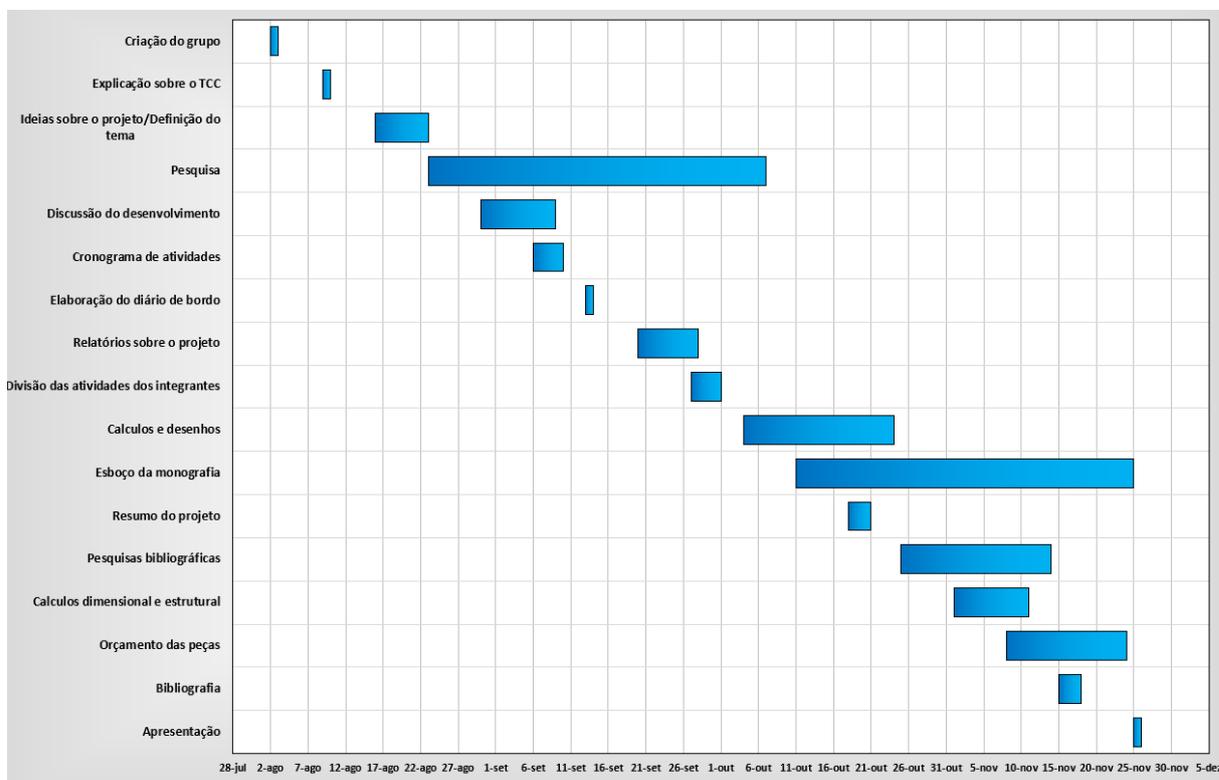


Tabela 1. (Cronograma 1º Semestre)

## 5. Objetivos

Possibilitar a movimentação de cargas através de um dispositivo prático versátil e de várias aplicações, tornando possível adequação da ergonomia no ambiente de trabalho melhorando a produtividade e condições de vida do colaborador

O braço pantográfico tem como intuito fazer o movimento de maneira precisa, tendo uma escala ajustável de acordo com seus movimentos, podendo haver um tipo de movimento aumentado quanto reduzido, tendo movimentos controlado pelo operador. Sendo um equipamento muito versátil podendo se adaptar a diferentes aplicações e necessidades, capaz de ser incrementado a ele componentes com base na aplicação pretendida

.

## **6. Materiais e Métodos**

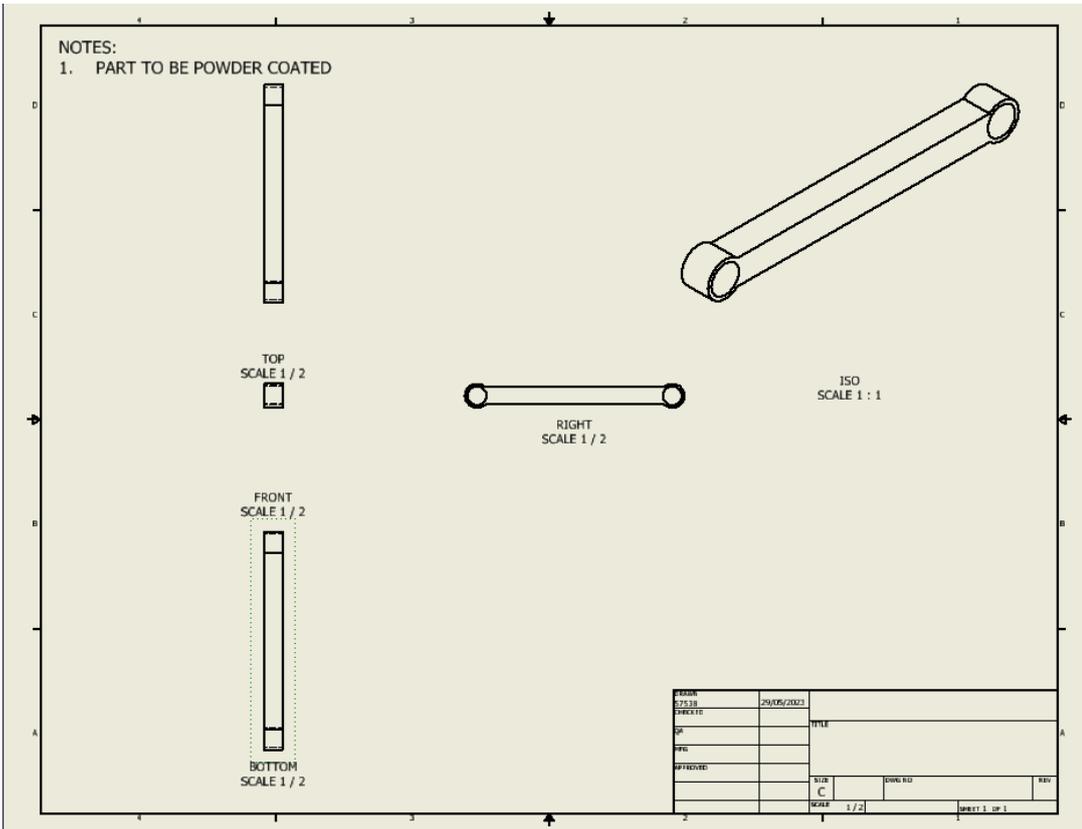
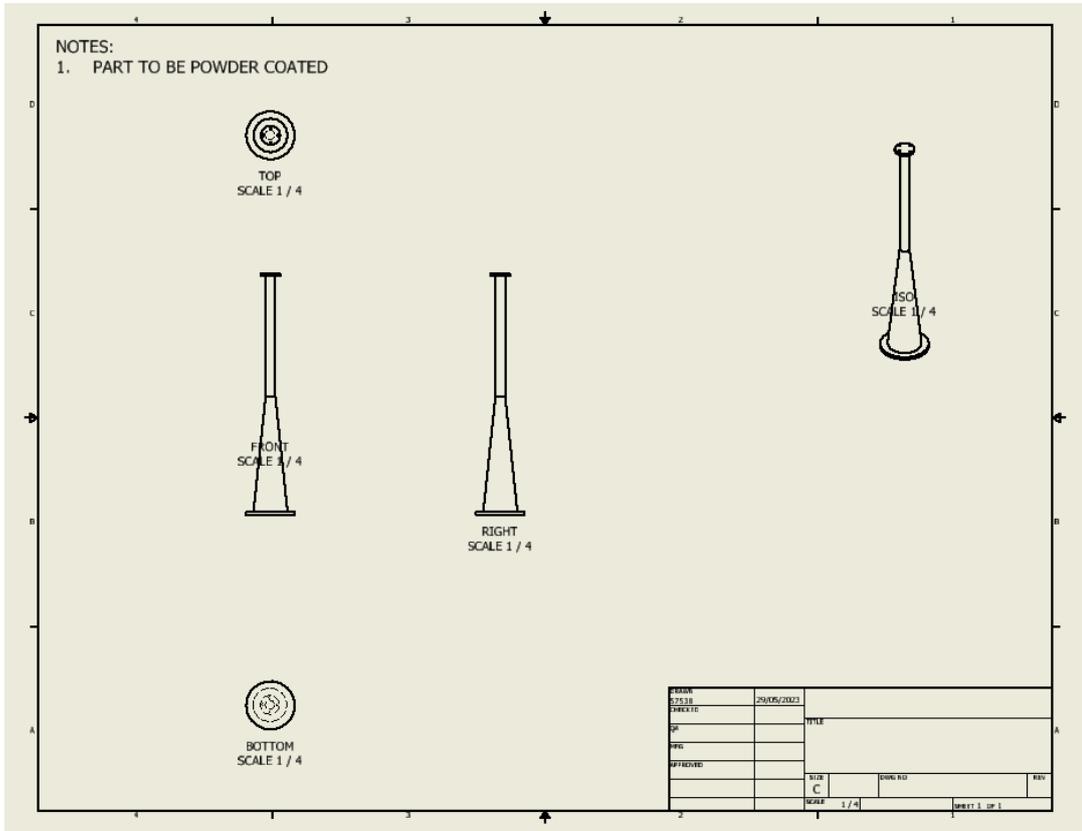
Material para desenvolvimento será aço devido a sua resistência mecânica praticidade e versatilidade. Para que possibilite a suspensão de peso é necessária uma estrutura confiável, serão feitos cálculos de soldas, espessuras de material, distância dos componentes e elementos de fixação. Cortar e usinar os elos metálicos de acordo com as dimensões desejado e o tamanho pré-definido, fazendo a garantia de comprimentos iguais, delimitar as tolerâncias que este equipamento possa ter .

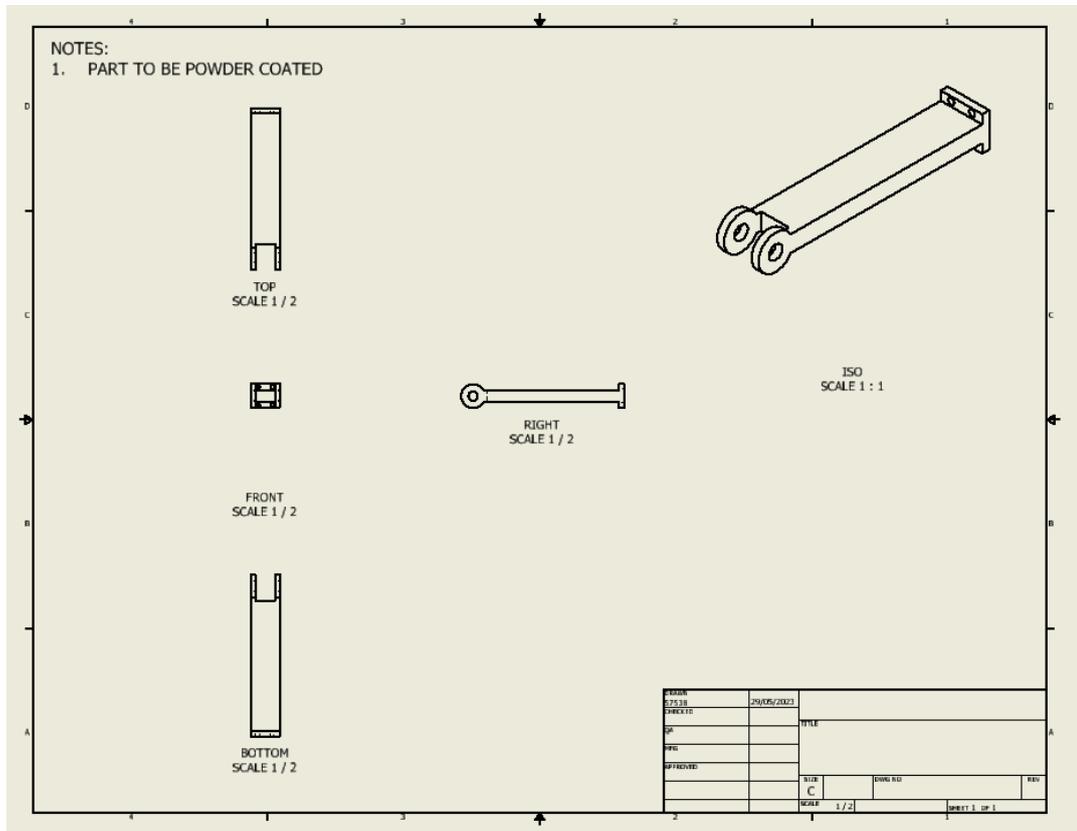
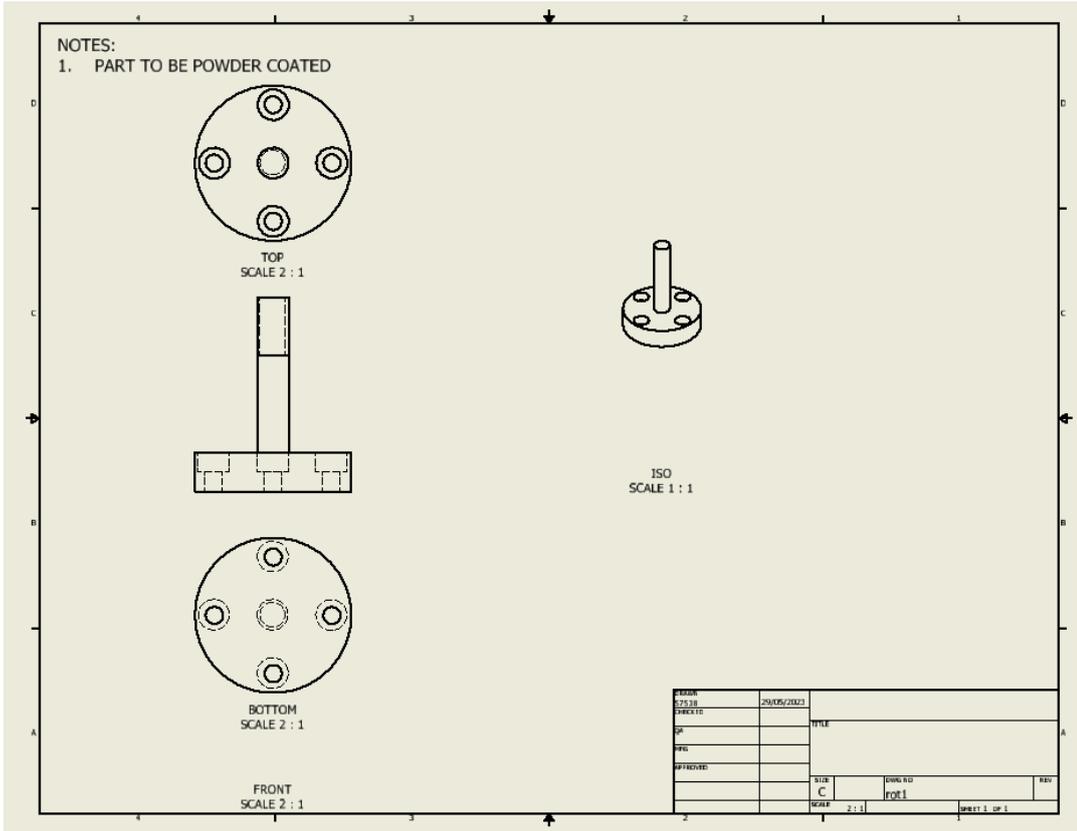
### 6.1.1. Componentes mecânicos

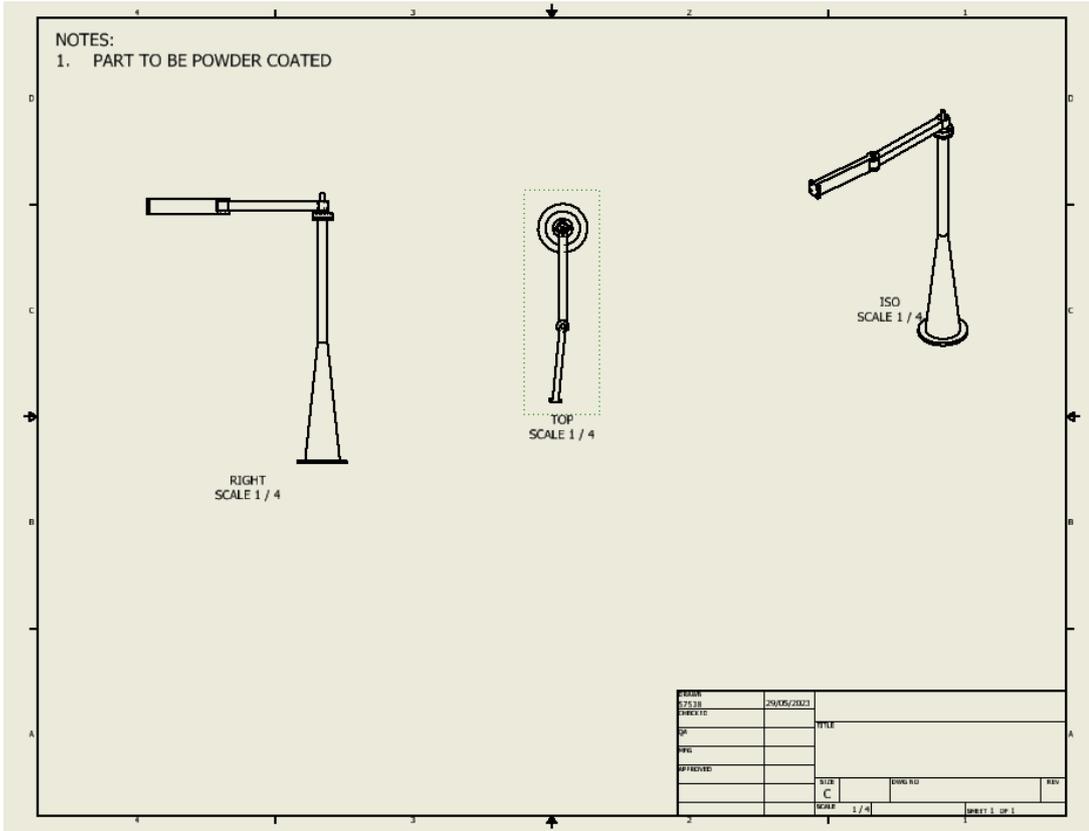
Componentes mecânicos utilizados para fabricação do protótipo.

- Rolamentos
- Chapa de aço
- Parafusos
- Porcas
- Arruelas
- Barra redonda de aço
- Barra quadrada de aço
- Eixo principal
- Elementos Pneumáticos:
  - Cilindro
  - Válvula
  - Conectores
  - Mangueiras

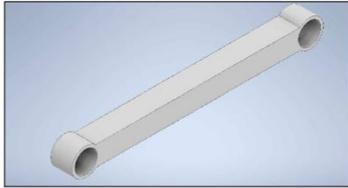
### 6.1.2. Desenhos







Folha de processo

 <small>Júlio de Mesquita</small> <small>Santo André</small>	1	Executor: Matheus Souto	Equipamento	
	Haste Primária	N° da Peça: 1	Braço Pantográfico	
Operação: Usinagem	Tempo de Operação: 5 hr	N° do Desenho: 1	Material	
	Aço Carbono		Ferramental	
	Torno CNC Esmerilhadeira Policorte		Parâmetros de Processo	
EPI's		Vc = 75,22 m/min; N = 600 rpm Tc= 5,04s.		
Óculos de segurança		Descrição da Operação		
Medição e corte da barra de aço carbono, depois disso a peça foi colocada no torno e usinada, com as medidas necessárias para o nosso projeto.		Instrumentos de Operação		
		Paquímetro Martelo bola Trena		
		Frequência de Inspeção		
		10 dias		
Meta de Produção/dia: 1 un		Nome	Assinatura	Data
Produção/hora: Peça única	Elaborado	Matheus Souto		05/04/2023
	Aprovado	Matheus Souto		05/04/2023

 <small>Júlio de Mesquita</small> <small>Santo André</small>	1	Executor: Matheus Souto	Equipamento	
	Haste Secundária	N° da Peça: 1	Braço Pantográfico	
Operação: Usinagem	Tempo de Operação: 4 hr	N° do Desenho: 1	Material	
	Aço Carbono		Ferramental	
	Torno CNC Esmerilhadeira Martelo bola Policorte		Parâmetros de Processo	
EPI's		Vc = 75,22 m/min; N = 600 rpm Tc= 5,04s.		
Óculos de Segurança		Descrição da Operação		
Medição e corte da barra de aço carbono, depois disso a peça foi colocada no torno e usinada, com as medidas necessárias para o nosso projeto.		Instrumentos de Operação		
		Paquímetro Martelo bola Trena		
		Frequência de Inspeção		
		10 dias		
Meta de Produção/dia: 1 un		Nome	Assinatura	Data
Produção/hora: Peça única	Elaborado	Matheus Souto		05/04/2023
	Aprovado	Matheus Souto		05/04/2023

 <small>Júlio de Mesquita</small> <small>Santo André</small>	1	Executor: Matheus Souto	Equipamento	
	Flange com Barra	N° da Peça: 1	Braço Pantográfico	
Operação: Usinagem	N° do Desenho: 1			
Tempo de Operação: 6 hr				
	Material			
	Aço Carbono			
Ferramental				
Torno CNC Esmerilhadeira Martelo bola Polcorte				
Parâmetros de Processo				
Vc = 75,22 m/min; N = 600 rpm Tc= 5,04s.				
EPI's				
Óculos de Segurança				
Descrição da Operação		Instrumentos de Operação		
Medição e corte da barra de aço carbono, depois disso a peça foi colocado no torno e usinada, com as medidas necessárias para o nosso projeto.		Paquímetro Martelo bola Trena		
		Frequência de Inspeção		
		10 dias		
Meta de Produção/dia: 1 un		Nome	Assinatura	Data
Produção/hora: Peça única	Elaborado	Matheus Souto		05/04/2023
	Aprovado	Matheus Souto		05/04/2023

 <small>Júlio de Mesquita</small> <small>Santo André</small>	1	Executor: Matheus Souto	Equipamento	
	Base	N° da Peça: 1	Braço Pantográfico	
Operação: Corte e solda	N° do Desenho: 1			
Tempo de Operação: 2 hr				
	Material			
	Aço Carbono			
Ferramental				
Máquina de Solda Esmerilhadeira Martelo bola Polcorte				
Parâmetros de Processo				
Vc = 75,22 m/min; N = 600 rpm Tc= 5,04s.				
EPI's				
Mascara de solda, Avental, luva de raspa, perneira, mangote				
Descrição da Operação		Instrumentos de Operação		
Medição e corte da barra tubular, depois disso limpeza e preparação para iniciar a solda.		Paquímetro Martelo bola Trena		
		Frequência de Inspeção		
		10 dias		
Meta de Produção/dia: 1 un		Nome	Assinatura	Data
Produção/hora: Peça única	Elaborado	Matheus Souto		05/04/2023
	Aprovado	Matheus Souto		05/04/2023

## **O que é Manutenção**

Manutenção é a ação de manter, sustentar, consertar ou conservar alguma coisa ou algo.

A manutenção é formada por um conjunto de ações que ajudam no bom e correto funcionamento de algo, como por exemplo a manutenção das máquinas de um avião.

O termo manutenção também pode estar relacionado com a conservação periódica, ou seja, com os cuidados e consertos que são feitos entre determinados períodos com o intuito de preservar, como por exemplo a manutenção de um patrimônio histórico.

A manutenção tem o intuito de reparar ou repor algo que está estragado ou que não funciona corretamente, consertando para que volte a desenvolver a função requerida inicialmente.

A ABNT NBR 5462/1994 (Confiabilidade e Manutenibilidade), norma que rege os conceitos e tange a manutenção como um sistema, ramo e área industrial, define manutenção como a combinação de ações técnicas e administrativas, inclusive as de coordenação, destinadas a manter ou recolocar um dado equipamento, instalação ou sistema, na sua principal função requerido, outrora projetado.

## TIPOS DE MANUTENÇÃO

### MANUTENÇÃO CORRETIVA

Quando um equipamento avaria, tem de ser reparado (ou substituído!). É este o pressuposto da manutenção corretiva, também chamada manutenção reativa. Por outras palavras, é a atividade técnica executada depois da ocorrência de uma avaria e tem como objetivo restaurar o ativo para uma condição em que pode funcionar como pretendido, quer pela sua reparação ou por substituição.

Exemplo: No caso de algum rolamento, haste ou mangueira do cilindro pneumático quebrar.

#### VANTAGENS

Como esta abordagem é caracterizada por ações de manutenção após a ocorrência de uma falha, é ideal para equipamentos de baixa prioridade, ou seja, sem os quais as operações da empresa podem continuar a funcionar normalmente.

Ele se aplica a equipamentos de menor valor, visto que o trabalho necessário para lhes dar manutenção ou monitorização constante pode acabar por ser mais caro do que a reparação ou substituição quando há avarias. Um exemplo simples seria uma lâmpada, que pode ser usada até fundir e deve, então, ser substituída.

Tendo em conta que é necessário muito pouco planeamento para esta abordagem, o seu custo de implementação é muito baixo, em comparação com as alternativas.

#### DESVANTAGENS

O problema está em confiar na manutenção corretiva para ativos de prioridade média ou alta. Já que não são realizadas quaisquer ações preventivas numa estratégia de Manutenção Corretiva, o tempo de vida dos equipamentos acabará por ser mais curto do que com uma das estratégias alternativas.

Se aplicada a equipamentos de elevada prioridade ou valor (não deve ser!), levará eventualmente a paragens inesperadas e, possivelmente, enormes custos de reparação.

## MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção preventiva surge por oposição à manutenção corretiva. Em vez de esperar que a avaria ocorra, este tipo de manutenção tem como objetivo prevenir que aconteça.

A manutenção preventiva ocorre de forma cíclica e programada, independentemente da condição do ativo e com o objetivo de evitar avarias e minimizar as consequências de colapsos de equipamentos. A frequência é definida pelo gestor de manutenção com base numa estimativa da vida útil do equipamento e nas recomendações do fabricante. Exemplos de ações de manutenção preventiva incluem revisões periódicas, inspeções, limpeza e lubrificação de peças.

Exemplo: Lubrificação do equipamento, inspeção visual e limpeza.

## VANTAGENS

Este tipo de manutenção é imprescindível nos equipamentos essenciais para o funcionamento normal da empresa. Aliás, quanto maior o risco associado a uma determinada avaria, maior a necessidade de manutenção preventiva para aumentar a vida útil do ativo e diminuir o *downtime* não planeado. Um exemplo clássico são os elevadores ou os monta-cargas – uma falha no elevador pode ser arriscada se alguém ficar encurralado; a reparação é longa e um elevador fora de serviço é sempre extremamente incómodo.

## DESVANTAGENS

Como não se baseiam na condição real dos equipamentos, os planos de manutenção preventiva podem, por vezes, ser ineficientes e resultar em ações de manutenção (incluindo substituição de peças) desnecessárias e que custam tempo e dinheiro.

O efeito é agravado quando uma abordagem preventiva é aplicada a ativos de baixa prioridade ou baixo custo que poderiam gerar custos mais baixos se apenas fossem reparados numa base reativa.

## MANUTENÇÃO PREDITIVA

De todos os tipos de manutenção, este é o mais recente e aquele que requer maior investimento a nível tecnológico. A meta da manutenção preditiva é prever quando é que uma avaria está a ponto de ocorrer, quando certas condições indesejáveis são detectadas, então uma reparação é agendada antes da ocorrência de o equipamento efetivamente avariar, eliminando, assim, a necessidade de manutenção corretiva dispendiosa ou manutenção preventiva desnecessária.

Baseia-se na condição física e operacional dos equipamentos, através da monitorização regular e testes da condição e desempenho dos equipamentos, usando técnicas avançadas como análise de vibração, análise de óleo, acústica, testes de infravermelho, ou imagem térmica.

Exemplo: Se identificado a falha através do aparelho que estiver usando, agendar uma manutenção para q seja feita no melhor dia e horário, para não ter q parar a produção ou diminuir os gastos.

### VANTAGENS

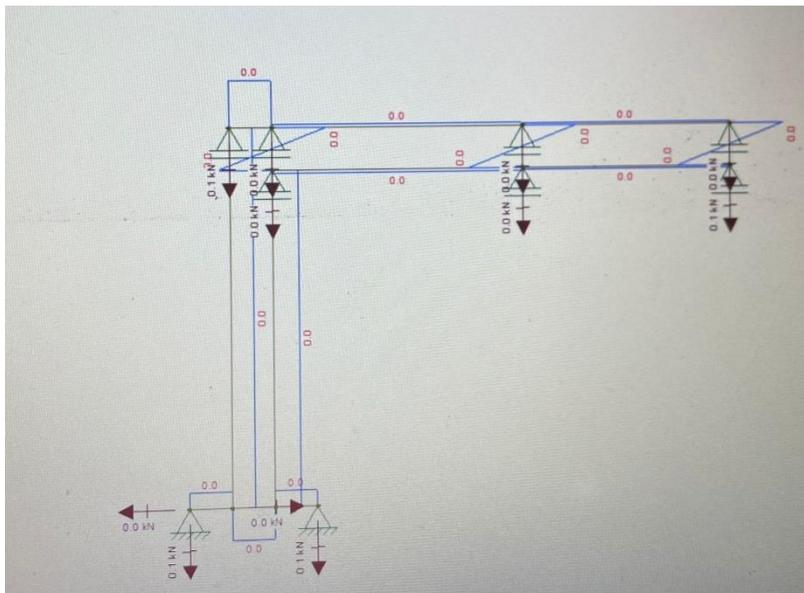
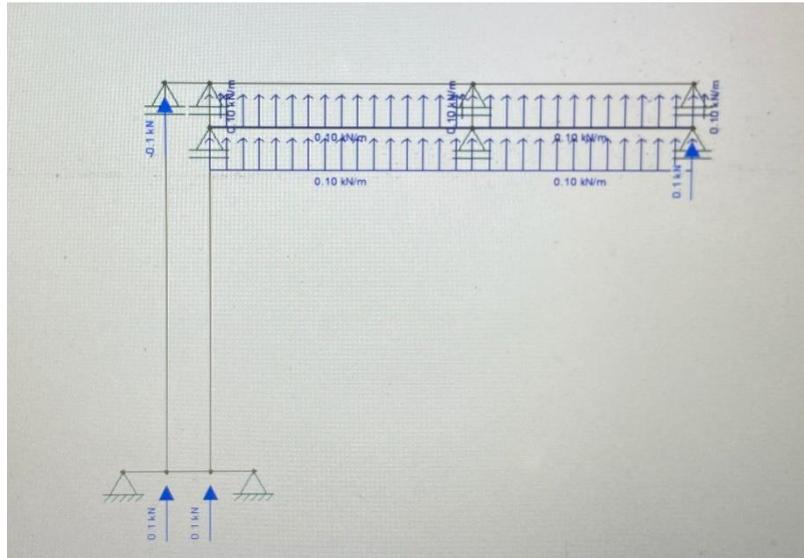
Esta abordagem baseia-se na condição física ou operacional dos ativos aquando da manutenção, ao invés de estatísticas e de calendários previamente definidos. Tenta detectar a falha ainda na sua fase oculta, antes de haver qualquer sinal visível, e na sua fase potencial.

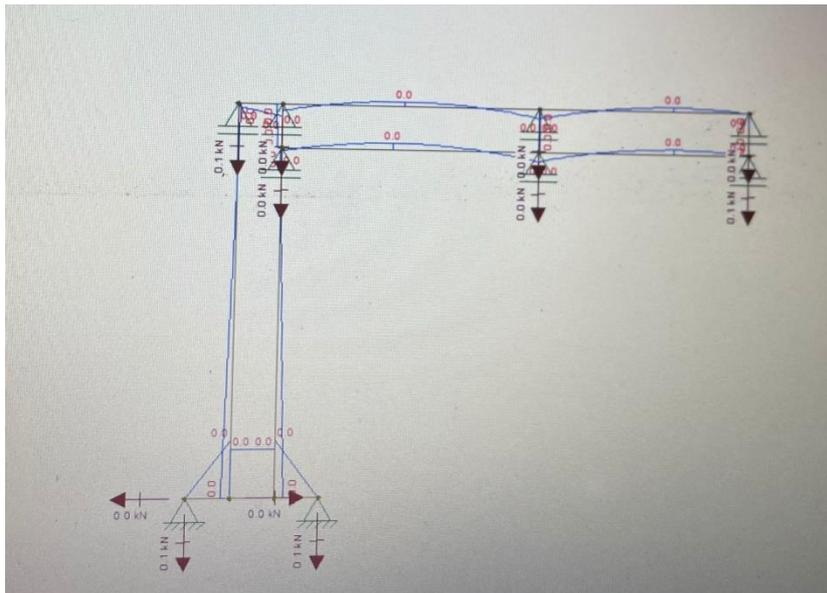
Assim, a manutenção efetuada vai sempre ser mais bem informada, necessária e oportuna, visto que o equipamento só será sujeito a manutenção quando uma avaria é prevista, o que diminuirá os custos e o tempo de mão-de-obra despendidos na manutenção.

### DESVANTAGENS

A necessidade de investir em equipamentos de monitorização específicos, bem como na formação de pessoal para os usar corretamente e interpretar os dados recolhidos, torna a implementação desta estratégia muito cara, que não está geralmente ao alcance de pequenas e médias empresas.

- Cálculos estruturais





## **7. Considerações**

No término desta pesquisa, podemos explorar em detalhes um tema de grande importância na área da mecânica. Durante nossas pesquisas, vimos as aplicações, o funcionamento e os benefícios que este tipo de mecanismos de equipamento pode trazer.

No começo do nosso projeto discutimos muito a respeito da importância do braço pantográfico nas indústrias, se seria um equipamento eficiente e versátil. Sua estrutura articulada que permite movimento controlados e precisos, sendo um equipamento que permite alcançar ponto de difícil acesso, tornando uma ferramenta muito útil em ambientes industriais.

Este projeto nos permitiu compreender a importância de um equipamento na área indústria, tendo uma praticidade e um economia de tempo promissora no campo da manutenção. Apesar dos desafios e problemas, a sua capacidade e seus benefícios são inegáveis e seu potencial para melhorar a eficiência e as operações indústrias são evidentes.