



**Universidade Eduardo Mondlane**

**Faculdade de Engenharia**

**Departamento de Engenharia Electrotécnica**

**Relatório de Estágio Profissional**

**Dimensionamento de um accionamento de elevação de cargas através de um  
elevador para a Fábrica de Gelo no Porto de Pesca de  
Maputo**

Autora: Zaide, Faidate Ássuimo

Supervisores:

Eng.º Dinis Albino Chissano (UEM)

Eng.º Juma Cássimo (empresa)

**Maputo, Novembro de 2022**



**Universidade Eduardo Mondlane**

**Faculdade de Engenharia**

**Departamento de Engenharia Electrotécnica**

**Relatório de Estágio Profissional**

**Dimensionamento de um accionamento de elevação de cargas através de um  
elevador para a Fábrica de Gelo no Porto de Pesca de  
Maputo**

Autora: Zaide, Faidate Ássuimo

Supervisores:

Eng.º Dinis Albino Chissano (UEM)

Eng.º Juma Cássimo (empresa)

Relatório a ser entregue ao Departamento de Engenharia Electrotécnica, Faculdade de Engenharia da UEM como requisito para Obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Eléctrica.

**Maputo, Novembro de 2022**

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe que me apoiou e incentivou desde o início do curso e ao meu pai que, mesmo a contragosto, acreditou que eu fosse capaz e não poupou esforços para que eu tivesse sucesso!



## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter colocado pessoas especiais em meu caminho.

Aos meus pais, Felisbela Josina Celestino e Ássuimo Zaide, pelo carinho e incentivo.

Aos meus irmãos pelo apoio incondicional e por tonarem os meus dias leves e alegres.

Aos meus amigos, Cátia , Edson e Monga, pela motivação em tempos difíceis e por terem me suportado nos meus piores momentos.

Aos professores, em especial ao meu supervisor Eng<sup>o</sup> Dinis Chissano pela orientação e paciência durante a realização do projecto.

À Universidade Eduardo Mondlane pela oportunidade de realização do Curso.



## RESUMO

O relatório que se segue teve como principal objectivo dimensionar componentes eléctricos para o accionamento de um elevador de cargas para a fábrica de gelo no Porto de Pesca de Maputo. Para tal assumiu-se que o monta-cargas teria capacidade de 100 kg e estaria apto a percorrer os 4 m de altura útil numa velocidade de 0.75 m/s.

Para a elaboração do projecto foram consultados diversos manuais e catálogos para a escolha de cada componente do sistema. Tendo em conta a relação de transmissão calculada, foi dimensionado o redutor. Estudando o comportamento da carga, as características da fonte de alimentação, as condições ambientais do local e as características construtivas dos motores, foi feito o dimensionamento do motor. Usando a potência e corrente do motor foram dimensionados o inversor de frequência e as protecções eléctricas do sistema. O projecto inclui os circuitos eléctricos, a estimativa de custos e a especificação do material a ser usado.

**Palavras-chave:** Monta-cargas, dimensionamento, accionamento, protecções.



## ABSTRACT

The follow report had how the main objective the dimensioning of electrical components for operating a cargo elevator for the Ice Factory in the Maputo Fishing Port. For this, it was assumed that the freight elevator would have a capacity of 100kg and would be able to travel the 4 m of useful height at a speed of 0.75 m/s.

For the elaboration of the project, several manuals and catalog were consulted for the choice of each component of the system. Analyzing the load behaviour, the characteristics of the power supply, the environmental conditions of the place and the constructive characteristics of the motors, the dimensioning of the motor was made.

Based on the motor power and current, the frequency inverter and the electrical protections were dimensioned. The project includes the electrical circuits for the elevator's operation, the cost estimate and the specification of material to be used.

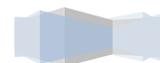


## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA .....	I
AGRADECIMENTOS .....	II
RESUMO.....	III
ABSTRACT .....	IV
SUMÁRIO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABELAS .....	VII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	VIII
CAPÍTULO I: CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	1
1.1. Introdução .....	1
1.2. Formulação do problema.....	1
1.3. Justificativa .....	2
1.4. Objectivos.....	2
1.4.1. Objectivo geral .....	2
1.4.1. Objectivos específicos.....	2
1.5. Metodologia .....	2
1.6. Organização do trabalho .....	3
CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1. Elevadores ou sistemas de ascensão vertical de carga.....	4
2.1.1. Tipos de elevador .....	4
2.1.2. Estrutura de construção dos elevadores .....	5
2.1.3. Constituição do Elevador.....	7
2.1.4. Princípio de funcionamento .....	9
2.1.5. Monta-cargas.....	10
2.2. Motores eléctricos .....	11
2.2.1. Motor de Indução Trifásico .....	11
2.2.2. Princípio de Funcionamento - Campo Girante .....	12
2.2.3. Categoria de motores .....	13
2.3. Inversor de frequência .....	15
2.3.1. Blocos do inversor.....	16



2.3.2. Tipos de inversor de frequência .....	17
2.4. Dispositivos de Protecção .....	19
2.4.1. Fusíveis .....	19
2.4.2. Relé Térmico.....	20
2.5. Dispositivos de Comando.....	20
2.5.1. Botoeiras e Chaves Manuais.....	20
2.5.2. Contatores .....	21
CAPÍTULO III: PROJECCÃO DO SISTEMA .....	22
3.1. Dados de entrada e decisões do projecto.....	22
3.2. Cálculo da massa do cabo de tracção e diâmetro da polia.....	23
3.3. Escolha do redutor .....	27
3.3.1. Relação de transmissão .....	27
3.3.2. Cálculo do momento de torção.....	28
3.4. Escolha do motor .....	29
3.4.1. Binário do motor .....	29
3.4.2. Cálculo da potência do motor.....	30
3.5. Escolha do inversor de frequência.....	37
3.6. Accionamento e protecção do sistema .....	39
3.6.1. Escolha de contactores .....	39
3.6.2. Relé térmico .....	40
3.6.3. Escolha de fusíveis.....	40
CAPÍTULO IV:ESQUEMAS ELÉCTRICOS .....	41
4.1. Circuito de força.....	41
4.2. Circuito de comando .....	42
CAPÍTULO V:ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS MATERIAIS.....	43
5.1. Geral .....	43
5.2. Estimativa de Custo .....	44
CAPÍTULO VI: CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	46
6. 1. Conclusão.....	46
6.2. Recomendações para trabalhos futuros .....	46



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elevador monta-cargas sem casa de máquinas.....	6
Figura 2. Elevador com casa de máquinas. ....	7
Figura 3. Partes constituintes de um elevador.....	8
Figura 4. Elevador monta cargas.....	10
Figura 5. Vista em corte de um motor de indução trifásico.....	12
Figura 6. Resumo do princípio de funcionamento de um motor de indução.....	13
Figura 7. Diagrama de blocos de um inversor de frequência. ....	15
Figura 8. Comparação da curva Torque X velocidade . ....	18
Figura 9. Diferentes tipos de fusível. ....	19
Figura 10. Princípio de funcionamento do relé térmico. ....	20
Figura 12. Constituição do contactor. ....	21
Figura 11. Diferentes botoeiras. ....	21
Figura 13. Comportamento da potência conforme a variação da carga. 35	
Figura 14. Rampas de aceleração e desaceleração. ....	38

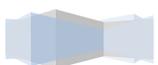
## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Dados de entrada do projecto. ....	23
Tabela 2. Classe de funcionamento em função do tempo médio de funcionamento.....	24
Tabela 3. Estados de solicitação .....	24
Tabela 4. Classes de funcionamento .....	25
Tabela 5. Valores mínimos do coeficiente de grupo.....	25
<b>Tabela 6.</b> Especificações do cabo de tracção escolhido.....	26
Tabela 7. Especificações do redutor a ser usado.....	28
Tabela 8. Velocidades do ascensor em função da distância a percorrer. ....	30
Tabela 9. Especificação do motor escolhido. ....	36
Tabela 10. Especificação do inversor de frequência. ....	37
Tabela 11. Estimativa de custo. ....	45



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>A</b>	Ampère
<b>F</b>	Força
<b>Fem</b>	Força electromotriz
<b>Hz</b>	Hertz
<b>I<sub>n</sub></b>	Corrente nominal
<b>J</b>	Momento de inércia
<b>kgfm</b>	Quilograma-força-metro
<b>kW</b>	QuiloWatt
<b>M</b>	Torque ou binário
<b>M<sub>mmed</sub></b>	Conjugado médio da carga
<b>M<sub>rmed</sub></b>	Conjugado resistente médio
<b>NA</b>	Normalmente aberto
<b>NF</b>	Normalmente fechado
<b>PWM</b>	<i>Pulse Width Modulation</i> (Modulação por largura de pulso)
<b>P<sub>mot</sub></b>	Potência do motor
<b>P<sub>mec</sub></b>	Potência mecânica
<b>rpm</b>	Rotações por minuto
<b>rad/s</b>	Radianos por segundo
<b>t<sub>a</sub></b>	Tempo de aceleração ou partida
<b>U</b>	Tensão
<b>V</b>	Volt
<b>η</b>	Rendimento
<b>ω</b>	Velocidade angular



# **CAPÍTULO I: CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

## **1.1. Introdução**

Desde 1500 a.C os Egípcios já usavam equipamentos rudimentares similares a elevadores para elevar as águas do rio Nilo. Estes eram movidos por tracção animal e foram se desenvolvendo ao longo do tempo sendo que, a tracção animal passou a ser substituída por máquinas a vapor. Hoje em dia elevadores são, por definição, mecanismos que utilizam um motor eléctrico ou hidráulico para realizar deslocamentos de carga , com ou sem vida, no plano vertical ou inclinado. O tipos mais comum são os elevadores eléctricos que podem ser divididos em algumas categorias: de passageiros, de carga, monta carga, monta-pratos entre outros.

Os monta-cargas são elevadores de pequena dimensão com limite máximo de 300 kg por equipamentos podendo ser usados em diferentes edifícios como hospitais, hotéis e na indústria.

## **1.2. Formulação do problema**

O porto de Pesca de Maputo foi concebido para atender às necessidades de conservação de pescado. Para tal, além de possuir câmaras frigoríficas onde o peixe é mantido a baixas temperaturas, conta também com uma Fábrica de produção de gelo.

A fábrica consiste em dois conjuntos motor-compressor ligados a duas máquinas de modelação e corte do gelo situadas no andar de cima. O acesso ao segundo piso é feito por uma escada estreita dificultando assim o transporte de equipamentos de manutenção tais como botijas de gás, escadas, malas de ferramentas e andaimes.

Faz-se assim, necessário o estudo e projecção de um meio adequado e mais seguro para o transporte de carga para o piso superior de forma a reduzir o esforço físico e garantir maior segurança.



### **1.3. Justificativa**

Durante o transporte de cargas pesadas para o segundo piso através da escada estreita podem ocorrer acidentes de trabalho como quedas e engates. Para além disso, é necessária a aplicação de um esforço físico considerável o que limita e inviabiliza o serviço para certo tipo de trabalhadores e ocasiona perdas de tempo.

A implantação de um sistema de elevação de carga surge como forma de permitir que esse transporte seja feito de maneira segura, com o mínimo de esforço físico possível e com gestão de tempo.

### **1.4. Objectivos**

#### **1.4.1. Objectivo geral**

- ❖ Dimensionar um accionamento de elevação de cargas através de um elevador para a Fábrica de Gelo no Porto de Pesca de Maputo

#### **1.4.1. Objectivos específicos**

- ❖ Analisar a carga a accionar
- ❖ Desenhar os circuitos de Força e de Comando do elevador
- ❖ Fazer a escolha e especificação do motor e suas protecções
- ❖ Fazer a especificação do material a ser usado

### **1.5. Metodologia**

Para a elaboração do projecto será feito um levantamento bibliográfico em manuais, artigos, revistas científicas e *websites* que abarquem o estudo de máquinas de elevação e protecções de sistemas eléctricos. Além disso, vai se recorrer à análise quantitativa para o tratamento de dados.

Quanto à natureza, a metodologia será do tipo aplicado uma vez que se visa a produção de conhecimentos em contribuição á ciência por meio de aplicação de meios para solucionar um problema.



## 1.6. Organização do trabalho

O trabalho está dividido em capítulos, sendo que este é constituído por:

**CAPÍTULO I: CONSIDERAÇÕES INICIAIS**, neste capítulo faz-se uma breve apresentação do trabalho, a parte introdutória, apresenta-se a formulação do problema, a justificativa da escolha do tema, os objectivos do trabalho e a metodologia usada para a realização do relatório.

**CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA**, aqui faz-se a descrição e fundamentação teórica dos componentes que fazem parte do sistema a ser projectado, assim como os conceitos dos elementos envolvidos na elaboração do relatório.

**CAPÍTULO III: PROJECCÃO DO SISTEMA**, constitui a base do projecto, onde se apresentam os cálculos efectuados nos dimensionamentos dos componentes do sistema, a memória descritiva do projecto.

**CAPÍTULO IV: ESQUEMAS ELÉCTRICOS**, neste capítulo, são apresentados os esquemas eléctricos (de força, assim como de comando) dos diversos componentes que fazem parte desse sistema eléctrico.

**CAPÍTULO V: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E ESTIMATIVA DE CUSTO**, neste capítulo serão apresentadas as especificações dos materiais e sua montagem, assim como as estimativas de custo dos materiais e far-se-á uma avaliação económica do projecto.

**CAPÍTULO VI: CONSIDERAÇÕES FINAIS**, neste ponto são apresentadas as conclusões tiradas, as dificuldades encontradas na execução e recomendações ou sugestões para futuros estudos e ou projectos relacionados a esta área do conhecimento.

**CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFIA**, neste capítulo são apresentados os manuais que serviram de base ao projecto.

**CAPÍTULO VIII: ANEXOS**, são apresentados os esquemas do projecto, catálogos consultados, assim como algumas especificações técnicas.



## CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. Elevadores ou sistemas de ascensão vertical de carga

O elevador pode ser definido como um equipamento de transporte utilizado para transportar cargas ou pessoas verticalmente. O elevador pode também ser definido como aparelho estacionário provido de cabina que se move aproximadamente na vertical entre guias, servindo a níveis distintos e destinado ao transporte de pessoas e carga (SANTOS, 2018).

#### 2.1.1. Tipos de elevador

Asokan (2017), classifica os elevadores em 3 tipos, com base em seu acionamento. São eles o elevador hidráulico, o elevador de tambor e o elevador de polia de tração.

No **elevador hidráulico**, uma bomba acciona o fluido hidráulico de um embolo para fazer a subida do elevador. A descida é feita por gravidade, com o esvaziamento gradativo do embolo. Um bom exemplo deste mecanismo são as plataformas de elevação de veículos, muito presentes em oficinas. Segundo Asokan (2017), a principal vantagem deste tipo de elevador, é o seu baixo custo para aquisição. Em contrapartida, é necessário que se faça uma cova profunda para o embolo e a distância de deslocamento vertical do elevador é limitada. É indicado para altas cargas e curtas distâncias.

No **elevador de tambor**, o acionamento se dá com um sistema de motor elétrico e redutor ligados a um tambor enrolando com um cabo de elevação, na ampla maioria das aplicações é um cabo de aço, preso ao carro do elevador, fazendo a elevação vertical. Neste tipo de elevador, é muito comum o uso de contrapesos, para auxiliar o motor. À medida que o cabo se enrola no tambor, é feita a elevação. A principal desvantagem é a necessidade de grandes forças para realizar o içamento. É indicado para cargas baixas e grandes percursos.



**O elevador de polias de tracção** tem um mecanismo semelhante ao elevador de tambor. O cabo de elevação preso é traccionado por um motor-reductor. No entanto, o cabo não é conectado diretamente ao carro do elevador. O accionamento se dá por meio de uma polia de tração por onde passa o cabo de elevação que liga o carro do elevador a um contrapeso, que tem como função, equilibrar a carga do elevador. A principal vantagem é a economia de energia, pois é necessário menos esforço para a movimentação da carga.

### **2.1.2. Estrutura de construção dos elevadores**

No concernente à estrutura de construção, os ascensores eléctricos segundo ATLAS SCHINDLER podem ser:

#### **2.1.2.1. Ascensores sem casa de máquinas**

Apresenta a sua construção conseguida mediante algumas modificações que deverão ser feitas nos componentes necessários, reduzindo, deste modo, o espaço ocupado para a instalação deste equipamento. Para tal, pode se optar por colocar a máquina de tracção e o limitador de velocidade em cima das guias do carro e do contrapeso, podendo se criar uma alternativa para a instalação do quadro de comando.

Este modelo de construção apresenta uma série de vantagens ao edifício sendo que podem ser destacadas as seguintes:

- ❖ Menor tempo de manutenção e custo de mão-de-obra durante a construção;
- ❖ Ocupam menos espaço, oferecendo maior espaço útil ao edifício;
- ❖ Menos peças móveis, tendo maior durabilidade e confiabilidade.





**Figura 1.** Elevador monta-cargas sem casa de máquinas. **FONTE:** Elevis elevadores

Porém, estes apresentam a grande inconveniência de se limitarem a equipamentos de médio e pequeno porte.

#### **2.1.2.2. Ascensores com casa de máquinas**

Contrariamente ao outro tipo, este apresenta uma casa de máquinas onde se localizam: a máquina de tracção, painéis de comando, limitador de velocidade entre outros componentes que fazem parte do sistema. Deseja-se que a localização da casa de máquinas seja na parte superior do edifício, sobre a caixa do ascensor. Porém, não sendo possível, pode ser construída na parte inferior do edifício, ao lado do poço, sendo obrigatória a construção de uma casa de polias sobre a caixa. Salientar que estas devem ser construídas apenas para a instalação de ascensores e não outros fins.





**Figura 2.** Elevador com casa de máquinas. **Fonte:** SkinTech

### 2.1.3. Constituição do Elevador

A **casa de máquinas** é onde ficam abrigados a máquina de tração do elevador, bem como o **quadro elétrico**. Também é o local que se posiciona toda estrutura de içamento, no caso de elevadores que possuam casa de máquinas.

Outro componente importante presente é o **limitador de velocidade**, que é um dispositivo mecânico responsável pelo accionamento do freio de segurança quando a velocidade do carro ultrapassar o limite seguro estabelecido.

Abaixo da casa de máquinas, temos a cabine, que junto a armação e a plataforma de sustentação formam o carro do elevador, responsável por carregar a carga útil do elevador.

O espaço no qual o elevador se desloca é conhecido como **caixa**.

O **freio de segurança** é um dispositivo mecânico fixado à armação do carro, responsável por parar o carro, a partir do accionamento do limitador de velocidade.

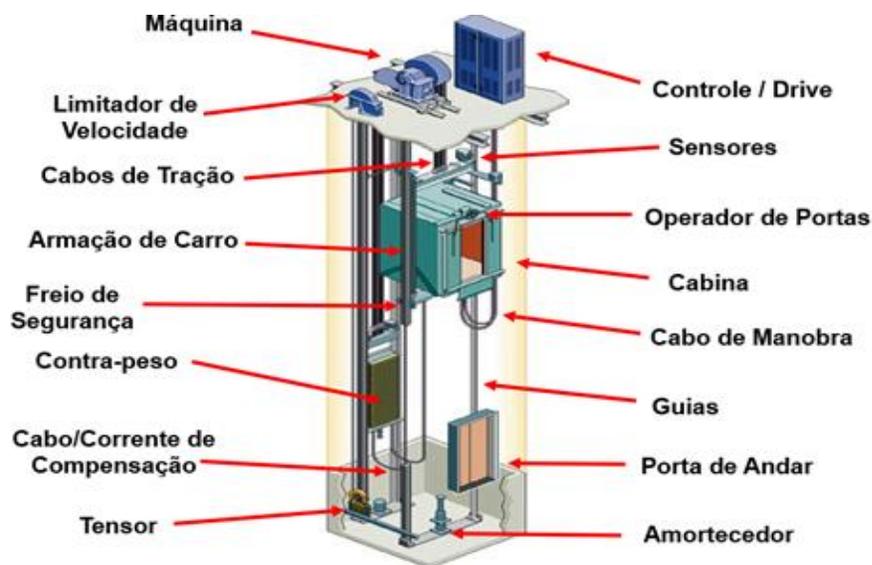


Abaixo das estruturas descritas anteriormente, temos o **poço**, que é o espaço no fundo da caixa, onde se encontram alguns dispositivos de segurança para o caso de quedas, como amortecedores e dispositivos para parar o motor.

O **contrapeso** é o equipamento responsável por equilibrar a massa total da cabine e possibilita um melhor atrito entre os cabos e a polia de tração. A massa do contrapeso é calculada somando a massa da cabine suspensa, mais um valor entre 40% e 50% da carga nominal da cabine (Nuno Ângelo, 2016). A ausência de um contrapeso é permitida nos casos em que a carga nominal do monta-carga seja menor que 200 kgf.

Os **cabos de aço** são o principal equipamento de segurança dos elevadores. São compostos por um conjunto de arames entrelaçados em volta de um cabo interior, conhecido como alma, que pode ser constituído de uma fibra, como cânhamo, ou de aço.

**Cabine ou cabina:** é a parte do ascensor que transporte pessoas e objectos.



**Figura 3.** Partes constituintes de um elevador. **Fonte:** Otis



#### **2.1.4. Princípio de funcionamento**

AMORIM (2016) citado por GAVICHO (2021) descreve o seguinte no que concerne ao funcionamento dos ascensores eléctricos:

Geralmente monta-se a cabina sobre uma plataforma que por sua vez sustenta-se por uma armação de aço. Denomina-se ao conjunto formado por armação, cabina e plataforma por carro. O contrapeso é constituído por uma armação metálica formada por duas longarinas e dois cabeçotes, onde se fixam os pesos intermediários de tal forma que o conjunto tenha um peso total igual ao carro acrescido de 40 a 50 % da capacidade licenciada. O carro e o contrapeso são suspensos por cabos de aço ou novos elementos de tração que passam por polias, de tração e de desvio, instaladas na casa de máquinas ou na parte superior da caixa.

O movimento de subida e descida do carro e do contrapeso é proporcionado pela máquina de tracção, que imprime à polia a rotação necessária para garantir a velocidade especificada para o elevador. Para que haja o controle operacional do elevador, há necessidade de controlar a corrente eléctrica do motor, garantindo a aceleração e o retardamento do sistema.

A parada é feita pela acção de um freio instalado na máquina. Além desse freio, é exigido por norma, e por questões de segurança, que o elevador seja dotado de um freio de segurança para situações de emergência. O freio de segurança é um dispositivo fixado na armação do carro ou do contrapeso, destinado a pará-los de maneira progressiva ou instantânea, prendendo as guias quando accionado pelo limitador de velocidade que, por sua vez, é um dispositivo montado no piso de casa de máquinas ou no interior da caixa, constituído, basicamente, pela polia, cabo de aço e interruptor. Quando a velocidade do carro ultrapassa um limite pré-estabelecido, o limitador acciona mecanicamente o freio de segurança e desliga o motor do elevador.



### 2.1.5. Monta-cargas

Segundo NETO (2018), o uso de monta-cargas data do início do século XIX. Possuem custos de projeto e manutenção menores do que os elevadores comuns, principalmente devido a utilizarem baixos coeficientes de segurança e normalmente requerem baixas potências.

O monta-cargas é um elevador de dimensões menores, com uso exclusivo para transporte de cargas sem passageiros.



**Figura 4.** Elevador monta cargas. **Fonte:** Acessibilidade Br

São projectados para cargas inferiores a 300 kg e por isso requerem motores de baixas potências. É muito comum o seu uso em hospitais, hotéis e aeroportos para transporte de pequenas cargas entre os andares.



### 2.1.6. Dispositivos de segurança e monitoramento nos elevadores

Os dispositivos elétricos de segurança servem para validar a atuação de dispositivos mecânicos e elétricos. Para monitorar esses dispositivos são utilizados basicamente três dispositivos elétricos:

- ❖ Chave de segurança
- ❖ Fim de curso de segurança
- ❖ Sensores magnéticos

## 2.2. Motores elétricos

Motor elétrico é a máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica. O motor de indução é o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização de energia elétrica - baixo custo, facilidade de transporte, limpeza, simplicidade de comando - com sua construção simples e grande versatilidade de adaptação à cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos.

### 2.2.1. Motor de Indução Trifásico

O motor de indução trifásico é composto fundamentalmente de duas partes: estator e rotor.

#### a) Estator:

Carcaça - é a estrutura suporte do conjunto de construção robusta em ferro fundido, aço ou alumínio injetado, resistente à corrosão e normalmente com aletas.

Núcleo de chapas - as chapas são de aço magnético.

Enrolamento trifásico - três conjuntos iguais de bobinas, uma para cada fase, formando um sistema trifásico equilibrado ligado à rede trifásica de alimentação.

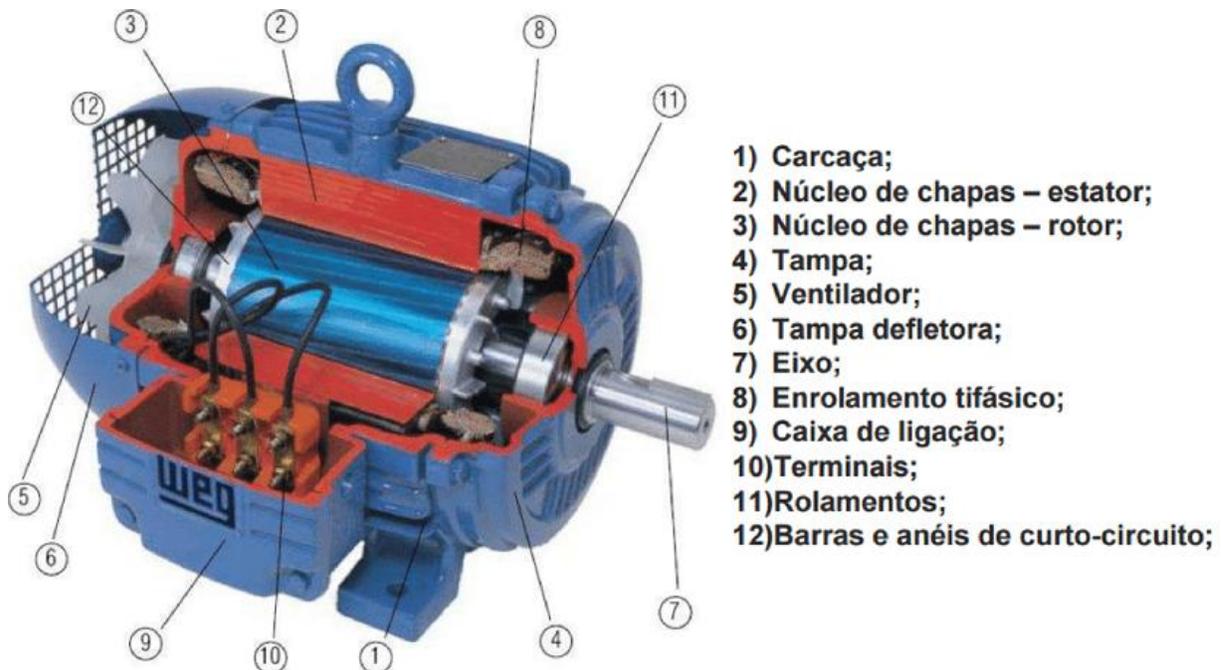
#### b) Rotor:

Eixo - transmite a potência mecânica desenvolvida pelo motor.



Núcleo de chapas - as chapas possuem as mesmas características das chapas do estator.

Barras e anéis de curto-circuito - são de alumínio injetado sob pressão numa única peça. Outras partes do motor de indução trifásico: Tampa, ventilador, tampa defletores, caixa de ligação, terminais e rolamentos .



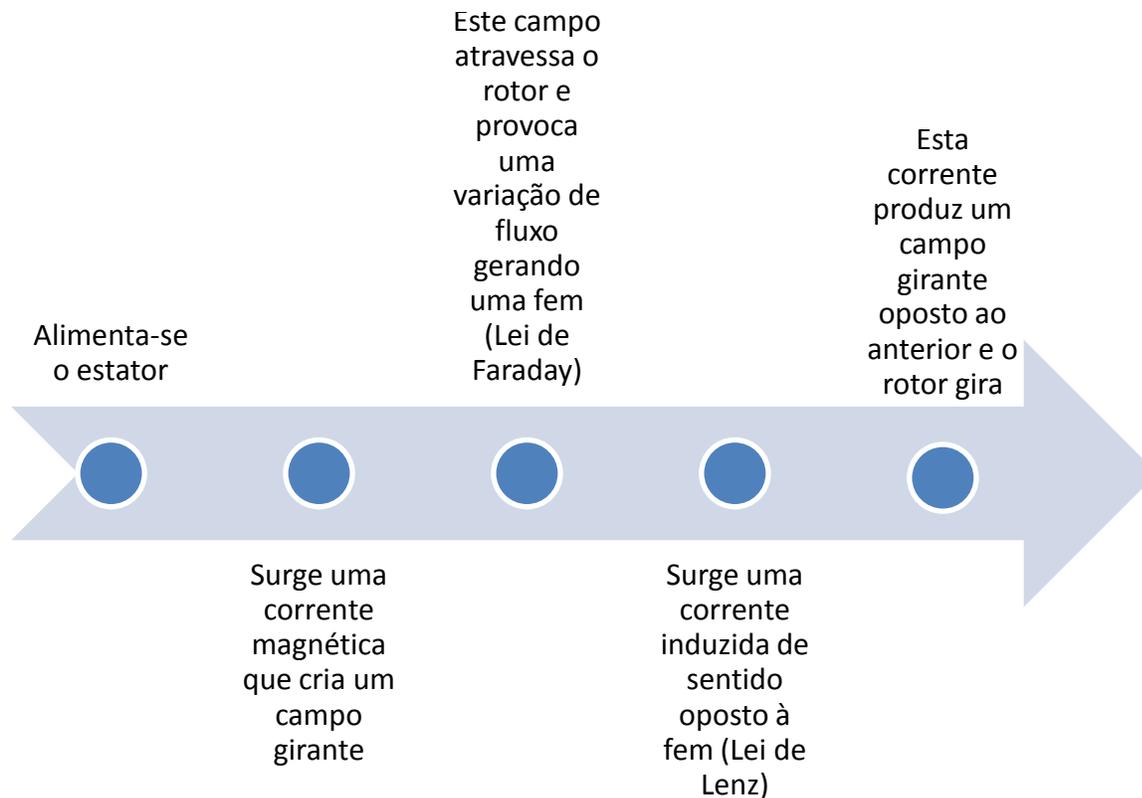
**Figura 5.** Vista em corte de um motor de indução trifásico. **Fonte:** WEG

O que caracteriza o motor de indução é que só o estator é ligado à rede de alimentação. O rotor não é alimentado externamente e as correntes que circulam nele, são induzidas eletromagneticamente pelo estator, de onde provém o seu nome: motor de indução.

### 2.2.2. Princípio de Funcionamento - Campo Girante

Quando uma bobina é percorrida por uma corrente elétrica, é criado um campo magnético orientado conforme o eixo da bobina e de valor proporcional à corrente.





**Figura 6.** Resumo do princípio de funcionamento de um motor de indução. **Fonte:** A autora

### 2.2.3. Categoria de motores

Dependendo do tipo de carga que accionam os motores podem ser de:

**Categoria N-** Os motores desta categoria são os mais encontrados no mercado, estando presentes em bombas, máquinas operatrizes, ventiladores entre outras utilidades. Esta categoria possui corrente de trabalho considerada normal , conjugado de partida normal e baixo escorregamento.

**Categoria H:** Motores desta categoria são mais usados em trabalhos onde são exigidos torques de partida mais altos, operam com corrente de trabalho normal , baixo escorregamento, contudo esses valores são maiores que na categoria N.



**Categoria D-** Utilizados em elevadores e maquinários que necessitam de carga com partidas mais elevadas, os motores desta categoria possuem cargas de emprego normal e escorregamento relativamente altos, com taxa de mais de 5%. Uma das características é que este modelo de motor é utilizado onde há picos periódicos.

### **2.2.3. Características a ter em conta no dimensionamento de motores**

Segundo o Guia de especificações de motores da Weg a escolha do motor depende dos seguintes factores

#### **2.2.3.1. Características da Rede de Alimentação**

- a) Tensão de alimentação (AC ou DC);
- b) Frequência nominal (Hz);
- c) Método de partida

#### **2.2.3.2. Características do Ambiente**

- a) Altitude;
- b) Temperatura ambiente e Atmosfera ambiente

#### **2.2.3.3. Características da Carga**

- a) Momento de inércia da máquina accionada;
- b) Curva de conjugado resistente;
- c) Dados de transmissão;
- d) Regime de funcionamento da carga

Segundo GAVICHO (2021). De um modo geral, a correcta selecção do motor deve satisfazer as seguintes características:

- ❖ Acelerar a carga em tempo suficientemente curto de modo que o aquecimento não venha a danificar as características físicas dos materiais isolantes;

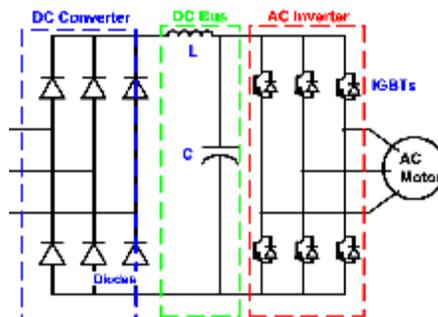


- ❖ Funcionar no regime especificado sem que a temperatura de suas diversas partes ultrapasse a classe do isolante, ou que o ambiente possa vir a provocar a destruição do mesmo;
- ❖ Sob o ponto de vista económico, funcionar com valores de rendimento e factor de potência dentro da faixa óptima para a qual foi projectado.

### 2.3. Inversor de frequência

Um inversor de frequência é um dispositivo capaz de gerar uma tensão e frequência trifásicas ajustáveis, com a finalidade de controlar a velocidade de um motor de indução trifásico.

A figura abaixo mostra resumidamente o diagrama em blocos de um inversor de frequência escalar:



**Figura 7.** Diagrama de blocos de um inversor de frequência. **Fonte:**182 Watts

#### Secção Rectificadora

Os seis diodos rectificadores situados no circuito de entrada do inversor, rectificam a tensão trifásica da rede de entrada . A tensão DC resultante é filtrada pelo capacitor C e utilizada como entrada para a Secção Inversora.



## **Secção Inversora**

Nesta secção a tensão rectificada DC é novamente convertida em Trifásica AC. Os transistores chaveiam várias vezes por ciclo, gerando um trem de pulsos com largura variável senoidalmente (PWM). Esta saída de tensão pulsada, sendo aplicada em um motor (carga indutiva), irá gerar uma forma de onda de corrente bem próxima da senoidal através do enrolamento do motor.

### **2.3.1. Blocos do inversor**

#### **2.3.1.1. 1º bloco - CPU**

A CPU (unidade central de processamento) de um inversor de frequência pode ser formada por um micro processador ou por um micro controlador (PLC). É nesse bloco que todas as informações (parâmetros e dados do sistema) estão armazenadas, visto que também uma memória está integrada a esse conjunto. A CPU não apenas armazena os dados e parâmetros relativos ao equipamentos, como também executa a função mais vital para o funcionamento do inversor: Geração dos pulsos de disparo, através de uma lógica de controle coerente, para os IGBT's.

#### **2.3.1.2. 2º Bloco - IHM**

O segundo bloco é o IHM (interface Homem máquina). É através desse dispositivo que podemos visualizar o que está ocorrendo no inversor (display), e parametrizá-lo de acordo com a aplicação (teclas).

#### **2.3.1.3. 3º Bloco - Interfaces**

A maioria dos inversores pode ser comandada através de dois tipos de sinais: analógicos ou digitais. Normalmente, quando queremos controlar a velocidade de rotação de um



motor AC no inversor, utilizamos uma tensão analógica de comando. Essa tensão se situa entre 0 á 10 Vcc. A velocidade de rotação (RPM) será proporcional ao seu valor, por exemplo:

1 Vcc = 1000 RPM, 2Vcc = 2000 RPM.

Para inverter o sentido de rotação basta inverter a polaridade do sinal analógico (de 0 á 10 Vcc sentido horário, e -10 á 0 Vcc sentido anti-horário). Esse é o sistema mais utilizado em máquinas-ferramenta automáticas, sendo que a tensão analógica de controle é proveniente do controle numérico computadorizado (CNC).

Além da interface analógica, o inversor possui entradas digitais. Através de um parâmetro de programação, podemos selecionar qual entrada é válida (analógica ou digital).

#### **2.3.1.4. 4º Bloco – Etapa de potência**

A etapa de potência é constituída por um circuito retificador, que alimenta ( através de um circuito intermediário chamado “barramento DC”), o circuito de saída inversor (módulo IGBT).

##### **Conversão DC/AC**

Através do chaveamento de transistores em um circuito trifásico, vamos fazer uma "prévia", em um circuito monofásico. Observem a figura abaixo, e notem que a estrutura de um inversor trifásico é praticamente igual ao nosso modelo monofásico. A primeira etapa é o módulo de rectificação e filtragem, que gera uma tensão DC fixa (barramento DC) e que alimenta os transistores IGBT's.

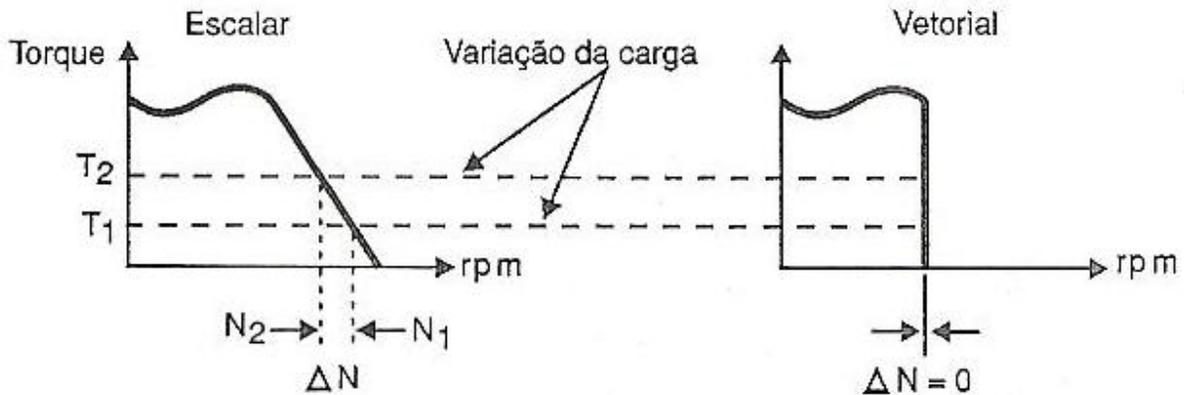
#### **2.3.2. Tipos de inversor de frequência**

Podemos classificar os inversores em dois tipos: inversores escalares e vectoriais. Estes dois tipos possuem a mesma estrutura de funcionamento, mas a diferença está no modo em que o torque é controlado.

Nos **inversores escalares** o sistema AC não consegue um bom torque com velocidades baixas, devido ao próprio rendimento do motor AC.



Para compensar esse fenômeno, desenvolveu-se o **inversor de frequência vectorial**. Muito mais caro e complexo que o escalar, ele não funciona com uma curva V/F pré-fixada (parametrizada).



**Figura 8.** Comparação da curva Torque X velocidade nos inversores escalares e vectoriais.  
**Fonte:**Ebah: Electrotecnia – inversores

Na verdade ele varia tensão e frequência, de modo a otimizar o torque para qualquer condição de rotação (baixa ou alta). É como se ficássemos parametrizando a cada milissegundo, uma nova curva V/F para cada nova situação. O inversor vectorial controla V/F através das correntes de magnetização e rotórica do motor.



## 2.4. Dispositivos de Protecção

Os dispositivos de protecção tem como finalidade a protecção de equipamentos, circuitos electroelectrónicos, máquinas e instalações eléctricas, contra alterações da tensão de alimentação e intensidade da corrente eléctrica.

### 2.4.1. Fusíveis

A principal função é a protecção contra curto-circuito (aumento repentino da intensidade de corrente eléctrica ocasionado por falha no sistema de energia ou operação máquina/operador).



**Figura 9.** Diferentes tipos de fusível. **Fonte:** PrePara Enem

Os principais tipos de fusível de acordo com o dispositivo que protegem são:

**gL / gG:** Fusível para protecção de cabos e uso geral (actuação para sobrecarga e curto-circuito).

**aM:** Fusível para protecção de motores.

**aR:** Fusível para protecção de semicondutores.



## 2.4.2. Relé Térmico

Os relés térmicos têm como princípio de atuação a deformação de um bimetetal. O bimetetal é formado por duas lâminas de metais diferentes (tipicamente ferro e níquel) cujo coeficiente de dilatação é diferente, e com o aumento da temperatura provocado pelo aumento da circulação de corrente pelo bimetetal este se deforma.



**Figura 10.** Princípio de funcionamento do relé térmico. **Fonte:** Maurício Taques

## 2.5. Dispositivos de Comando

Para o accionamento de um motor, necessita-se de um dispositivo que realize a operação de ligar e desligar o motor eléctrico, como por exemplo as chaves manuais ou os botões manuais (botoeiras).

### 2.5.1. Botoeiras e Chaves Manuais

As chaves manuais são os dispositivos de manobra mais simples e de baixo custo para realizar o accionamento do motor eléctrico, podem accionar directamente um motor ou accionar a bobina de um conctator.

Sua operação é bastante simples e funcionam como um interruptor que liga ou desliga o motor, normalmente utilizam-se alavancas para realizar esta operação de liga/desliga.





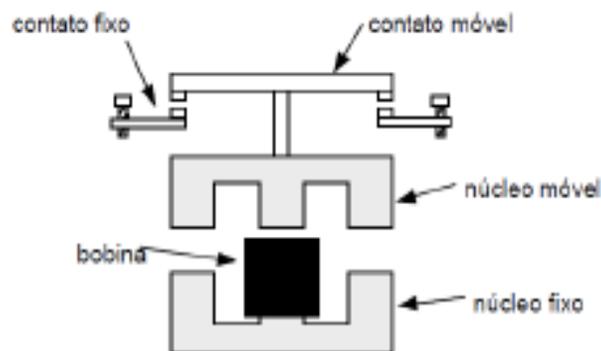
A botoeira é uma outra forma de accionamento de motores por meio manual e servem para energizar ou desenergizar contactores, a partir da comutação de seus contatos NA ou NF.

**Figura 11.** Diferentes botoeiras.  
**Fonte:** WEG

As botoeiras podem ser do **tipo pulsante** ou **com intertravamento**. As botoeiras com intertravamento mantêm a posição de NA ou NF toda vez que são accionadas (pressionadas), ou seja, permanecem na nova posição até o próximo accionamento. Já as botoeiras pulsantes permanecem na nova posição apenas durante o tempo em que o botão está pressionado.

### 2.5.2. Contatores

Os contatores são chaves de operação não manual, sendo que seu accionamento é proveniente da acção eletromagnética. Os contactos NA ou NF do contator são accionados quando a bobina (electromagnética) é energizada, assim os contactos permanecem na nova posição apenas durante o tempo em que a bobina está energizada, quando a bobina é desenergizada os contactos retornam ao seu estado normal.



**Figura 12.** Constituição do contactor. **Fonte:** Maurício Taques



## CAPÍTULO III: PROJEÇÃO DO SISTEMA

### 3.1. Dados de entrada e decisões do projecto

Os dados de entrada tem a ver com o local em que o ascensor vai ser instalado e dependem de características do edifício, características ambientais e características da carga.

- ❖ O edifício no qual estará instalado o ascensor possui uma altura de 6 metros, sendo que o percurso do ascensor será em 4 metros;
- ❖ O ascensor terá uma capacidade de carga de 100 Kg;
- ❖ O ascensor não possuirá casa de máquinas.
- ❖ Factor de segurança igual a 9 (vide anexo 1.1).

A carga que se pretende accionar no projecto em causa dentre várias tem como características principais:

- ❖ Partidas não frequentes
- ❖ Variações frequentes da carga, sendo necessária uma protecção adequada na alimentação de modo a atender os picos.

O ascensor, será alimentado através da energia do próprio edifício devendo ter como características:

- ❖ Frequência de funcionamento (50 Hz);
- ❖ Tensão de alimentação CA (380 V), trifásica equilibrada.

O motor em causa, irá funcionar com as seguintes características:

- ❖ Tempo de funcionamento abaixo de 10 horas.
- ❖ Velocidade síncrona 1500 rpm.
- ❖ Por se tratar de um elevador ainda que de baixas cargas, o motor tem de ser da categoria D.
- ❖ No que tange às características do ambiente, o motor irá funcionar a uma altitude não superior a 1000m e a uma temperatura ambiente considerada de no máximo 40° C.



Resumidamente, os dados de entrada do projecto são:

**Tabela 1.** Dados de entrada do projecto. **Fonte:** Autora

<b>Tensão de alimentação</b>	<b>380 V rede trifásica</b>
<b>Frequência da rede</b>	50 Hz
<b>Temperatura ambiente</b>	Máximo 40°
<b>Tipo de motor</b>	Indução, 4 pólos categoria D
<b>Carga maxima</b>	100 kg
<b>Tempo de funcionamento</b>	Ocasional, até ½ hora por dia
<b>Fator de segurança</b>	9
<b>Tipo de elevador</b>	Monta-cargas, com contrapeso e sem casa de máquinas

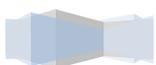
Conhecidas as características operação do motor eléctrico, procede-se ao cálculo da massas do cabo de tracção, contrapeso e cabine.

### 3.2. Cálculo da massa do cabo de tracção e diâmetro da polia

A massa do cabo de tracção é obtida por meio de tabelas sendo para isso necessário calcular a tensão nos cabos.

Para o cálculo dos cabos de elevação pelo método presente na norma NBR-8400, primeiramente, deve-se classificar o tipo de mecanismo presente no elevador com relação à classe de funcionamento e o estado de solicitação dos mecanismos. Para definir a classe de funcionamento, é necessário que se estime o tempo médio de funcionamento do monta-cargas.

Como especificado na Tabela 1 (dados de entrada do projecto) o tempo estimado de actuação do elevador e de cerca de ½ hora por dia portanto, segundo o quadro abaixo a sua classe de funcionamento é V0,25.



**Tabela 2.** Classe de funcionamento em função do tempo médio de funcionamento diário.

Classe de funcionamento	Tempo médio de funcionamento diário estimado (h)
V0,25	$t_m \leq 0,5$
V0,5	$0,5 < t_m \leq 1$
V1	$1 < t_m \leq 2$
V2	$2 < t_m \leq 4$
V3	$4 < t_m \leq 8$
V4	$8 < t_m \leq 16$
V5	$t_m > 16$

**FONTE:** NBR-8400 (1984).

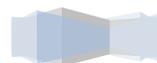
Também consultou-se a tabela:

**Tabela 3.** Estados de solicitação

Estados de solicitação	Definição
1	Mecanismos ou elementos de mecanismos sujeitos a solicitações reduzidas e raras vezes a solicitações máximas
2	Mecanismos ou elementos de mecanismos submetidos, durante tempos sensivelmente iguais, a solicitações reduzidas, médias e máximas
3	Mecanismos ou elementos de mecanismos submetidos na maioria das vezes a solicitações próximas à solicitação máxima

**FONTE:** NBR-8400 (1984).

Sabendo a classe de funcionamento e o estado de solicitação dos mecanismos, foi determinado, através de outra tabela presente na norma, o grupo de mecanismo no qual se enquadra o projeto do monta-cargas. Através do cruzamento dos dados, vemos na Tabela 4 abaixo que o projeto se enquadra no grupo 1Bm.



**Tabela 4.** Classes de funcionamento em função do estado de solicitação e do tempo médio de funcionamento

Estados de solicitação	Classes de funcionamento				
	V 0,25	V 0,5	V1	V2	V3
1	1Bm	1Bm	1Bm	1Am	2m
2	1Bm	1Bm	1Am	2 m	3 m
3	1Bm	1Am	2 m	3 m	4 m

O cálculo do esforço máximo de tração é feito levando em conta as oscilações provenientes do levantamento brusco da carga, na hora da partida do motor eléctrico. Essas solicitações são consideradas através de um coeficiente dinâmico ( $\psi$ ) de acordo com o tipo do mecanismo. De acordo com a velocidade de içamento, a norma define 1,15 como coeficiente, então:

$$\begin{aligned}
 T &= m \cdot a \cdot \psi \\
 T &= (100 + 110) \times 9,8 \times 1,15 \\
 T &= 2\,369,115 \text{ daN} \\
 T &= 1\,184,56 \text{ daN/cabo}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

O valor final foi dividido por 2 considerando que serão usados dois cabos.

Com este valor de tensão e com o valor de coeficiente de grupo de mecanismo (Q) lido na tabela abaixo (Q=0.265) pode se calcular o diâmetro mínimo do cabo.

**Tabela 5.** Valores mínimos do coeficiente de grupo

Grupo de mecanismo	Valores mínimos de Q	
	Cabo normal	Cabo não rotativo
1 Bm	0,265	0,280
1 Am	0,280	0,300
2 m	0,300	0,335
3 m	0,335	0,375
4 m	0,375	0,425
5 m	0,425	0,475

**FONTE:** NBR-8400 (1984).



$$d_{min} = Q^2 \sqrt{T}$$

$$d_{min} = 0.265^2 \sqrt{1184.56} \text{ mm} \quad [2]$$

$$d_{min} = 9.12 \text{ mm}$$

O diâmetro calculado não consta do catálogo (vide anexo 2.1.) portanto escolheu-se o diâmetro imediatamente superior que é de 9.50 mm com peso de 0.367 kg/m.

**Tabela 6.** Especificações do cabo de tracção escolhido. **FONTE:** Autora

<b>Número de cabos</b>	2
<b>Número de pernas</b>	6
<b>Número de arame por pernas</b>	17
<b>Massa (kg/m)</b>	0.367
<b>Diâmetro</b>	9.50 mm

Sabendo que a altura útil do elevador é de 4 m e o número de cabos é dois com 0.367 cada a massa total do cabo é:

$$m_{cabo} = 2 \times 4 \times 0.367 \text{ kg} \quad [3]$$

$$m_{cabo} = 2.94 \text{ kg}$$

O diâmetro da polia segundo a norma brasileira ( NBR- 14712) deve ser no mínimo 30 vezes o do cabo, sendo assim:

$$D_{polia} = 30 \times 9.5 \text{ mm} \quad [4]$$

$$D_{polia} = 30 \times 9.5 \text{ mm}$$

$$D_{polia} = 285 \text{ mm}$$



### 3.3. Escolha do redutor

O motor apresenta no seu veio uma velocidade bastante elevada durante o seu funcionamento, sendo por esta razão necessário reduzir a velocidade deste, esse processo pode ser conseguido com recurso ao redutor, sendo por isso, necessário um conjunto de cálculos para a escolha e ou selecção deste.

#### 3.3.1. Relação de transmissão

É definida pela razão entre a rotação do elemento motor e do elemento movido. Pode ser calculada, de entre várias formas pelo quociente entre as velocidades angulares do motor e da cabine:

$$i = \frac{\omega_{motor}}{\omega_{cabine}} \quad [5]$$

Sendo:

$$\omega_{cabine} = \frac{2v}{D} \quad [6]$$

$$\omega_{cabine} = \frac{2 \times 0,75}{0,285}$$

$$\omega_{cabine} = 5.26 \text{ rad/s}$$

Onde  $v$  é a velocidade do elevador (vide tabela 7) e  $D$  é o diâmetro da polia.

Considerando um motor de quatro (4) pólos a 50 Hz, a velocidade do motor será de 1500rpm, então:

$$\omega_{motor} = \frac{2\pi n}{60} \quad [7]$$

$$\omega_{motor} = \frac{2\pi \times 1500}{60} = 157 \text{ rad/s}$$



Então:

$$i = \frac{157 \text{ rad/s}}{5.26 \text{ rad/s}} \quad [8]$$

$$i = 29.83$$

### 3.3.2. Cálculo do momento de torção

O momento de torção representa o efeito de cargas que estão aplicadas em um plano perpendicular ao eixo longitudinal da barra, tentando fazer girar a secção em torno desse eixo e pode ser calculado pela expressão:

$$M_t = F \cdot r \quad [9]$$

O diâmetro da polia é 285 mm portanto  $r=142.5$  mm que equivalem a 0.1425 m.

$$F = (m_{cabine} + m_{cabo} + m_{carga} - m_{contrapeso}) \times g$$

$$F = (110 + 2.94 + 100 - 160) \times 9.8 = 518.81 \text{ kgf} \quad [10]$$

$$M_t = 518.81 \times 0.1425 \text{ kgfm}$$

$$M_t = 73.93 \text{ kgfm}$$

No catálogo usado (vide anexo 2.1.1) os valores não coincidem com os calculados então ajustando esses valores aos da tabela de redutores obtem-se um redutor com as seguintes especificações:

**Tabela 7.** Especificações do redutor a ser usado. **Fonte:** A autora

<b>Momento de torção [kgf.m]</b>	<b>90.5</b>
<b>Potência saída [kW]</b>	6.6
<b>Potência entrada [kW]</b>	8.46
<b>Rendimento</b>	78%
<b>Relação de transmissão</b>	25



### 3.4. Escolha do motor

Para escolher o motor precisa-se de calcular a sua potência e o seu binário.

#### 3.4.1. Binário do motor

Correspondente ao valor do binário pelo qual o ascensor deve subir sem que tenha dificuldades, o motor deve ser capaz de atender ao binário máximo da carga. O seu cálculo pode ser facilitado com a expressão abaixo:

$$M_{mot} = \frac{F.v}{\omega_m \eta_{sistema}} \quad [11]$$

$$n_m = \frac{120f}{p} \quad [12]$$

$$n_m = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

A massa total é dada pela soma de todas as massas.

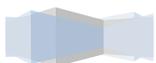
$$m = m_{cabine} + m_{cabo} + m_{carga} - m_{contrapeso}$$

$$m_{contrapeso} = m_{cabine} + 0.5 \times m_{cargaM\acute{a}x} = 110 + 0.5 \times 100 = 160 \text{ kg}$$

Tendo a massa da cabine sido extraída do catálogo de elevadores *Passini*.

$$M_{mot} = \frac{m.g.v}{\omega_m \eta_{sistema}} = \frac{(120 + 2.94 + 100 - 160) \times 9.80 \times 0.75}{0.105 \times 1500 \times 0.78}$$

$$M_{mot} = 3.76 \text{ Nm} = 0.34 \text{ kgf.m}$$



### 3.4.2. Cálculo da potência do motor

A potência do motor pode ser dada pela expressão:

$$P_{mot} = \frac{P_{mec}}{\eta_{sist}} \quad [11]$$

Por sua vez a potência mecânica pode ser calculada pela expressão:

$$P_{mec} = (m_{cabine} + m_{cabo} + m_{carga} - m_{contrapeso}) \times g \times v \quad [12]$$

**Tabela 8.** Velocidades do ascensor em função da distância a percorrer. **Fonte:** Gavicho, 2021

Percurso (m)	Velocidade (m/s)
Até 29	0,75
De 30 a 44	De 1,00 a 1,50
De 45 a 59	De 1,25 a 2,00
De 60 a 74	De 1,75 a 2,50
De 75 a 90	De 2,50 a 3,50

Conhecendo estas grandezas podemos proceder ao cálculo da potência:

$$P_{mec} = (m_{cabine} + m_{cabo} + m_{carga} - m_{contrapeso}) \times g \times v \quad [13]$$

$$P_{mec} = (110 + 2.94 + 100 - 160) \times 9.80 \times 0.75$$

$$P_{mec} = 389.11 \text{ W}$$

$$P_{mec} = 0.39 \text{ kW}$$



Tendo a potência mecânica do sistema e o rendimento já se pode calcular a potência eléctrica pela fórmula:

$$P_{mot} = \frac{P_{mec}}{\eta}$$

Vamos estudar o comportamento da potência com a variação da carga:

❖ **Considerando cabine vazia na subida**

$$P_{carga} = (m_{cabine} + m_{cabo} - m_{contrapeso}) \times g \times v$$

$$P_{carga} = (110 + 2.94 - 160) \times 9.80 \times 0.75$$

$$P_{carga} = -345.89 \text{ W}$$

$$P_{mot} = \frac{P_{mec}}{\eta_{sistema}}$$

$$P_{mot} = \frac{-326.41 \text{ W}}{0.78} = -0.44 \text{ kW}$$

❖ **Considerando cabine com 25% lotada na subida**

$$P_{carga} = (m_{cabine} + m_{cabo} + m_{carga} - m_{contrapeso}) \times g \times v$$

$$P_{carga} = (110 + 2.94 + 25 - 160) \times 9.80 \times 0.75$$

$$P_{carga} = -162.14 \text{ W}$$

$$P_{mot} = \frac{P_{mec}}{\eta_{sistema}}$$

$$P_{mot} = \frac{-142.66 \text{ W}}{0.78} = -0.21 \text{ kW}$$



❖ **Considerando cabine a 50% lotada na subida**

$$P_{carga} = (m_{cabine} + m_{cabo} + m_{carga} - m_{contrapeso}) \times g \times v$$

$$P_{carga} = (110 + 2.94 + 50 - 160) \times 9.80 \times 0.75$$

$$P_{carga} = 21.61W$$

$$P_{mot} = \frac{P_{mec}}{\eta_{sistema}}$$

$$P_{mot} = \frac{21.61 W}{0.78} = 0.03 kW$$

❖ **Considerando cabine 75% lotada na subida**

$$P_{carga} = (m_{cabine} + m_{cabo} + m_{carga} - m_{contrapeso}) \times g \times v$$

$$P_{carga} = (110 + 2.94 + 75 - 160) \times 9.80 \times 0.75$$

$$P_{carga} = 205.36 W$$

$$P_{mot} = \frac{P_{mec}}{\eta_{sistema}}$$

$$P_{mot} = \frac{205.36 W}{0.78} = 0.26 kW$$

❖ **Considerando cabine 100% lotada subida**

$$P_{carga} = (m_{cabine} + m_{cabo} + m_{carga} - m_{contrapeso}) \times g \times v$$

$$P_{carga} = (110 + 2.94 + 100 - 160) \times 9.80 \times 0.75$$

$$P_{carga} = 389.11W$$

$$P_{mot} = \frac{P_{mec}}{\eta_{sistema}}$$



$$P_{mot} = \frac{389.11 \text{ W}}{0.78} = 0.50 \text{ kW}$$

❖ **Considerando cabine vazia na descida**

$$P_{carga} = (-m_{cabine} + m_{cabo} + m_{contrapeso}) \times g \times v$$

$$P_{carga} = (-110 + 2.94 + 160) \times 9.80 \times 0.75$$

$$P_{carga} = 389.11 \text{ W}$$

$$P_{mot} = \frac{P_{mec}}{\eta_{sistema}}$$

$$P_{mot} = \frac{389.11 \text{ W}}{0.78} = 0.5 \text{ kW}$$

❖ **Considerando cabine com 25% lotada na descida**

$$P_{carga} = (m_{cabine} + m_{cabo} + m_{carga} - m_{contrapeso}) \times g \times v$$

$$P_{carga} = (-110 + 2.94 - 25 + 160) \times 9.80 \times 0.75$$

$$P_{carga} = 205.36 \text{ W}$$

$$P_{mot} = \frac{P_{mec}}{\eta_{sistema}}$$

$$P_{mot} = \frac{224.84 \text{ W}}{0.78} = 0.26 \text{ kW}$$



❖ **Considerando cabine a 50% lotada na descida**

$$P_{carga} = (-m_{cabine} + m_{cabo} - m_{carga} + m_{contrapeso}) \times g \times v$$

$$P_{carga} = (-110 + 2.94 - 50 + 160) \times 9.80 \times 0.75$$

$$P_{carga} = 21.61$$

$$P_{mot} = \frac{P_{mec}}{\eta_{sistema}}$$

$$P_{mot} = \frac{21.61 \text{ W}}{0.78} = 0.03 \text{ kW}$$

❖ **Considerando cabine 75% lotada na descida**

$$P_{carga} = (-m_{cabine} + m_{cabo} - m_{carga} + m_{contrapeso}) \times g \times v$$

$$P_{carga} = (-110 + 2.94 - 75 + 160) \times 9.80 \times 0.75$$

$$P_{carga} = -162.14 \text{ W}$$

$$P_{mot} = \frac{P_{mec}}{\eta_{sistema}}$$

$$P_{mot} = \frac{-142.66 \text{ W}}{0.78} = -0.21 \text{ kW}$$

❖ **Considerando cabine 100% lotada descida**

$$P_{carga} = (-m_{cabine} + m_{cabo} - m_{carga} + m_{contrapeso}) \times g \times v$$

$$P_{carga} = (-110 + 2.94 - 100 + 160) \times 9.80 \times 0.75$$

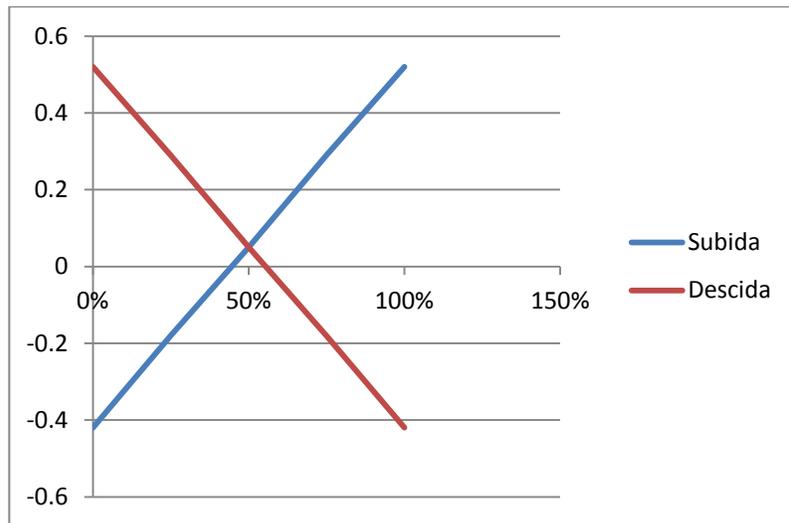


$$P_{carga} = -345.89W$$

$$P_{mot} = \frac{P_{mec}}{\eta_{sistema}}$$

$$P_{mot} = \frac{-326.41 W}{0.78} = -0.44 kW$$

O comportamento da potência conforme a variação da carga pode ser resumido pelo gráfico abaixo.



**Figura 13.** Comportamento da potência conforme a variação da carga. **FONTE:** Autora

Pode se perceber pelo gráfico que tanto na subida quanto na descida a potência varia linearmente com o aumento da carga.

Para o dimensionamento do motor considerou-se o pico de potência que se dá quando o elevador está na subida com a carga máxima e o binário calculado.



**Tabela 9.** Especificação do motor escolhido. **FONTE:** Autora

Potência nominal (kW)	0.75
Tensão de operação (V)	400
Corrente nominal (A)	1.75
Frequência de operação (Hz)	50
Factor de potência	0.74
Número de pólos	4
Binário nominal do motor	4.9
Factor de serviço	1.15
Velocidade nominal (rpm)	1450
Momento de inércia( kgm <sup>2</sup> )	0.0029
Corrente arranque/nominal	7.1
Momento arranque/nomnal	2.7
Momento máxmo/nomnal	3.9

### 3.5. Tempo de aceleração

É o tempo que o motor leva para sair da velocidade 0 e atingir a velocidade nominal. Pode ser calculado pela fórmula abaixo:

$$t_a = \frac{2 \times \pi \times n_n}{60} \left( \frac{J_t}{M_{med} - M_{rmed}} \right) \quad [14]$$

Onde o momento de inércia total ( $J_t$ ) é dado pela fórmula abaixo e o momento de inércia do motor é dado pelo fabricante (vide tabela 9). Deste modo:

$$J_t = J_m + m \times \left( \frac{v}{\omega_{motor}} \right)^2$$
$$J_t = 0.0029 + 52.94 \times \left( \frac{0.75}{1450} \right)^2 \quad [15]$$
$$J_t = 0.003 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$



Pela fórmula o conjugado médio da carga nos motores da categoria D é calculado pela fórmula:

$$M_{mmed} = 0.60 \times \left(\frac{M_P}{M_n}\right) \times M_n \times 9.8$$

$$M_{mmed} = 0.60 \times 2.1 \times 3.6 \times 9.8$$

$$M_{mmed} = 44.45 \text{ Nm}$$

E o o conjugado resistente médio é dado por:

$$M_{rmed} = \frac{1}{i} \times M_{cmed}$$

$$M_{rmed} = \frac{1}{25} \times 44.45 = 1.778$$

$$t_a = \frac{2 \times \pi \times 1440}{60} \left( \frac{0.0021}{44.5 - 1.778} \right)$$

$$t_a = 0.007 \text{ s}$$

### 3.5. Escolha do inversor de frequência

O inversor é escolhido com uma potência igual ou ligeiramente superior ao motor. Assim sendo, consultando o catálogo do anexo

**Tabela 10.** Especificação do inversor de frequência. **FONTE:** Autora

Tensão nominal	380 - 480	[V]
Corrente nominal de saída	2.2	[A]
Corrente máxima de saída	3.1	[A]
Tipo de Fonte	trifásica	
Potência LO (Low Overload)	1.00	[kW]
Potência HO (High Overload)	0.75	[kW]
Dimensões		



### 3.5.1. Partida do motor com Inversor de frequência

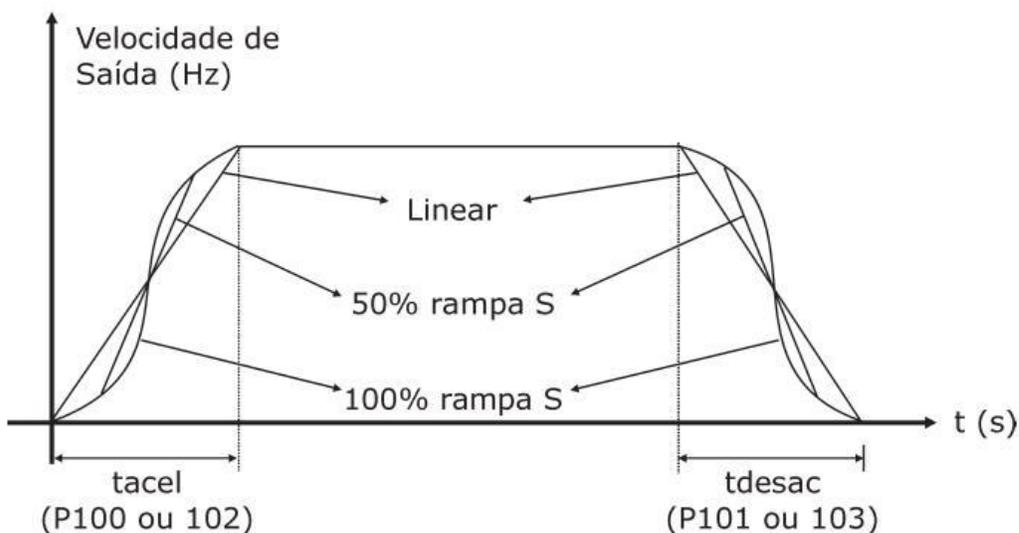
Para se realizar a partida do motor com inversor de frequência serão usadas as rampas de aceleração.

### 3.5.2. Frenagem do motor com Inversor de frequência

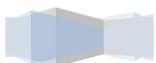
Contrariamente a partida, neste processo utilizar-se-á as rampas de desaceleração, pois no processo de frenagem ocorrem paragens rápidas, com o tempo de desaceleração muito pequeno, devendo-se recorrer a frenagem eléctrica ou mecânica.

Durante a frenagem, a frequência do rotor é maior que a frequência do estator, provocando um fluxo reverso da energia do rotor para o estator, passando o motor a funcionar como gerador, injectando esta energia ao barramento DC do inversor, o que provoca uma sobretensão neste.

Para o caso do projecto em causa será considerada **a frenagem eléctrica com recurso a rampa de desaceleração**, sendo que para tal vai se diminuindo o valor da frequência até zero.



**Figura 14.** Rampas de aceleração e desaceleração. **Fonte:** WEG



### 3.5.3. Inversão do sentido de rotação

O elevador sendo uma máquina que funciona basicamente na posição vertical, o motor esta sujeito a frequentes inversões do sentido de rotação (subida e descida).

Para se inverter a rotação de um motor trifásico basta a inversão de duas fases.

No caso do inversor de frequência utiliza-se uma tensão analógica de comando cujo valor varia de 0 a 10 Vcc, sendo necessário apenas inverter a polaridade do sinal analógico que será suficiente para inverter o sentido de rotação, e consequentemente o ascensor (sobe ou desce), segundo o que se adopta como:

a) Sentido horário, tensão de 0 a 10 Vcc;

b) Sentido anti-horário de -10 a 0 Vcc.

As restantes operações que este sistema irá necessitar serão introduzidos na parametrização e programação do Inversor de Frequência.

## 3.6. Accionamento e protecção do sistema

A escolha dos aparelhos de protecção e accionamento do sistema são feitos com base na corrente nominal do motor, corrente de partida, factor de segurança e no tempo de partida.

### 3.6.1. Escolha de contactores

A escolha dos contactores é feita tendo em conta a corrente nominal do motor e o seu factor de serviço.

$$I_{contactor} = I_n \times FS$$

$$I_{contactor} = 1.75 \times 1.15$$



$$I_{\text{contactor}} = 2.01 \text{ A}$$

Tendo a corrente que vai passar pelo contactor, foi escolhido o modelo o CWB9-11-30-D23 da categoria AC-3 com 9 A de corrente nominal, com corrente do motor a variar de 1.8 a 2.8 A (vide anexo 7.1.).

### 3.6.2. Relé térmico

É dimensionado para suportar a mesma corrente do contactor. Neste caso

$$I_{\text{relé}} = 2.01 \text{ A}$$

O relé escolhido é o CW07 com uma faixa de corrente máxima de 2.8 A.

### 3.6.3. Escolha de fusíveis

Do catálogo do motor escolhido consta que:

$$\diamond \frac{I_p}{I_n} = 7.1 \text{ e } I_n = 1.75 \text{ A}$$

Assim,

$$\frac{I_p}{I_n} \times I_n \times FS = 7.1 \times 1.75 \times 1.15 = 14.29 \text{ A}$$

Conhecida a corrente de partida ( $I_p=8.03 \text{ A}$ ) usando o tempo de arranque calculado ( $t_a=0.007\text{s}$ ) consultou-se o gráfico de curvas de fusíveis do tipo NH do anexo 10.1. e verificou-se que o fusível necessário tem de ter 4 A ( $I_F= 4 \text{ A}$ ).

Vamos verificar as condições

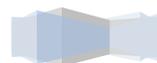
- a) Os fusíveis tem de ser dimensionados para suportar até 20% da corrente nominal.

$$I_F \geq 1.2 \times I_n$$

$$I_F \geq 1.2 \times 1.75 \text{ A}$$

$$I_F \geq 2.1 \text{ A}$$

O fusível escolhido é do tipo NH com corrente nominal de 4 A e referência FNH00-U4.



## CAPÍTULO IV:ESQUEMAS ELÉCTRICOS

A seguir é mostrada a representação gráfica da conexão dos elementos do circuito.

### 4.1. Circuito de força

É o responsável pela alimentação e protecção do motor. No circuito abaixo encontramos a fonte trifásica (L1,L2, L3) e o fio terra (PE), fusíveis (F) para protecção contra curto-circuito, contactores (K) para seccionamento, o inversor de frequência , o relé de sobrecarga e o motor.

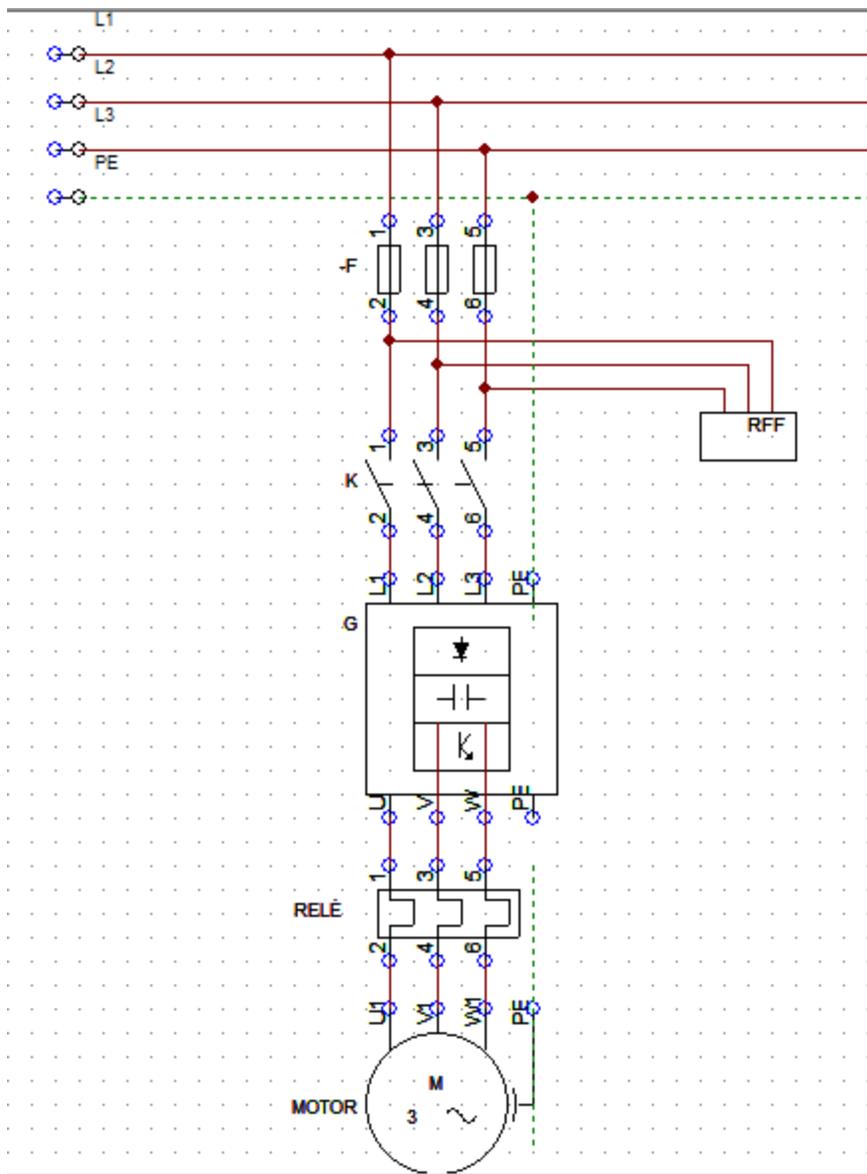


Figura 15. Circuito de força. **FONTE:** Autora



## 4.2. Circuito de comando

É responsável pelo accionamento e controle do circuito de força.

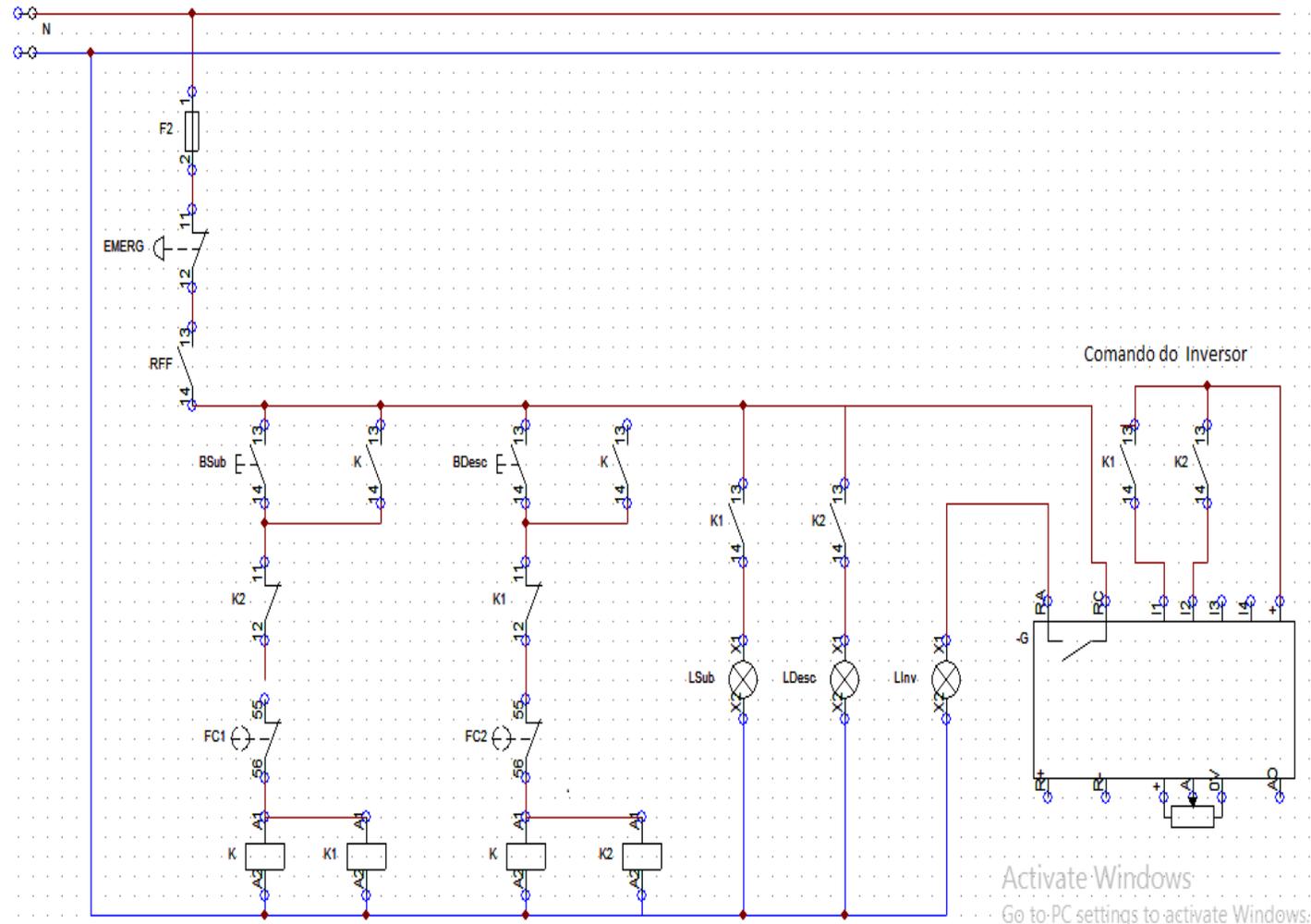


Figura 16. Circuito de comando. FONTE: Autora

Bsub e Bdesc são as botoeiras sem retenção para comandar a subida e descida respectivamente.

FC1 e FC2 são chaves fim de curso para o desligamento automático na subida e descida, respectivamente.

Lsub, Ldesc e Linv são sinalizadores luminosos que indicam elevador a subir, elevador a descer e inversor em funcionamento respectivamente.



## **CAPÍTULO V:ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS MATERIAIS**

### **5.1. Geral**

Todos os condutores e cabos eléctricos devem ser identificados nos respectivos inícios, fins e nas caixas de derivação inclusive nas passagens destes condutores, estes serão afixados em esteiras metálicas e embebidos onde for necessário, deixando-se somente a vista as tampas de acesso. As caixas e tubos deverão ser protegidos contra humidade.

### **5.2. Tubos**

Os traçados dos percursos deverão estar na vertical ou horizontal entre as caixas de derivação, os tubos embebidos devem ser sempre inteiros. Serão utilizados tubos do tipo PVC com características de acordo as secções dos cabos.

### **5.3. Cabos**

Os traçados deverão ser sempre verticais ou horizontais entre as caixas de derivação, as junções e derivações entre cabos devem ser feitas com recurso a acessórios adequados para tal, devendo estas ser sempre executadas nas caixas de derivação e ou de junção. Salientar que deverão ser usados cabos de acordo com as secções e exigências e bornes de junção ou ligadores plásticos para as junções.

Os fios que permitirão a ligação entre os componentes do circuito comando no quadro deverão passar dentro de calhas não devendo estar expostos.

### **5.4. Caixa de derivação, Passagem e Aparelhagem**

A entrada dos tubos nas caixas de derivação, passagem e de aparelhagem será sempre feita por meio de batentes ou boquilhas, enquanto a entrada de cabos será por meio de buçins. Só será permitida abertura de furos nas caixas somente para entrada e saída de cabos ou tubos, sendo que estes deverão ser selados logo que cesse a sua utilização.

As junções de condutores dentro de caixas serão efectuadas por meio de ligadores fixados no fundo das mesmas e adequadas ao tipo, secção nominal, intensidade de corrente máxima admissível e número dos condutores. Os buçins a serem utilizados deverão ser de preferência plásticos.

### **5.5. Inversor de Frequência**

A montagem deste equipamento deverá ser feita consoante as especificações do fabricante do mesmo, devendo se ter atenção a rede de alimentação e ao aterramento. Este será fixado no quadro de comando com recurso ao suporte que devesse estar entre as calhas e ou parafusos quando aplicáveis.

### **5.5. Motores**

A instalação do motor eléctrico deverá ter em conta especialmente atenção a: ventilação (o motor deve estar num local suficientemente arrejado), fixação (deverá ser fixado



convenientemente ao maciço para evitar vibrações), acoplamento ( deverão se utilizar acoplamento flexíveis para evitar efeitos de desalinhamento sobre as chumaceiras) e alinhamento ( os veios do motor e da máquina accionada deverão estar devidamente alinhados na horizontal e angular em concordância com distancias máximas admissíveis).

### **5.6. Botoneiras**

Para se realizar a paragem, assim como o arranque (chamada do ascensor), serão utilizadas botoneiras sendo que estas estarão equipadas com bloco de contactos (NA e NF) para o arranque e paragem respectivamente. Com recurso a berbequim poderão ser feitos os furos onde irão ser fixadas as botoneiras.

### **5.7. Sinalização**

Através de Leds, será feita a indicação do estado de disponibilidade dos equipamentos na parte exterior do quadro de comando. Estes leds são equipados por bloco de contactos. Também terá indicação luminosa quando o ascensor estiver no piso devido.

Terá também uma lâmpada que permanecerá acesa quando for aberta a porta do ascensor para a colocação da carga (o seu acionamento será com base em um interruptor de fim do curso a ser instalado na porta do ascensor).

### **5.8. Abraçadeiras**

Serão utilizadas abraçadeiras de cerilha para ajudar a fixar os cabos na esteira com objectivo de permitir que estes estejam seguros.

### **5.9. Contactores**

Serão utilizados contactores AC 220 V, com características que os possuem resistir aos efeitos físicos, químicos e mecânicos. Devendo estes ser fixados na base entre as calhas onde passam os cabos.

### **5.10. Relés de Protecção**

No que diz respeito as protecções por relés serão utilizados relés de falta de fase e relés de protecção PTC estes que também serão fixados no quadro de comando. No que diz respeito ao relé de sobrecarga este não será necessário pós o inversor de frequência já oferece esta protecção.

### **5.11. Estimativa de Custo**

De seguida mostra-se a lista de materiais e os seus respectivos custos de modo a se fazer uma estimativa de custo com base a fazer a avaliação económica (viabilidade do projecto).



**Tabela 11.** Estimativa de custo. **FONTE:** Autora

<b>Material</b>	<b>Qtd</b>	<b>Unidades</b>	<b>Preço Unitário</b>	<b>Preço Total (Mzn)</b>
<b>Cabo VAV 4x1.5mm</b>	6	m	350	2100
<b>Cabo VV 7x2,5 mm</b>	18	m	190	3420
<b>Bucins</b>	12	Un	25	300
<b>Fusíveis</b>	4	Un	970	3880
<b>Contactores</b>	4	Un	3000	12000
<b>Bloco de contacto ZB4 NA</b>	5	Un	410	2050
<b>Bloco de contacto ZB4 NF</b>	5	Un	410	2050
<b>Led Vermelho</b>	1	Un	120	120
<b>Led Verde</b>	2	Un	120	240
<b>Botão Verde</b>	1	Un	145	145
<b>Botão Vermelho (cogumelo)</b>	1	Un	210	210
<b>Tubos VD</b>	10	m	175	1750
<b>Caixas de derivação</b>	8	Un	295	2360
<b>Inversor de frequência</b>	1	Un	36900	36900
<b>Motor eléctrico</b>	1	Un	7500	7500
<b>Abraçadeira</b>	2	Pacotes	285	570
<b>Buchas metálicas e parafusos</b>	8	Un	35	280
<b>Armadura led 36 W equipada</b>	1	Un	2000	2000
<b>Interruptor fim do curso</b>	5	Un	1000	5000
<b>Redutor</b>	1	Un	8000	8000
<b>Armário para quadro de comando</b>	1	Un	9500	9500
<b>Fita isoladora</b>	4	Un	36	144
<b>Barra de junção</b>	5	Un	54	270
<b>Relés</b>	2	Un	375	750
<b>Total bruto</b>				104 089
<b>Impostos (IVA=17%)</b>				17 695.13
<b>Total líquido</b>				121 784.13

Depois de feita a estimativa de custo em função dos materiais necessários pode-se concluir que:

- ❖ O sistema de ascensão de cargas na fabrica de gelo pode ser montado sem custos elevados.
- ❖ O custo total dos materiais eléctricos para a aquisição de novos componentes necessários esta avaliado em aproximadamente 121 784.13 Mzn.



## CAPÍTULO VI: CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6. 1. Conclusão

Findo este trabalho, pelos resultados obtidos, pode-se concluir que o sistema mecânico do elevador não necessita de um motor eléctrico de grande potência para o accionamento, apesar de transportar cargas com um peso considerável, devido ao peso que tende a contrabalançar a carga (contrapeso). Com este facto, será possível alimentar o motor a partir do sistema eléctrico da instalação do edifício. O controle da corrente de arranque, a velocidade e frenagem serão feitos pelo inversor de frequência. O sistema projectado é seguro e eficaz.

De forma geral os objectivos anteriormente traçados foram cumpridos e se for implementado permitirá que o transporte de carga para a Fábrica de gelo possa ser feito com menos esforço e mais segurança.

### 6.2. Recomendações para trabalhos futuros

A fim de se aprofundar e melhorar o tema presente recomenda-se:

- ❖ Fazer um estudo mais aprofundado do sistema mecânico, do dimensionamento de componentes como cabos de aço, da cabine e dos elementos de segurança mecânica como o freio de segurança.
- ❖ Estudar a possibilidade de aproveitamento da energia dissipada na frenagem do motor.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. ALVES, Rafael Eduardo Saturno. **Projeto de elevador monta-cargas para indústria alimentícia**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Mecânica, Natal, RN, 2022.
- [2]. ASOKAN, R. **Redução do Tempo de Inatividade no Elevador**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior de Engenharia do Porto. Politécnico do Porto. Engenharia Mecânica. Porto, Portugal. 2017.
- [3]. ELEVADORES ATLAS SCHINDLER S.A. **Manual de transporte vertical em edifícios**, 2008.
- [4]. GAVICHO, Hélder. **Reactivação e automação do sistema de ascensão de carga da sala de refeições da cimentos de moçambique**. Universidade Eduardo Mondlane. Faculdade de Engenharia. Maputo, 2021
- [5]. José Sousa. **Noções Básicas de Elevadores e Escadas Mecânicas**. (ThyssenKrupp, Ed.). ThyssenKrupp, 2013
- [6]. NETO, J. A. M. **Dimensionamento de um Sistema de Elevação de um Elevador Monta-cargas para uso Comercial**. CONAPESC. Brasil. Campina Grande, 2018.
- [7]. TIVANE, Délcio Boaventura. **Projecto de montagem do sistema eléctrico de um elevador de passageiros num edifício de oito andares**. Universidade Eduardo Mondlane. Faculdade de Engenharia. Maputo, 2012
- [8]. WEG. **Guia de aplicação de inversores de frequência**, 3ª Edição;
- [9]. WEG - **Centro de Treinamento de Clientes; MÓDULO 1 – COMANDO E PROTECÇÃO**.



## ANEXOS

### Anexo 1.1. Factor de segurança para cada aplicação

Aplicações	Fatores de segurança
Cabos e cordoalhas estáticas	3 a 4
Cabo para tração no sentido horizontal	4 a 5
Guinchos	5
Pás, guindastes, escavadeiras	5
Pontes rolantes	5 a 8
Talhas elétricas e outras	7
Derricks	6 a 8
Laços (estropos ou lingas)	5 a 6
Elevadores baixa velocidade ( carga )	8 a 10
Elevadores alta velocidade ( passageiros )	10 a 12

FONTE: Engenharia & Consultoria (2017)

#### Anexo 1.1.1 Factor de serviço

### Tabela de fator de serviço (FS):

Acionamento por	Tempo de trabalho	Classificação de serviço da máquina acionada		
		Carga uniforme U	Choques moderados M	Choques fortes F
Motor elétrico ou Turbina a vapor	Ocasional até 1/2 h/dia	0,80	0,90	1,00
	Intermitente até 2 h/dia	0,90	1,00	1,25
	até 10 h/dia	1,00	1,25	1,50
Motor a explosão Multicilindro ou Motor Hidráulico	Acima de 10 h/dia	1,25	1,50	1,75
	Ocasional até 1/2 h/dia	0,90	1,00	1,25
	Intermitente até 2 h/dia	1,00	1,25	1,50
Motor Hidráulico	até 10 h/dia	1,25	1,50	1,75
	Acima de 10 h/dia	1,50	1,75	2,00
	Ocasional até 1/2 h/dia	1,00	1,25	1,50
Motor a explosão de 1 cilindro	Intermitente até 2 h/dia	1,25	1,50	1,75
	até 10 h/dia	1,50	1,75	2,00
	Acima de 10 h/dia	1,75	2,00	2,25
Motor elétrico com partidas e paradas frequentés	Ocasional até 1/2 h/dia	0,90	1,00	1,25
	Intermitente até 2 h/dia	1,00	1,25	1,50
	até 10 h/dia	1,25	1,50	1,75
	Acima de 10 h/dia	1,50	1,75	2,00

O tempo de trabalho especificado como ocasional e intermitente refere-se ao tempo total de operação por dia. Por partidas e paradas frequentés entende-se mais de 10 partidas por hora.

FONTE: GAVICHO (2021)

## Anexo 2.1. Catálogo de cabos de aço



Para os elevadores convencionais, o cabo de tração recomendado corresponde à construção 8x19 Seale, com alma de fibra de sisal produzida em nossa unidade. Sua grande resistência à fadiga foi provada com os mais altos padrões internacionais. Isso constitui um fator-chave na duração do cabo e na segurança da instalação.

### Vantagens e características

- Alma de fibra de sisal lubrificada de alta densidade, e com perfeita uniformidade no diâmetro.
- Elevada resistência à fadiga para flexão.
- Regularidade do diâmetro garantindo um suave funcionamento, livre de vibrações e ruídos.
- Lubrificante especial, apto para polias de tração, garantindo a melhor lubricidade e proteção contra a corrosão, sem provocar deslizamento.
- Alongamento durante o período de assentamento, inferior a 1%.
- A resistência nominal dos arames "dual", com arames interiores em 1770 N/mm<sup>2</sup>, eleva a resistência total à tração, e os arames exteriores em 1370 n/mm<sup>2</sup>, reduzem ao mínimo o desgaste das polias.
- Tolerancia do diâmetro [sim carga]: +2/+5%.
- Tolerancia do diâmetro [com 10% pré carga]: 0/+3%.

### Carga mínima de ruptura

Diâmetro	Massa aprox.	Grau 1370/1770 N/mm <sup>2</sup>	
		[kN]	[t]
[mm]	[kg/m]		
8,00	0,218	29,4	3,0
9,50	0,307	41,5	4,2
10,00	0,340	46,0	4,7
11,00	0,411	55,7	5,7
12,00	0,490	66,2	6,8
13,00	0,575	77,0	7,9
16,00	0,870	118	12,0
19,00	1,230	166	16,9

Construção: Seale ou Warrington dependendo do diâmetro. Revestimento: natural (galvanizado sob pedido). Grau Dual: 1370/1770 N/mm<sup>2</sup>. Norma de fabricação: ISO 4344/IRAM 840. Consulte a IPH por qualquer diâmetro e resistência não especificada no catálogo.

**FONTE:IPH (2015)**

Anexo 3.1. Tabela para selecção do redutor

**SELEÇÃO: (Série x Redução x Potência)**

Redução nominal	Denominação	Tamanho													
		03	04	05	06	07	08	10	12	14	17	20	24	28	34
10	Potência entrada (CV)	0,75	1,32	2,57	4,00	6,25	9,71	13,65	19,95	26,5	40,6	60,2	89,3		
	Potência saída (CV)	0,59	1,06	2,11	3,32	5,31	8,35	11,88	17,56	23,6	36,5	54,8	82,2		
	Mom. torção saída (kgf.m)	2,394	4,3	8,6	13,6	21,7	34,2	48,6	71,8	96,8	149	224	336		
	Carga radial saída (kgf)		160	400	512	548	607	720	800	1066	1178	1504	1947		
	Rendimento	0,78	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92		
	Redução efetiva		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
15	Potência entrada (CV)	0,55	1,00	1,97	3,05	4,57	6,88	10,19	15,33	20,0	29,3	42,3	62,5	78,0	109,2
	Potência saída (CV)	0,39	0,73	1,46	2,32	3,56	5,50	8,35	12,88	17,0	25,2	36,8	55,0	69,4	97,2
	Mom. torção saída (kgf.m)	2,397	4,5	9,1	14,2	21,9	33,8	51,3	79,1	104	155	226	338	412	577
	Carga radial saída (kgf)		187	400	550	640	720	855	940	1264	1430	1850	2405	2910	3270
	Rendimento	0,71	0,73	0,75	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89
	Redução efetiva		15	15	15	15	15,5	15,5	15	15	15	15	15	14,5	14,5
20	Potência entrada (CV)	0,47	0,84	1,72	2,56	3,78	5,72	8,50	12,60	16,3	24,3	35,1	52,5	67,7	95,9
	Potência saída (CV)	0,31	0,57	1,21	1,84	2,80	4,35	6,83	10,08	13,4	20,2	30,3	44,6	58,2	83,4
	Mom. torção saída (kgf.m)	2,539	4,7	9,9	15,1	22,9	35,6	54,3	82,5	110	165	248	365	476	700
	Carga radial saída (kgf)		205	400	550	700	792	946	1047	1407	1599	2045	2674	3250	3660
	Rendimento	0,66	0,68	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87
	Redução efetiva		19,5	19,5	20	20	20	20	19,5	20	20	20	20	20	20,5
25	Potência entrada (CV)	0,37	0,78	1,60	2,38	3,57	5,36	7,85	11,34	15,0	22,1	32,8	47,1	59,3	83,2
	Potência saída (CV)	0,21	0,51	1,09	1,67	2,57	3,96	5,97	8,85	12,0	17,9	26,9	39,1	49,8	70,7
	Mom. torção saída (kgf.m)	2,196	5,2	11,1	17,0	26,3	40,5	61,0	90,5	120	183	275	392	509	709
	Carga radial saída (kgf)		220	400	550	700	840	1005	1124	1450	1700	2182	2850	3500	3930
	Rendimento	0,58	0,66	0,68	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85
	Redução efetiva		25	24,5	25	25	24,5	25	25	24,5	25	25	24,5	25	24,5

FONTE: GAVICHO (2021)

Anexo 4.1. Catálogo usado na escolha do motor

# SIMOTICS SD 1LE1 Standard Motors

## Motors with Premium Efficiency IE3



Self-ventilated motors  
Cast-iron series 1LE1503/1LE1603 Basic/Performance Line

Selection and ordering data (continued)

P <sub>rated</sub> 50 Hz	P <sub>rated</sub> 60 Hz	Frame size	Operating values at rated output			IE class	η <sub>rated</sub>			cos φ <sub>rated</sub>	I <sub>rated</sub> 50 Hz	T <sub>rated</sub> 50 Hz	I <sub>r</sub> /I <sub>rated</sub>	T <sub>r</sub> /T <sub>rated</sub>	L <sub>ptA</sub> 50 Hz	L <sub>WA</sub> 50 Hz	Cast-iron series	m <sub>IM B3</sub> J	Torque class	
			50 Hz	60 Hz	%		50 Hz	60 Hz	%											4/4
kW	kW	FS	rpm	Nm	50 Hz	60 Hz	%	%	%	A								kg	kgm <sup>2</sup>	CL
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cooling: self-ventilated (IC 411)</li> <li>• Efficiency: Premium Efficiency IE3, service factor (SF) 1.15</li> <li>• Insulation: thermal class 155 (temperature class F), IP55 degree of protection, utilization in accordance with thermal class 130 (temperature class B)</li> </ul>																				
4-pole: 1500 rpm at 50 Hz, 1800 rpm at 60 Hz <sup>1)</sup>																				
0.25	0.33	71 M	1395	1.7	IE3		73.5	73.6	70.3	0.72	0.68	2.5	4.2	2.6	44	55	▲ 1LE1 5 03-0CB2	13	0.00095	16
0.37	0.5	71 M	1410	2.5	IE3		77.3	76.5	72.7	0.69	1	2.6	4.5	2.8	44	55	▲ 1LE1 5 03-0CB3	16	0.0014	16
0.55	0.75	80 M	1440	3.6	IE3		81.3	82.0	80.2	0.78	1.25	2.1	5.9	3.1	53	64	▲ 1LE1 5 03-0DB2	18.5	0.0021	16
0.75	1	80 M	1450	4.9	IE3		82.5	82.3	80.0	0.75	1.75	2.7	7.1	3.9	53	64	▲ 1LE1 5 03-0DB3	22.5	0.0029	16
1.1	1.5	90 S	1440	7.3	IE3		84.1	84.6	83.5	0.78	2.4	2.9	6.9	3.6	56	68	▲ 1LE1 5 03-0EB0	25	0.0036	16
1.5	2	90 L	1445	9.9	IE3		85.3	85.9	84.9	0.80	3.15	2.6	7.2	2.7	56	68	▲ 1LE1 5 03-0EB4	31	0.0049	16
2.2	2.55	100 L	1465	14.3	IE3	IE3	86.7	86.7	85.7	0.83	4.4	2.1	7.6	3.6	60	72	1LE1 03-1AB4	40	0.014	16
3	3.45	100 L	1460	19.6	IE3	IE3	87.7	87.7	86.7	0.83	5.9	2.3	7.3	3.7	60	72	1LE1 03-1AB5	40	0.014	16
4	4.55	112 M	1460	26	IE3	IE3	88.6	88.6	87.6	0.82	7.9	2.4	7.1	3.7	58	70	1LE1 03-1BB2	46	0.017	16
5.5	6.3	132 S	1470	35.7	IE3	IE3	89.6	89.6	88.6	0.84	10.5	2.1	7.2	3.4	64	76	1LE1 03-1CB0	74	0.046	16
7.5	8.6	132 M	1470	48.7	IE3	IE3	90.4	90.4	89.4	0.84	14.3	2.4	7.4	3.5	64	76	1LE1 03-1CB2	80	0.046	16
11	12.6	160 M	1475	71.0	IE3	IE3	91.4	91.4	90.4	0.82	21.0	2.2	6.9	3.2	65	77	1LE1 03-1DB2	109	0.083	16
15	17.3	160 L	1475	97	IE3	IE3	92.1	92.1	91.1	0.82	28.5	2.5	8.5	3.8	65	77	1LE1 03-1DB4	127	0.099	16
18.5	21.3	180 M	1470	120	IE3	IE3	92.6	92.2	93.2	0.82	35	2.5	6.9	3.3	66	73	1LE1 03-1EB2	165	0.13	16
22	25.3	180 L	1470	143	IE3	IE3	93.0	93.7	93.7	0.83	41	2.5	6.8	3.3	68	75	1LE1 03-1EB4	170	0.14	16
30	34.5	200 L	1470	195	IE3	IE3	93.6	94.3	94.4	0.84	55	2.6	6.9	3.1	65	72	1LE1 03-2AB5	240	0.22	16
37	42.5	225 S	1478	239	IE3	IE3	93.9	94.5	94.4	0.86	66	2.5	6.4	2.7	65	78	1LE1 03-2BB0	285	0.42	16
45	52	225 M	1478	291	IE3	IE3	94.2	94.9	95.1	0.86	80	2.6	6.4	2.7	65	78	1LE1 03-2BB2	320	0.47	16
55	63	250 M	1482	354	IE3	IE3	94.6	95.1	95.0	0.87	96	2.5	6.8	2.9	66	79	1LE1 03-2CB2	420	0.85	16
75	86	280 S	1485	482	IE3	IE3	95.0	95.3	95.0	0.86	133	2.5	6.9	3.0	69	83	1LE1 03-2DB0	570	1.4	16
90	104	280 M	1485	579	IE3	IE3	95.2	95.5	95.3	0.87	157	2.6	7.2	3.0	70	84	1LE1 03-2DB2	670	1.7	16
110	127	315 S	1488	706	IE3	IE3	95.4	95.8	95.5	0.87	191	2.6	6.8	2.9	70	84	1LE1 03-3AB0	760	2.2	16
132	152	315 M	1490	846	IE3	IE3	95.6	95.9	95.9	0.87	230	2.8	7.3	3.0	73	87	1LE1 03-3AB2	960	2.9	16
160	184	315 L	1490	1025	IE3	IE3	95.8	96.1	96.1	0.87	275	2.9	7.3	3.1	73	87	1LE1 03-3AB4	990	3.1	16
200	230	315 L	1488	1284	IE3	IE3	96.0	96.3	96.1	0.88	340	3.2	7.4	3.0	73	87	1LE1 03-3AB5	1190	3.7	16

FONTE: Siemens, 2014

## Anexo 5.1. Catálogo usado na escolha do motor (cont.)

### FONTE

Relubrication		Motor protection	Fan cover	Bearing size	Converter-fed operation, motor mode	Liability for defects							
<b>Basic Line</b>	Optional (standard from FS 280 upwards)	Optional	Plastic	62 (63 from FS 280 upwards)	Up to 500 V	12 months	5						
<b>Performance Line</b>	Standard from FS 160 (optional for FS 100 to 132)	Standard PTC	Steel	63	Up to 500 V	36 months	6						
<b>Voltages <sup>2)</sup></b>			No. of poles	Frame size	Motor type	Version						Order code(s)	
50 Hz	230 VΔ/400 VY	60 Hz <sup>1)</sup>	4	71 M ... 315 L	1LE1■03-0C ... -3A	Standard		2	2			–	
50 Hz	400 VΔ/690 VY	60 Hz <sup>1)</sup>	4	71 M ... 315 L	1LE1■03-0C ... -3A	Standard		3	4			–	
50 Hz	500 VY		4	71 M ... 315 L	1LE1■03-0C ... -3A	Without add. charge		2	7			–	
50 Hz	500 VΔ		4	71 M ... 315 L	1LE1■03-0C ... -3A	Without add. charge		4	0			–	
Further voltages <sup>1)</sup>		For price information, code numbers, order codes and descriptions, see from Page 2/40							9	0			...
<b>Types of construction</b>			No. of poles	Frame size	Motor type	Version						Order code(s)	
Without flange	IM B3 <sup>3)</sup>		4	71 M ... 315 L	1LE1■03-0C ... -3A	Standard					A	–	
With flange	IM B5 <sup>3)</sup>		4	71 M ... 315 M	1LE1■03-0C ... -3A	With additional charge					F	–	
Further types of construction		For price information, code letters and descriptions, see from Page 2/45											...
<b>Motor protection</b>		Line	No. of poles	Frame size	Motor type	Version						Order code(s)	
Without PTC thermistor with 3 temperature sensors	Only possible for <b>Basic Line</b>	<b>Basic Line</b>	4	71 M ... 315 L	1LE1503-0C ... -3A	Standard					A	–	
		<b>Basic Line</b>	4	71 M ... 315 L	1LE1503-0C ... -3A	With additional charge					B	–	
		<b>Performance Line</b>	4	71 M ... 315 L	1LE1603-0C ... -3A	Standard					B	–	
Further motor protection		For price information, code letters and descriptions, see from Page 2/50											...
<b>Terminal box position</b>			No. of poles	Frame size	Motor type	Version						Order code(s)	
Terminal box at top			4	71 M ... 315 L	1LE1■03-0C ... -3A	Standard					4	–	
Further terminal box positions		For price information, code numbers and descriptions, see from Page 2/52											Order code(s)
<b>Special versions</b>			No. of poles	Frame size	Motor type	Version						Order code(s)	
Options		For price information, order codes and descriptions, see from Page 2/58					1LE1■03- ... ■-■■■■-Z ...+...+...+...						

<sup>1)</sup> Operating values at rated output for 60 Hz are available on request.

<sup>2)</sup> Parallel supply lines are required in the case of connection to ≤ 240 V. For frame size 315 with connection to ≤ 240 V, due to the high current, a drilled, removable entry plate (Order code **R52**) or a larger terminal box (Order code **R50**) can be used. Order codes **R52** and **R50** alter the motor dimensions.

<sup>3)</sup> Types derived from IM B3 (IM B6/7/8, IM V6 and IM V5), from IM B5 (IM V3 and IM V1) and from IM B14 (IM V19 and IM V18) are possible, provided that no requirement exists for stamping of the type on the rating plate. The basic type IM B3, IM B5 or IM B14 is stamped as standard on the rating plate. If mounted in a different position, the position must be specified to ensure that the condensation drainage holes are positioned correctly.

FONTE: Siemens, 2014

## Anexo 6.1. Catálogo consultado para escolha do inversor

Módulo de Potência PM240-2 3CA 380-480 V +/- 10%										
Potência LO (kW)	Potência LO (hp)	Potência HO (kW)	Potência HO (hp)	Corrente de saída LO (A)	Corrente de saída HO (A)	Tamanho	Módulos de Potência sem filtro (Código)	Módulos de Potência com filtro Classe A Integrado (Código)	Filtro RFI Classe B (Código)	Reator de entrada 3CA montagem lateral até FSC <sup>5)</sup> Integrado do FSD-FSF (Código)
0.55	0.75	0.37	0.5	1.7	1.3	FSA	6SL3210-1PE11-8UL1	6SL3210-1PE11-8AL1	6SL3203-0BE17-7BA0	6SL3203-0CE13-2AA0
0.75	1	0.55	0.75	2.2	1.7	FSA	6SL3210-1PE12-3UL1	6SL3210-1PE12-3AL1	6SL3203-0BE17-7BA0	6SL3203-0CE13-2AA0
1.1	1.5	0.75	1	3.1	2.2	FSA	6SL3210-1PE13-2UL1	6SL3210-1PE13-2AL1	6SL3203-0BE17-7BA0	6SL3203-0CE13-2AA0
1.5	2	1.1	1.5	4.1	3.1	FSA	6SL3210-1PE14-3UL1	6SL3210-1PE14-3AL1	6SL3203-0BE17-7BA0	6SL3203-0CE21-0AA0
2.2	3	1.5	2	5.9	4.1	FSA	6SL3210-1PE16-1UL1	6SL3210-1PE16-1AL1	6SL3203-0BE17-7BA0	6SL3203-0CE21-0AA0
3	4	2.2	3	7.7	5.9	FSA	6SL3210-1PE18-0UL1	6SL3210-1PE18-0AL1	6SL3203-0BE17-7BA0	6SL3203-0CE21-0AA0
4	5	3	4	10.2	7.7	FSB	6SL3210-1PE21-1UL0	6SL3210-1PE21-1AL0	6SL3203-0BE21-8BA0	6SL3203-0CE21-8AA0
5.5	7.5	4	5	13.2	10.2	FSB	6SL3210-1PE21-4UL0	6SL3210-1PE21-4AL0	6SL3203-0BE21-8BA0	6SL3203-0CE21-8AA0
7.5	10	5.5	7.5	18	13.2	FSB	6SL3210-1PE21-8UL0	6SL3210-1PE21-8AL0	6SL3203-0BE21-8BA0	6SL3203-0CE21-8AA0
11	15	7.5	10	26	18	FSC	6SL3210-1PE22-7UL0	6SL3210-1PE22-7AL0	6SL3203-0BE23-8BA0	6SL3203-0CE23-8AA0
15	20	11	15	32	26	FSC	6SL3210-1PE23-3UL0	6SL3210-1PE23-3AL0	6SL3203-0BE23-8BA0	6SL3203-0CE23-8AA0
18.5	25	15	20	38	32	FSD	6SL3210-1PE23-8UL0	6SL3210-1PE23-8AL0	-	integrado
22	30	18.5	25	45	38	FSD	6SL3210-1PE24-5UL0	6SL3210-1PE24-5AL0	-	integrado
30	40	22	30	60	45	FSD	6SL3210-1PE26-0UL0	6SL3210-1PE26-0AL0	-	integrado
37	50	30	40	75	60	FSD	6SL3210-1PE27-5UL0	6SL3210-1PE27-5AL0	-	integrado
45	60	37	50	90	75	FSE	6SL3210-1PE28-8UL0	6SL3210-1PE28-8AL0	-	integrado
55	75	45	60	110	90	FSE	6SL3210-1PE31-1UL0	6SL3210-1PE31-1AL0	-	integrado
75	100	55	75	145	110	FSF	6SL3210-1PE31-5UL0	6SL3210-1PE31-5AL0	-	integrado
90	125	75	100	178	145	FSF	6SL3210-1PE31-8UL0	6SL3210-1PE31-8AL0	-	integrado
110	150	90	125	205	178	FSF	6SL3210-1PE32-1UL0	6SL3210-1PE32-1AL0	-	integrado
132	200	110	150	250	205	FSF	6SL3210-1PE32-5UL0	6SL3210-1PE32-5AL0	-	integrado
160	250	132	200	302	250	FSG	-	6SL3210-1PE33-0UL0	-	integrado

Dados elétricos	
Frequência	47 ... 63 Hz
Baixa sobrecarga (LO)	Geralmente usada em aplicações de baixa demanda (operação contínua), característica de torque quadrático com torque de partida e velocidade de precisão baixas. Por exemplo: bombas centrífugas, ventiladores radiais/axiais, soprador oscilante, compressores radiais, bombas de vácuo, agitadores.
Capacidade de sobrecarga (para baixa sobrecarga)	1,5 x corrente nominal de saída (150 %) para 3 s mais 1,1 x corrente nominal de saída (110 %) para 57 s mais 1,0 x corrente nominal de saída (100 %) para 240 s dentro do tempo de ciclo de 300 s
Alta sobrecarga (HO)	Geralmente usada em aplicações de alta demanda (função cíclica), com característica de torque constante com um alto torque de partida. Por exemplo: correias transportadoras, bombas de engrenagem, bombas exêntrica sem fim, moinhos, misturadores, trituradores, transportadoras verticais, centrífugas.
Capacidade de sobrecarga (para alta sobrecarga)	2,0 x corrente nominal de saída (200 %) para 3 s mais 1,5 x corrente nominal de saída (150 %) para 57 s mais 1,0 x corrente nominal de saída (100 %) para 240 s dentro do tempo de ciclo de 300 s
Capacidade de sobrecarga (LO/HO)	Quando se usa a capacidade de sobrecarga, a corrente contínua de saída não é reduzida
Frequência de saída	0 ... 550 Hz (modo de controle V/f e FCC), 200 Hz SLVC
Frequência de pulso	4 kHz (padrão) or 4 ... 16 kHz (derating) 4 kHz (padrão) ou 4 kHz ... 16 kHz (derating) FSF: 4 kHz (padrão) ou 4 kHz ... 8 kHz (derating)
Funções	
Funções de freio	Frenagem dinâmica, CC, composta e controle de freio do motor Regeneração de energia em operação regenerativa
Motores que podem ser conectados	Motores de indução trifásicos e motores síncronos trifásicos, motores de relutância
Funções de proteção	Subtensão, sobretensão, sobrecontrole/sobrecarga. Falha de aterramento, curto circuito, proteção estática, proteção contra motor bloqueado, superaquecimento do motor, superaquecimento do conversor, intertravamento de parâmetro

FONTE: SINAMICS, 2020

## Anexo 7.1. Catálogo de contactores consultado

Corrente do motor (A)	Contator AC-3		Relé de sobrecarga		Fusível
	Referência	Máxima corrente nominal AC-3 (A)	Referência	Range de ajuste de corrente I (A)	Fusível máximo (gL/gG) (coordenação tipo 1) (A)
0,28...0,4	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-D004	0,28...0,4	2
0,43...0,63	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-C063	0,43...0,63	2
0,56...0,8	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-D008	0,56...0,8	2
0,8...1,2	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-D012	0,8...1,2	4
1,2...1,8	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-D018	1,2...1,8	6
1,8...2,8	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-D028	1,8...2,8	6
2,8...4	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-U004	2,8...4	10
4...6,3	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-D063	4...6,3	16
5,6...8	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-U008	5,6...8	20
7...9	CWB9-11-30♦	9	RW27-2D3-U010	7...10	25
8...12	CWB12-11-30♦	12	RW27-2D3-D125	8...12,5	25
10...15	CWB18-11-30♦	18	RW27-2D3-U015	10...15	35
11...17	CWB18-11-30♦	18	RW27-2D3-U017	11...17	40
15...23	CWB25-11-30♦	25	RW27-2D3-U023	15...23	50
22...32	CWB32-11-30♦	32	RW27-2D3-U032	22...32	63
32...40	CWB38-11-30♦	38	RW27-2D3-U040	32...40	90
25...40	CWB40-11-30♦	40	RW67-5D3-U040	25...40	80

Notas: Valores de referência válidos para tensões de operação até 440 V, altitude até 2.000 m, faixa de temperatura ambiente de -20 °C até +55 °C, e a máxima frequência de manobras até 15 operações/hora.  
Para outras condições, verificar os dados técnicos de cada componente.

Substitua “♦” pelo código da tensão de comando.

### Corrente Alternada (CWB9...110/CAWB)

Código	D02	D07	D13	D23	D24	D25	D33	D34	D35	D36	D39
V (50/60 Hz)	24	48	110	220	230	240	380	400	415	440	480

### Corrente Contínua (CWB9...80/CAWB)

Código	C03	C07	C09	C12	C13	C15
V cc	24	48	60	110	125	220

### Corrente Alternada/Corrente Contínua Com Módulo Eletrônico (CWB95...125)

Código	E04	E64	E65	E66
V ca (50/60 Hz) e V cc	24...60 V	-	110...255 V	-

**FONTE: WEG, 2021**

## Anexo 8.1. Catálogo de relés térmicos consultado

Montagem direta Terminal parafuso	Faixas de corrente (A)	Diagrama	Fusível máximo (g/L/gG) <sup>2</sup>	Versão azul		Peso kg
				Referência	Código	
CW07 CWC07...16	0,28...0,4		2	RW17-1D3-D004	12450892	0,155
	0,4...0,63		2	RW17-1D3-C063	12450895	
	0,56...0,8		2	RW17-1D3-D008	12450896	
	0,8...1,2		4	RW17-1D3-D012	12450897	
	1,2...1,8		6	RW17-1D3-D018	12450898	
	1,8...2,8		6	RW17-1D3-D028	12450899	
	2,8...4		10	RW17-1D3-U004	12450900	
	4...6,3		16	RW17-1D3-D063	12450901	
	5,6...8		20	RW17-1D3-U008	12450903	
	7...10		25	RW17-1D3-U010	12450905	
	8...12,5		25	RW17-1D3-D125	12450906	
	10...15		35	RW17-1D3-U015	12450907	
	11...17		40	RW17-1D3-U017	12450908	
	CWC025		7...10	25	RW17-2D3-U010	
8...12,5			25	RW17-2D3-D125	12450910	
10...15			35	RW17-2D3-U015	12450911	
11...17			40	RW17-2D3-U017	12450912	
15...23			50	RW17-2D3-U023	12450913	
22...32			63	RW17-2D3-U032	12450914	
CWB9...38	0,28...0,4		2	RW27-2D3-D004	12140441	0,165
	0,43...0,63		2	RW27-2D3-C063	12140442	
	0,56...0,8		2	RW27-2D3-D008	12140443	
	0,8...1,2		4	RW27-2D3-D012	12140444	
	1,2...1,8		6	RW27-2D3-D018	12140445	
	1,8...2,8		6	RW27-2D3-D028	12140446	
	2,8...4		10	RW27-2D3-U004	12140447	
	4...6,3		16	RW27-2D3-D063	12140448	
	5,6...8		20	RW27-2D3-U008	12140449	

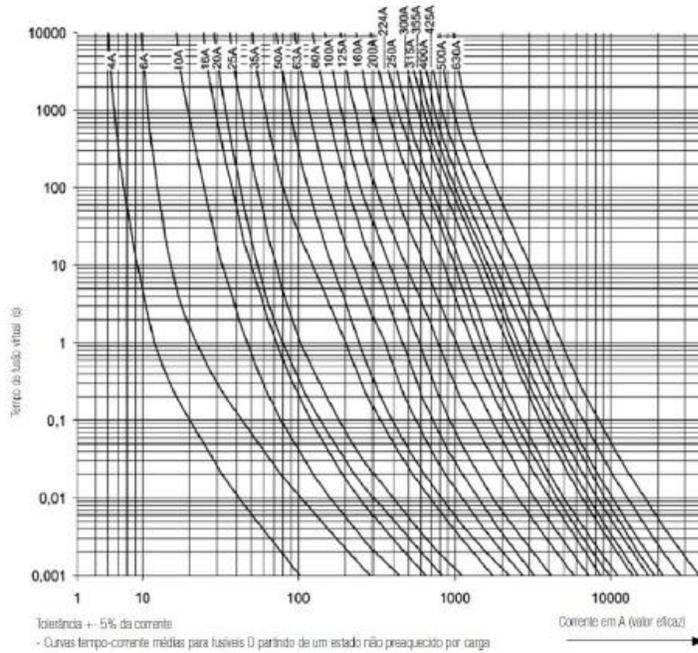
FONTE: WEG, 2021

# Anexo 9.1. Curvas características para fusíveis tipo NH

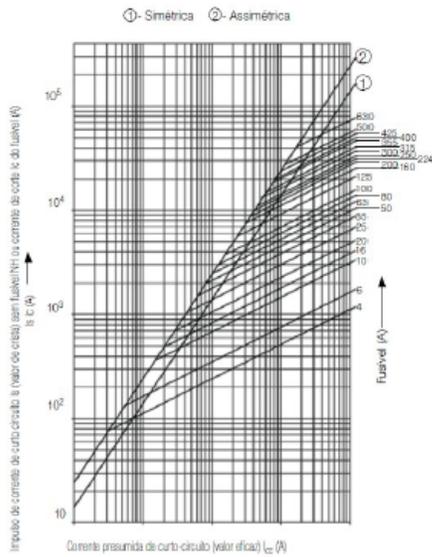
## Curvas Características "NH"



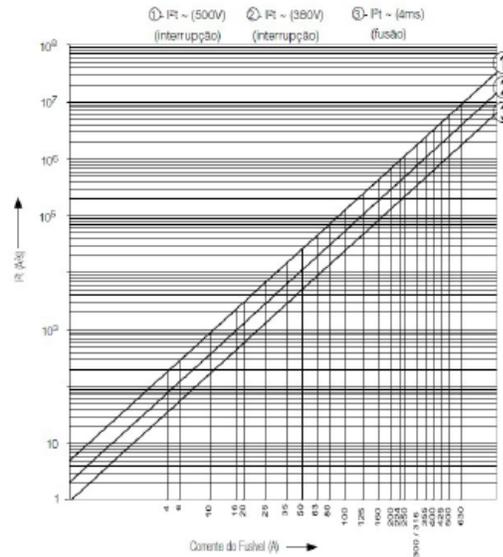
Curva Tempo x Corrente



Curva de Limitação de Corrente



Curva de Seletividade



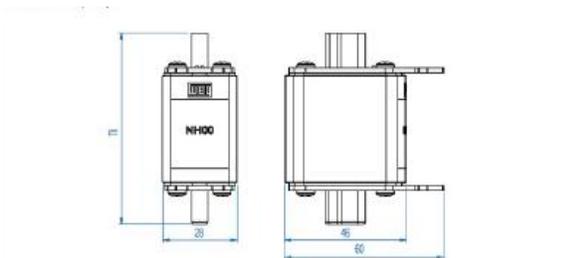
FONTE: WEG, 2015

## Anexo 10.1. Catálogo de fusíveis consultado

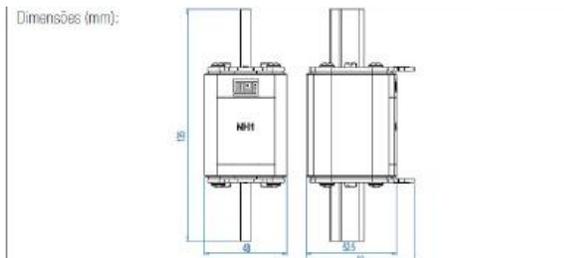
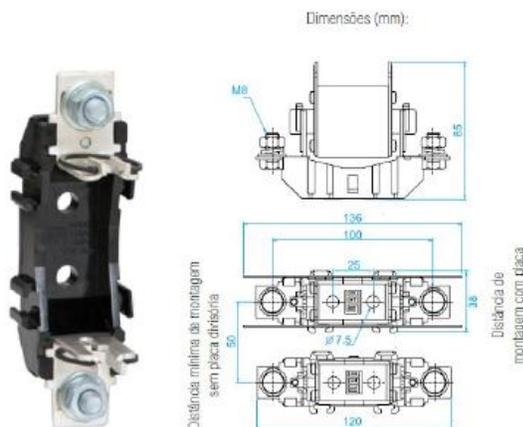
### Fusíveis NH

NH 00			
Fusível			
Tamanho 00	Corrente Nominal (A)	Tipo	Peso (kg)
	4	FNH00-4U	0,2
	6	FNH00-6U	
	10	FNH00-10U	
	16	FNH00-16U	
	20	FNH00-20U	
	25	FNH00-25U	
	35	FNH00-35U	
	50	FNH00-50U	
	63	FNH00-63U	
	80	FNH00-80U	
	100	FNH00-100U	
	125	FNH00-125U	
	160	FNH00-160U	

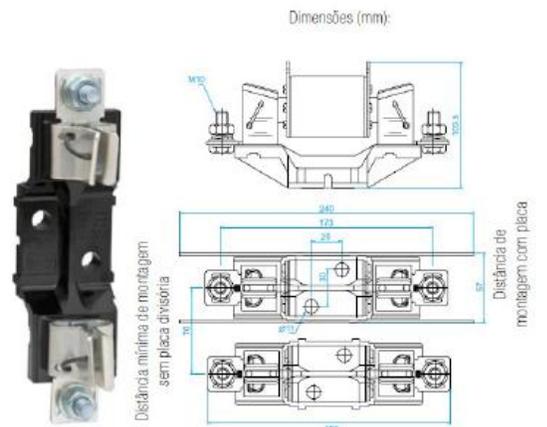
NH1				
Fusível				
Tamanho 1	Corrente Nominal (A)	Tipo	Peso (kg)	
	50	FNH1-50U	0,4	
	63	FNH1-63U		
	80	FNH1-80U		
	100	FNH1-100U		
	125	FNH1-125U		
	160	FNH1-160U		
	200	FNH1-200U		
	224	FNH1-224U		
	250	FNH1-250U		0,45



BASE  
Tipo BNH00    Peso: 0,18 Kg



BASE  
Tipo BNH1    Peso: 0,50 Kg



FONTE: WEG, 2020