



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA**

**COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE  
TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**



**ALLAN DUTRA NOGUEIRA**

**AUTOMAÇÃO DO REBOBINADOR DE UM RELÓGIO  
MECÂNICO DE TORRE**

**CAJAZEIRAS-PB  
2021**

**ALLAN DUTRA NOGUEIRA**

**AUTOMAÇÃO DO REBOBINADOR DE UM RELÓGIO MECÂNICO  
DE TORRE**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação do Curso  
Superior de Tecnologia em Automação  
Industrial, do IFPB – Campus Cajazeiras,  
como requisito para obtenção do grau de  
Tecnólogo em Automação Industrial.

**ORIENTADOR: ABINADABE SILVA ANDRADE  
COORIENTADOR : MARTILIANO SOARES FILHO**

**CAJAZEIRAS-PB  
2021**

Campus Cajazeiras  
Coordenação de Biblioteca  
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva  
Catalogação na fonte: Daniel Andrade CRB-15/593

N778a

Nogueira, Allan Dutra

Automação do rebobinador de um relógio mecânico de torre / Allan Dutra Nogueira; orientador Abinadabe Silva Andrade; coorientador Martiliano Soares Filho.- 2021.

77 f.: il.

Orientador: Abinadabe Silva Andrade.

TCC (Tecnólogo em Automação Industrial.) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2021.

1. Relógios 2. Rebobinador eletromecânico 3. Automação I. Título

CDU 681.11.03(0.067)

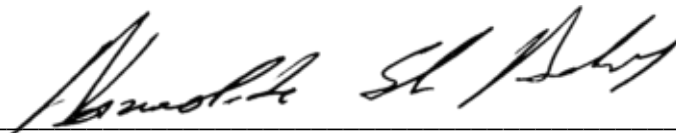
**ALLAN DUTRA NOGUEIRA**

**AUTOMAÇÃO DO REBOBINADOR DE UM RELÓGIO MECÂNICO  
DE TORRE**

Trabalho de Conclusão de Curso  
submetido à Coordenação do Curso de  
Tecnologia em Automação Industrial do  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Paraíba, como parte dos  
requisitos para a obtenção do grau de  
Tecnólogo em Automação Industrial.

Aprovado em: 04/06/2021

**BANCA EXAMINADORA:**



---

**Prof. Dr. Abinadabe Silva Andrade**  
(IFPB-Campus Cajazeiras – Orientador)



---

**Prof. Me. Martiliano Soares Filho**  
(IFPB-Campus Cajazeiras – Coorientador)



---

**Prof. Me. Jailton Ferreira Moreira**  
(IFPB-Campus Cajazeiras – Examinador 1)



---

**Prof. Me. Francisco Mendes de Abreu**  
(IFPB-Campus Cajazeiras – Examinador 2)

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo automatizar o rebobinador da corda do relógio da coluna da hora de São João do Rio do Peixe/PB com a construção de um rebobinador eletromecânico. E para que esse objetivo fosse atingido, estudamos o funcionamento da corda do relógio, identificamos os equipamentos e componentes necessários para a automação desse processo, dimensionamos os componentes utilizados para a construção e por fim, desenvolvemos os diagramas de ligação e comando. Sendo assim, com a construção desse rebobinador, um trabalho que era desenvolvido de forma manual passou a ser realizado de forma automática, tendo como vantagens a redução do tempo de rebobinamento e a dispensa de esforço humano. Dessa forma, o relógio passou a realizar o processo de rebobinamento da corda automaticamente, não sendo necessário o esforço de um operador para desenvolver essa atividade e também ocorreu a redução do tempo de atraso do relógio, fazendo com que ele não pare mais de funcionar.

**Palavras-chave:** Relógio. Rebobinador eletromecânico. Automação.

## **ABSTRACT**

The present work aims to automate the winding rewinder of the clock column of the São João do Rio do Peixe/PB time column with the construction of an electromechanical rewinder. And in order for this objective to be achieved, we studied the functioning of the watch string, identified the equipment and components necessary for the automation of this process, dimensioned the components used for the construction and finally, developed the connection and command diagrams. Thus, with the construction of this rewinder, work that was developed manually started to be carried out automatically, with the advantages of reducing rewinding time and dispensing with human effort. In this way, the watch started to automatically rewind the rope, without the need for an operator to carry out this activity and there was also a reduction in the time delay of the watch, making it stop working.

Keywords: Clock. Electromechanical rewinder. Automation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Partes do relógio de torre .....	12
Figura 2: Mecanismo do Relógio de Torre .....	13
Figura 3: Tambor do trem de rodagem.....	14
Figura 4: Âncora e escape .....	14
Figura 5: Transmissão mecânica dos ponteiros .....	15
Figura 6: Transmissão mecânica dos ponteiros conectada a os mostradores .	15
Figura 7: Trem dos ponteiros .....	16
Figura 8: Roda contadora.....	16
Figura 9: Dispositivo de ajustes.....	17
Figura 10: Mecanismo proposto .....	18
Figura 11: Chave fim de curso NF e alavanca que libera o trem das batidas ..	19
Figura 12: Fluxograma sem Automação.....	20
Figura 13: Fluxograma com automação .....	21
Figura 14: Estrutura de montagem do mecanismo.....	22
Figura 15: Estrutura de montagem do mecanismo instalada .....	23
Figura 16: Rebobinador do trem de rodagem.....	24
Figura 17: Rebobinador do trem das batidas .....	25
Figura 18: Seleção de perfil de correias Hi-Power II.....	30
Figura 19: Montagem da estrutura de abrigo do mecanismo .....	49
Figura 20: Identificação dos elementos dimensionados .....	49
Figura 21: Base do motor .....	50
Figura 22: Motores fixados na estrutura .....	50
Figura 23: Motor elétrico.....	51
Figura 24: RELÉ FALTA DE FASE .....	55
Figura 25: CHAVE FIM DE CURSO .....	57
Figura 26: DIAGRAMA ELÉTRICO DE COMANDO E FORÇA.....	58
Figura 27: QUADRO DE COMANDO E FORÇA .....	58
Figura 28: Vista interna frontal da coluna da hora.....	59
Figura 29: Vista interna de cima da coluna da hora .....	60
Figura 30: Estrutura mecânica montada.....	60
Figura 31: Chaves fim de curso NF .....	61
Figura 32: Pesos no ponto inicial da corda.....	61
Figura 33: Pesos no ponto final da corda .....	62
Figura 34: Chaves fim de curso NA.....	62
Figura 35: Coluna da hora em construção 1948 .....	68
Figura 36: Coluna da hora 1970.....	68
Figura 37: Coluna da hora 1975.....	69
Figura 38: Coluna da hora 2010.....	69
Figura 39: Coluna da hora 2020.....	70
Figura 40: Vista interna da Torre.....	70
Figura 41: Vista frontal da Máquina do Relógio.....	71
Figura 42: Vista traseira da Máquina do Relógio.....	71
Figura 43: Vista lateral esquerda dos tambores e cabos de aço.....	72
Figura 44: Quadrado do trem de rodagem .....	72
Figura 45: Quadrado do trem das batidas.....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fator de Serviço(mecânico).....	29
Tabela 2: Diâmetro pitch mínimos recomendados para correias Hi-Power II(em polegadas).....	31
Tabela 3: Comprimento das Correias H i- Power II .....	34
Tabela 4: Fator de Correção da Distância entre Centros (h).....	35
Tabela 5: Classificação de CV por correia (mm) pra correias Hi-Power II.....	37
Tabela 6: Fator de correção de comprimento de correias Hi-Power II .....	37
Tabela 7: Fator de correção de Arco de Contato .....	38
Tabela 8: Número Mínimo de Dentes.....	40
Tabela 9: Número Máximo de Rotações(rpm).....	42
Tabela 10: Coeficiente de Segurança ns.....	44
Tabela 11: Catálogo GWK.....	45
Tabela 12: Catálogo do fabricante WEG .....	54



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NA: Contato normalmente aberto

NF: Contato normalmente fechado

K1: Contator 1

K2: Contator 2

K : Relé falta de fase

F1: Relé de sobrecarga 1

F2: Relé de sobrecarga 2

Q1: Disjuntor trifásico

Q2: Disjuntor monofásico

S: chave fim de curso nf

B0 : chave fim de curso nf

B2: chave fim de curso nf

B1: chave fim de curso na

B3: chave fim de curso na

M: Motor

I<sub>p</sub>: Corrente de partida

I<sub>p</sub>/I<sub>n</sub>: Fator que define a corrente de partida dos motores(Esse valor simboliza quantas vezes a corrente nominal será multiplicada para encontrar qual a corrente de partida)

I<sub>n</sub>: Corrente nominal

F<sub>s</sub>: Fator de serviço

A: Ampere

I<sub>c</sub>: Corrente nominal do contator

VAC: Tensão alternada

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	9
1.1 METODOLOGIA .....	10
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	11
<b>2 DESENVOLVIMENTO</b> .....	12
2.1 CONHECENDO O RELÓGIO DE TORRE .....	12
2.2 PROPOSTA DE AUTOMATIZAÇÃO .....	17
<b>2.2.1 Princípio de Funcionamento</b> .....	18
<b>2.2.2 Fluxogramas</b> .....	20
<b>2.2.3 Etapas do processo</b> .....	22
2.2.3.1 Parte Mecânica .....	22
2.2.3.1.1 Construção da estrutura de montagem do mecanismo .....	22
2.2.3.1.2 Dimensionamento do mecanismo de transmissão .....	23
2.2.3.1.2.1 Dimensionamento dos Motores.....	26
2.2.3.1.2.2 Dimensionamento do mecanismo de transmissão da 1ª transmissão.....	28
2.2.3.1.2.3 Dimensionamento do mecanismo de transmissão da 2ª transmissão.....	39
2.2.3.1.3 Montagem do mecanismo .....	48
2.2.3.2 Parte Elétrica.....	51
2.2.3.1 Dimensionamento dos componentes elétricos de força e comando .....	51
2.2.3.1.1 Motores .....	51
2.2.3.1.2 Contatores.....	52
2.2.3.1.3 Relé de sobrecarga .....	53
2.2.3.1.4 Relé falta de fase .....	54
2.2.3.1.5 Disjuntores .....	55
2.2.3.1.6 Chave fim de curso .....	56
2.2.3.1.7 Circuito de Comando e Força.....	57
2.2.3.1.8 Testes.....	59
2.2.3.1.9 Fotos da implementação .....	59
2.3 COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO .....	62
<b>2.3.1 Tempo de Rebobinamento</b> .....	62
<b>2.3.2 Flexibilidade do Rebobinador</b> .....	63

2.3.3 Vantagens .....	63
<b>3 CONCLUSÃO .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>65</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>67</b>
APÊNDICE A.....	68

## 1 INTRODUÇÃO

Hoje em dia, as torres de relógio são admiradas pela sua estética e beleza, mas foram construídas por um propósito importante no passado. Nessa época, a maioria das pessoas não tinham relógios para acompanhar as horas, em vista disso, foram construídas no centro das cidades torres altas com relógios que soavam as badaladas dos sinos marcando as horas e orientando as pessoas a uma longa distancia.

Acompanhando esse pensamento, iniciou-se no ano de 1945 a construção de uma torre que abrigaria 4 relógios no alto. Essa edificação ficou denominada de coluna da hora, que está localizada no centro da Praça da Matriz, na cidade de São João do Rio do Peixe-PB, obra que foi concluída no ano de 1948 e é constituída por um relógio mecânico movido a corda.

O referido relógio encontra-se a uma altura de 15 metros, e é movido por dois pesos de concreto, com massa superior a 75 kg, suspensos por um cabo de aço, preso a um tambor, sobre o qual é enrolado. O seu funcionamento ocorre quando os pesos vão descendo lentamente por gravidade, à proporção que o cabo vai-se desenrolando, fazendo movimentar as engrenagens da máquina, até terminar a corda. Completada essa etapa, que dura 72 horas, o relógio para completamente. Para que ele volte a funcionar, é necessário que o operador suba três lances de escadas que dão acesso ao aparelho, e lhe dê “corda” novamente. Essa manobra consiste em rebobinar o cabo, girando uma manivela, várias vezes, até o peso voltar a ocupar a posição inicial. Essa operação se repete a cada 3 dias, logo, o operador tem que subir constantemente no alto da torre para realizar essa atividade e fazer com que o relógio volte a funcionar.

Pensando nos esforços físicos aplicados pelo operador do relógio, no risco de acidentes e no bom funcionamento do equipamento, a problematização desta investigação volta-se para a possibilidade de automatizar o rebobinador da corda do relógio. Partimos do pressuposto de que com a automatização desse mecanismo dispensará a intervenção de um operador para realizar o processo de dar corda ao relógio, acabará com o risco de acidentes do operador e permitirá o bom funcionamento do relógio.

Partimos, então, do seguinte objetivo geral: automatizar o rebobinador da corda do relógio da coluna da hora de São João do Rio do Peixe com a construção de um rebobinador eletromecânico.

E para atingi-lo, traçamos as seguintes objetivos específicos:

- Estudar o funcionamento da corda do relógio;
- Identificar os equipamentos e componentes necessários para a automação do rebobinador do relógio;
- Dimensionar os componentes utilizados para a construção do rebobinador eletromecânico.
- Desenvolver os diagramas de ligação e comando;
- Construir o rebobinador eletromecânico;

Assim, com a implantação desta pesquisa, foi possível automatizar o mecanismo que sobe os pesos, substituindo o esforço humano por um mecânico, movido por motores elétricos e um conjunto de transmissões mecânicas por correias e correntes. Dessa forma, será dispensada a intervenção de um operador para executar o trabalho de dar “corda” ao relógio; poupando esse funcionário não só dos esforços físicos que desprende, ao subir e descer 14 metros de escadas, como também do risco de sofrer possíveis acidentes. Além de tudo isso, impede que o aparelho pare de funcionar, pois não necessitará mais da presença de ninguém para enrolar o cabo, trabalho esse que passará a ser feito automaticamente pelo “rebobinador eletromecânico”.

## 1.1 METODOLOGIA

O equipamento desenvolvido neste trabalho tem a função de realizar o rebobinamento do relógio de forma automática, nesse caso, o esforço humano foi substituído por um mecânico.

Inicialmente, foi feita uma pesquisa sobre automação de relógios de torre, onde foram encontradas algumas empresas como a BEATEK Sinos e Relógios e RELOKARD, essas empresas executam o trabalho de automação desse tipo de relógio, porém automatizam o relógio e não o rebobinamento da corda, substituindo a máquina mecânica original por uma pequena máquina com acionamento

eletrônico que movimenta os ponteiros do relógio e uma máquina de bater horas que é formada por um mecanismo robusto que utiliza um motor comandado eletronicamente pelo acionador dos ponteiros, essa máquina contém uma haste móvel que puxa um cabo de aço associado a um martelo que bate no sino, acionado pela unidade de horas através de pulsos elétricos.

Em outro caso, o sino é substituído por um sistema eletrônico de som que emite os toques de um sino referente as horas marcadas.

Dessa forma, para a construção do rebobinador eletromecânico, inicialmente, realizamos um estudo sobre a estrutura do relógio e identificamos os equipamentos e componentes necessários para a automação do rebobinador do relógio, depois, partimos para o desenvolvimento da parte mecânica e elétrica. Para tanto, foi construída uma estrutura para a montagem do mecanismo, realizado o dimensionamento do mecanismo de transmissão e também dos componentes elétricos, logo após, foi desenvolvido os diagramas de ligação e comando e realizada a simulação do funcionamento através do programa CADe\_SIMU 4.0, para enfim, chegarmos na montagem do mecanismo e instalação dos componentes elétricos para finalizarmos a construção do rebobinador eletromecânico.

## 1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em três capítulos: No primeiro capítulo a introdução que enfoca a importância do projeto, bem como os seus objetivos, a metodologia e estrutura do trabalho.

No segundo capítulo está contido o desenvolvimento da pesquisa e está dividido em três tópicos. O primeiro tópico apresenta o relógio da torre e o seu mecanismo, já o segundo tópico apresenta a proposta de automatização do rebobinador do relógio e o terceiro tópico apresenta uma análise comparativa do desempenho do relógio após o processo de automatização do rebobinador, expondo suas vantagens.

O terceiro capítulo apresentamos a conclusão onde elencamos que os objetivos da pesquisa foram alcançados e identificamos as suas vantagens em relação ao processo de rebobinamento do relógio. Seguiram a este texto final as referências utilizadas para o desenvolvimento desta pesquisa e os apêndices

contendo fotos da coluna da hora apresentando desde a sua construção até os dias de hoje e também imagens da máquina do relógio.

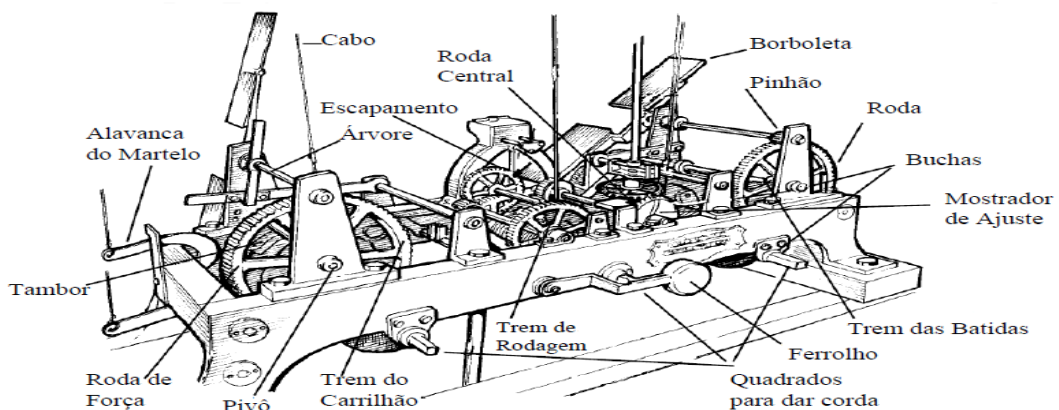
## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 CONHECENDO O RELÓGIO DE TORRE

Para o desenvolvimento deste projeto, foi utilizado um relógio de torre que é um relógio feito com a intenção de tornar o horário publicamente conhecido, tanto através das batidas de um sino quanto apresentando a hora num mostrador exposto, ou ambos.

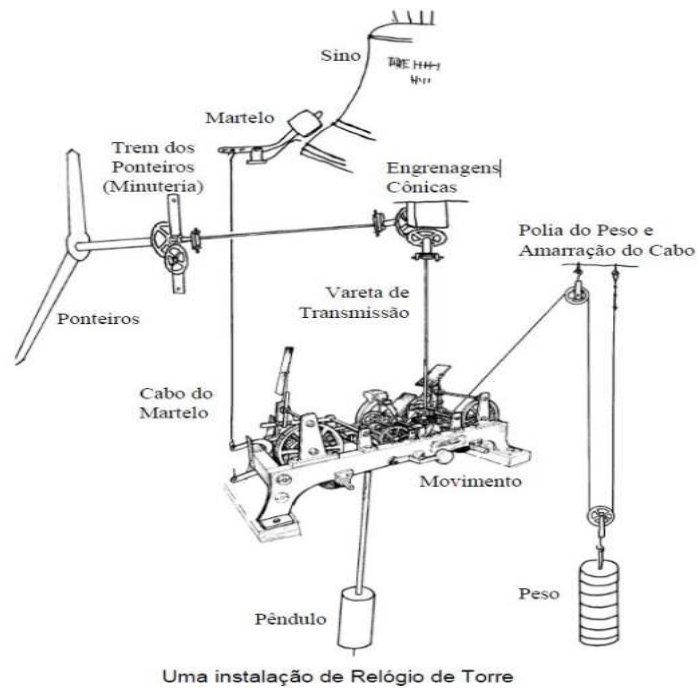
A estrutura desse relógio pode ser visualizada na Figura 1 e o seu mecanismo é composto por dois trens de engrenagens que ficam montados em um quadro de ferro. O trem de rodagem movimenta os ponteiros para mostrar a hora e o trem das batidas bate as horas. Cada trem é movimentado por um peso ligado a um cabo de aço que é enrolado num tambor de metal. No eixo do tambor há um encaixe quadrado onde se coloca a manivela de dar corda. Esse mecanismo pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 1: Partes do relógio de torre



Fonte: Mckay (1998)

Figura 2: Mecanismo do Relógio de Torre



Fonte: Mckay (1998)

Em relação ao tambor do trem de rotação presente na Figura 3, ele tem uma engrenagem grande chamada de roda de força que funciona da seguinte forma: ao descer o peso, o cabo vai desenrolando e movimentando lentamente o mecanismo, fazendo mover as demais engrenagens, a engrenagem central gira uma vez por hora e a menor engrenagem, chamada escape, gira uma vez por minuto, ela é ligada ao pêndulo através da âncora, permitindo que apenas um dente da roda escape a cada balanço do pêndulo, regulando assim o tempo do relógio e fornecendo ao pêndulo um pequeno impulso a cada oscilação para mantê-lo balançando.



Figura 3: Tambor do trem de rodagem



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

No tocante a âncora presente na Figura 4, ela é composta por uma haste conectada ao pendulo com duas palhetas de aço que alcançam a roda de escape. Essa roda empurra uma palheta até que escape a outra palheta, segurando o movimento de um dente da roda de escape. Depois, o pendulo balança de volta e escapa novamente outro dente.

Figura 4: Âncora e escape



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Além disso, esse relógio possui uma roda central que é conectada aos seus mostradores por uma transmissão formada por um conjunto de engrenagens cônicas

e varetas de ferro, uma vareta é conectada a cada mostrador do relógio, sendo que cada mostrador possui um conjunto de engrenagens denominado trem dos ponteiros, que transforma uma rotação por hora do ponteiro dos minutos para uma rotação a cada doze horas do ponteiro das horas. Nas Figuras 5 e 6 podem ser visualizadas a transmissão mecânica dos ponteiros e na Figura 7 está contido o trem de ponteiros.

Figura 5: Transmissão mecânica dos ponteiros



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 6: Transmissão mecânica dos ponteiros conectada a os mostradores



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 7: Trem dos ponteiros



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Dessa forma, para que ocorram as batidas, existe uma alavanca interligada com a roda central que a cada meia hora libera o trem das batidas. Esse trem aciona uma alavanca que é puxada para baixo e liberada a cada batida, essa alavanca puxa uma corrente que levanta um martelo e o solta batendo no sino fazendo soar as badaladas referentes às horas marcadas. O tambor desse trem também possui uma roda de força que o movimenta ao descer o peso, não possui escapamento, mas uma borboleta com duas lâminas que giram rapidamente no ar controlando a velocidade das batidas. Além disso, possui uma roda contadora para controlar o número de batidas do sino. Essa roda pode ser visualizada na Figura 8.

Figura 8: Roda contadora



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

O mecanismo do relógio dispõe de um dispositivo manual que pode ser visualizado na Figura 9 e ajusta os ponteiros no sentido horário com um avanço de dois minutos por intervalo. Através desse mecanismo, somente é possível fazer o processo de adiantamento dos ponteiros, não sendo possível atrasá-lo. Assim, para atrasá-lo é necessário parar o relógio durante o tempo sugerido e em caso de ajuste é necessário alinhar os ponteiros do relógio sobre um furo presente no mostrador do relógio, esse alinhamento só é possível às 12 horas, momento em que os ponteiros dos minutos e das horas estão sobrepostos, dessa forma, consegue-se adiantar o relógio até chegar o horário correto.

Figura 9: Dispositivo de ajustes



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

## 2.2 PROPOSTA DE AUTOMATIZAÇÃO

O presente projeto destina-se à automação do mecanismo da corda de um relógio mecânico antigo, que fica no alto da Coluna da Hora.

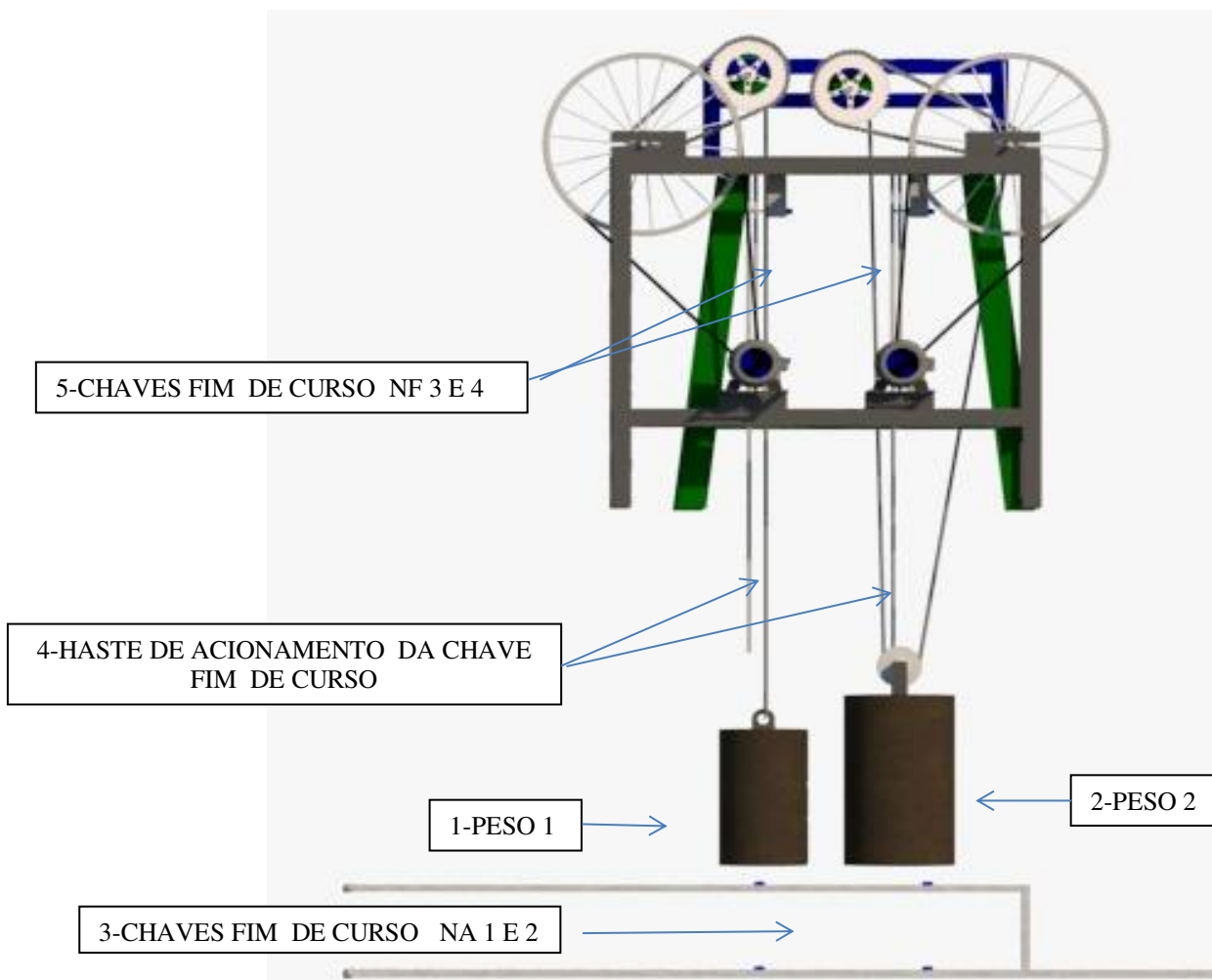
Pretende-se, com a implantação desse projeto, automatizar o mecanismo que sobe os pesos, substituindo o esforço humano por um mecânico, movido por motores elétricos e um conjunto de transmissões mecânicas por correias e correntes. Assim, será dispensada a intervenção de um operador para executar o trabalho de dar “corda” ao relógio; poupando esse funcionário não só dos esforços físicos que desprende, ao subir e descer 14 metros de escadas, como também do risco de sofrer possíveis acidentes. Além de tudo isso, impede que o aparelho pare de funcionar, pois não necessitará mais da presença de ninguém para enrolar o

cabo, trabalho esse que passará a ser feito automaticamente pelo “rebobinador eletromecânico”,

### 2.2.1 Princípio de Funcionamento

O mecanismo desse relógio possui o trem de rodagem e o trem das batidas e durante o seu funcionamento, o peso do trem de rodagem desce continuamente e só para quando acaba a corda, enquanto que o peso do trem das batidas só desce no momento em que o relógio marcar hora exata (momento das badaladas do sino) e parando ao encerrar as badaladas do sino. Logo, o mecanismo proposto para a automatização desse processo pode ser visualizado na Figura 10.

Figura 10: Mecanismo proposto



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Quando os pesos descem e atingem o final de seu percurso cada peso toca uma chave fim de curso NA que ativa um contator fazendo acionar o motor elétrico que movimentava o mecanismo de cada rebobinador, rebobinando o cabo de aço que sobe cada peso até atingir a chave fim de curso NF que fica no ponto inicial da corda que faz desligar cada um dos motores.

Porém, esses pesos não podem ser erguidos no momento em que o relógio marcar hora exata, se isso acontecer não haverá as batidas do sino porque o peso estará subindo conseqüentemente não movimentará o trem das batidas.

Portanto, para não acontecer esse problema foi instalada uma chave fim de curso NF que pode ser vista na Figura 11, ela é ligada em série com a alimentação dos contadores, sendo desligada por uma alavanca do mecanismo do relógio, essa alavanca libera o trem das batidas no momento em que for a hora exata, ao encerrar as badaladas do sino, ela volta a posição normal mudando o estado da chave e permitindo o acionamento dos motores.

Figura 11: Chave fim de curso NF e alavanca que libera o trem das batidas



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

### 2.2.2 Fluxogramas

Neste fluxograma da Figura 12 está presente as etapas da corda do relógio rebobinada manualmente.

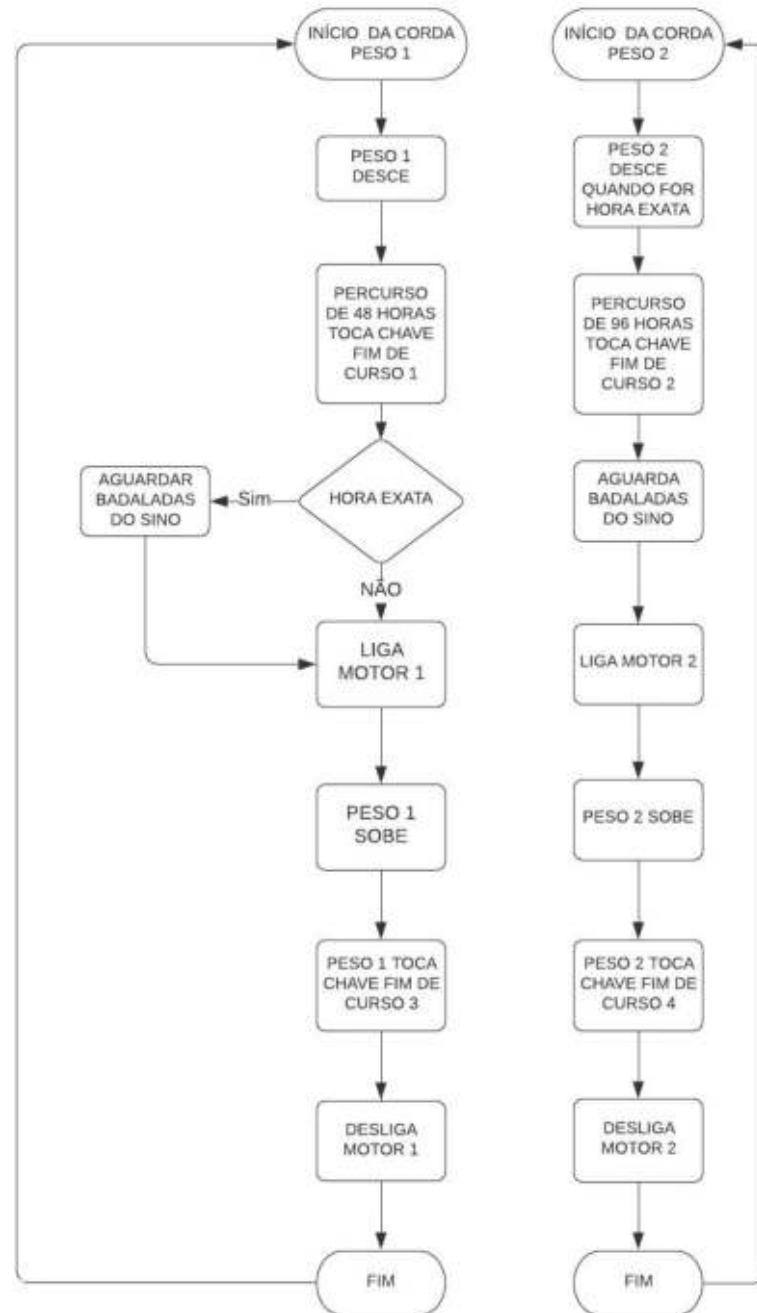
Figura 12: Fluxograma sem Automação



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Já no fluxograma da Figura 13, está presente as etapas da corda do relógio rebobinada automaticamente.

Figura 13: Fluxograma com automação



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.



## 2.2.3 Etapas do processo

### 2.2.3.1 Parte Mecânica

Esse projeto está dividido em duas partes: mecânica e elétrica.

#### 2.2.3.1.1 Construção da estrutura de montagem do mecanismo

Após a realização das medidas da torre do relógio, foi elaborada uma estrutura metálica para montar os elementos da transmissão mecânica e os motores elétricos. Essa estrutura foi confeccionada com tubos de aço retangulares (metalon) 50 x 30 mm e chapa de aço 5mm, sendo fixada através de parafusos na base de madeira existente que sustenta a máquina do relógio.

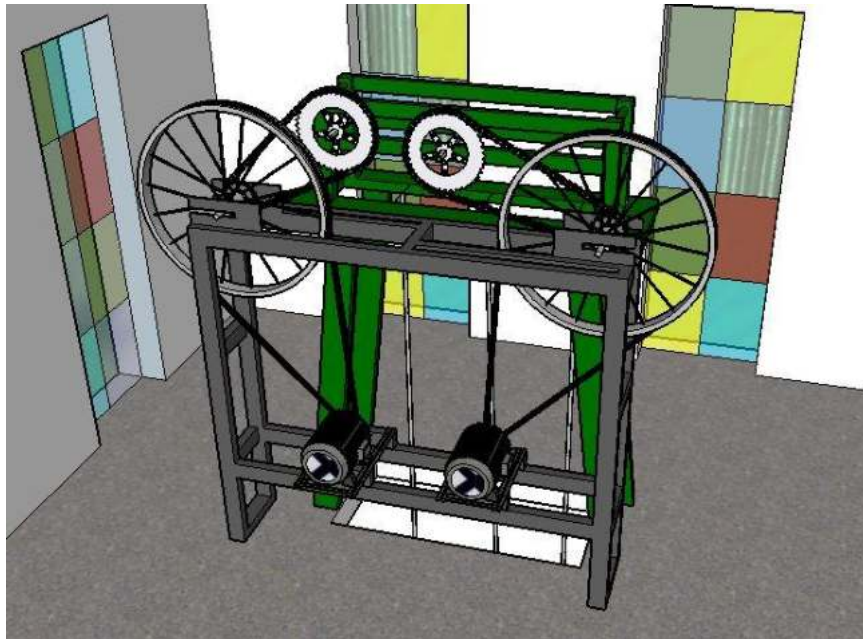
A estrutura de montagem do mecanismo pode ser visualizada nas Figuras 14 e 15.

Figura 14: Estrutura de montagem do mecanismo



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 15: Estrutura de montagem do mecanismo instalada



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

#### 2.2.3.1.2 Dimensionamento do mecanismo de transmissão

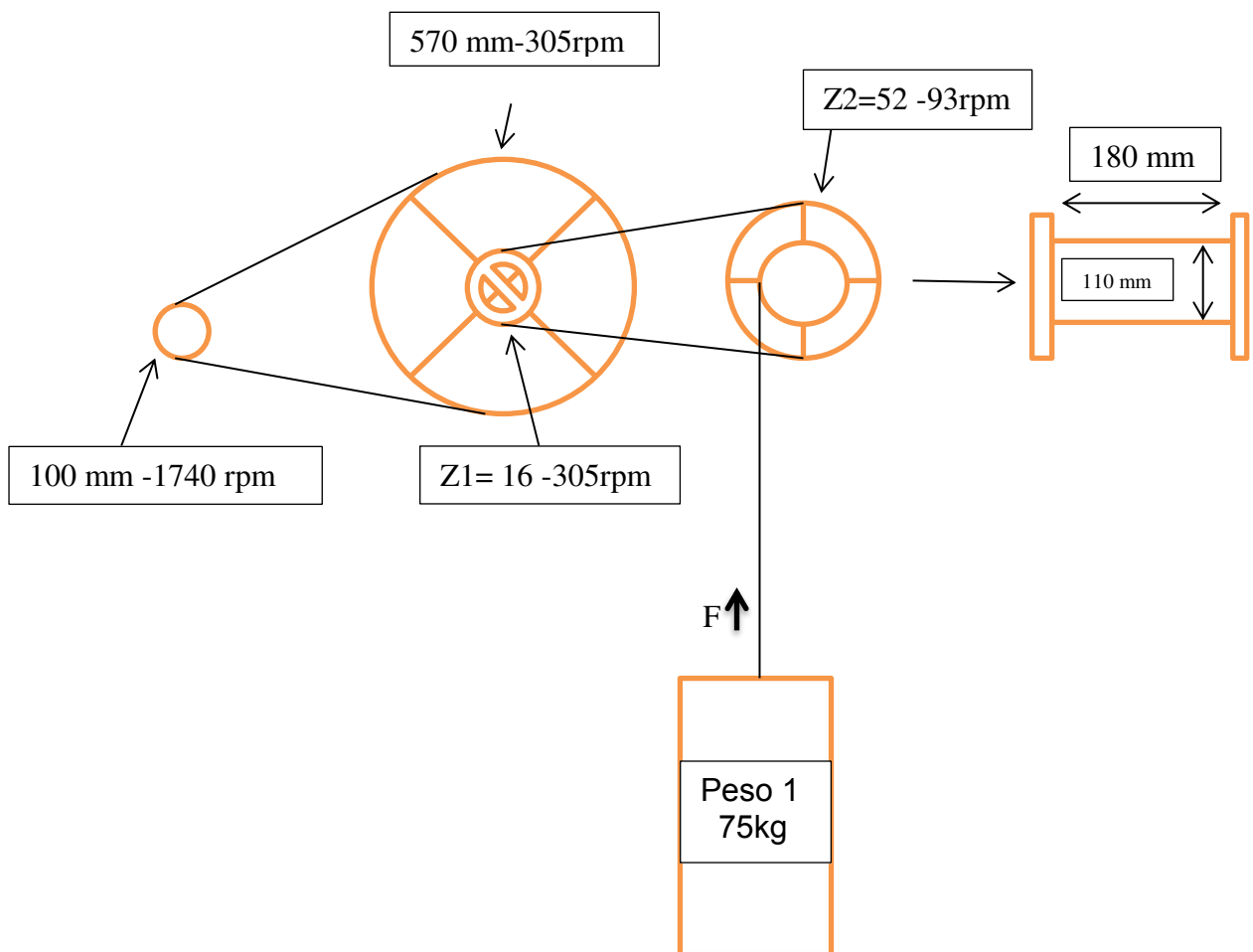
Durante aproximadamente 2 minutos do rebobinamento manual do trem de rodagem, o pêndulo para de balançar, conseqüentemente, o relógio para de funcionar após atingir o ponto inicial da corda. Sendo assim, para ele voltar a funcionar é necessário embalar o pêndulo e adiantar 2 minutos para compensar o tempo em que o relógio permaneceu parado durante a corda.

Para que o relógio funcione e não pare durante o rebobinamento é necessário que a corda seja rebobinada numa velocidade em que o pêndulo não pare de oscilar e também o relógio não atrase muito tempo. Portanto, é necessário que o rebobinamento da corda seja realizada numa velocidade de aproximadamente 30m/min. Sendo o percurso total da corda de 15 metros de altura será realizado uma redução de 5 metros desse percurso, para manter as chaves fim de curso fora do alcance de qualquer pessoa que entre na edificação e conseqüentemente reduzindo o tempo de rebobinamento de 30 para 20 segundos.

A velocidade de descida do peso da corda do trem de rodagem é de aproximadamente 1m/4.8horas sendo assim o percurso final da corda será de 10 metros de altura, portanto, o peso será erguido a cada 48 horas e o tempo de atraso será de aproximadamente 20 segundos a cada ciclo.

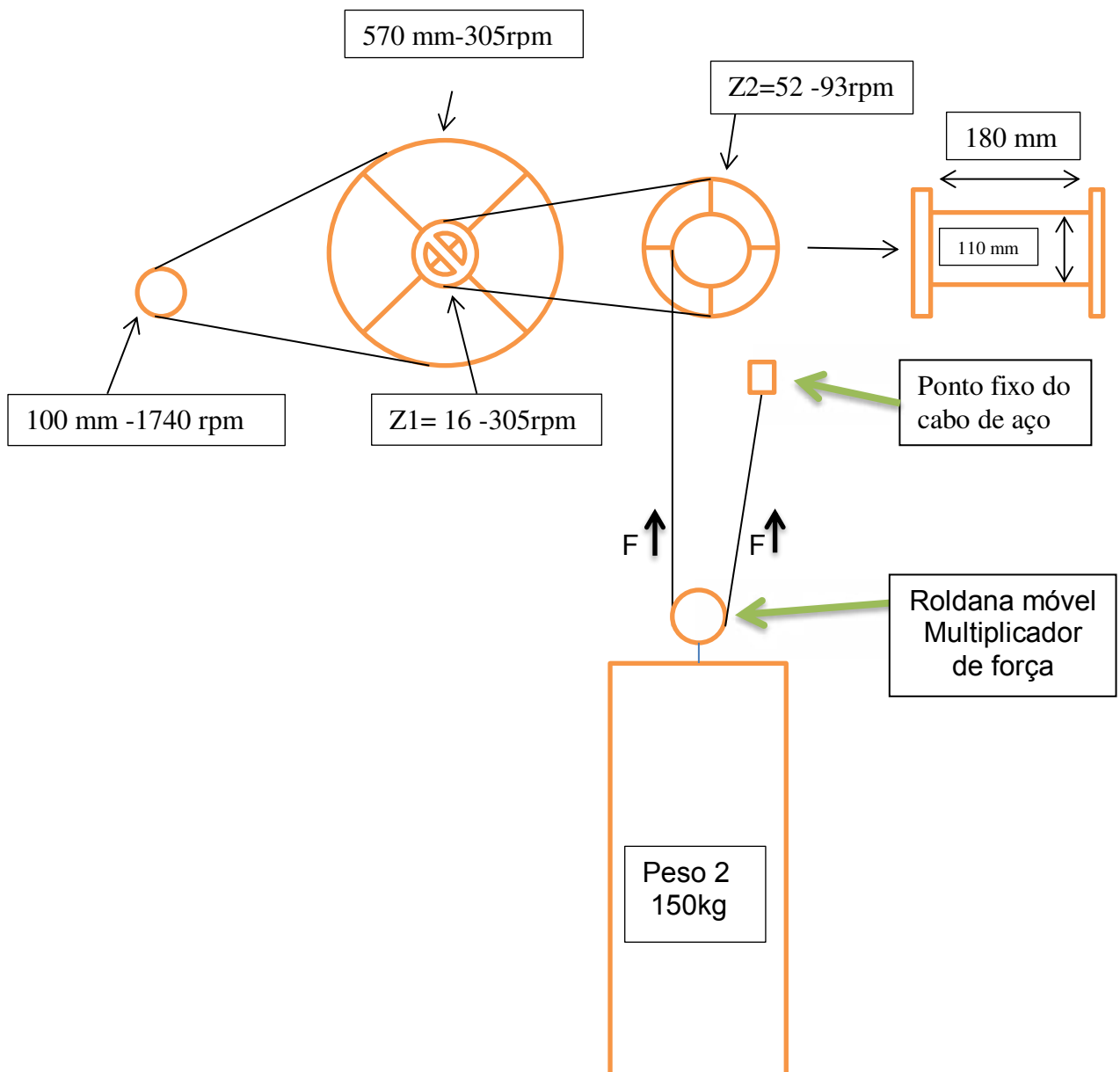
Para atingir a velocidade de 30m/min foi necessário a utilização das medidas apresentadas na Figura 16 e na Figura 17.

Figura 16: Rebobinador do trem de rodagem



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 17: Rebobinador do trem das batidas



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Em relação ao peso da corda do trem das batidas, a polia móvel diminui pela metade a força necessária para levantar o peso.

A força  $F$  necessária para levantar o peso da corda do trem das batidas é definida a partir da seguinte equação:

$$F = \frac{P}{2}$$

Em que:

F = Força

P = peso

Para encontrar o Peso, utiliza-se a equação a seguir:

$$P = m \cdot g$$

Em que:

m = massa

g = gravidade

Para encontrar o valor de F, primeiramente, é calculado o valor de P como pode ser visto no cálculo abaixo, P é 1470 N.

$$P = 150 \cdot 9,80$$

$$P = 1470 \text{ N}$$

Dessa forma, será possível calcular F, como pode ser visto no cálculo abaixo, a força necessária para levantar o peso é de 735,5 N

$$F = \frac{1470}{2}$$

$$2$$

$$F = 735,5 \text{ N}$$

#### 2.2.3.1.2.1 Dimensionamento dos Motores.

Serão dimensionados 2 motores trifásicos, um motor para o trem de rodagem e outro para o trem das batidas.

De acordo com Melconian(2007, p.27), para dimensionar a potência dos motores utiliza-se as seguintes equações:

$$F = m \cdot g$$

$$P = \frac{F \cdot V}{60 \cdot 1000}$$

Potência 1KW = 1000W

Tempo 1minuto = 60s

m = massa

g = gravidade

F = Força peso

N = Newton (unidade de peso)

V = velocidade

P = potência (KW)

Dados:

m=75 kg

g = 9,80 m/s<sup>2</sup>

V = 30 m/min

1CV = 735,5 W = 0,7355Kw

F = 75 . 9,80 = 735,5N

Será aplicado nos 2 motores o mesmo esforço, portanto os 2 motores serão iguais.

$$P = \frac{F \cdot V}{60 \cdot 1000} = \frac{735,5 \cdot 30}{60000} = \frac{22062,5}{60000} = 0,3677KW$$

1CV----- 0,7355KW

X----- 0,3677KW

X = 0,5 CV

A potência do motor encontrada no cálculo é 0,5 CV.

Segundo Melconian(2007, p.27)

Em qualquer tipo de transmissão, é inevitável a perda de potência que ocorre nas engrenagens, mancais, polias, correntes, rodas de atrito, originado pelo atrito entre as superfícies, agitação do óleo lubrificante, escorregamento entre correia e polia etc.

Para compensar essas perdas, será utilizado um motor de potência maior, o motor encontrado no mercado foi de 1CV.

Dessa forma, optou-se por utilizar um motor trifásico,

por apresentar relativa vantagem com relação ao monofásico. Por possuir partida mais fácil, menor tamanho que um motor monofásico de mesma potência, menor manutenção, o ruído é menor e tem menor custo financeiro. (FRANCHI,2008 p.45)

#### 2.2.3.1.2.2 Dimensionamento do mecanismo de transmissão da 1ª transmissão

Segundo Melconian (2007, p.38), para dimensionar as polias e correias são necessários os seguintes dados:

- 1 - Tipo de motor = motor trifásico 4 polos
- 2 - Potência do motor = 1cv (735w)
- 3 - Rotação do motor = 1740 rpm
- 4 - Tipo de máquina ou equipamento
- 5 - Distância entre centros  $\cong$  435 mm
- 6 - Tempo de trabalho da máquina  $\cong$  20 segundos

Para determinar a potência projetada, utiliza-se o cálculo abaixo:

$$P_p = P_{\text{motor}} \times f_s$$

Em que:

$P_p$  - potência projetada(CV)

$P_{\text{motor}}$  - potência do motor(CV)

$f_s$  - fator de serviço (adimensional)

O Fator de serviço obtém-se na Tabela 1, logo  $F_s = 1$

Tabela 1: Fator de Serviço(mecânico)

**FATOR DE SERVIÇO ( $F_s$ )**

Tabela 1 – Fator de Serviço

Máquina Conduzida	Máquina Condutora					
	Motores AC: Torque Normal, Rotor Gaiola de Anéis, Sincrônicos, Divisão de Fase			Motores AC: Alto Torque, Alto Escorregamento, Repulsão-Indução, Monofásico, Enrolado em Série, Anéis Coletores		
	Motores DC: Enrolados em Derivação			Motores DC: Enrolados em Série, Enrolados mistos		
As máquinas relacionadas são apenas exemplos representativos. Escolha o grupo cujas características sejam mais semelhantes à máquina em consideração	Motores Estacionários: Combustão interna de Múltiplos Cilindros			Motores Estacionários: Combustão interna de um cilindro*		
	Eixos de Transmissão					
	Embreagens					
	Serviço Intermitente	Serviço Normal	Serviço Contínuo	Serviço Intermitente	Serviço Normal	Serviço Contínuo
	3-5 h diárias ou periodicamente	8-10 h diárias	16-24 h diárias	3-5 h diárias ou periodicamente	8-10 h diárias	16-24 h diárias
Agitadores para Líquidos Ventiladores e Exaustores Bombas Centrífugas e Compressores Ventiladores até 10cv Transportadores de Carga Leve	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Correias Transportadoras para Areia e Cereais Ventiladores de mais 10cv Geradores Eixos de Transmissão Maquinário de Lavanderia Punções, Prensas e Tesourões Máquinas Gráficas Bombas Centrífugas de Deslocamento Positivo Peneiras Vibratórias Rotativas	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Maquinário para Olaria Elevadores de Canecas Excitadores Compressores de Pistão Moinhos de Martelo Moinhos para Indústria de Papel Bombas de Pistões Serrarias e Maquinário de Carpintaria Maquinários Têxteis	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5
Britadores (Giratórios e de Mandíbulas) Guindastes Misturadores, Calandras e Moinhos para Borracha	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,8

\* O fator de serviço deverá ser aplicado sobre o valor para regime contínuo, mencionado na placa de identificação do próprio motor. Subtraia 0,2 (com um fator de serviço mínimo de 1,0) quando se tratar de classificação máxima intermitente. Recomenda-se o uso de um Fator de Serviço de 2,0 para equipamento sujeito a sufocações ou afogadiços.

Fonte: Melconian (2007)

Com a obtenção desses dados, pode ser realizado o cálculo de  $P_p$ , que de acordo com o resultado do cálculo realizado logo abaixo,  $P_p$  corresponde a 1cv.



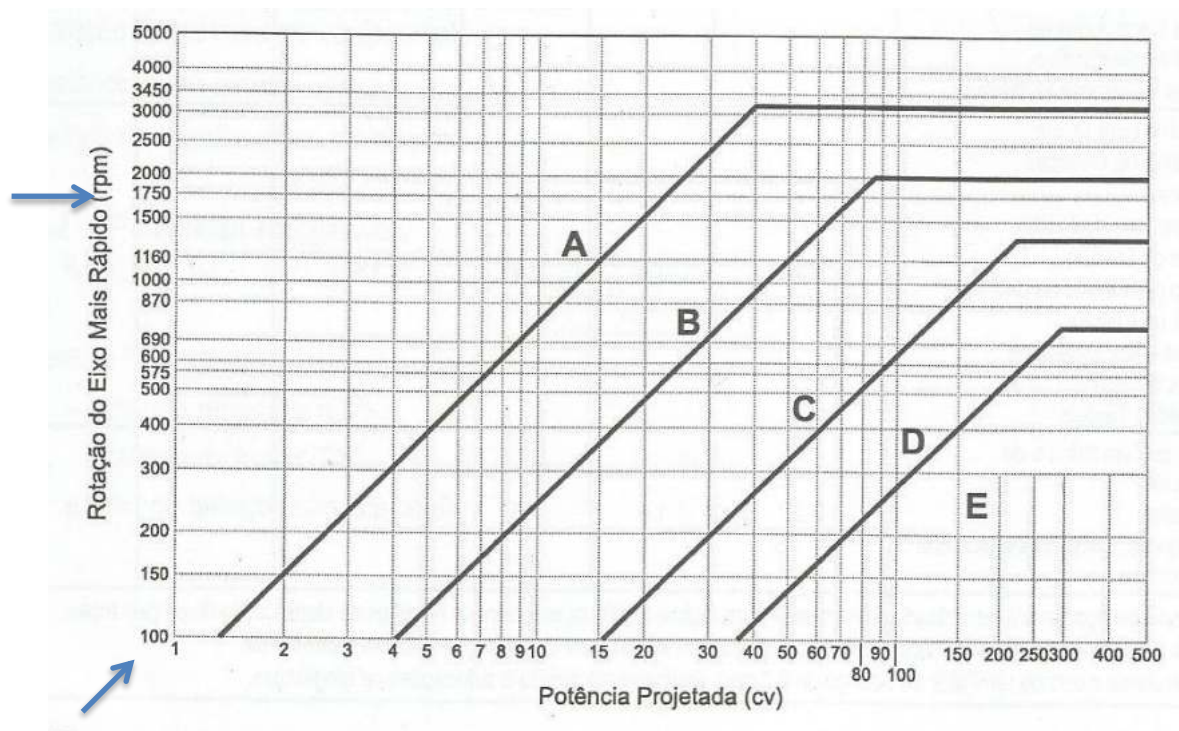
$$P_p = 735,5 \times 1$$

$$P_p = 735,5$$

$$P_p = 1\text{cv}$$

Com o valor de  $P_p$ , podemos identificar o perfil da correia, dessa forma, através da rotação mais rápida e da potência projetada encontra-se o perfil da correia utilizando a Figura 18 a seguir:

Figura 18: Seleção de perfil de correias Hi-Power II



Fonte: Melconian (2007)

Com o valor da rotação da polia motora ( $n_m$ ) = 1740rpm e a potência projetada ( $P_p$ ) = 1cv, obtém-se na Figura 18 o perfil "A".

Em seguida, faz-se necessário calcular o diâmetro da polia motora ( $d$ ) e da polia movida ( $D$ )

Para identificar o diâmetro da polia motora, foi utilizada a Tabela 2 abaixo:

Tabela 2: Diâmetro pitch mínimos recomendados para correias Hi-Power II(em polegadas)

CV do motor	RPM do motor (50 e 60 ciclos)						CV do motor
	575 485*	690 575*	870 725*	1160 950*	1750 1425*	3450 2850*	
½	2,5	2,5	2,2	-	-	-	½
¾	3	2,5	2,4	2,2	-	-	¾
1	3	3	2,4	2,4	2,2	-	1
1 ½	3	3	2,4	2,4	2,4	2,2	1 ½
2	3,8	3	3,0	2,4	2,4	2,4	2
3	4,5	3,8	3,0	3,0	2,4	2,4	3
5	4,5	4,5	3,8	3,0	3,0	2,6	5
7 ½	5,2	4,5	4,4	3,8	3,0	3,0	7 ½
10	6	5,2	4,6	4,4	3,8	3,0	10
15	6,8	6	5,4	4,6	4,4	3,8	15
20	8,2	6,8	6,0	5,4	4,6	4,4	20
25	9	8,2	6,8	6,0	5,0	4,4	25
30	10	9,0	6,8	6,8	5,4	-	30
40	10	10	8,2	6,8	6,0	-	40
50	11	10	9,0	8,2	6,8	-	50
60	12	11	10,0	9,0	7,4	-	60
75	14	13	10,5	10,0	9,0	-	75
100	18	15	12,5	11,0	10,0	-	100
125	20	18	15	12,5	11,5	-	125
150	22	20	18	13	-	-	150
200	22	22	22	-	-	-	200
250	22	22	-	-	-	-	250
300	27	27	-	-	-	-	300

Fonte: Melconian (2007)

Dessa forma, determina-se o diâmetro menor em função da potência do motor (CV) e da rotação do eixo mais rápido segundo norma NEMA MG-1-14-42 de junho de 1972.

Para a potencia do motor  $P_m = 1\text{cv}$  e rotação do motor (polia menor)  $n_{motora} = 1740\text{rpm}$ , o diâmetro mínimo =  $2,2\text{pol} = 56\text{mm}$ . Sendo assim, para atingir a velocidade de aproximadamente  $30\text{m/min}$  será utilizado o diâmetro da polia menor  $(d) = 100\text{mm}$ .

Segundo Melconian (2007 p.42), para identificar o diâmetro da polia movida, utiliza-se a equação abaixo:

$$D = d \times i$$

Em que:

$d$  = diâmetro da polia motora.

$i$  = Relação de transmissão

D = diâmetro da polia movida

Para encontrar o valor de i, utiliza-se a equação abaixo:

$$i = n_{\text{motora}}/n_{\text{movida}}$$

Em que:

$n_{\text{motora}}$  = velocidade da polia motora = 1740rpm

$n_{\text{movida}}$  = velocidade da polia movida = 305rpm

Logo, o valor de i é 5,7, como pode ser visto no cálculo abaixo:

$$i = 1740/305$$

$$i = 5,7$$

Agora, pode-se calcular o diâmetro da polia movida e de acordo com o cálculo abaixo o seu diâmetro é 570 mm.

$$D = d \times i$$

$$D = 100 \times 5,7$$

$$D = 570 \text{ mm (diâmetro da polia movida)}$$

Com a obtenção dos diâmetros das polias, é possível identificar o comprimento das correias e de acordo com Melconian (2007, p. 45) para identificar esse comprimento deve ser utilizada a seguinte fórmula:

$$l = 2c + 1,57 (D+d) + \frac{(D-d)^2}{4C}$$

Em que:

C = distância entre centros(mm)

D = diâmetro da polia maior(mm)

d = diâmetro da polia menor(mm)

l = comprimento da correia(mm)

Em relação, a distância entre centros(C), ela pode ser admitida na concepção do projeto e para determiná-la utiliza-se a seguinte fórmula:

$$C = \frac{3d+D}{2}$$

Em que:

D= diâmetro maior[mm]

d=diâmetro menor[mm]

C = distância entre centros[mm]

Logo, a distância entre centros é de 435mm, como pode ser vista no cálculo abaixo:

$$C = \frac{3 \cdot 100 + 570}{2} = 435 \text{mm}$$

Assim, através dessa distância será determinado o comprimento das correias, como pode ser visto no cálculo abaixo:

$$l = 2 \times 500 + 1,57 + (570 + 100) + \frac{(570 - 100)^2}{4 \times 435}$$

$$l = 1000 + 1,57 (670) + \frac{(470)^2}{2000}$$

$$l = 1000 + 1051,9 + \frac{(220900)}{1740}$$

$$l = 1000 + 1051,9 + 126.95$$

$$l = 2178,8 \text{mm}$$

De acordo com o cálculo, o resultado encontrado é 2178,8mm, sendo que o comprimento da correia é definido por meio da Tabela 3 abaixo:

Tabela 3: Comprimento das Correias H i- Power II

Ref.	Perfil A	
	CIRCUNF. RITCH	
	Pol.	mm
A-26	27.3	695
27	28.3	720
31	32.3	820
32	33.3	845
33	34.3	870
35	36.3	920
37	38.3	975
38	39.3	1000
41	42.3	1075
42	43.3	1100
45	46.3	1175
46	47.3	1200
47	48.3	1225
49	50.3	1280
50	51.3	1305
51	52.3	1330
53	54.3	1380
54	55.3	1405
55	56.3	1430
57	58.3	1480
60	61.3	1555
62	63.3	1610
64	65.3	1660
66	67.3	1710
68	69.3	1760
69	70.3	1785
71	72.3	1835
75	76.3	1940
80	81.3	2065
85	86.3	2190

Fonte: Melconian (2007)

Dessa forma, a correia escolhida é A85 com o comprimento  $l_c = 2190\text{mm}$ , pois é a correia padronizada com o comprimento mais próximo do resultado encontrado.

Dando continuidade, deve ser feito o ajuste da distância entre centros e de acordo com Melconian (2007 p.45), esse ajuste é determinado pela expressão:

$$C = \frac{l_A - h(D-d)}{2}$$

Em que:

$l_A$ = comprimento de ajuste[mm]

$l_c$ = comprimento da correia escolhida[mm]

$h$ = fator de correção da distância entre centros [adimensional]

d= diâmetro menor[mm]

C= distância entre centros[mm]

D= diâmetro maior[mm]

Para a realização desse cálculo, inicialmente, deve ser identificado o comprimento de ajuste da correia( $\ell_A$ ), logo, esse comprimento consiste no comprimento da correia que não está em contato com as polias e para calculá-lo foi utilizada a equação abaixo:

$$\ell_A = \ell_C - 1,57(D+d)$$

$$\ell_A = 2190 - 1,57(570+100)$$

$$\ell_A = 1138,1\text{mm}$$

Dessa forma, o comprimento de ajuste corresponde a 1138,1mm.

Em seguida, calcula-se o Fator h(fator de correção da distância entre centros) e de acordo com Melconin (2007, p. 47), esse cálculo pode ser realizado através da expressão abaixo:

$$\frac{D-d}{\ell_A} = \frac{570-100}{1138,1} = \frac{470}{1138,1} = 0,41$$

O resultado do cálculo foi 0.41, portanto o Fator h é definido através da Tabela 4 abaixo:

Tabela 4: Fator de Correção da Distância entre Centros (h)

$\frac{D-d}{\ell_A}$	Fator h	$\frac{D-d}{\ell_A}$	Fator h	$\frac{D-d}{\ell_A}$	Fator h	$\frac{D-d}{\ell_A}$	Fator h	$\frac{D-d}{\ell_A}$	Fator h	$\frac{D-d}{\ell_A}$	Fator h
0,00	0,00	0,12	0,06	0,23	0,12	0,34	0,18	0,43	0,24	0,51	0,30
0,02	0,01	0,14	0,07	0,25	0,13	0,35	0,19	0,44	0,25		
0,04	0,02	0,16	0,08	0,27	0,14	0,37	0,20	0,46	0,26		
0,06	0,03	0,18	0,09	0,29	0,15	0,39	0,21	0,47	0,27		
0,08	0,04	0,20	0,10	0,30	0,16	0,40	0,22	0,48	0,28		
0,10	0,05	0,21	0,11	0,32	0,17	0,41	0,23	0,50	0,29		

Fonte: Melconian (2007)

Dessa forma, o fator de correção da distância entre centros é de 0,23 .

Em relação a distância entre centros ajustada (C(a)), e segundo Melconian (2007, p. 47), ela pode ser determinada pela seguinte expressão:

$$C(a) = \frac{LA - h(D - d)}{2}$$

$$C(a) = \frac{1138.1 - 0,23(570 - 100)}{2}$$

$$C(a) = \frac{1138.1 - 108.1}{2}$$

$$C(a) = \frac{1030}{2} = 515\text{mm}$$

Nesse caso, essa distância é de 515mm.

Para determinar a capacidade de transmissão de potência por correia (P<sub>pc</sub>) e segundo Melconian (2007, p. 47) utiliza-se a seguinte expressão:

$$P_{pc} = (P_b + P_a) \times f_{cc} \times f_{cac}$$

Onde:

P<sub>pc</sub> = Capacidade de transmissão de potência por correia [CV]

P<sub>b</sub> = Potência básica [CV]

P<sub>a</sub> = Potência adicional [CV]

f<sub>cc</sub> = fator de correção do comprimento [adimensional]

f<sub>cac</sub> = fator de correção do arco de contato [adimensional]

Através da Tabela 5 obtém-se :

P<sub>b</sub> = 2,90 cv/correia (n<sub>m</sub> = 1740rpm e d = 100mm)

P<sub>a</sub> = 0,33 cv/correia (1 > 1,49 e n<sub>m</sub> = 1740 rpm)

Tabela 5: Classificação de CV por correia (mm) pra correias Hi-Power II

Potência Básica															
RPM do eixo mais rápido	CV básico por correia para diâmetro Pitch das polias menores, em milímetros														
	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	140	150
950	0.55	0.74	0.92	1.11	1.29	1.47	1.65	1.83	2.01	2.19	2.37	2.54	2.71	3.23	3.57
1160	0.61	0.84	1.06	1.28	1.50	1.71	1.93	2.14	2.35	2.56	2.77	2.98	3.19	3.79	4.19
1425	0.67	0.94	1.21	1.47	1.73	1.99	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.49	3.74	4.45	4.92
1750	0.73	1.05	1.37	1.68	1.99	2.30	2.60	2.90	3.20	3.49	3.78	4.07	4.35	5.19	5.73
2850	0.77	1.25	1.71	2.17	2.62	3.07	3.50	3.93	4.34	4.75	5.15	5.54	5.91	6.99	7.65

Potência adicional											
RPM do eixo mais rápido	CV adicional por correia para relação de velocidade										
	1.00 a 1.01	1.02 a 1.03	1.04 a 1.05	1.06 a 1.08	1.09 a 1.12	1.13 a 1.16	1.17 a 1.22	1.23 a 1.30	1.31 a 1.48	1.49 em diante	
950	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	
1160	0.00	0.02	0.05	0.07	0.10	0.12	0.14	0.17	0.19	0.22	
1425	0.00	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	
1750	0.00	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.29	0.33	
2850	0.00	0.06	0.12	0.18	0.24	0.29	0.35	0.41	0.47	0.53	

Fonte: Melconian (2007)

Através da Tabela 6, encontra-se o fator de correção de comprimento:

$f_{cc} = 1,06$  para correia A85.

Tabela 6: Fator de correção de comprimento de correias Hi-Power II

Perfil A	
Ref. Hi-Power II	Fator de Correção
A-26	0,75
A-27	0,76
A-31	0,79
A-32	0,80
A-33	0,81
A-35	0,82
A-37	0,84
A-38	0,85
A-41	0,86
A-42	0,87
A-45	0,89
A-46	0,90
A-49	0,91
A-53	0,93
A-57	0,95
A-60	0,97
A-64	0,99
A-68	1,00
A-71	1,01
A-75	1,03
A-80	1,04
A-85	1,06

Fonte: Melconian (2007)



Através da Tabela 7 encontra-se o fator de correção do arco de contato ( $f_{cac}$ )

$$f_{cac} = \frac{D-d}{C(a)} = \frac{570-100}{515} = 0,91$$

Tabela 7: Fator de correção de Arco de Contato

$\frac{D-d}{C(a)}$	Arco de contato da polia menor (Graus)	Fator " $f_{cac}$ "
0,00	180	1,00
0,10	174	0,99
0,20	169	0,97
0,30	163	0,96
0,40	157	0,94
0,50	151	0,93
0,60	145	0,91
0,70	139	0,89
0,80	133	0,87
0,90	127	0,85
1,00	120	0,82
1,10	113	0,80
1,20	106	0,77
1,30	99	0,73
1,40	91	0,70
1,50	83	0,65

Fonte: Melconian (2007)

Com base nos valores encontrados, determina-se a capacidade de transmissão por correia.

$$P_{pc} = (P_b + P_a) \times F_{cc} \times f_{cac}$$

$$P_{pc} = (2,9 + 0,33) \times 1,06 \times 0,91$$

$$P_{pc} = (3,23) \times (0,96)$$

$$P_{pc} = 3,1156 \text{ cv}$$

Portanto, uma correia perfil A-85 em V HI-POWER II suporta até 3,1156 CV.

Para identificar o número de correias necessário para a transmissão, utiliza-se a expressão abaixo de acordo com Melconian (2007, p. 58)

$$N_{co} = \frac{P_p}{P_{pc}}$$

Em que:

$N_{co}$  = número de correias [adimensional]

$P_p$  = potência projetada [CV]

$P_{pc}$  = potência por correia [CV]

$$N_{co} = \frac{P_p}{P_{pc}} = \frac{1}{3,1156} = 0,32 \text{ correia}$$

Como a correia A-85 suporta 3 vezes mais a potencia projetada desse projeto, a transmissão usará 1 correia A-85 em V HI-POWER II.

Segundo Melconian (2007, p. 37), existem algumas vantagens para o uso das correias em V, sendo indicadas quando:

- Há necessidade de transmissão de alta potência e/ou altas reduções de velocidade;
- O sistema projetado deve ser compacto, não sendo indicadas em transmissões cujas polias fiquem distantes;
- O acionamento por correia em V permite o projeto de sistemas mais compactos devido à pequena distância entre os centros das polias;
- Vida útil mais longa, de 3 a 5 anos;
- A correia em V pode ser operada em qualquer direção, com o lado apertado da correia na parte superior ou inferior. A linha central pode ser horizontal, vertical ou inclinada
- A eficiência de transmissão desejada for alta e o custo do projeto for relativamente baixo.

#### 2.2.3.1.2.3 Dimensionamento do mecanismo de transmissão da 2ª transmissão

Nos locais onde transmissões por meio de correias não são possíveis, utiliza-se as transmissões por corrente. Segundo Melconian (2007, p. 276) a relação dessa transmissão é estabelecida pela expressão:

$$i = \frac{n1}{n2}$$

Em que:

$n_1$ - engrenagem menor(pinhão)

$n_2$ -engrenagem maior(coroa)

$i$ -relação de transmissão

Para esse cálculo, foi escolhida a corrente de rolos cilíndricos por ser mais simples e possuir menor custo.

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{305}{93} = 3,27$$

$$i = 3,27$$

Dessa forma, a relação de transmissão é de 3,27.

Em relação ao uso do número mínimo de dentes ( $Z_{\min}$ ) engrenagem menor, pode ocorrer uma diminuição de vida da corrente e aumento sensivelmente o ruído. Para que não ocorra esse inconveniente, utiliza-se a Tabela 8 seguinte, que determina o número de dentes da engrenagem menor por meio da relação de transmissão.

Tabela 8: Número Mínimo de Dentes

Tipo de Corrente	Relação de transmissão					
	1	2	3	4	5	6
Corrente de rolos	31	27	25	23	21	17
Corrente silenciosa	40	35	31	27	23	19

Fonte: Melconian (2007)

Segundo Melconian (2007 p. 276), se for necessário utilizar em algum projeto engrenagem com o número de dentes inferior aos valores indicados na Tabela 9, devemos utilizar os limites mínimos seguintes:

Número mínimos de dentes ( $Z_{\min}$ )

Correntes de rolos -  $Z_{\min} \geq 9$

Número máximos de dentes( $Z_{\max}$ )

Correntes de rolos -  $Z_{\max} \leq 120$  dentes

Para a relação de transmissão  $i = 3,27$  o mais próximo seria de 23 dentes, pois com essa quantidade de dentes ficaria alta a rotação do tambor, por esse motivo foi substituído por um pinhão de 16 dentes.

Como  $Z_{min} \geq 9$ , conclui-se que o pinhão de 16 dentes encontra-se no intervalo de funcionamento.

Z2 - número de dentes da engrenagem maior (coroa)

Z1- número de dentes da engrenagem menor (pinhão)

i - relação de transmissão

$$Z2 = Z1 \times i$$

$$Z2 = 16 \times 3,27$$

$$Z2 = 52,47 \text{ dentes}$$

Como  $Z_{max} \leq 120$  dentes, conclui-se que a coroa de 52,47 dentes encontra-se no intervalo de funcionamento.

Em relação ao passo da corrente, quanto menor for o passo, melhor para a transmissão (choques, força centrífuga e atrito) que tem diminuída a sua intensidade. O número de dentes da engrenagem e o passo da corrente limitam a rotação da engrenagem menor.

O pinhão Z1 = 16 dentes gira com velocidade  $n = 305$  rpm

Seguindo a Tabela 9, o passo utilizado é  $t=12,7$ mm, portanto quanto menor o passo da corrente menor será os choques, a força centrífuga e o atrito na transmissão.

Tabela 9: Número Máximo de Rotações(rpm)

Tipo de corrente	Nº de dentes do pinhão	Passo da corrente t (mm)				
		12	15	20	25	30
rolos	15	2300	1900	1350	1150	1000
	19	2400	2000	1450	1200	1050
	23	2500	2100	1500	1250	1100
cilíndricos	27	2550	2150	1550	1300	1100
	30	2600	2200	1550	1300	1100
		12,70	15,87	19,05	25,40	31,75
elos dentados 15 a 35		3300	2650	2200	1650	1300

Fonte: Melconian (2007)

Em relação ao fator de operação K, ele leva em consideração as condições de trabalho e de acordo com Melconian (2007, p. 277), esse fator é determinado pela expressão:

$$K = K_s \cdot K_{(l)} \cdot K_{po}$$

Em que:

K = fator de operação

$K_s$  = fator de serviço

$K_{(l)}$  = fator de lubrificação

$K_{po}$  = fator de posição

$K_s = 1,0$  carga constante

$K_{(l)} = 1,0$  lubrificação continua

$K_{po} = 1$  pois a linha de centros tem inclinação inferior a  $45^\circ$  em relação a horizontal.

$$K = 1 \cdot 1 \cdot 1$$

$$K = 1$$

Dessa forma, o fator de operação K é 1.

Segundo Melconian (2007, p. 278), para o cálculo da carga tangencial da corrente deve-se utilizar a expressão: .

$$F_T = \frac{P}{V_p}$$

Em que:

$F_T$  = carga tangencial

$P$  = potência do motor

$V_p$  = velocidade periférica

$$F_t = \frac{P}{V_p} = \frac{735,5}{1,03} = 714\text{N}$$

Nesse caso, 714 N é a carga máxima atuante na corrente.

De acordo com Melconian (2007, p. 279), para identificar a velocidade periférica da corrente deve-se utilizar expressão:

$$V_p = \frac{Z_1 \cdot t \cdot n_1}{60 \cdot 1000}$$

Em que:

$V_p$  = velocidade periférica da corrente

$Z_1$  = número de dentes do pinhão

$t$  = passo da corrente

$n_1$  = rotação

$$V_p = \frac{16 \cdot 12,7 \cdot 305}{60 \cdot 1000} = 1,03\text{m/s}$$

$$V_p = 1.03\text{m/s}$$

Como  $V_p < 12\text{m/s}$  a condição é aceita, pois a  $V_p$  não pode ser superior a 12m/s.

Além disso, deve-se identificar a carga de ruptura da corrente e de acordo com Melconian (2007, p. 291), para determiná-la deve-se utilizar a seguinte expressão:

$$F_{rup} = F_{max} \cdot n_s \cdot K$$

Em que:

$F_{rup}$  = carga de ruptura da corrente

$F_{max}$  = carga máxima que deve atuar na corrente

$n_s$  = coeficiente de segurança

$K$  = fator de operação

Na Tabela 10, obtém-se que:

$n_s = 8,6$  , pois  $n = 305\text{rpm}$ (rotação do pinhão) e  $t = \frac{1}{2}$ "(passo da corrente)

Tabela 10: Coeficiente de Segurança  $n_s$

Passo	RPM da Engrenagem Menor								
	50	200	400	600	800	1000	1200	1600	2000
Cor. de rolos 1/2" – 5/8"	7,0	7,8	8,6	9,4	10,2	11,0	11,7	13,2	14,8
3/4" – 1/4"	7,0	8,2	9,4	10,3	11,7	12,9	14,0	16,3	--
1 1/4" – 1 1/2"	7,0	8,6	10,2	13,2	14,8	16,3	19,5	--	--
Cor. Dentadas 1/2" – 5/8"	20,0	22,2	24,4	28,7	29,0	31,0	33,4	37,8	42,0
3/4" – 1/4"	20,0	23,4	26,7	30,0	33,4	36,8	40,0	46,5	53,5

Fonte: Melconian (2007)

Para identificar o  $F_{max}$ , utiliza-se a expressão abaixo:

$$F_{max} = Ft$$

$$F_{max} = 714\text{N}$$

$$n_s = 8.6$$

$$K = 1$$

Com a obtenção desses valores, agora pode-se calcular o  $F_{rup}$

$$F_{rup} = 714 \cdot 8,6 \cdot 1$$

$$F_{rup} = 6183,2N$$

Nesse caso, o  $F_{rup}$  é de 6183,2 N

Consultando o catálogo GWK presente na Tabela 11, o valor de ruptura encontrado é inferior a 15000N, pela condição  $6183,2N < 15000N$ , portanto a corrente atende a necessidade.

Tabela 11: Catálogo GWK

GWK Nº	ASA Nº	Passo	Rolo		Lateral		Piso G	Largura L / LL mm	Carga de ruptura N
			Largura B	Diâmetro D	Espessura T	Altura H= mm			
SIMPLEX									
Import.	40	1/2"	5/16"	5/16"	1,5 mm	12,0	5/32"	15,5	15.000
Import.	50	5/8"	3/8"	0,400"	2,0 mm	15,2	3/16"	20,2	20.000
S 401	60	3/4"	1/2"	15/32"	2,5 mm	18,4	1/4"	24,6	25.000
S 501	80	1"	5/8"	5/8"	1/8"	24,4	5/16"	32,5	43.000
S 601	100	1 1/4"	3/4"	3/4"	3/16"	29,0	3/8"	41,5	70.000
S 701	120	1 1/2"	1"	7/8"	3/18"	34,0	7/16"	48,5	100.000
S 801	140	1 3/4"	1"	1"	1/4"	42,0	1/2"	57,0	135.000
S 901	160	2"	1 1/4"	1 1/8"	1/4"	47,6	9/16"	63,5	170.000
S 901 R	160 H	2"	1 1/4"	1 1/8"	5/16"	47,6	9/16"	70,0	200.000
S 901 RR	-	2"	1 1/4"	1 1/8"	3/8"	47,6	3/4"	77,0	260.000
S 1001	200	2 1/2"	1 1/2"	1 9/16"	5/16"	57,0	51/64"	76,0	275.000

Fonte: Melconian (2007)

Também é necessário verificar a distância entre os centros e de acordo com Melconian (2007, p. 278), essa verificação é determinada pela expressão:

$$C = (30 \text{ a } 50)t$$

Em que:

C= distância entre centros

t = passo da corrente

(30 a 50) = intervalo de distância permitido

Dados:

$$C=385\text{mm}$$

$$t=12,7\text{mm}$$



$$C = (30 \text{ a } 50)t$$

$$\frac{C}{t} = \frac{385}{12,7} = 30,31\text{mm}$$

Logo, a distância entre centros será mantida pois está contida no intervalo (30 a 50mm).

De acordo com Melconian (2007 p.278), em relação ao número de elos, ele pode ser determinado pela expressão abaixo:

$$Y = \frac{Z1+Z2}{2} + \frac{2C}{1t} + \left( \frac{Z2-Z1}{2\pi} \right)^2 \frac{t}{C}$$

Em que:

Y = número de elos

Z2 = número de dentes da engrenagem maior(coroa)

Z1 = número de dentes da engrenagem menor(pinhão)

t = passo da corrente

C = distância entre centros

Dados:

$$Z1 = 16$$

$$Z2 = 52$$

$$t = 12,7$$

$$C = 385$$

$$Y = \frac{Z1+Z2}{2} + \frac{2C}{1t} + \left( \frac{Z2-Z1}{2\pi} \right)^2 \frac{t}{C}$$

$$Y = \frac{15+52}{2} + \frac{2 \cdot 385}{1 \cdot 12,7} + \left( \frac{16-52}{2 \cdot 3,14} \right)^2 \cdot \frac{12,7}{385}$$

$$Y = \frac{68}{2} + \frac{770}{12,7} + \left( \frac{36}{6,28} \right) \cdot \frac{12,7}{385}$$

$$Y = 34 + 60,6 + (5,7 \cdot 0,033)$$

$$Y = 94,6 + 0,18$$

$Y = 94,78$  elos - utilizar 95 elos

Segundo Melconian (2007, p.279), o comprimento da corrente ( $l$ ) é determinado pela expressão:

$$l = Y \cdot t$$

Em que:

$l$  = comprimento da corrente

$Y$  = número de elos da corrente

$t$  = passo da corrente

Dados:

$$Y = 95$$

$$t = 12,7$$

$$l = Y \cdot t$$

$$l = 95 \cdot 12,7$$

$$l = 1206,5 \text{ mm}$$

Dessa forma, o comprimento da corrente é 1206,5 mm

Além disso, deve-se determinar a Carga no eixo-árvore e de acordo com Melconian (2007 p.280), essa carga deve ser determinada pela expressão:

$$F_{arv} = F_t + 2k_0 \cdot q \cdot c$$

Em que:

$F_{arv}$  = carga atuante no eixo-árvore

$K_0$  = fator de posição

$F_t$  = carga tangencial

$Q$  = peso da corrente

$C$  = distância entre centros

Dados:

$K_0 = 2$  (inclinação  $< 45^\circ$  vertical)

$q = 15\text{N/m}$  (corrente simplex com  $t = \frac{1}{2}"$  (12,7 mm))

$C = 385\text{mm}$  (distância entre centros) transformado em metros = 0,385M

$F_t = 714\text{ N}$

$F_{arv} = F_t + 2k_0 \cdot q \cdot c$

$F_{arv} = 714 + 2 \cdot 2 \cdot 15 \cdot 0,385$

$F_{arv} = 714 + 23,1$

$F_{arv} = 737,1\text{N}$

Logo, a carga atuante no eixo-árvore é de 737,1N.

### 2.2.3.1.3 Montagem do mecanismo

A estrutura metálica construída foi fixada através de parafusos a uma base de madeira existente que sustenta a máquina do relógio. Em seguida, foram instalados nessa estrutura as polias, o pinhão, as correias e os motores. Na máquina do relógio foi fixada uma engrenagem para corrente no eixo quadrado da corda sendo conectada por uma corrente ao pinhão da polia movida. Por fim, foram realizados os ajustes na transmissão e efetuados os primeiros testes. Foram utilizadas rodas alternativas (de bicicleta por motivos de custo).

A montagem do mecanismo pode ser visualizada logo abaixo através das figuras 10, 20, 21, 22 e 23.

Figura 19: Montagem da estrutura de abrigo do mecanismo



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 20: Identificação dos elementos dimensionados



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 21: Base do motor



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Figura 22: Motores fixados na estrutura



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 23: Motor elétrico



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

## 2.2.3.2 Parte Elétrica

### 2.2.3.1 Dimensionamento dos componentes elétricos de força e comando

#### 2.2.3.1.1 Motores

Foi dimensionado para o mecanismo 2 motores elétricos trifásico, de 1cv de potência, 4 polos que são ligados a uma rede de alimentação trifásica de 380Vac /60Hz. A corrente nominal informada pelo fabricante é de 1,8A e possui como fator de corrente de partida:  $I_p/I_n=6,6$ . O fator de serviço é 1.15, estes motores trabalham em regime normal de manobra com rotor gaiola de esquilo e desligamento em regime. Sendo aplicada a categoria de emprego AC3, pois trata-se de aplicação de motor elétrico trifásico de indução e a interrupção se efetua com o motor em regime.

Os dados do motor utilizado são:

Tensão = 380VAC

Potência = 1CV

Frequência = 60Hz

$I_p/I_n=6,6$

$I_n = 1,8 \text{ A}$

$F_s = 1.15$  - fator de serviço elétrico(o fator, que aplicado á potência nominal, indica a sobrecarga permissível que pode ser aplicada continuamente ao motor sob condições especificadas)

### 2.2.3.1.2 Contatores

Segundo Franchi (2008 p.157),

contator é um dispositivo eletromagnético de manobra mecânica que liga e desliga o circuito do motor, sendo acionado através de um circuito de comando. Esse dispositivo deve ser dimensionado levando-se em conta os dados impressos na placa do motor. Para o dimensionamento do contator(K1) devemos levar em conta a corrente nominal do circuito ( $I_n$ ) para fazer o dimensionamento em função da corrente nominal do contator( $I_e$ ).

Desta forma temos:

$$I_e (K1) \geq I_n$$

$$I_e = I_n * F_s$$

$$I_n = 1,8A$$

$F_s = 1.15$ (fator de segurança que determina um acréscimo de 15% do valor da corrente de trabalho do contator)

Considerando que o contator, neste tipo de acionamento, conduzirá 100% da corrente do motor, logo a corrente do contator deverá ser igual ou superior a corrente nominal do motor elétrico trifásico, veja a seguir:

$$I_e = 1,8 * 1,15$$

$$I_e = 2A$$

Basta localizar no catálogo do fabricante o contator que tenha esta faixa de corrente e o contator escolhido foi CWB9-11-30

#### 2.2.3.1.3 Relé de sobrecarga

De acordo com Franchi (2008, p.131), “o relé de sobrecarga é um dispositivo construído para proteger o motor contra sobrecarga de curta duração e controlar ou comandar um circuito elétrico, atuando sempre pelo efeito térmico provocado pela corrente elétrica.”

Para a escolha do relé de sobrecarga leva-se em conta uma faixa de ajuste em que a corrente nominal do motor esteja incluída. Assim, basta localizar no catálogo do fabricante o contator e o relé que esteja na referida faixa de ajuste.

Dessa forma, foi realizada a identificação dessas informações como pode ser vista na Tabela 12 para a escolha do relé de sobrecarga. Nesse caso, utilizou-se faixa de ajuste 1,8A ... 2,8A ; o contator foi CWB9-11-30 e o relé de sobrecarga escolhido foi RW27-203-D028,



Tabela 12: Catálogo do fabricante WEG

Corrente do motor (A)	Contator AC-3		Relé de sobrecarga	
	Referência	Máxima corrente nominal AC-3 (A)	Referência	Range de ajuste de corrente I (A)
0,28...0,4	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-D004	0,28...0,4
0,43...0,63	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-C063	0,43...0,63
0,56...0,8	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-D008	0,56...0,8
0,8...1,2	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-D012	0,8...1,2
1,2...1,8	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-D018	1,2...1,8
1,8...2,8	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-D028	1,8...2,8
2,8...4	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-U004	2,8...4
4...6,3	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-D063	4...6,3
5,6...8	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-U008	5,6...8
7...9	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-U010	7...10
8...12	CWB12-11-30♦	12	RW27-2D3-D125	8...12,5
10...15	CWB18-11-30♦	18	RW27-2D3-U015	10...15
11...17	CWB18-11-30♦	18	RW27-2D3-U017	11...17
15...23	CWB25-11-30♦	25	RW27-2D3-U023	15...23
22...32	CWB32-11-30♦	32	RW27-2D3-U032	22...32
32...40	CWB38-11-30♦	38	RW27-2D3-U040	32...40
25...40	CWB40-11-30♦	40	RW67-5D3-U040	25...40
32...50	CWB50-11-30♦	50	RW67-5D3-U050	32...50
40...57	CWB65-11-30♦	65	RW67-5D3-U057	40...57
50...63	CWB65-11-30♦	65	RW67-5D3-U063	50...63
57...70	CWB80-11-30♦	80	RW67-5D3-U070	57...70
63...80	CWB80-11-30♦	80	RW67-5D3-U080	63...80

Fonte: Weg (2015)

#### 2.2.3.1.4 Relé falta de fase

Segundo Franchi (2008 p.149), o relé falta de fase

é um dispositivo que supervisiona redes trifásicas em que há defasagem de 120°. Detecta a falta de uma fase e desliga um contato quando a falta ocorre. Esse relé tem um retardo de aproximadamente cinco segundos para que não opere sem necessidade na partida de um motor ou uma falta de fase em um instante muito breve.

Neste projeto, o modelo de relé falta de fase utilizado foi LK-GFF 380V S/ NEUTRO, por ser compacto ocupar pouco espaço no quadro de comando, possuir longa vida útil mecânica e elétrica.

Figura 24: RELÉ FALTA DE FASE



Fonte: Site Grupo Lukma Eletronic, 2017.

#### 2.2.3.1.5 Disjuntores

De acordo com Mamede Filho (2013, p. 346)

Os disjuntores são dispositivos termo-magneto para proteção de instalações de equipamentos elétricos contra sobrecarga e curto-circuito. Eles são equipados com um disparador térmico (bimetal) que atua nas situações de sobrecarga, e com um disparador eletromagnético que atua nos casos de curto-circuito.

Para o desenvolvimento deste projeto, foram utilizados disjuntores de curva C, pois eles têm como principal característica o disparo instantâneo para correntes entre 5 a 10 vezes a corrente nominal. Por isso, são aplicados na proteção de circuitos com instalação de cargas indutivas.

Nesse projeto, foi utilizado um disjuntor trifásico para o circuito de força e um disjuntor monofásico para o circuito de comando.

Assim, o disjuntor trifásico utilizado para o circuito de força: MINIDISJUNTOR TERMOMAGN MDW-C6-3 e as suas características técnicas de acordo com Weg (2021) são:

Curva de disparo C  
 Corrente nominal 6A  
 Número de polos 3 Polos  
 Tensão de emprego 440Vca/250Vcc  
 Frequência 50/60 Hz

O disjuntor monofásico para o circuito de comando utilizado foi : MINIDISJUNTOR TERMOMAGN MDW-C2 e as suas características técnicas de acordo com Weg (2021) são:

Curva de disparo C  
 Corrente nominal 2A  
 Número de polos 1 Polo  
 Tensão de emprego 440Vca  
 Frequência 50/60 Hz

#### 2.2.3.1.6 Chave fim de curso

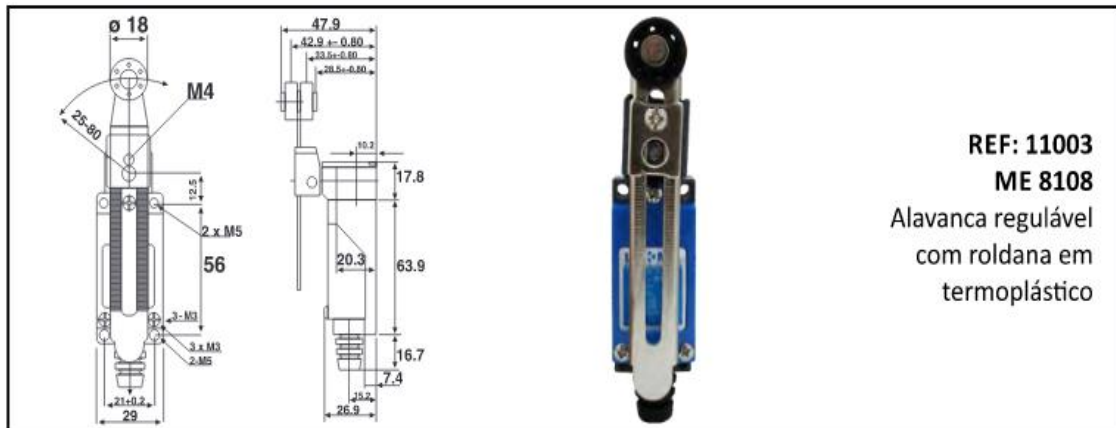
De acordo com Franchi (2008 p.111) “a chave de fim de curso é um interruptor eletromecânico que tem como função indicar que a estrutura ligada ao eixo de um motor atingiu o fim do percurso de seu campo de movimento.”

Neste projeto, foi utilizada a chave fim de curso ME 8108 1NA+1NF Cód: 11003. Essa chave foi utilizada por possuir as seguintes características:

- Alavanca regulável com roldana
- Longa vida mecânica

- Longa vida elétrica
- Suportar ação brusca
- Contatos 1NA + 1NF

Figura 25: CHAVE FIM DE CURSO

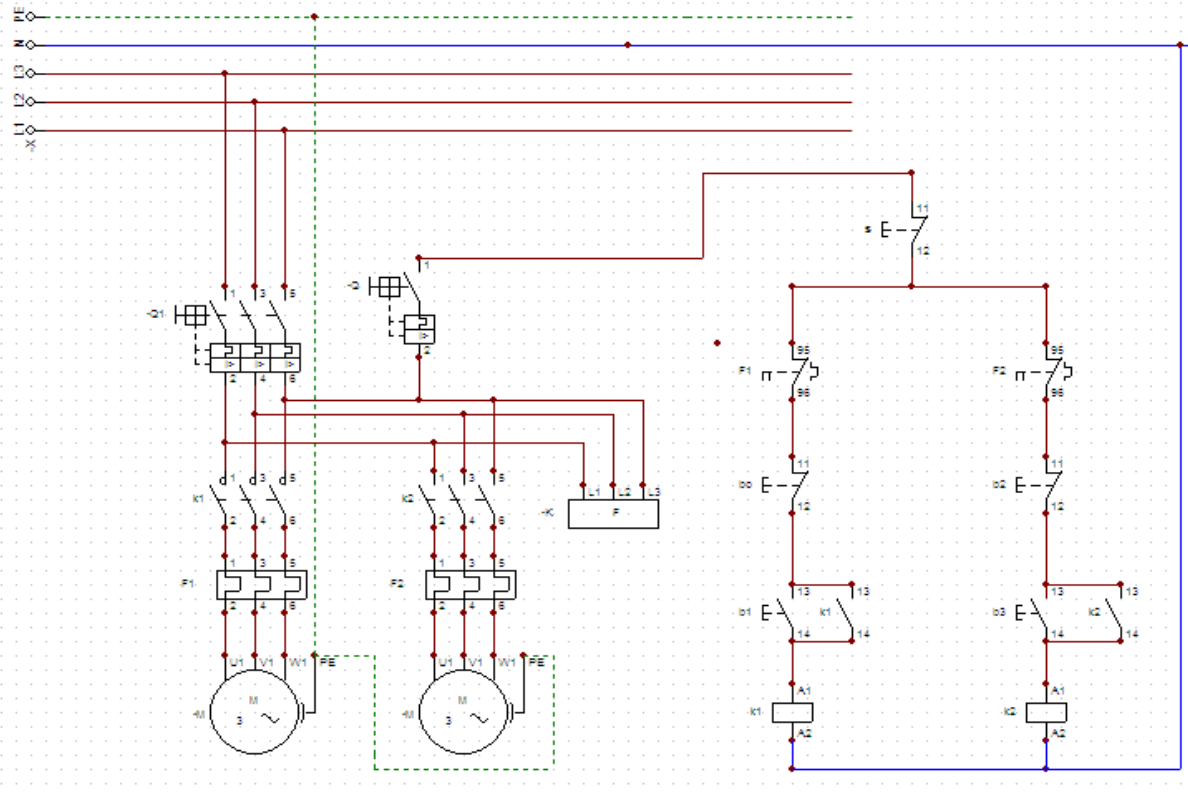


Fonte: Site Grupo Lukma Eletronic, 2020.

### 2.2.3.1.7 Circuito de Comando e Força

O diagrama elétrico de comando e força contido na Figura 26 foi desenvolvido através do programa CADe\_SIMU 4.0

Figura 26: DIAGRAMA ELÉTRICO DE COMANDO E FORÇA



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 27: QUADRO DE COMANDO E FORÇA



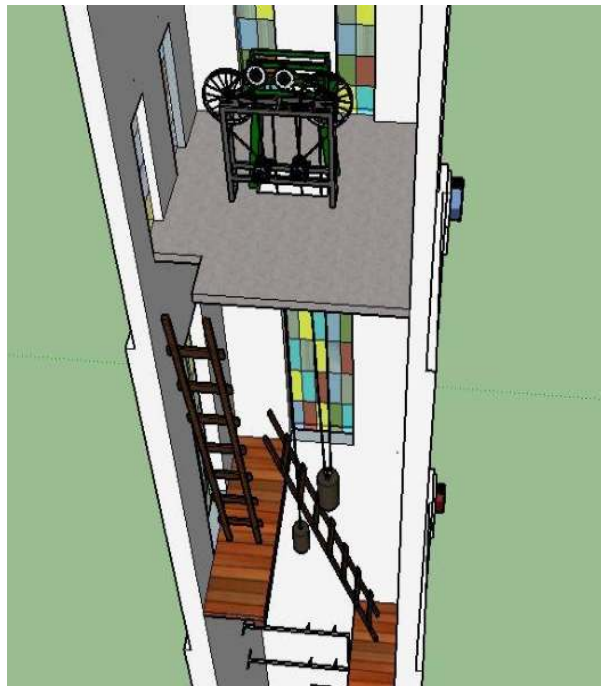
Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

### 2.2.3.1.8 Testes

Todos os testes foram realizados na coluna da hora, exceto a simulação do circuito de comando que foi realizada através do programa CAdE\_SIMU 4.0. Primeiramente, foram realizados os testes do mecanismo e depois os testes de comando acionados por fim de cursos. Sendo que durante esses testes obtivemos o resultado desejado.

### 2.2.3.1.9 Fotos da implementação

Figura 28: Vista interna frontal da coluna da hora



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 29: Vista interna de cima da coluna da hora



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 30: Estrutura mecânica montada



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 31: Chaves fim de curso NF



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 32: Pesos no ponto inicial da corda



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.



Figura 33: Pesos no ponto final da corda



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 34: Chaves fim de curso NA



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

## 2.3 COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO

### 2.3.1 Tempo de Rebobinamento

Em relação ao tempo do rebobinamento, verificamos que ocorreu uma redução nesse tempo, pois antes era necessário girar uma manivela várias vezes até o peso atingir o ponto inicial da corda e o tempo estimado para a realização dessa atividade era de 2 minutos. Logo, com a automatização do processo de rebobinamento do relógio, esse tempo foi reduzido e agora leva em torno de 20 segundos.

### **2.3.2 Flexibilidade do Rebobinador**

Durante aproximadamente 2 minutos do rebobinamento manual, o pêndulo parava de balançar, conseqüentemente, o relógio parava de funcionar após atingir o ponto inicial da corda. Sendo assim, para ele voltar a funcionar era necessário embalar o pêndulo e adiantar 2 minutos para compensar o tempo em que o relógio permaneceu parado. Com a automatização do rebobinador do relógio, a velocidade de rebobinamento passou a ser em torno de 20 segundos, dessa forma, o pêndulo não para de balançar e o relógio não para de funcionar

### **2.3.3 Vantagens**

Com a automatização do rebobinador do relógio, podemos identificar três vantagens principais que são: dispensa do operador, redução do tempo de atraso do relógio e autonomia do relógio.

Em relação a essas vantagens, constatamos que agora não é mais necessário a presença constante de um operador para dar corda ao relógio. Além disso, ocorreu a redução do tempo de atraso do relógio que ocorria no momento de dar corda, pois ele parava de funcionar e atrasava dois minutos que eram relacionados ao tempo que o operador realizava o processo de dar corda, assim, ao finalizar esse processo, era necessário que o operador colocasse o relógio em funcionamento e adiantasse os 2 minutos. Sendo assim, com a automatização desse processo, ocorreu a redução nesse atraso que agora é de aproximadamente 20 segundos, em vista disso, o relógio não para de funcionar e também não necessita dessa correção dos minutos.

Além disso, temos a autonomia do relógio, pois a atividade de dar corda ao relógio passou a ser realizada de forma automática e é acionada no momento que os pesos tocam as chaves fim de curso NA e desligada quando os pesos tocam as chaves fim de curso NF finalizando a subida dos pesos.

### 3 CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento deste projeto foi realizada a automatização do rebobinador da corda da relógio da coluna da hora de São João do Rio do Peixe, através da construção de um rebobinador eletromecânico. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi alcançado e o trabalho de dar “corda” ao relógio passou a ser realizado de forma automatizada.

Em vista disso, para que o relógio funcione, não será mais preciso que o operador realize o trabalho de subir os cilindros a cada 72 horas e corra o risco de sofrer algum acidente ao subir ou descer as escadas. Logo, o seu trabalho passa a ser realizado por esse rebobinador de forma automática, fazendo com que o relógio não pare o seu funcionamento, pois quando os pesos descenderem não será mais preciso o esforço humano para enrolar o cabo para os pesos subirem, agora, todo esse processo é feito automaticamente, sendo mais rápido, ágil e eficiente.

Sendo assim, ocorreu uma redução no tempo do rebobinamento, pois para realizar essa atividade o operador gastava 2 minutos, agora, com a automatização desse processo o tempo passou a ser de 20 segundos. Dessa forma, o relógio não para mais de funcionar e não é mais necessário adiantar os 2 minutos relacionados ao tempo em que o relógio permaneceu parado.

Enfim, é notória as vantagens oriundas desse processo de automatização, pois o relógio ganhou autonomia e passou a realizar o processo de rebobinamento da corda automaticamente, logo, a partir de agora, não é necessário o esforço de um operador para desenvolver essa atividade, como também ocorreu a redução do tempo de atraso do relógio, o que faz com que ele não pare de funcionar.

Portanto, este estudo possibilitou a aplicação prática do conhecimento adquirido durante o curso e favoreceu o processo de rebobinamento da corda do relógio da coluna da hora de São João do Rio do Peixe, fazendo com que um trabalho que era desenvolvido de forma manual passasse a ser realizado de forma automática, com redução de tempo e dispensa de esforço humano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEATEK SINOS E RELÓGIOS. Tok sino III. Disponível em: <<https://beatekrelogios.com.br/sino-eletronico/>> Acesso em: 05 de julho de 2021.

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos elétricos**. 4. ed. São Paulo: Érica LTDA, 2008.

GRUPO LUKMA ELETRONIC. **Chave fim de curso**. 2020. Disponível em: <<https://www.lukma.com/pdfs/111.pdf>>. Acesso em: 03 de maio de 2021.

GRUPO LUKMA ELETRONIC. **Rele falta de fase lk-gff s/n 380v cx estr**. 2017. Disponível em: <<https://www.lukma.com/produto/45017>>. Acesso em: 03 de maio de 2021.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de máquinas**. 8. ed. São Paulo: Érica, 2007.

MCKAY, Chris. **O manual dos zeladores de relógios de torre**. Publicado originalmente pela Antiquarian Horological Society, 1998.

RELOCARD. **Relógios** - máquinas de automação. Disponível em: <[http://www.relocard.com.br/maquinas\\_de\\_automacao.asp](http://www.relocard.com.br/maquinas_de_automacao.asp)> Acesso em: 05 de julho de 2021.

WEG. **Automação** – catálogo geral – contadores e relés de sobrecarga. Disponível em: <<http://supplytechsp.com.br/pdf/catalogo-produtos-weg.pdf>> Acesso em: 03 de maio de 2021.

WEG. **Minidisjuntor termomagn mdw-c6-3. 2021.** Disponível em: <<https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Controle-Industrial/Controls/Prote%C3%A7%C3%A3o-de-CircuitosEI%C3%A9tricos/Disjuntores/Minidisjuntores/Minidisjuntores-MDW/MINIDISJUNTOR-TERMOMAGN-MDW-C6-3/p/10076401>>. Acesso em: 06 de julho de 2021.

WEG. **Minidisjuntor termomagn mdw-c2. 2021.** Disponível em: <<https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Controle-Industrial/Controls/Prote%C3%A7%C3%A3o-de-CircuitosEI%C3%A9tricos/Disjuntores/Minidisjuntores/Minidisjuntores-MDW/MINIDISJUNTOR-TERMOMAGN-MDW-C2/p/10076381>>. Acesso em: 06 de julho de 2021.

# APÊNDICES

## APÊNDICE A

### 1 Fotos da construção da coluna da hora até os dias de hoje

Figura 35: Coluna da hora em construção 1948



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 36: Coluna da hora 1970



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 37: Coluna da hora 1975



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 38: Coluna da hora 2010



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

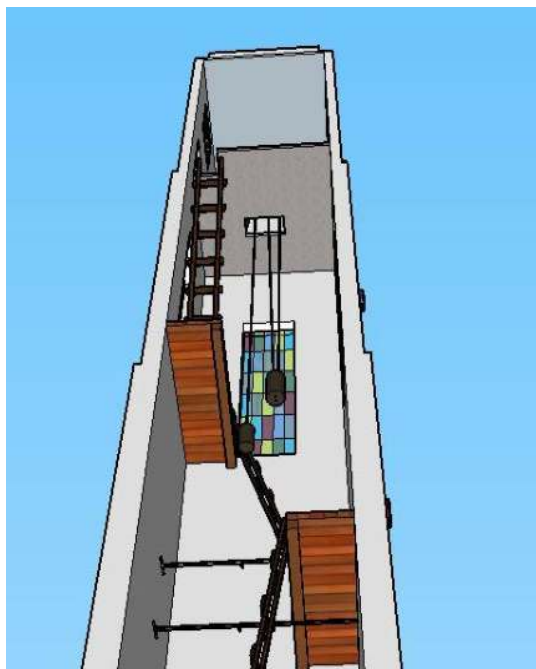


Figura 39: Coluna da hora 2020



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 40: Vista interna da Torre



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

## 2 Imagens da máquina do relógio

Figura 41: Vista frontal da Máquina do Relógio



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 42: Vista traseira da Máquina do Relógio



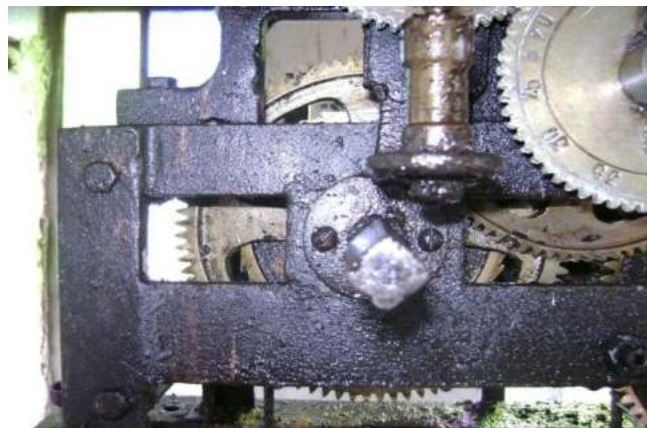
Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 43: Vista lateral esquerda dos tambores e cabos de aço



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 44: Quadrado do trem de rodagem

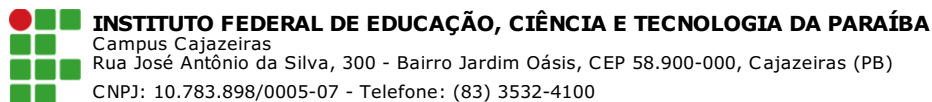


Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.

Figura 45: Quadrado do trem das batidas



Fonte: Dados do projeto de implementação, 2021.



## Documento Digitalizado Restrito

### Trabalho de Conclusão de Curso

**Assunto:** Trabalho de Conclusão de Curso  
**Assinado por:** Allan Nogueira  
**Tipo do Documento:** Anexo  
**Situação:** Finalizado  
**Nível de Acesso:** Restrito  
**Hipótese Legal:** Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)  
**Tipo do Conferência:** Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Allan Dutra Nogueira, ALUNO (201722030016) DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL - CAJAZEIRAS**, em 28/09/2021 17:31:50.

Este documento foi armazenado no SUAP em 28/09/2021. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

**Código Verificador:** 334694

**Código de Autenticação:** 3972eef736

