

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FEELT - FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

MATHEUS HENRIQUE RAMOS MENDES

**Estudo sobre acionamentos de motores elétricos aplicado a uma indústria  
de fabricação de ração animal**

Uberlândia

2023

MATHEUS HENRIQUE RAMOS MENDES

**Estudo sobre acionamentos de motores elétricos aplicado a uma indústria  
de fabricação de ração animal**

Trabalho de Conclusão de Curso à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Coutinho  
Gomes

---

Assinatura do Orientador

Uberlândia

2023

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

M538  
2023 Mendes, Matheus Henrique Ramos, 1998-  
Estudo sobre acionamentos de motores elétricos  
aplicado a uma indústria de fabricação de ração animal  
[recurso eletrônico] / Matheus Henrique Ramos Mendes. -  
2023.

Orientador: Luciano Coutinho Gomes.  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em  
Engenharia Elétrica.

Modo de acesso: Internet.

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Engenharia elétrica. I. Gomes, Luciano Coutinho,  
1972-, (Orient.). II. Universidade Federal de  
Uberlândia. Graduação em Engenharia Elétrica. III.  
Título.

CDU: 621.3

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

MATHEUS HENRIQUE RAMOS MENDES

**Estudo sobre acionamentos de motores elétricos aplicado a uma indústria  
de fabricação de ração animal**

Trabalho de Conclusão de Curso à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Coutinho  
Gomes

---

Assinatura do Orientador

Uberlândia, 30 de janeiro de 2023

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Luciano Coutinho Gomes (UFU) (Orientador)

---

Prof. Dr. Carlos Eduardo Tavares (UFU)

---

Prof. Dr. Josué Silva de Morais (UFU)

Uberlândia

2023

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todos que de alguma forma contribuíram para minha trajetória durante meu período de graduação como também minha vida fora dela.

Agradeço à Yane Cristina, minha mãe, que nunca desistiu de mim e sempre confiou em meu potencial e a minha avó Noêmia por ser meu porto seguro nos momentos difíceis que passei.

Agradeço ao Francisco Javier, meu namorado e meu grande amigo e companheiro de curso. Seu apoio e compreensão me fazem uma pessoa melhor.

Agradeço aos meus colegas da minha turma de graduação que me acompanharam nesta jornada desafiadora. Em especial agradeço à Aline, pelas conversas enriquecedoras e apoio nos momentos finais da graduação, ao Marcelo Fadini, pela amizade de anos construída e pela ajuda durante os anos graduação e ao meu amigo Lincoln que foi uma inspiração e exemplo pela sua trajetória profissional e pessoal.

Agradeço aos professores do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia pela contribuição que tiveram em minha formação. Em especial ao meu orientador, Prof. Dr. Luciano Coutinho Gomes pela atenção e apoio que foram importantes para a realização deste trabalho. Agradeço a todo o corpo de profissionais da Faculdade de Engenharia Elétrica pelo serviços prestados e pela atenção que tiveram comigo.

## RESUMO

MENDES, H. R. **Estudo sobre acionamentos de motores elétricos aplicado a uma indústria de fabricação de ração animal**. 2023. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

A área de acionamentos, em grande parte, envolve uma gama de elementos que são estudados durante todo o curso de Engenharia Elétrica, pois se atenta aos aspectos constitutivos dos motores elétricos e analisa as condições térmicas, dielétricas e mecânicas que estes processos envolvem. Dessa forma, o trabalho proposto buscou ir de um ponto mais abrangente de uma planta industrial, uma fábrica de produção de rações, a fim de explicitar os processos e as relações entre eles, os maquinários envolvidos até adentrar aos elementos de um projeto que visa especificar os materiais e dispositivos para os acionamentos de motores. O trabalho então, se inicia com a elaboração do problema proposto, o entendimento do funcionamento de uma fábrica de rações e, posteriormente, busca aglutinar os materiais base necessários para a criação de um projeto elétrico, mais especificado na parte de acionamentos, ao ponto que a parte final expõe os cálculos, resultados e desenhos decorrentes das etapas anteriores. Ao final, se entende que os elementos explanados auxiliaram na melhor compreensão do trabalho com o intuito de trazer, de maneira concisa e adequada no que tange a legislação vigente, a exposição dos dispositivos que são necessários ao se organizar os motores elétricos em uma planta industrial.

**Palavras-chave:** acionamentos elétricos; motores; produção de ração.

## ABSTRACT

MENDES, H. R. **Study about motors drives apply in an industry of feed manufactory.** 2023. Monography (Bachelor in Electrical Engineering) - Faculty of Electrical Engineering, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

The drives area, to a significant extent, involves a range of elements that are studied throughout the Electrical Engineering course, as it pays attention to the constitutive aspects of electric motors and analyzes the thermal, dielectric and mechanical conditions that this process involves. On this wise, the proposed work sought to go from a more comprehensive point of an industrial plant, the case studied refers to a feed production factory, in order to explain the processes and the relationships between them, the machinery involved until entering the elements of a project that aims to specify the materials and devices of the motor drive processes. The work then begins with the elaboration of the proposed problem, the understanding of the functioning of a feed factory and, later, it seeks to unite the base materials necessary for the creation of an electrical project, more specified in the part of drives, to the point that the final part exposes the calculations, results and drawings for the specified project. In conclusion, it is understood that the elements explained helped in a better understanding of the project to bring, in a concise and adequate way regarding current legislation, the exposure of the devices that are necessary when organizing electric motors in an industry.

**Keywords:** electric drives; electric motors; feed production.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Fluxograma esquemático da produção de Ração.....	17
Figura 2	Fluxograma de processos.....	18
Figura 3	Ração peletizada.....	21
Figura 4	Tombador Hidráulico.....	23
Figura 5	Moega de descarga de grãos .....	24
Figura 6	Correia transportadora de grãos .....	24
Figura 7	Desenho de um elevador de caneca .....	25
Figura 8	Moinho industrial de grãos .....	26
Figura 9	Misturador horizontal .....	27
Figura 10	Peletizadora .....	27
Figura 11	Esquema simplificado de conversão de energia de motores elétricos.....	28
Figura 12	Curvas típicas de conjugado x velocidade .....	31
Figura 13	Fator de simultaneidade.....	34
Figura 14	Fator de utilização.....	35
Figura 15	Componentes de uma corrente de curto-circuito	37
Figura 16	Seção mínima.....	40
Figura 17	Curva típica da integral de Joule.....	44
Figura 18	Efeito da atuação do elo fusível na propagação de uma corrente de curto-circuito.....	46
Figura 19	Processo de armazenagem.....	53
Figura 20	Processo de moagem.....	53
Figura 21	Processo de mistura, tratamento e expedição.....	54
Figura 22	Esquema simplificado do circuito de motores.....	58



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Regimes de serviço normalizados .....	31
Tabela 2	Valores típicos de impedâncias percentuais de transformadores de baixa tensão.....	38
Tabela 3	Especificação dos motores elétricos.....	54
Tabela 4	Divisão de circuitos dos motores elétricos.....	55
Tabela 5	Seção mínima de condutores de acordo com a capacidade de condução de corrente.....	59
Tabela 6	Seção mínima de acordo com limite de queda de tensão.....	60
Tabela 7	Quadro de partidos de motores.....	61
Tabela 8	Especificação dos elementos de proteção dos motores elétricos.....	61

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BPF	Boas práticas de Fabricação
CEPEA	Centro de Pesquisa em Economia Aplicada
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MIT	Motores de Indução Trifásicos
PIB	Produto Interno Bruto
POP	Procedimento Operacional Padrão
PWM	Pulse Width Modulation
Sindirações	Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal
UFU	Universidade Federal de Uberlândia

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1 Apresentação</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2 Justificativa</b> .....	<b>12</b>
<b>1.3 Objetivo Geral</b> .....	<b>13</b>
<b>1.4 Objetivos Específicos</b> .....	<b>13</b>
<b>1.5 Metodologia</b> .....	<b>14</b>
<b>1.6 Organização do Documento</b> .....	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1 Fabricação de ração</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2 Processos</b> .....	<b>18</b>
2.2.1 Recebimento de grãos.....	18
2.2.2 Análise de qualidade.....	19
2.2.3 Pré-limpeza.....	19
2.2.4 Moagem.....	20
2.2.5 Dosagem e Pesagem .....	20
2.2.6 Mistura.....	21
2.2.7 Tratamento.....	21
2.2.8 Ensaque e expedição.....	22
<b>2.3 Maquinário</b> .....	<b>22</b>
2.3.1 Tombador hidráulico .....	22
2.3.2 Moega .....	23
2.3.3 Transportadores de correia .....	24
2.3.4 Elevadores de caneca.....	25
2.3.5 Moinho .....	25
2.3.6 Misturador .....	26
2.3.7 Peletizadora .....	27
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA PARA PROJETO DE ACIONAMENTOS DE</b> <b>MOTORES DE BAIXA TENSÃO</b> .....	<b>28</b>
<b>3.1 Motores elétricos</b> .....	<b>28</b>
3.1.1 Motores de corrente contínua .....	29
3.1.2 Motores de corrente alternada .....	29
3.1.4 Motores de alto rendimento.....	29
3.1.5 Categoria de conjugado .....	30

3.1.6 Regime e serviço .....	31
<b>3.2 Fatores do projeto.....</b>	<b>32</b>
3.2.1 Fator de demanda.....	32
3.2.2 Fator de carga .....	33
3.2.3 Fator de simultaneidade.....	33
3.2.4 Fator de utilização .....	34
3.2.5 Determinação de demanda de motores elétricos .....	35
<b>3.3 Correntes de Curto-circuito .....</b>	<b>36</b>
3.3.1 Impedância dos transformadores .....	38
<b>3.4 Condutores .....</b>	<b>39</b>
3.4.1 Divisão de circuitos .....	39
3.4.2 Critério de capacidade de condução de corrente .....	40
3.4.3 Critério do limite da queda de tensão .....	41
3.4.4 Critério da capacidade de corrente de curto-circuito.....	42
<b>3.5 Proteção .....</b>	<b>43</b>
3.5.1 Disjuntor-motor .....	45
3.5.2 Fusíveis.....	45
3.5.3 Proteção dos dispositivos de comando e manobra .....	47
3.5.4 Relé térmico.....	47
<b>3.6 Sistemas de partida de motores.....</b>	<b>48</b>
3.6.1 Partida direta.....	48
3.6.2 Partida estrela-triângulo.....	48
3.6.3 Soft-starter .....	49
3.6.4 Conversor de frequência.....	50
<b>4 PROJETO DE ACIONAMENTOS DE MOTORES DE BAIXA TENSÃO .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1 Funcionamento .....</b>	<b>52</b>
<b>4.2 Características das Cargas .....</b>	<b>54</b>
<b>4.3 Divisão dos circuitos .....</b>	<b>55</b>
<b>4.4 Demanda.....</b>	<b>56</b>
<b>4.5 Corrente de curto-circuito .....</b>	<b>58</b>
<b>4.6 Condutores .....</b>	<b>58</b>
4.6.1 Capacidade de condução de corrente.....	59
4.6.2 Limite de queda de tensão .....	60
4.6.3 Capacidade de condução de corrente de curto-circuito .....	60

<b>4.7 Sistema de Partida de motores .....</b>	<b>60</b>
<b>4.8 Dimensionamento dos dispositivos de proteção .....</b>	<b>61</b>
<b>4.9 Circuitos.....</b>	<b>62</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>63</b>
<b>5.1 Trabalhos Futuros .....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Apresentação

Embora em queda, o setor agropecuário ainda tem bastante relevância no que tange ao PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro. De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a participação do PIB em 2021 ficou composta em: 6,9% nas atividades agrárias, 18,9% nas indústrias e 59,4% no ramo de serviços. (CASTRO, 2022). Porém, para o cálculo do PIB agropecuário, o CEPEA (Centro de Pesquisa em Economia Aplicada) em parceria com a CNA (Confederação de Agricultura e Pecuária do Brasil) dividem esta atividade de maneira expandida em: insumos, agropecuária, agroindústria e os serviços agropecuários. Desta forma, o CEPEA coloca esta atividade econômica com maior relevância dentro do PIB no Brasil com 25,5% de participação no ano de 2022. (CEPEA, 2022). Diante tal informação, leva-se a crer que este polo tem um papel importante na ligação das cadeias de produção brasileiras ao abarcar dentro das atividades desenvolvidas outros setores econômicos.

Uma das subdivisões da agroindústria brasileira é a de fabricação de rações. De acordo com projeções feitas pelo Sindirações (Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal), mesmo com adversidades, como a desvalorização cambial, seca da safra de 2022 entre outras, há a perspectiva de crescimento de 3,5% da produção de ração animal neste ano. (Sindirações, 2022).

A agroindústria, apontada pelo CEPEA, pode servir de interconexão entre a agropecuária exportadora e setores mais dinâmicos, como as indústrias de base, mais especificamente o indústria de transformação. Uma das formas de otimização é o processo de controle de acionamento de cargas existentes dentro deste tipo de planta.

### 1.2 Justificativa

Projetos que viabilizem a otimização de plantas industriais são importantes, pois ajudam a organizar de forma estratégica os processos envolvidos dentro de uma instalação. Um projeto de acionamentos de cargas elétricas rotativas (motores elétricos) tem como objetivo, diminuir os distúrbios ocasionados pela queda de tensão durante o momento da partida e atenuar o aumento da corrente de inicialização nos motores. As consequências desses distúrbios podem variar desde mau funcionamento, a ativação dos elementos de proteção no momento da partida,

de forma a comprometer o funcionamento especificado, provocando o desligamento das cargas ou mesmo sobreaquecimento dos motores. (FRANCHI, 2008; MAMEDE FILHO, 2017).

O intento de propor soluções na área de acionamentos de motores elétricos está dentro do escopo de desenvolvimento das competências exigidas a um profissional formado em Engenharia Elétrica, sendo essa uma das possibilidades de atuação. É importante salientar que os sistemas de acionamentos de cargas são os que garantem o funcionamento e vida útil dos motores, e por conseguinte, das cargas acionadas dentro de uma planta industrial. Por isso, é importante que haja interesse em solucionar problemas encontrados nas fábricas defasadas ou mesmo otimizá-las para a redução de gastos e o aumento do faturamento.

### **1.3 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho se verifica em propor um estudo sobre características elementares de acionamentos de motores elétricos aplicados a um projeto de uma fábrica de rações.

### **1.4 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos são:

- Descrever os processos, maquinários utilizados e a correlação entre as etapas envolvidas na produção de ração animal;
- Analisar o comportamento de cargas comumente encontradas nestes tipos de fábricas;
- Apontar os elementos constituintes de um projeto de instalações elétricas e detalhar os procedimentos utilizados para a realização dos circuitos de comando e força de acionamentos elétricos;
- Desenvolver uma proposta de solução de um sistema de acionamentos, ao ter como base um exemplo fictício de fábrica que contemple os processos e maquinários pesquisados anteriormente;

## 1.5 Metodologia

A metodologia utilizada para a realização do trabalho foi construída com o objetivo de obter o ferramental necessário para desenvolver uma solução aplicada a área de engenharia elétrica. O problema de pesquisa concerne em propor um projeto de acionamentos de cargas provenientes de uma fábrica de rações. O trabalho proposto tem caráter descritivo, pois tem como objetivo determinar variáveis e desenvolver as relações constituintes entre elas, como também delimitar a natureza desse conjunto de correlações. (GIL, 2002).

Diante disso, foi optado em realizar um pesquisa bibliográfica, tipo de pesquisa utilizado com base em material já elaborado, sendo aqui proposto, as fontes de leitura correntes proveniente de materiais acadêmicos e as fontes de leitura de referência, como os materiais de apoio para delimitar parâmetros específicos analisados. (GIL, 2002). Mediante a classificação, foi elaborada a pesquisa para enumerar os processos envolvidos dentro de uma fábrica de rações, o maquinário necessário e a correlação entre os processos descritos.

De igual forma, a pesquisa também abrange o desenvolvimento de um projeto de instalações elétricas, que deve ser descrito de maneira mais abrangente e, de acordo com o escopo declarado dentro dos objetivos propostos, ser detalhado dentro do projeto de instalações a parte que compete ao acionamento de cargas elétricas. Foram levantados elementos constitutivos da dinâmica de acionamentos, como informações sobre os motores, comportamento de carga, dispositivos de manobra e proteção utilizados, para elaborar dentro do exemplo de planta baixa, inspirada em um exemplo real de fábrica de ração, a solução de um sistema que será utilizado para o inicialização e manobra dos processos.

A planta baixa utilizada para a visualização da fábrica foi desenhada pela aplicação AutoCad. Os circuitos de força que conectam a energia da distribuidora até as cargas e os circuitos de comando foram desenhados na aplicação CadeSimu.



## **1.6 Organização do Documento**

O segundo capítulo deste trabalho diz respeito a pesquisa bibliográfica desenvolvida que abrange o tema citado.

O terceiro capítulo concerne no material teórico que foi necessário para a confecção do projeto.

O quarto capítulo diz respeito ao projeto e todo o seu desenvolvimento além dos resultados encontrados.

O quinto capítulo é de conclusão que fecha o trabalho ao reforçar os resultados propostos e faz a análise dos objetivos desenvolvidos de forma a propor trabalhos futuros relacionados.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O setor da produção de rações, que é um dos subsidiários das agroindústrias, faz o fornecimento de insumos necessários para a produção agropecuária brasileira. Para o melhor entendimento, tem-se o significado de ração:

Ração é a quantidade total de alimento que um animal ingere em 24 horas, e ração balanceada é aquela que contém nutrientes em quantidade e proporções adequadas para atender às exigências orgânicas dos animais. Usualmente, as rações são compostas por alimentos volumosos e concentrados (CARDOSO, 1996).

### 2.1 Fabricação de ração

A fabricação de ração animal consta com o processo produtivo dividido nas seguintes etapas: o recebimento de matérias primas; a pré-limpeza dos grãos; processo de moagem; mistura dos ingredientes; tratamento; embalagem; armazenamento da ração e transporte. (PEREIRA, 2002). Na linha de produção, existem fábricas de produção sob demanda, onde há primeiro a venda do pedido para que depois haja a produção, chamada de produção de batelada. (BASEGIO, 2015).

A fabricação de ração animal deve atender às exigências estabelecidas pelas normas da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) em parceria com o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). A EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), ligada ao MAPA, órgão responsável pela fiscalização e regulamentação dos produtos destinados ao consumo animal desenvolveu o BPF (Boas Práticas de Fabricação), que é requisito previsto no Decreto 6296/2007 que regulamenta a lei 6198/1974 que dispõe sobre a Fiscalização e Inspeção obrigatórias de produtos destinados ao consumo animal (MAPA, 2022).

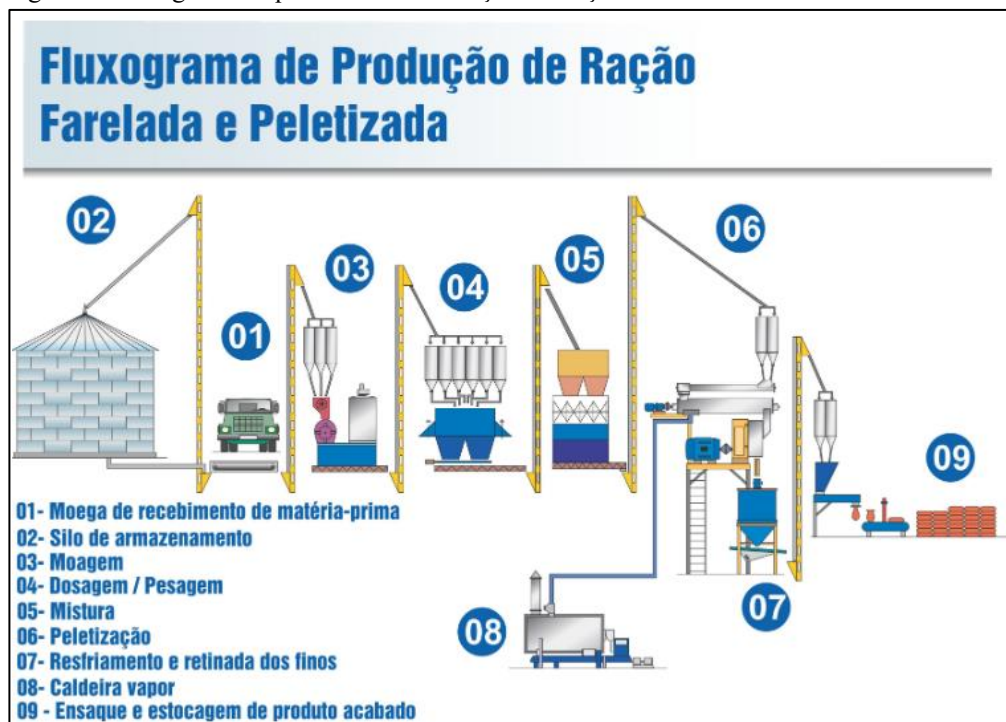
O BPF tem como função fornecer um material que auxilie a organização de um POP (Procedimento Operacional Padrão) e propicie, dentro dos processos de produção, a garantia da qualidade, desde o recebimento da matéria-prima até o momento de sua expedição, de forma a manter os níveis exigidos de segurança dos alimentos. (MACHADO; DUTRA; PINTO, 2015).

O Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA) é o órgão que tem como função criar normas de fabricação e comercialização de produtos e insumos de

destinação animal. A inspeção e fiscalização é feita o por agentes federais que realizam tais procedimentos para garantir a regularidade dos produtos em circulação no mercado, e principalmente, a garantia das condições dos processos de fabricação no que tange os requisitos higiênicos e sanitários (MAPA, 2022).

O processo de funcionamento típico deste tipo de fábrica pode ser visualizado de acordo com o fluxograma abaixo. Os processos envolvidos para a fabricação de ração serão explicitados nas seções posteriores.

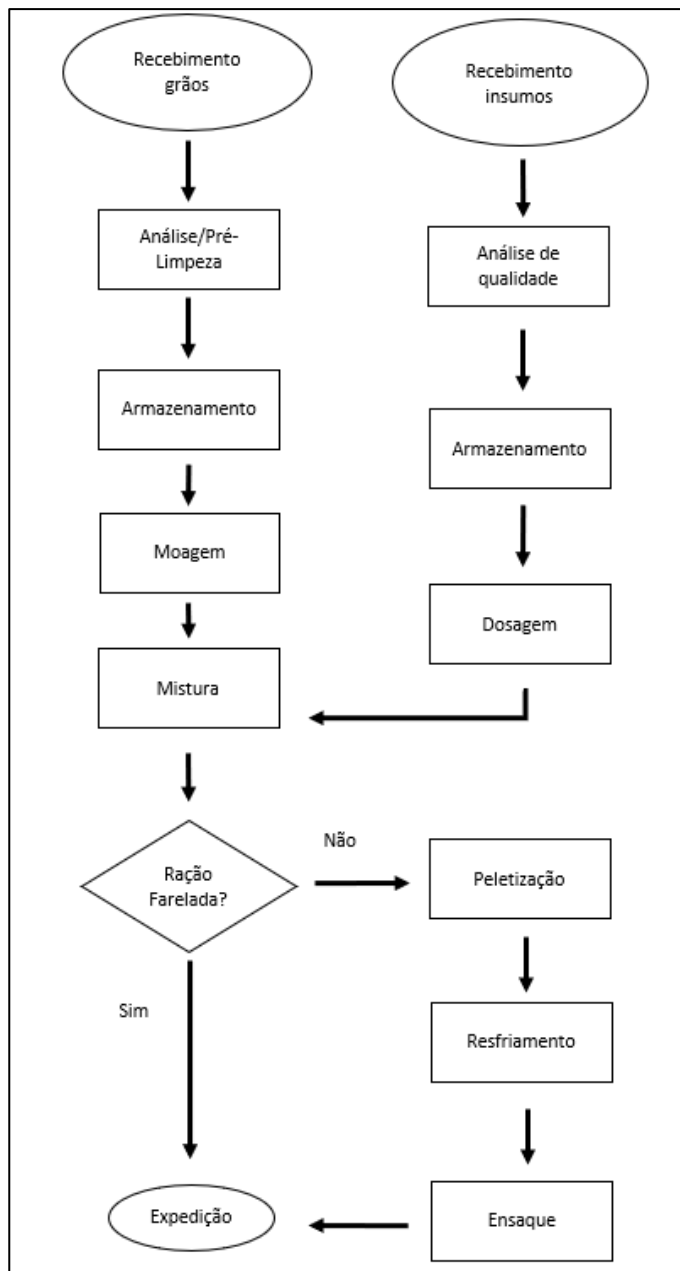
Figura 1: Fluxograma esquemático da Produção de Ração



Fonte: (FERRAZa, [2018?]).

Inspirado no fluxograma acima, foi desenvolvido um esquema simplificado para o estudo de caso de forma a contemplar as etapas envolvidas dentro de um exemplo real, como é possível ver na figura abaixo. Os elementos constitutivos desse esquema serão explicitados nas sessões subsequentes.

Figura 2: Fluxograma de processos



Fonte: Do autor.

## 2.2 Processos

### 2.2.1 Recebimento de grãos

A primeira etapa do processo de produção de rações consiste no recebimento dos grãos. Os insumos são entregues a granel, como geralmente chegam os grãos utilizados, e também

ensacados, como é o caso dos suplementos minerais desenvolvidos para atender às especificações nutricionais. O milho, juntamente com a soja, são os principais elementos utilizados na alimentação animal. Nesse sentido, o milho é a fonte de amido para animais ruminantes e é a maior parcela do componente energético de sua dieta. Por conta do aumento dos preços que têm ocorrido nos últimos anos, a diversificação de alimentos é feita também pela introdução de trigo, farelo de arroz, mandioca, resíduos de biodiesel e de cervejas na dieta. (CONHEÇA..., 2021; PEREIRA, 2007, p. 49)

Os insumos que vêm de forma ensacada passam pelo processo de identificação, por meio da visualização de data de produção, validade, lote, e posteriormente, são estocados em um local que tenha proteção da luz, arejado e seco e que não haja contato direto com a parede. Os produtos são retirados de acordo com o método FIFO (First in/first out), no qual consiste em retirar os produtos conforme a ordem de chegada, tornando assim o risco de vencimento e perdas de insumos reduzido. (PIMENTA, 2019).

### 2.2.2 Análise de qualidade

Existe a necessidade de análise dos materiais recebidos, pois é essa análise que garantirá a qualidade dos grãos, verificando se há a existência de mofo, sujidades, grãos quebrados, deformidades, proliferação de microrganismos para que seja efetivada a procedência do produto. A análise bromatológica consiste na verificação das características intrínsecas dos alimentos observados, de forma a ter maior rigor ao apontar a composição do alimento submetido a esse tipo de análise. A granulometria é a análise da verificação do tamanho das partículas, em especial, de alimentos a serem produzidos, essa análise é de extrema importância para atestar o alimento submetido terá maior digestibilidade ao animal. (BELLAVIER e NONES, 2000). Com o estudo de granulometria é possível fazer com que haja uma melhora na qualidade do produto que será entregue ao produtor. Após a aprovação feita pelo laboratório responsável, os insumos seguem para a moega (produtos a granel) e tanque de pré-limpeza. (OLIVEIRA, 2016).

### 2.2.3 Pré-limpeza

No recebimento, há uma fase de higienização da carga transportada, onde é observada a situação dos caminhões para realização da conferência da integridade da lona, embalagens e dos produtos que se encontram dentro da carroceria. Após esse processo, são retiradas amostras

para a realização de análise bromatológicas de granulometria e umidade, subdivididas em amostras de insumos de origem vegetal e animal.

Com a análise de qualidade aprovada, porventura podem restar resquícios de objetos, sujidades, ou mesmo materiais que não são próprios para a alimentação animal como gravetos, pedregulhos entre outros. Desta forma, é feito o processo de pré-limpeza cujo intuito é o de diminuir os níveis de contaminação, fazer a seleção por meio de peneiras que vão retirar os objetos indesejados. Feito isso, tem-se que os insumos estarão preparados para os processos seguintes. É importante salientar que, caso haja alguma irregularidade diante a qualidade da carga que foi recebida, há a devolução para os fornecedores. Com a análise de qualidade atestada, a carga será armazenada para que ocorra os próximos processos. (PIMENTA, 2019).

#### 2.2.4 Moagem

Conforme Fucillini e Veiga (2014), o próximo passo a ser analisado é o da moagem, que consiste em reduzir os alimentos de tamanho pelo impacto exercido pelos seguintes métodos: moagem, esmagamento, trituração e corte. Feito de maneira mecânica, contudo esta etapa é importante que não tenha alterações nas propriedades químicas.

Os moinhos são utilizados para garantir que os grãos já moídos tenham o tamanho adequado para uma melhor digestibilidade animal. Para garantir o tamanho estabelecido de acordo a dieta e espécie a qual a ração será destinada, os grãos triturados e, posteriormente, peneirados, passam pela retirada dos grãos de tamanhos maiores ou não condizentes com a granulometria especificada.

A redução de partículas, continua Fucillini e Veiga (2014), atende a certas finalidades de:

- I) melhora na digestibilidade dos animais;
- II) melhora da manipulação dos insumos;
- III) melhora na mistura e aproveitamento nutricional em decorrência dela;
- IV) melhora da qualidade e eficiência de produção;

#### 2.2.5 Dosagem e Pesagem

Após a moagem, o conteúdo precisa ser dosado para que se tenha a quantidade necessária de macro e micronutrientes de acordo com a dieta específica de cada tipo de animal, onde será feita a medição por meio de balanças. A dosagem é feita de acordo com a formulação

indicada pela equipe veterinária responsável. Em seguida, os insumos agora já triturados e dosados, serão pesados de acordo com as necessidades verificadas. (FUCILLINI e VEIGA, 2014).

### 2.2.6 Mistura

O processo de mistura garantirá que em toda a ração a quantidade de nutrientes seja uniforme e haja melhor aproveitamento para o consumo. A uniformidade da ração é um requisito importante, pois a não conformidade da mistura pode acarretar prejuízo para a performance e crescimento esperados. Neste processo, é necessário que a mistura seja satisfatória para que toda a ração produzida seja homogênea em sua composição, de forma que a composição planejada seja executada. Um dos critérios utilizados para a aferição da mistura consiste no coeficiente de variação (CV) que deve estar em torno de 10% com perda da qualidade alimentícia acima de 20%. (BELLAVAR e NONES, 2000).

### 2.2.7 Tratamento

Passado o processo de pesagem e mistura, a ração é encaminhada a processos de adequação ao consumo animal. Um importante tratamento realizado é a peletização, processo mecânico que consiste na aglomeração de pequenas partículas meio de condições de calor, umidade e pressão adequadas na formação de estruturas chamadas peletes, como podem ser vistas na figura 3. O processo que se segue para a pelletização é o de compactação e resfriamento (SCHMIDT, 2006).

Figura 3: Ração peletizada



Fonte: (FERRAZc, [2018?])

Os principais subprocessos necessários para a peletização são: i) condicionamento: onde a ração farelada proveniente dos silos é condicionada a uma alta temperatura (70 a 90 °C), com o intuito de facilitar a compactação. Durante esse processo é lançado um fino filme de vapor que contribuirá para melhor aderência dos amidos na superfície dos grãos, tornando a área de superfície mais acessível à ação do sistema digestivo; II) compactação: ainda em alta temperatura, a massa de farelo é encaminhada para a matriz, que atuará comprimindo a massa em um anel com furos. Ao passar pelos furos, a massa é cortada com lâminas ajustáveis de acordo com o comprimento desejado para os pellets; III) resfriamento: esse processo é importante para garantir boas condições de armazenamento e manuseio sem alteração da qualidade. Nesse processo os peletes são resfriados para 2 a 8 °C e secos com o intuito de atingir níveis de umidade entre 12 e 14%, e assim reduzir problemas sanitários. (SCHMIDT, 2006).

#### 2.2.8 Ensaque e expedição

O ensaque é o processo no qual a ração já tratada e finalizada é embalada de forma apropriada, onde há o condicionamento dos diferentes tipos de ração. Isto ocorre com o intuito de garantir a manutenção ao final do produto e, por conseguinte, a qualidade durante a etapa de expedição. Após feito o processo de ensaque, os sacos de ração são armazenados em estoque a espera e preparação de seu transporte. Caso a forma de entrega seja a granel, a etapa anterior não é necessária e se segue diretamente para a etapa de expedição. É importante controlar nestes ambientes fatores como a temperatura, umidade, prevenir contra infestação de insetos e animais, principalmente roedores, a fim de manter a qualidade de produção. (FUCILLINI e VEIGA, 2014).

### 2.3 Maquinário

#### 2.3.1 Tombador hidráulico

Também conhecidos como plataforma de descarga, os tombadores hidráulicos são estruturas metálicas que viabilizam de maneira rápida e eficiente o processo de descarga dos insumos transportados por meio de veículos de grande porte, e pode ser visto com clareza com a figura 4. O funcionamento se dá por meio de um sistema hidráulico. O motor é acoplado a uma bomba juntamente com a um manômetro, que mede a pressão que varia conforme o



acionamento do tombador. A bomba tem ligação com o reservatório hidráulico onde o fluido é armazenado durante todo o processo de funcionamento. Conforme há a variação de pressão impulsionada pela bomba, haverá o levantamento do tombador. O feito reverso é adquirido por meio da inversão das fases do motor. Quando o motor não gera trabalho, ou seja, não está em movimento, a bomba não impulsiona o líquido e assim o tombador cessa o movimento. É de extrema importância que o tombador tenha um eficiente controle de segurança para que não haja derramamento de carga durante a descarga e acidentes envolvendo o mau funcionamento do tombador, prejudicando o veículo transportador e comprometendo a carga transportada. (MOCELIN, 2018; BINATTI e CASTRO, 2018).

Figura 4: Tombador Hidráulico



Fonte: (GUARES USINAGEM E INDÚSTRIA METALÚRGICA, [201-?]).

### 2.3.2 Moega

As moegas são estruturas tronco-piramidais que tem como função o armazenamento de grãos para que sejam despejados em um sistema de transporte e assim continuar o fluxo de produção. Existem alguns tipos de moegas, de acordo com o tipo de recebimento, sendo as moegas rodoviárias que recebem os insumos de caminhões, e as moegas ferroviárias que recebem os insumos de trens, como verificado na figura 5. Juntamente com a moega, pode vir acoplado um tombador hidráulico, que é utilizado para facilitar a descarga dos caminhões. (MAROSTEGA, 2017).

Figura 5: Moega de descarga de grãos



Fonte: (BM MÁQUINAS, [201-?]).

### 2.3.3 Transportadores de correia

Os transportadores de correia são responsáveis por fazer o transporte interno dos materiais dentro do fluxo procedural. São estruturas compostas pela correia, tambores, acessórios guias laterais, roletes, frios, chute e o drive (conjunto de acionamento) que contém um motor elétrico e um sistema de transmissão para adequação da velocidade. Essas estruturas têm as mais variadas utilidades de cargas, sejam para elementos leves, como embalagens, e para produtos mais pesados, como grãos e minérios. Por meio delas é possível fazer com que todo o sistema seja interligado, reduzindo os impactos que podem ocorrer nos gargalos das indústrias. De acordo com a figura 6, é possível ver a fotografia de um transportador de correia em pleno funcionamento. (SACRAMENTO, 2022).

Figura 6: Correia transportadora de grãos



Fonte: (CASP, [2016]).

### 2.3.4 Elevadores de caneca

Elevadores de canecas, como o mostrado na figura 7, são uma ótima saída para problemas no carregamento de insumos pesados. São estruturas geralmente verticais que tem em si uma série de canecas tombadas que propiciam o acúmulo de materiais e com o movimento do material efetivar o transporte. (SACRAMENTO, 2022).

Figura 7: Desenho de um elevador de caneca



Fonte: (EQUITEC, [201-?]).

### 2.3.5 Moinho

Um dos processos mais importantes na fabricação de ração tem como maquinário essencial o moinho. Este processo é feito por máquinas trituradoras, ou moedores industriais, verificado conforme a figura 8. Essas máquinas podem ser de diversos tipos, sendo os mais usuais os moinhos de martelos e os moinhos de rolo. A escolha do melhor moinho é feito de

acordo com as características do grão a ser moído, o nível de granulometria indicado pelos especialistas em nutrição e melhor custo-benefício para os produtores. (LIMA, 2018).

Figura 8: Moinho Industrial de grãos



Fonte: (FERRAZb, [2018?]).

### 2.3.6 Misturador

Após o processo de moagem, os insumos passam juntamente com aditivos pelo processo de mistura. Os misturadores têm como função fazer com que ração tenha quantidades iguais de ingredientes, de modo os nutrientes sejam consumidos de maneira homogênea. Há diversos tipos de misturadores, sendo mais comuns os misturadores verticais e misturadores horizontais, estes últimos mais utilizados nas fábricas de ração e ilustrados pela figura 9. (FUCILLINI e VEIGA, 2014).

Figura 9: Misturador horizontal



Fonte: (TRIPANI INDUSTRIA, [201-?]).

### 2.3.7 Peletizadora

Passam pela peletizadora os insumos que serão passados pelo processo de peletização, que consiste em submeter os grãos já moídos e misturados em cozimento a vapor com determinada temperatura e pressão que gerará a ração adequada para o consumo animal. Em seguida, a máquina prensará o conteúdo de forma que a ração tenha o formato mais otimizado de acordo com as necessidades especificadas. É nessa máquina, que pode ser vista pela figura 10, fará a moldagem para assim finalizar o processo de produção da ração que estará pronta para expedição. (FUCILLINI e VEIGA, 2014).

Fotografia 10: Peletizadora



Fonte: (FERREIRA, [200-?])

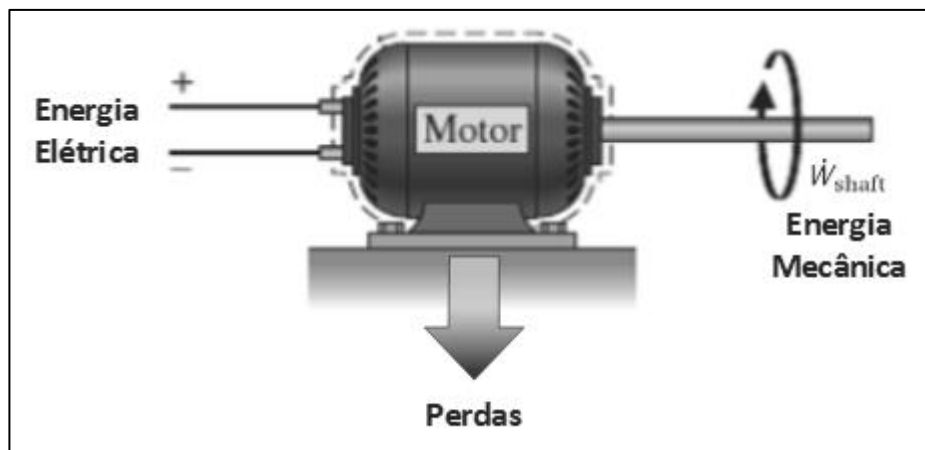
### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA PARA PROJETO DE ACIONAMENTOS DE MOTORES DE BAIXA TENSÃO

De acordo com Franchi (2008), o consumo de energia elétrica de uma indústria é majoritariamente feito por motores elétricos. De modo que, o acionamentos de motores elétricos tomam bastante importância para questões pertinentes a economia de energia e investimentos dentro da planta industrial. Ao passo que, este capítulo se atentará a explorar os elementos essenciais que auxiliem na especificação e dimensionamentos dos elementos que são necessários para o pleno funcionamento dos motores elétricos.

#### 3.1 Motores elétricos

Motores elétricos são máquinas elétricas cuja função é a de conversão de energia elétrica em energia mecânica, ilustrado de acordo com a figura 11, com o intuito de suprir cargas de diferentes tipos. Neste processo, há perdas de energia, sejam elas perdas constantes como atrito e ventilação, perdas de magnetização ou mesmo perdas variáveis, por meio do aquecimento dos enrolamentos do rotor e estator. Os motores comumente possuem uma parte estática: o estator que, neste caso, recebe a corrente elétrica e produz o campo girante que permitirá a indução de uma força magneto motriz. Há também o rotor, parte móvel onde recebe o efeito do estator, que pela influência do campo girante do rotor, e tem como consequência a produção de torque. Os motores elétricos podem ser divididos conforme sua fonte de alimentação, como motores de corrente contínua e motores de corrente alternada. (TORO, 1994).

Figura 11: Esquema simplificado de conversão de energia de motores elétricos



Fonte: (TORO, 1994).

### 3.1.1 Motores de corrente contínua

Os motores de corrente contínua são aqueles alimentados por uma fonte de energia em corrente contínua e sua utilização é recomendada para o suprimento de cargas cujo controle de velocidade deve ser rigidamente verificado. Atualmente, existem várias saídas de controle de velocidade que tornam o uso desses motores restrito por questões de custo/benefício dentro deste ramo. De modo que a usabilidade é de imensa maioria de motores de corrente alternada. (FRANCHI, 2008).

### 3.1.2 Motores de corrente alternada

Estes são os motores cuja fonte de alimentação é por corrente alternada. Estes são os mais usuais nas instalações industriais devido sua simplicidade de construção, vida útil longa e menores valores de compra e manutenção. Dentre os motores de corrente alternada, os mais comuns são os motores trifásicos assíncronos.

São os motores trifásicos são alimentados por um sistema a três fios, onde as fases estão defasadas em 120° elétricos. Os motores assíncronos trifásicos, ou comumente chamados de MIT (Motores de Indução Trifásicos), têm uma grande utilização dentro do setor industrial para além do seu baixo custo, boa vida útil, fácil manutenção. Tais motores são utilizados no desenvolvimento do controle de velocidade e da eletrônica de potência que tem viabilizado controle de velocidade mais preciso. (FRANCHI, 2008).

### 3.1.4 Motores de alto rendimento

Com o avanço tecnológico proveniente na melhora dos materiais utilizados na fabricação dos motores elétricos, há atualmente no mercado motores que tem um rendimento mais elevado que se comparados aos motores comuns. Dá-se o nome de motores de alto rendimento, que em uma mesma potência de saída, há um consumo de energia menor. É possível que se encontre no mercado motores com rendimento muito próximos à unidade, no entanto o valor agregado se eleva a ponto de não ser vantajoso uma troca de motores. (MAMEDE FILHO, 2017).

Existem alguns fatores que se verificam na melhora de performance dos motores de alto rendimento, dentre elas:

- O uso de chapas de silício de melhor qualidade, que proporciona um menor valor da corrente de magnetização e por conseguinte maior rendimento;
- Maior quantidade de cobre nos enrolamentos, diminuindo as perdas térmicas;
- Alto fator de enchimento de ranhuras, permitindo com que haja uma maior dissipação de calor e menores perdas internas;
- Tratamento térmico do rotor, reduzindo as perdas suplementares;
- Bom dimensionamento dos anéis curto-circuitados;

### 3.1.5 Categoria de conjugado

Se classifica os motores de gaiola, um tipo específico de motores de indução trifásicos, em cinco categorias, de acordo com as características do conjugado em relação a velocidade e à corrente de partida. Essas diferenças estão intrinsicamente relacionadas com o tipo de carga que o motor deve suprir.

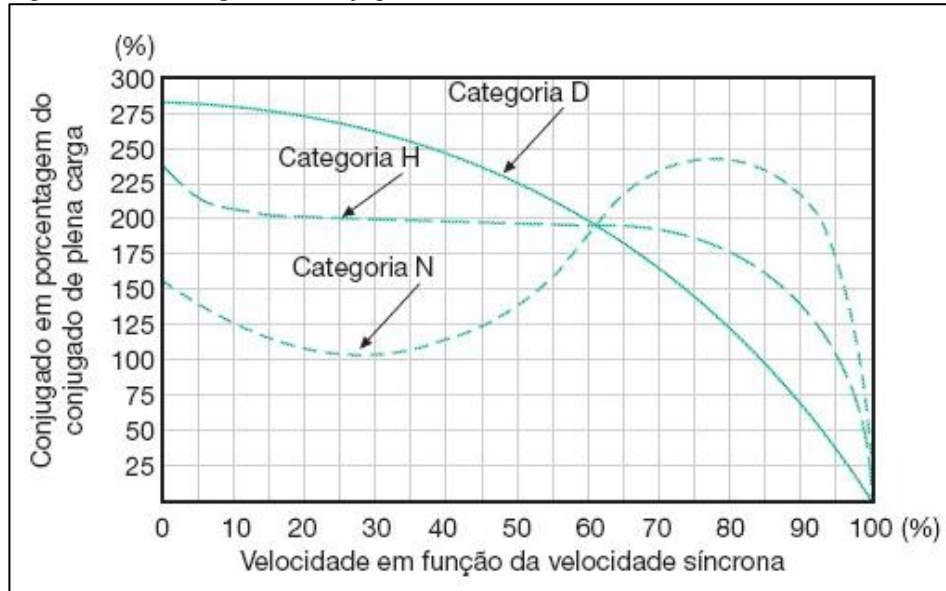
- Categoria N: Tem como características o conjugado de partida normal e baixo escorregamento. É encontrado na maioria dos motores utilizados, sendo utilizado para acionamento de cargas de baixo conjugado de partida, como bombas, máquinas operatrizes, entre outras.
- Categoria H: Tem como característica o conjugado de partida alto, com corrente de partida normal e baixo escorregamento. É utilizado para cargas que exigem maior conjugado de partida, como transportadores carregados, moinhos entre outros.
- Categoria D: Tem como características o conjugado, corrente de partida e escorregamentos alto. Utilizado para prensas e semelhantes, onde a carga apresenta picos periódicos.

A figura 12 ilustra as curvas típicas de conjugado em relação a velocidade do motor. Apesar de a maioria das cargas serem supridas com motores tipo N, a diferença entre os tipos de curva de conjugado auxilia na escolha de alimentação de cargas menos usuais. Vale salientar que, nas categoria N e H, há a variação para NY e HY para os tipos de motores antes



especificados, com a diferença de que esses motores são utilizados para partida estrela-triângulo, que será explicitada posteriormente. (MAMEDE FILHO, 2017).

Figura 12: Curvas típicas de conjugado x velocidade



Fonte: (MAMEDE FILHO, 2017, p. 705)

### 3.1.6 Regime e serviço

De acordo com a regularidade de carga a qual o motor é submetido, é feita a classificação de diferentes tipos de regimes de serviços. Os regimes existem para diferenciar os motores que estão dispostos de maneira diferente em relação a dinâmica de funcionamento. No entanto, há inúmeras formas de solicitações que são exigidas do motor, e essa classificação, explicitada pela tabela 1, seria somente os modelos básicos, a maioria dos tipos de variações que podem ocorrer. (FRANCHI, 2008).

Tabela 1: Regimes de serviço normalizados

Regime de Serviço	Características
S1	Regime contínuo
S2	Regime de tempo limitado
S3	Regime intermitente periódico
S4	Regime intermitente periódico com partida
S5	Regime intermitente periódico com frenagem elétrica

S6	Regime de funcionamento contínuo com carga intermitente
S7	Regime de funcionamento contínuo com frenagem elétrica
S8	Regime de funcionamento contínuo com mudança periódica na relação carga/velocidade de rotação
S9	Regime de funcionamento com variação não periódica de carga e velocidade
S10	Regime de funcionamento com cargas constantes distintas

Fonte: (FRANCHI, 2008, p. 68)

### 3.2 Fatores do projeto

Feita a explanação de algumas características dos motores que serão relevantes para o caso da fábrica de rações, explicita-se também fatores que guiarão as especificações que serão feitas dado o exemplo. A fim de visar que os valores relacionados ao projeto em questão, é importante que certos fatores sejam observados a fim do melhor entendimento e desenvolvimento da planta industrial. Dentre os fatores que balizam este tipo de instalação, o fator de demanda, fator de carga, fator de simultaneidade e fator de utilização serão explicitados nas seções a seguir. (MAMEDE FILHO, 2017).

#### 3.2.1 Fator de demanda

O fator de demanda é expresso pela divisão da demanda máxima do sistema pela carga total conectada, carga esta que se dá pela soma das cargas nominais contínuas que consomem energia elétrica. Geralmente é menor que a unidade, sendo maior quando a carga total for ligada simultaneamente por um longo período.

O fator de demanda, conforme Mamede Filho (2017), é adimensional e expresso na fórmula de:

$$F_d = \frac{D_{m\acute{a}x}}{P_{i\ nst}} \quad (1)$$

Onde:

$D_{m\acute{a}x}$  - Demanda máxima da instalação, em kW ou kVA;

$P_{i\ nst}$  - Potência da carga conectada, em kW ou kVA;

### 3.2.2 Fator de carga

Já o fator de carga se dá entre o valor da demanda média dado um determinado período e a demanda máxima registrada por esse mesmo período. Quanto maior o período a ser verificado menor é tendencialmente o valor do fator de carga.

Não maior que a unidade, o fator de carga demonstra o grau da demanda máxima relacionado ao período de forma a mostrar se a energia é utilizada de forma racional. O fator de carga alto ajuda a otimizar os investimentos da instalação elétrica, além de se observar um melhor aproveitamento da energia consumida e, por consequência, ajuda na redução da demanda de pico.

A fórmula do fator de carga, conforme Mamede Filho (2017), é expressa por:

$$F_{cd} = \frac{D_{méd}}{D_{max}} \quad (2)$$

Já o fator de carga mensal por der calculado pela equação:

$$F_{cm} = \frac{D_{kwh}}{730 \times D_{máx}} \quad (3)$$

Onde:

$D_{kwh}$  – consumo de energia elétrica durante o período estipulado;

$D_{máx}$  - Demanda máxima do sistema para o período, em kW;

$D_{méd}$  - Dada pela integração da curva de carga que é equivalente ao consumo de energia consumida dividido pelo período estipulado, em kW;

### 3.2.3 Fator de simultaneidade

O fator de simultaneidade é a relação entre a demanda máxima de um grupo de aparelhos e a soma das demandas individuais desse mesmo grupo dado um determinado período. Com valor menor que a unidade, deve ser um fator bem estudado para que não haja erro de subdimensionamento de projeto. O seu inverso é o fator de diversidade.

A tabela abaixo indica o valor do fator de simultaneidade dado a quantidade de motores e outros aparelhos agrupados em um determinado circuito.

Figura 13: Fator de simultaneidade

Aparelhos (cv)	Número de aparelhos							
	2	4	5	8	10	15	20	50
Motores: 3/4 a 2,5	0,85	0,80	0,75	0,70	0,60	0,55	0,50	0,40
Motores: 3 a 15	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70	0,65	0,55	0,45
Motores: 20 a 40	0,80	0,80	0,80	0,75	0,65	0,60	0,60	0,50
Acima de 40	0,90	0,80	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60
Retificadores	0,90	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70
Soldadores	0,45	0,45	0,45	0,40	0,40	0,30	0,30	0,30
Fornos resistivos	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-
Fornos de indução	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-

Fonte: (MAMEDE FILHO, 2017, p. 60)

### 3.2.4 Fator de utilização

O fator de utilização é o fator que deve ser multiplicado a potência de forma a obter a potência absorvida por ele. A figura a seguir fornece valores referenciais utilizado em equipamentos de uma instalação industrial.

Figura 14: Fator de utilização

Aparelhos	Fator de utilização
Fornos a resistência	1,00
Secadores, caldeiras etc.	1,00
Fornos de indução	1,00
Motores de 3/4 a 2,5 cv	0,70
Motores de 3 a 15 cv	0,83
Motores de 20 a 40 cv	0,85
Acima de 40 cv	0,87
Soldadores	1,00
Retificadores	1,00

Fonte: (MAMEDE FILHO, 2017, p.61)

### 3.2.5 Determinação de demanda de motores elétricos

Para a determinação da demanda de motores, de acordo com Mamede Filho (2017), algumas questões devem ser apontadas. Os fatores de serviços, de utilização e de rendimento são muito importantes para a estimativa da demanda no que tange a utilização de motores elétricos. De maneira mais simples, a demanda de um grupo de aparelhos é determinada pela soma das demandas individuais e multiplicadas pelo fator de simultaneidade entre os aparelhos utilizados.

A demanda do Quadro de distribuição geral é obtida pela soma dos quadros de distribuição parciais, que neste trabalho não serão observados, e o centro de controle de motores com o devido fator de simultaneidade.

O cálculo de potência no eixo do motor se dá por:

$$P_{eim} = P_n \times F_{um} [kW] \quad (4)$$

Onde:

$P_n$  – Potência nominal do motor em kW;

$F_{um}$  – Fator de utilização do motor;

$P_{eim}$  - Potência no eixo do motor;

Já a demanda solicitada na rede de um motor é de:

$$D_m = \frac{P_{eim} \times 0,736}{\eta \times F_p} \text{ kVA} \quad (5)$$

Onde:

$F_p$  – Fator de potência do motor;

$\eta$  – Rendimento do motor;

O cálculo para os grupos de motores, conforme Mamede Filho (2017), se dá pela soma de motores com o fator de simultaneidade do grupo em questão que se dá pela forma:

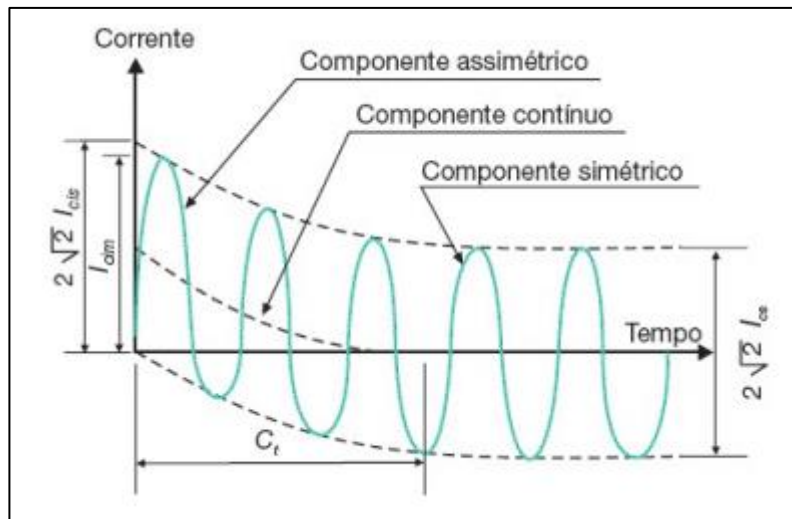
$$D_{apt} = (D_{m1} + D_{m2} + D_{m3} + \dots + D_{m_m}) \times F_s \text{ (kVA)} \quad (6)$$

### 3.3 Correntes de Curto-circuito

Para que haja coordenação adequada dos elementos de proteção dentro de um projeto, aqui especificamente um projeto de acionamentos, é necessário que se tenha o conhecimento necessário das correntes de curto-circuito nos pontos da instalação.

As corrente de curto-circuito são correntes que ocorrem no instante de uma falta, ou seja, a perda de uma elemento energizado no sistema elétrico. Têm valores elevados e duram frações de segundos. Os valores podem ser de até 100 vezes do valor da corrente nominal no ponto de observação. Sua aplicação se dá muitas vezes no ajuste dos dispositivos de sobrecorrentes, na capacidade de interrupção dos disjuntores e capacidade térmica dos cabos e equipamentos. A figura a seguir mostra o comportamento típico de uma corrente de curto-circuito de forma a evidenciar as componentes deste tipo corrente. (MAMEDE FILHO, 2017).

Figura 15: Componentes de uma corrente de curto-circuito



Fonte: (MAMEDE FILHO, 2017, p. 534)

A fórmula da corrente de curto-circuito se dá:

$$I_{cc} = \sqrt{2} \times I_{cs} \times \left[ \text{sen}(\omega t + \beta - \alpha) - e^{-\frac{t}{C_t}} \times \text{sen}(-\theta) \right] \quad (7)$$

Onde:

$I_{cc}$  - O valor instantâneo da corrente de curto-circuito num instante de tempo específico;

$I_{cs}$  - Valor eficaz da corrente de curto-circuito simétrica;

$I_{cim}$  - valor de pico ou impulso da corrente de curto-circuito assimétrico;

$I_{ca}$  - valor eficaz da corrente de curto-circuito assimétrica;

$t$  - Tempo de duração do defeito no ponto considerado da instalação;

$C_t$  - constante de tempo;

Dessa forma, temos que:

$$I_{cs} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \times Z} \quad (8)$$

Onde  $Z$  é a somatória das impedâncias envolvidas no sistema.

### 3.3.1 Impedância dos transformadores

O conhecimento dos valores de impedância é elementar para encontrar valores mais precisos de corrente de curto-circuito. De forma que será explicitado a seguir alguns valores típicos conforme a necessidade do sistema. No quadro abaixo, tem-se os valores típicos de impedância de transformadores que serão utilizados para determinação do valor de corrente de curto-circuito. (FERGÜTZ, 2016).

Tabela 2: Valores típicos de impedâncias percentuais transformadores de baixa tensão

Potência	Tensão	Impedância
kVA	V	(%)
15	220 a 440	3,5
30	220 a 440	3,5
45	220 a 440	3,5
75	220 a 440	3,5
112,5	220 a 440	3,5
150	220 a 440	3,5
225	220/380 ou 440	4,5
300	220/380 ou 440	4,5
500	220/380 ou 440	4,5
750	220/380 ou 440	5,5
1000	220/380 ou 440	5,5
1500	220/380 ou 440	5,5

Fonte: (Adaptado de FERGÜTZ, 2016, p. 9)



### 3.4 Condutores

Após feita toda a análise das condições de instalação das cargas que necessitam de serem supridas, o passo seguinte diz respeito ao dimensionamento dos condutores. Dessa forma, alguns pontos devem ser atentados a fim de melhor dimensionamento, evitando subdimensionamento e problemas futuros como o sobreaquecimento e problemas recorrentes de manutenção elétrica. Entre tais elementos, a especificação de fatores básicos como tensão nominal, frequência nominal, potência da carga a ser suprida, fator de potência, tipo de sistema, método de instalação dos condutores, natureza da carga, distância da carga ao ponto de suprimento e corrente de curto-circuito.

Na questão dos condutores, para a especificação de cargas, temos algumas opções que podem ser escolhidas para o projeto em si. A maioria das instalações industriais utilizam os condutores de cobre como elementos de condução utilizados em fios e cabos. Há também a alternativa com o alumínio, porém sendo usado, de acordo com a NBR 5410 somente para seções superiores a 16 mm<sup>2</sup>.

Já para a parte de isolamento dos fios e cabos elétricos tem-se como opções os compostos isolantes de PVC (cloreto de polivinila), EPR (etileno-propileno) e XLPE (polietileno reticulado), cada um usado de acordo com as necessidades do projeto. (MAMEDE FILHO, 2017).

#### 3.4.1 Divisão de circuitos

De acordo com a NBR 5410, é importante para realização da divisão dos circuitos se atentar nas seguintes premissas, como às necessidades do projeto, com circuitos individuais para tomadas e iluminação e para motores, os quais serão explicitados futuramente. Atentar a criar circuitos diferenciados para os diferentes tipos de proteção, além de se atentar às questões relativas à manutenção, no caso da facilitação de verificações e ensaios.

Pontos importantes dizem respeito a possibilidade de futuras ampliações, divisão equilibradas de cargas monofásicas e bifásicas. Atentar sobre a questão de geração própria, caso exista, que seja disposta de maneira separada e claramente diferenciada.

Dada a devida conferência com os pontos citados anteriormente, é necessário que os circuitos e as seções mínimas dos condutores possam seguir os seguintes critérios de dimensionamento, a fim de evitar mau funcionamento dos elementos e cargas subjacentes. Esses critérios são: capacidade de condução de corrente, limite de queda de tensão e capacidade

de condução de corrente de curto-circuito por tempo limitado. Esses critérios serão explicitados a seguir.

### 3.4.2 Critério de capacidade de condução de corrente

Esse critério está centrado em determinar o valor máximo de corrente que pode percorrer no condutor analisado. De acordo com as tabelas seguinte é possível pesquisar de acordo com o valor da corrente presumida, o valor da seção mínima ser utilizada. No entanto, é importante salientar é método de referência de instalação do condutor utilizado para o projeto.

A orientação básica fornecida, de acordo com a NBR 5410, consta como seção mínima dos condutores para os diferentes tipos de aplicação que estão dispostos na tabela a seguir.

Figura 16: Seção mínima

Tipo de instalação	Utilização do circuito	Seção mínima do condutor -material - mm <sup>2</sup>	
Instalações fixas em geral	Cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 - Cu 16 - Al
		Circuitos de força (2)	2,5 - Cu 16 - Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de comando	0,5 - Cu (3)
	Condutores nus	Circuitos de força	10 - Cu 16 - Al
		Circuitos de sinalização e controle	4 - Cu

Fonte: (MAMEDE FILHO, 2017, p. 285)

Respeitando esses valores, o método da capacidade de corrente pode ser feito de acordo com o tipo de carga a ser verificado.

Para o caso de circuito trifásicos, que são caracterizados por um circuito de três condutores (3F) ou quadro condutores (3F + N). Considera que os circuitos estejam equilibrados e dessa forma pode-se determinar a corrente pela equação:

$$I_c = \frac{P_{car}}{\sqrt{3} \times V_{ff} \times \cos\varphi} \quad (9)$$

Onde:

$V_{ff}$  – tensão entre fases, em Volts;

$P_{car}$  – potência ativa demandada da carga, considerada equilibrada em Watts;

$\cos\varphi$  – Fator de Potência;

Conhecidos os valores das correntes de carga para os motores trifásicos, se faz necessário a ponderação de acordo com os passos a seguir

Para calcular o valor da corrente mínima de condução do condutor, conforme Mamede Filho (2017), tem-se que:

$$I_c = F_s \times I_{nm} (A) \quad (10)$$

Onde:

$I_c$  - corrente mínima que o condutor de suportar, em amperes;

$I_{nm}$  - corrente nominal do motor, calculada anteriormente;

$F_s$  – Fator de serviço do motor, quando não especificado, considerar 1;

Nos casos de agrupamento de motores, a corrente mínima de condução deve ser calcula como a soma das correntes de todos os motores.

$$I_c = F_{s(1)} \times I_{nm(1)} + F_{s(2)} \times I_{nm(2)} + \dots + F_{s(n)} \times I_{nm(n)}(A) \quad (11)$$

### 3.4.3 Critério do limite da queda de tensão

De acordo com a norma NBR 5410, para unidade de consumidores atendidas por uma subestação a origem da queda se inicia na bucha de baixa tensão. Dessa forma se deve atentar para a localização dos pontos referente a medida das quedas de tensão regidas por norma. A norma diz que os valores máximos são de 5% para os terminais do CCM e de 7% para os terminais de entrega da distribuidora.

Para um circuito trifásico tem-se que a seção mínima para uma determinada queda de tensão, se dá pela equação:

$$S_c = \frac{100 \times \sqrt{3} \times \rho \times \Sigma(L_c \times I_c)}{\Delta V_c \times V_{ff}} \quad (12)$$

Onde:

$\rho$  – resistividade do metal, (cobre tem o valor ...)

$L_c$  - comprimento do circuito, em m;

$I_c$  – corrente total do circuito e, A;

$\Delta V_c$  – queda de tensão máxima admitida em projeto, em %;

$V_{ff}$  – tensão entre fases, em V;

#### 3.4.4 Critério da capacidade de corrente de curto-circuito

Já com o conhecimento das correntes de curto-circuito nos diferentes pontos do circuito, é importante visualizar de que forma as correntes de curto-circuito podem afetar termicamente o isolamento proposto. Para isso um critério seria a limitação da seção de acordo com o valor desta própria corrente.

Esta seção pode ser determinada de acordo com a fórmula a seguir:

$$S_c = \frac{\sqrt{T_e} \times I_{cs}}{0,34 \times \sqrt{\log\left(\frac{234 + T_f}{234 + T_i}\right)}} \quad (13)$$

Onde:

$I_{cs}$  - corrente simétrica de curto-circuito trifásica, ou fase e terra, em kA;

$T_e$  – tempo de eliminação do defeito, em s;

$T_f$  – temperatura máxima do curto-circuito suportada pelo material isolante do condutor, em °C;

$T_i$  – temperatura máxima admissível pelo condutor em regime normal de operação, em °C;

Os valores de  $T_i$  e  $T_f$  são conhecidos para os tipos de isolação:

Condutores de cobre com isolação PVC/70 °C:

$$T_f = 160 \text{ °C};$$

$$T_i = 70 \text{ °C};$$

Condutores de cobre com isolação XLPE:

$$T_f = 250 \text{ °C};$$

$$T_i = 90 \text{ °C};$$

### 3.5 Proteção

Para que um circuito elétrico seja protegido adequadamente, é necessário que os valores das capacidade térmicas dos equipamentos não sejam superiores ao valor de seus dispositivos de proteção. As sobrecargas ocorrem em magnitudes inferiores aos valores que se tem as correntes de curto-circuito, sendo necessário um estudo específico para adequação a esses distúrbios. De forma que, é necessária uma análise matemática que represente os efeitos térmicos, como por exemplo a equação Joule, vista logo abaixo.

$$\int_0^t [i(t)]^2 \times dt \leq I_{cs} \leq T \quad (14)$$

Onde:

$I_{cs}$  - corrente de curto-circuito que atravessa o dispositivo de proteção;

$T$  – Tempo de duração da corrente de curto-circuito;

De acordo com a norma NBR 5410, pode-se acrescentar para um curto-circuito de qualquer duração, seja ele assimétrico de corrente não significativo ou simétrico com duração menor que 0,1s ou igual e inferior a 0,5s pode-se escrever:

$$(I_{cs})^2 \leq T \leq K^2 \times S^2 \quad (15)$$

Onde:

$K^2 \times S^2$  - integral de Joule para aquecimento do condutor, desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura de curto-circuito, admitindo aquecimento adiabático.

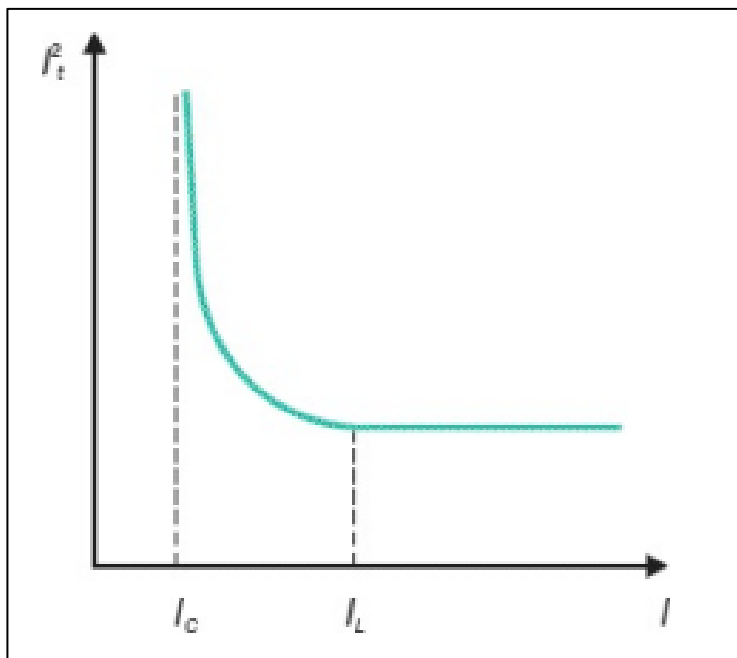
$K = 115$  para condutores de cobre com isolamento de PVC e seção inferior ou igual a  $300 \text{ mm}^2$ ;

$K = 103$  para condutores de cobre com isolamento de PVC e seção superior a  $300 \text{ mm}^2$ ;

$K = 143$  para condutores de cobre com isolamento de EPR ou XLPE;  $S$  - seção do condutor, em  $\text{mm}^2$ .

A figura a seguir ilustra a curva desenvolvida a partir da integral de Joule, que representa a suportabilidade térmica que não pode ser atingida, sem que tenha sobreaquecimento e perda da vida útil do elemento a ser protegido.

Figura 17: Curva típica da integral de Joule



Fonte: (MAMEDE FILHO, 2017, p. 1076)

De acordo com a última equação, se extrai o tempo máximo que um condutor pode suportar dada certa corrente de curto-circuito. Dessa forma são feitas as curvas de suportabilidade disponibilizadas pelos fabricantes.

Portanto, o circuito estará corretamente dimensionado quando satisfaz a certas condições. Entre elas estão: operação com tempo elevado de retardo para uma sobrecarga de 1,45 vezes da capacidade da corrente do conduto, opera em tempo inversamente proporcional entre 1,45 e 8 vezes a corrente nominal, opera com tempo extremamente reduzido (quase instantâneo) para corrente de curto-circuito.

### 3.5.1 Disjuntor-motor

Este dispositivo é um disjuntor termomagnético, ou seja, uma associação entre a proteção de sobrecarga e curto-circuito e a capacidade de manobra dos motores elétricos de indução. Tem como função a permitir a partida, comando e proteção de motores elétricos. Pode acompanhar o contator e do relé-térmico. Onde a proteção contra curtos-circuitos, proteção térmicas e de faltas são feitas pelo relé térmico, o seccionamento é feito pelo próprio disjuntor e o contator tem a função de acionamento do motor.

De acordo com a categoria AC3, é necessário que os motores consigam ligar e desligar em qualquer situação de funcionamento: normal, partida, sobrecarga.

$$I_{regime} = I_n = \text{Corrente Nominal} \quad (16)$$

$$I_{conex\tilde{a}o} = I_{partida} \quad (17)$$

$$I_{ruptura} = I_{partida} \text{ (ocasionalmente)} \quad (18)$$

Para partida direta temos que a corrente que o contator deve suportar deve ser aquela que satisfaça a essas condições:

$$I_e \geq I_{regime} \quad (19)$$

$$I_e \geq I_{conex\tilde{a}o}/6 \quad (20)$$

$$I_e \geq I_{ruptura}/6 \text{ a } 8 \quad (21)$$

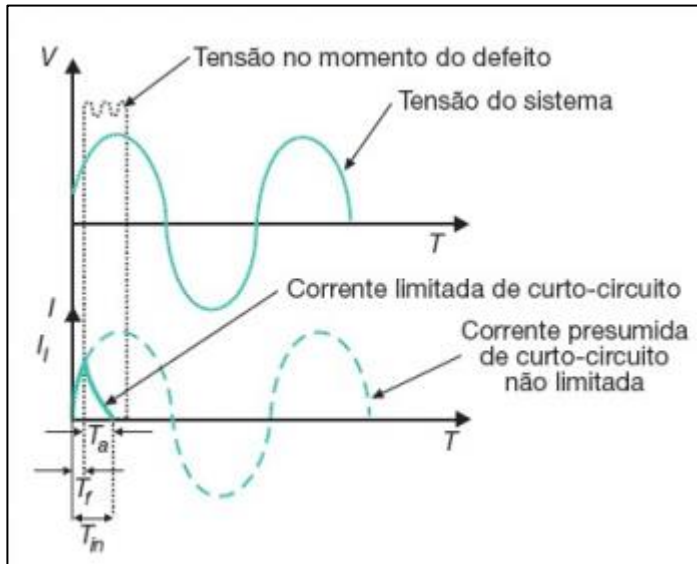
De acordo com os valores levantados, o contator será escolhido com o maior valor de  $I_e$  disponível. De forma semelhante, os valores do disjuntores-motor são escolhidos atendendo aos critérios de operação normal, sobrecarga e curto-circuito.

### 3.5.2 Fusíveis

Os fusíveis são dispositivos destinados a proteção do circuito elétrico que ao se fundirem quando é percorrida uma corrente superior a qual foram projetados. Os fusíveis obedecem a uma curva de tempo versus corrente onde os limites inferiores a curva são posições de tempo e magnitude de corrente suportáveis, ao passo que os limites superiores são a região onde ocorre a fusão do fusível e, por consequência, a interrupção do caminho da corrente.

A figura a seguir ilustra como o fusível quando usado para proteção de uma corrente de curto-circuito, garante que o valor máximo da corrente não seja atingido dado o tempo para sua atuação.

Figura 18: Efeito da atuação do elo fusível na propagação de uma corrente de curto-circuito



Fonte: (MAMEDE FILHO, 2017, p. 1134)

Para o dimensionamento dos fusíveis na incidência de corrente de curto, é necessário que se atente a fórmula a seguir:

$$I_{nf} \leq I_{pm} \times K \quad (22)$$

Onde:

$I_{nf}$  – corrente nominal do fusível, em A;

$I_{pm}$  – Corrente de rotor bloqueado ou de partida, em A;

$K$  – Fator de multiplicação;

Dado por:

$I_{pm} \leq 40 \text{ A} \rightarrow K = 0,5$

$40 \text{ A} < I_{pm} \leq 500 \text{ A} \rightarrow K=0,4$

$I_{pm} > 500 \rightarrow K=0,3$



Para circuitos que tenha mais de um motor, a corrente nominal do fusível deve respeitar a seguinte equação:

$$I_{nf} \leq I_{pnm} \times K + \Sigma I_{nm} \quad (22)$$

Onde:

$I_{pnm}$  – corrente de partida do maior motor;

$\Sigma I_{nm}$  – soma das corrente nominais dos demais motores;

$K$  – Fator de multiplicação;

### 3.5.3 Proteção dos dispositivos de comando e manobra

Os contatores necessitam de proteção que esteja à frente da instalação. De acordo com os fabricantes, a corrente dos fusíveis está próxima às correntes dos contatores a fim de eliminar a propagação de corrente de curto-circuito. Isso se dá na forma de:

$$I_{nf} \leq I_{nfc} \quad (23)$$

Onde:

$I_{nfc}$  – corrente nominal do fusível a ser ligado previamente ao contator;

$I_{nf}$  – corrente nominal do fusível;

### 3.5.4 Relé térmico

Os relés térmicos, ou relés de sobrecarga, devem ser protegidos contra as faltas posteriores do seu ponto de acoplamento. Um dos indicadores é o valor da sua corrente máxima que tem o objetivo de eliminar as correntes de curto-circuito. Portanto, deve se garantir a relação:

$$I_{nf} \leq I_{nfr} \quad (24)$$

Onde:

$I_{nfr}$  – Corrente nominal do fusível a ser ligado ao relé.

### 3.6 Sistemas de partida de motores

Para que haja um bom uso dos motores, aumentando sua vida útil e conseqüentemente diminuindo eventuais gastos provenientes de manutenções e reparos, é importante fazer um bom planejamento do acionamento das partidas. Por meio desse controle, dada as condições das cargas, regime de serviço e características intrínsecas aos motores, é possível fazer uma escolha otimizada dos métodos de partidas que serão explicitados a seguir.

#### 3.6.1 Partida direta

De acordo com Mamede Filho (2017), partida direta é a partida mais simplificada e na qual não é usado componentes especiais para sua efetuação. É indicada nos casos em que a corrente de partida não seja significativa ou que vá ter algum tipo de prejuízo para a instalação elétrica.

Continua Mamede Filho (2017, p. 738), existem algumas condições exigidas para o uso da partida direta, dentre eles:

- Ter uma corrente nominal tão alta quanto a corrente de pico durante o acionamento que não há diferença para o sistema. Ou mesmo que os sistemas de conversores e de soft-starters são de um alto valor de corrente que compense o uso da partida direta;
- Uma corrente de partida baixa o suficiente que não tenha importância para o sistema como um todo, como condutores, capacitores e maquinários adjacentes;
- A partida é feita sem carga, de modo que o tempo de partida é menor, diminuindo as perdas no período;

No entanto, há motivos da não indicação do uso da partida direta, entre eles temos:

- A potência do motor estar acima do indicado para a rede local, que no caso de instalações de baixa tensão (até 1000 V) é de 5 cv;
- A necessidade de partida lenta e progressiva que demande trabalho extra no período de partida;

#### 3.6.2 Partida estrela-triângulo

A partida estrela-triângulo é um tipo de partida que tem como aprimoramento da partida direta a diminuição da corrente de partida. A partida estrela-triângulo ocorre quando o sistema

de acionamento, se configura no momento da partida com os enrolamentos conectados em estrela, e passado o tempo da partida há a troca de ligações para a configuração em triângulo. Para que essa partida seja de possível realização, é necessário que o motor tenha a terminação do enrolamento em 6 fios, que tenha a tensão nominal na tensão em triângulo.

Por meio desta partida, temos algumas vantagens, dentre elas:

- A redução em 1/3 da corrente de partida do motor;
- Menor custo;
- Quantidade maior de partidas dado período de funcionamento;

Temos algumas desvantagens no que tange a partida estrela-triângulo:

- A redução a 1/3 do conjugado de partida, limitando a carga com que se parte o motor a essa mesma razão;
- A necessidade de um motor de 6 terminais, com a tensão nominal igual a tensão da configuração em triângulo;
- A necessidade de se atingir na configuração em estrela 90% da velocidade nominal, sob pena de no momento da comutação o valor da corrente se aproximar a valores de corrente em partida direta;

### 3.6.3 Soft-starter

Também conhecidas como chaves estáticas, as chaves soft-starters são um conjunto de circuitos eletrônicos em conjunto com um microprocessador que coordena tiristores de modo a propiciar a redução do torque de partida e assim ser empregado em diversas aplicações no setor industrial de acoplamentos. No entanto, é imprescindível o uso de contadores que auxiliem na abertura e fechamento do circuito de potência.

As chaves estáticas podem ser utilizadas em diversas aplicações dentre elas:

- Diminuição da corrente de partida no acionamento de motores elétricos;
- Uso de aceleração em rampa de modo a proteger os usuários e pessoas próximas;
- Uso da desaceleração de modo a proteger os usuários e pessoas próximas;
- Possibilidade de acionamento de vários motores a partir de uma única chave;

### 3.6.4 Conversor de frequência

Os conversores de frequência, comumente conhecidos como inversores de frequência, são dispositivos eletrônicos cuja função é a de fazer o controle de velocidade com a modulação da frequência de alimentação.

O conceito envolvido para que haja o controle é da relação existente entre velocidade rotacional e frequência na forma de:

$$n = \frac{120 \times f}{np} \quad (25)$$

Onde:

n - Velocidade em rpm (rotações por minuto)

f - Frequência em Hz

np - Número de polos da máquina rotativa;

De forma que, a variação da frequência gerará a variação de velocidade. No entanto, é preciso que o fluxo seja constante para que não haja prejuízos na conversão de energia que o motor produz. Dessa forma, há um controle de frequência proporcional com o controle de tensão de modo a prevalecer o fluxo constante.

O processo de funcionamento é feito da seguinte forma:

Por meio do uso de filtros que farão o processo de retificação, ou seja, a transformação da tensão em corrente alternada, que na rede brasileira está em 60Hz de frequência, para a uma tensão retificada, em corrente contínua. A tensão retificada é conectada a um controle de chaveamento, que é comandado por um circuito de microcontroladores que converterá o sinal para um alternado com uma nova frequência.

Para isso, é feito o uso de IGBT's (Insulated Gate Bipolar Transistor). Os microcontroladores farão com que haja a geração de pulsos de forma que o sinal saia com a tensão trifásica, em que cada fase tenha o desfasamento de 120°. Por conta de o sistema de modulação ser alimentado em corrente contínua, não há nenhuma relação entre a tensão de alimentação e a tensão que suprirá a carga, de forma ser possível a conversão a uma frequência acima da nominal.

A variação da saída é feita pelo método de PWM (Pulse Width Modulation) no qual a frequência de saída é determinada pela largura da banda que é gerada de acordo com os pulsos

de abertura e fechamento dos IGBT's. Dessa forma, o controle de velocidade pode ser feito de maneira dinâmica e independente da fonte de alimentação.

O controle de um conversor de frequência pode ser subdividido em controle escalar ou vetorial. O controle escalar é aquele em que a uma relação escalar entre a variação de frequência e a variação de tensão, de modo que há pequenos erros no controle de velocidade, embora assimilados na carga a ser suprida. O controle vetorial leva em consideração a uma correção da variação de frequência em relação a variação de tensão, de modo a ter uma resposta mais correta da variação da velocidade mantendo o fluxo constante. (MAMEDE FILHO, 2017; FRANCHI, 2008).

## **4 PROJETO DE ACIONAMENTOS DE MOTORES DE BAIXA TENSÃO**

Segundo Mamede Filho (2017), o projeto de instalações elétricas deve ser posterior ao entendimento sobre os aspectos necessário de um projeto de maneira mais abrangente. Ao passo que foi de essencial importância as colocações exploradas durante o capítulo 3, de modo que serão utilizadas para realizar os cálculos necessários e especificar os dispositivos adjacentes ao funcionamento dos motores elétricos. Em seguida, como é possível analisar nos apêndices, será explicitada os circuitos de comando e força para o acionamentos das cargas descritas e o diagrama unifilar desenvolvimento para os circuitos de motores explicitados neste capítulo.

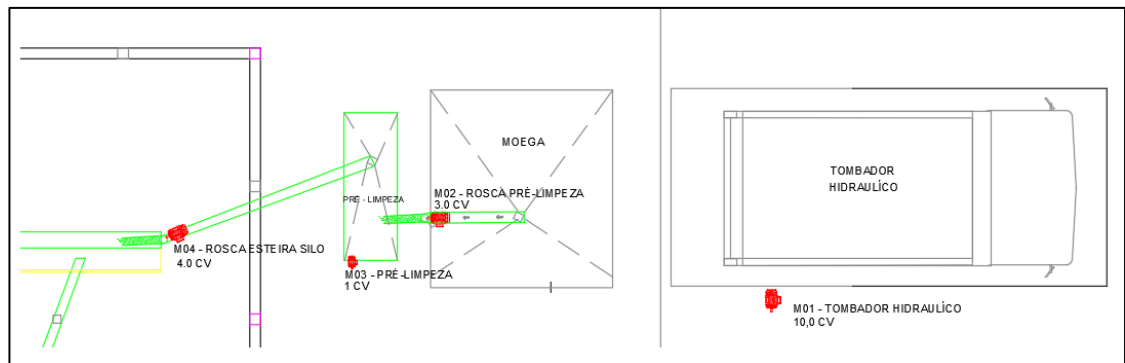
### **4.1 Funcionamento**

De acordo com o que foi apresentado em relação ao processo de funcionamento de uma fábrica de rações para animais e, alinhado ao funcionamento ilustrado na figura 2, a próxima seção deste trabalho se focará em apresentar, dentro de um projeto de instalações industriais, a parte que concerne ao desenvolvimento do acionamentos das cargas. De modo que este trabalho se atentará em apresentar as determinações de como organizar e planejar a planta de acordo com os elementos de carga constitutivos.

Para melhor entendimento, optou-se em determinar a sequência encadeada dos processos de fabricação que podem ser melhor observados dentro do fluxograma correspondente a figura 2. O projeto de acionamentos de motores será feito com base no entendimento dos processos anteriores e a instalação proposta nas seguintes seções.

O processo produtivo se inicia com o recebimento da carga, que pode ser verificado na figura 19. Há uma bomba hidráulica que aciona um tombador onde será feita a descarga dos grãos. O grão já aprovado pela análise de qualidade é descarregado na moega que dará início ao processo produtivo. A moega, como se pode ver a figura 19, é conectada com uma esteira que direcionará os grãos para uma máquina que pré-limpeza, esta fará com que os grãos sejam pré-selecionados.

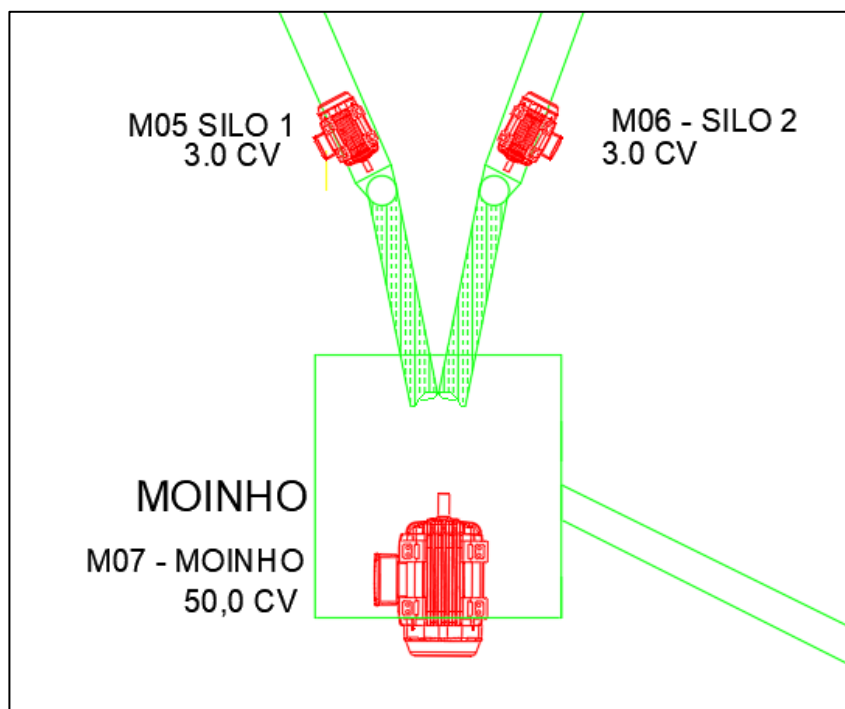
Figura 19: Processo de armazenagem



Fonte: Do autor

Da máquina da pré-limpeza, os grãos passarão pelo moinho, ilustrado pela figura 20, onde serão triturados de acordo com a granulometria desejada. Após passado este processo, os grãos são levados a um misturador. Concomitantemente, os insumos que veem ensacados são colocados em um armazém à espera da batelada. De acordo com o pedido do cliente, é feita a pesagem por meio de uma balança e direcionada ao misturador juntamente com os grãos.

Figura 20: Processo de moagem

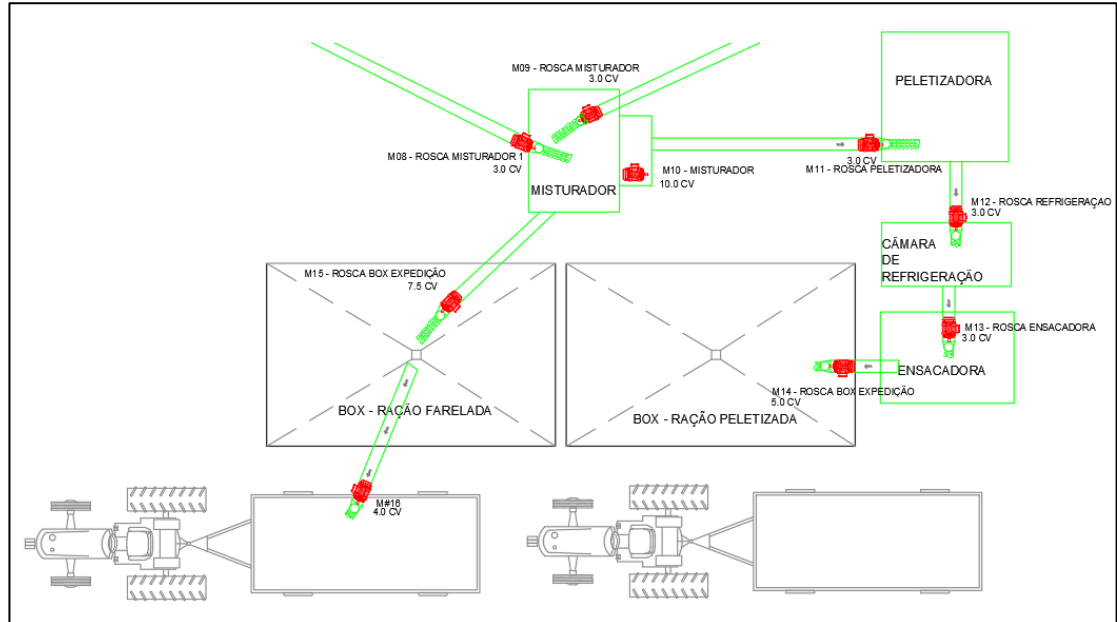


Fonte: Do autor.

A mistura já homogeneizada, de acordo com o tipo de ração especificada, passará por processos distintos, explicitados na figura 21. Caso a mistura seja farelada, ela já estará pronta para ser armazenada nos silos e posteriormente direcionada aos caminhões transportadores para

o seu destino. Caso a ração seja peletizada, passará tratamento onde serão feitos os peletes e, em seguida, a ração será resfriada por uma câmara de refrigeração e passará a ser ensacada e armazenada até o momento de expedição.

Figura 21: Processo de mistura, tratamento e expedição



Fonte: Do autor.

## 4.2 Características das Cargas

A seguir, é disponibilizada na tabela abaixo a especificação dos motores que são utilizados para o suprimento das cargas da fábrica que foi descrita anteriormente. De tal forma que, os dados da tabela 3 serão utilizados para a especificações posteriores.

Tabela 3: Especificação dos motores elétricos

Motores	Descrição	Potência (cv)	Corrente nominal em 220 V (A)	$I_p/I_n$	$F_p$	$\eta$ (%)	Nº de polos
M01	Tombador Hidráulico	10	26,4	7,8	0,74	90	4
M02	Rosca Pré-Limpeza	3	8,27	7	0,75	85	4
M03	Pré-Limpeza	1	2,98	8	0,72	80	4
M04	Esteira Silos	5	13,8		0,75	87,5	4



M05	Esteira Moinho 1	3	8,27	7	0,75	85	4
M06	Esteira Moinho 2	3	8,27	7	0,75	85	4
M07	Moinho	50	121		0,83	93,5	2
M08	Rosca Misturador 1	3	8,27	7	0,75	85	4
M09	Rosca Misturador 2	3	8,27	7	0,75	90	4
M10	Misturador	10	26,4	7,8	0,74		4
M11	Rosca Peletizadora	3	8,27	7	0,75	85	4
M12	Rosca Refrigeradora	3	8,27	7	0,75	85	4
M13	Rosca Ensacadora	3	8,27	7	0,75	85	4
M14	Rosca Box de expedição 1	5	13,8	8	0,75	87,5	4
M15	Rosca Box de expedição 2	10	26,4	7,8	0,74	90	4
M16	Rosca expedição	5	13,8	8	0,75	87,5	4

Fonte: (Do autor adaptado de WEG, 2005)

### 4.3 Divisão dos circuitos

A divisão de cargas do projeto está disposta da seguinte forma: os processos que devem ser feitos de maneira ininterrupta estão dispostos de maneira separada de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4: Divisão de circuitos dos motores elétricos

Circuito	Descrição	Motores envolvidos	Potência
C1	Tombador	M01	10 cv
C2	Armazenamento	M02, M03, M04	9 cv
C3	Moagem	M05, M06, M07	56 cv
C4	Mistura	M08, M09, M10, M11	19 cv
C5	Tratamento	M12, M13, M14, M15	21 cv

C6	Expedição	M16	5 cv
----	-----------	-----	------

Fonte: Elaborada pelo autor com base em WEG, 2005.

#### 4.4 Demanda

Por meio das especificações anteriores, é possível obter o cálculo da demanda exigida pelos motores de 1, 3, 5, 10, 50.

Potência solicitada:

$$P_{ei m(1cv)} = 1 \times 0,7 = 0,7 \text{ cv} \quad (26)$$

$$P_{ei m(3 \text{ cv})} = 3 \times 0,83 = 2,49 \text{ cv} \quad (27)$$

$$P_{ei m(5 \text{ cv})} = 5 \times 0,83 = 4,15 \text{ cv} \quad (28)$$

$$P_{ei m(10 \text{ cv})} = 10 \times 0,83 = 8,3 \text{ cv} \quad (29)$$

$$P_{ei m(50 \text{ cv})} = 50 \times 0,87 = 43,5 \text{ cv} \quad (30)$$

Demanda Solicitada:

$$D_{m (1 \text{ cv})} = \frac{0,7 \times 0,736}{0,72 \times 0,8} = 0,89 \text{ kVA} \quad (31)$$

$$D_{m (3 \text{ cv})} = \frac{2,49 \times 0,736}{0,75 \times 0,85} = 2,87 \text{ kVA} \quad (32)$$

$$D_{m (5 \text{ cv})} = \frac{4,15 \times 0,736}{0,75 \times 0,875} = 4,65 \text{ kVA} \quad (33)$$

$$D_{m (10 \text{ cv})} = \frac{8,3 \times 0,736}{0,74 \times 0,9} = 9,17 \text{ kVA} \quad (34)$$

$$D_{m(50\text{ cv})} = \frac{43,5 \times 0,736}{0,83 \times 0,935} = 41,25 \text{ kVA} \quad (35)$$

Demanda dos Quadros de Distribuição:

$$D_{C1} = 1 \times 9,17 = 9,17 \text{ kVA} \quad (36)$$

$$D_{C2} = 1 \times 0,89 \times 0,8 + 1 \times 2,87 \times 0,8 + 1 \times 4,65 \times 0,8 = 6,73 \text{ kVA} \quad (37)$$

$$D_{C3} = 2 \times 2,87 \times 0,8 + 1 \times 41,25 \times 0,8 = 37,59 \text{ kVA} \quad (38)$$

$$D_{C4} = 3 \times 2,87 \times 0,8 + 1 \times 9,17 \times 0,8 = 14,22 \text{ kVA} \quad (39)$$

$$D_{C5} = 2 \times 2,87 \times 0,8 + 1 \times 4,65 \times 0,8 + 1 \times 9,17 \times 0,8 = 15,64 \text{ kVA} \quad (40)$$

$$D_{C6} = 1 \times 4,65 \times 1 = 4,65 \text{ kVA} \quad (41)$$

Demanda no Quadro de distribuição Geral:

$$D_{qd} = D_{m\acute{a}x} = D_{C1} + D_{C2} + D_{C3} + D_{C4} + D_{C5} + D_{C6} \quad (42)$$

$$D_{m\acute{a}x} = 9,17 + 6,73 + 37,59 + 14,22 + 15,64 + 4,65 = 88 \text{ kVA} \quad (43)$$

Potência nominal do transformador:

De acordo com a demanda do quadro de distribuição geral, optou-se em estipular em 1 transformador de 112,5 kVA., valor mais próximo de mercado.

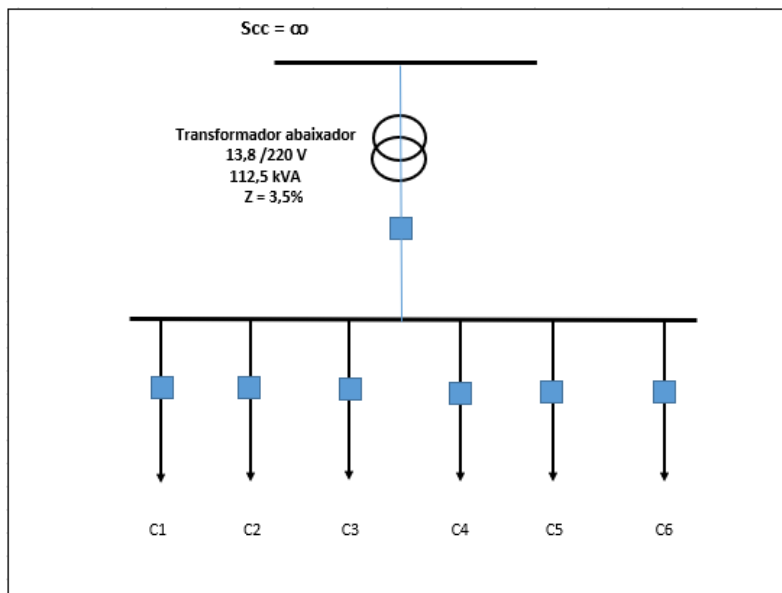
Se dá de acordo com a fórmula 1:

$$F_d = \frac{88}{112,5} = 0,782 \quad (44)$$

#### 4.5 Corrente de curto-circuito

A seguir se encontra algumas considerações a fim da viabilização dos cálculos. Primeiramente, temos a representação do diagrama unifilar simplificado que dará melhor entendimento da conexão elétrica da planta industrial que será analisada, mais especificamente, a parte que compete ao sistema de acionamentos de motores elétricos:

Figura 22: Esquema simplificado do circuito de motores



Fonte: Do autor.

Dessa forma é possível realizar o cálculo aproximado da corrente de curto-circuito para o disjuntor geral do circuito de acionamento de acordo com a seguinte fórmula:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{112500 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 220} = 295,23 \text{ A} \quad (45)$$

$$I_{cs} = \frac{I_n \times 100}{Z_{\%}} = \frac{295,23 \times 100}{3,5} = 8435,31 \text{ A} \quad (46)$$

#### 4.6 Condutores

Para a determinação dos condutores utilizados no projeto, foram impostos algumas condições e especificações, como:

- a) Método de referência de instalação: B1;
- b) Circuitos com três condutores carregados;
- c) Condutores de cobre com isolamento PVC;
- d) Temperatura do condutor: 70 °C;
- e) Temperatura de referência do ambiente: 30 °C (ar) e 20 °C (solo);
- f) Fator de agrupamento de circuitos médio de 0,60;
- g) Tensão entre fases de 220 V.

Para determinação dos condutores, deve-se respeitar a três critérios:

- Capacidade de condução de corrente
- Limite de queda de tensão
- Capacidade de condução de corrente de curto-circuito em tempo limitado

#### 4.6.1 Capacidade de condução de corrente

Para motores agrupados devem-se calcular da forma abaixo.

$$I_c = F_{s1} \times I_{nm1} \quad (47)$$

Onde:

$F_s$  - fator de serviço dos dados dos motores em questão estão todos em 1,15 valor que será utilizado para os cálculos a seguir;

$I_{nm}$  - valor da corrente nominal do motor;

Tabela 5: Seção mínima de condutores de acordo com a capacidade de condução de corrente

Circuito	Potência (kVA)	$I_c$	Seção mínima mm <sup>2</sup>
C1	9,17	30,36	6
C2	6,73	28,80	6
C3	37,59	158,17	70
C4	14,22	58,89	16
C5	15,64	65,25	16
C6	4,65	15,87	2,5

Fonte: Elaborada pelo autor com base em MAMEDE FILHO, 2017.

#### 4.6.2 Limite de queda de tensão

O limite se dá pela expressão é dado pela fórmula 12. Para o cálculo em questão o valor de  $L_c$  foi padronizado para 100 metros e os valores de corrente utilizados dos circuitos correspondentes.

Os novos resultados das seções são:

Tabela 6: Seção mínima de acordo com limite de queda de tensão

Circuito	Seção mínima 1	$\Delta V_c$	$S_c$ mínima	$S_c$ mínima nova
C1	6	5	15,90	16
C2	6	5	12,60	16
C3	70	5	69,18	70
C4	16	5	25,76	35
C5	16	5	28,54	35
C6	2,5	5	6,94	10

Fonte: Elaborada pelo autor com base em MAMEDE FILHO, 2017.

#### 4.6.3 Capacidade de condução de corrente de curto-circuito

A seção mínima pode ser determinada de acordo com uma corrente simétrica de acordo com a fórmula 13 para os condutores de cobre com isolamento PVC/70 ° C:

$$T_f = 160 \text{ °C};$$

$$T_i = 70 \text{ °C};$$

Dessa forma, temos que a corrente de curto-mínima de acordo com a fórmula 46 é de 8,43 kA, de forma a ter como seção mínima por esse critério o valor de 52,27, ou seja, de 70 mm<sup>2</sup> para os valores de mercado. O disjuntor geral tem o valor acima da seção mínima, sendo que o disjuntor geral DWB400N320-3DA atende a esse critério.

#### 4.7 Sistema de Partida de motores

Para as partidas escolhidas, foi utilizado o critério da necessidade de algum tipo de elemento eletrônico. Para os motores que são de menor potência, é escolhida a partida direta, e para os motores de potência mais elevada, foram utilizadas as partidas eletrônicas de soft-

starters, de modo a controlar os picos de corrente no momento da inicialização. O quadro a seguir mostra os equipamentos utilizados seguindo os temas colocados na seção 3.5.

Tabela 7: Quadro de partidas de motores

Motores	Partida	Reverão	Soft starter
M01	Soft Starter	Sim	SSW070030T5SZ
M02	Direta	Não	-
M03	Direta	Não	-
M04	Direta	Não	-
M05	Direta	Não	-
M06	Direta	Não	-
M07	Soft Starter	Não	SSW070130T5SZ
M08	Direta	Não	-
M09	Direta	Não	-
M10	Soft Starter	Não	SSW070030T5SZ
M11	Direta	Não	-
M12	Direta	Não	-
M13	Direta	Não	-
M14	Direta	Não	-
M15	Soft Starter	Não	SSW070030T5SZ
M16	Direta	Não	-

Fonte: Elaborada pelo autor com base em MAMEDE FILHO, 2017; WEG 2022.

#### 4.8 Dimensionamento dos dispositivos de proteção

Como um prolongamento da Tabela 7, a Tabela 8 mostra a relação de elementos de proteção e manobra utilizados para a especificação da planta industrial.

Tabela 8: Elementos de proteção dos motores elétricos

Motores	Ie	Disjuntor-motor	Fusível máximo	Contator	Relé de Sobrecarga
M01	52,8 A	MPW40-3-U032	90 A	CWM32	RW67-2D [50...63]

M02	9,64 A.	MPW40-3-U010	25 A	CWC012	RW [8... 12,5]
M03	3,97 A	MPW40-3-C063	10 A	CW07	RW [2,8... 4]
M04	13,87 A	MPW40-3-U016	40 A	CWC016	RW [11... 17]
M05	9,64 A.	MPW40-3-U010	25 A	CWC012	RW [8...12,5]
M06	9,64 A.	MPW40-3-U010	25 A	CWC012	RW [8...12,5]
M07	242 A	DWB250L150-3MF	500 A	CWM250	RW317-1D [200...310]
M08	9,64 A	MPW40-3-U010	25 A	CWC012	RW [8...12,5]
M09	9,64 A	MPW40-3-U010	25 A	CWC012	RW [8...12,5]
M10	47,52 A	MPW40-3-U032	90 A	CWM32	RW67-1D [32...50]
M11	9,64 A	MPW40-3-U010	25 A	CWC012	RW [8...12,5]
M12	9,64 A	MPW40-3-U010	25 A	CWC012	RW [8...12,5]
M13	9,64 A	MPW40-3-U010	25 A	CWC012	RW [8...12,5]
M14	13,87 A	MPW40-3-U016	40 A	CWC016	RW [11...17]
M15	47,52 A	MPW40-3-U032	90 A	CWM32	RW67-1D [32...50]
M16	13,87 A	MPW40-3-U016	40 A	CWC016	RW [11...17]

Fonte: Elaborada pelo autor com base em WEG, 2012.

#### 4.9 Circuitos

Como forma de ilustração do desenvolvimento dos resultados encontrados neste capítulo, se construiu os esquemas dos circuitos de força dos motores elétricos que podem ser observados nos apêndices A, B, C, D, E, F. De forma similar, o esquema do diagrama unifilar do conjunto de motores está disponível do Apêndice G.



## 5 CONCLUSÃO

De acordo com o desenvolvimento feito durante o trabalho descrito, foi possível obter um melhor conhecimento acerca do processo de funcionamento de uma fábrica de rações. Por meio da pesquisa realizada, explicitou-se as principais etapas de funcionamento de uma fábrica de ração animal e a relação existente entre elas, que podem ser vistas com detalhes no capítulo 2.

Foram ilustrados os principais tipos de maquinários que são utilizados neste tipo de fábrica, de forma que a primeira etapa do trabalho foi realizada satisfatoriamente. Concomitantemente, foi realizado um resumo bibliográfico dos principais elementos constituintes de uma instalação industrial focalizada na determinação e conformidade para motores elétricos.

Dado o conhecimento do objeto de estudo, foi possível realizar um esboço fictício de uma fábrica de rações que se aproximasse de um exemplo real, de forma a estabelecer com base no maquinários, e principalmente, com as cargas dispostas nesta pequena indústria, as informações necessárias para propor um projeto de dimensionamento dos elementos necessários para o acionamento das cargas descritas anteriormente. Os resultados dos elementos necessários para tal atividade são embasados no capítulo 3 e explicitados no capítulo 4.

O projeto em si, foi realizado em conformidade com as norma NBR 5410, adoções e técnicas estudadas e desenvolvidas durante o curso de Engenharia Elétrica de forma que, por meio deste trabalho, houve o entendimento e concatenação dos principais conteúdos estudados durante a graduação do profissional de engenharia elétrica, em especial, com a disciplina de Acionamentos. Em conclusão, este trabalho conta com apêndices que ilustram as etapas desenvolvidas e esboça satisfatoriamente os elementos de força e comando idealizados e especificados durante a sua execução. Entende-se que o que foi desenvolvido atendeu aos requisitos descritos anteriormente de forma a se incrementar junto a outros trabalhos semelhantes o tema descrito.

### 5.1 Trabalhos Futuros

Uma excelente forma de contribuir e agregar positivamente com o trabalho realizado, seria a adoção de um sistema supervisório que englobasse todas as etapas de produção de maneira e integrada e totalmente automatizada, de forma que os elementos de proteção e

manobra, juntamente com elementos de controle desta automação fossem imbrincados por toda a fábrica.

De igual forma, o projeto em si tem um caráter didático, de modo que, para sua automatização, seria necessário especificar os tipos de razões que seriam produzidas. Tal decisão implicaria em aumento da planta industrial e o desenvolvimento de estratégias de maior utilização das partes mais ociosas, como também a separação mais acurada dos processos descritos. Contudo, seria interessante atentar-se para o aumento dos investimentos em implantação dessas modificações e sua manutenção, de forma a viabilizar financeiramente o trabalho proposto, caso haja interesse em utilizar as ideias descritas em um projeto real.

## REFERÊNCIAS

- ABNT, Norma Brasileira - Instalações Elétricas de Baixa Tensão **NBR 5410**: 2004 versão corrigida, 2008. Systems, IET Generation, Transmission & Distribution, 2010.
- AMERICAN PUBLIC POWER ASSOCIATION, US Electric Utilities Industry Statistics. Disponível em: [www.publicpower.org](http://www.publicpower.org). Acesso em: 20 jan 2023.
- AMARAL, C. M. C. **Extrusão e peletização de ração completa**: Efeitos no desempenho, na digestibilidade e no desenvolvimento das câmaras gástricas de cabritos Saanen. Universidade Estadual Paulista, 2002.
- ANDRADE, A. S. et al. **Estudo de Atualização Tecnológica na Implantação de um Eletrocentro em um Entrepósito de Armazenamento de Grãos**. 2021.
- BASEGIO, R. R. **Fabricação de ração animal em Cabo Verde**. UPRANIMAL. 2015.
- BELLAVER, C; NONES, K. **A importância da granulometria, da mistura e da peletização da ração avícola**. Simpósio Goiano de Avicultura, v. 4, p. 57-78, 2000.
- BINATTI, C. I; CASTRO, R. M. **Análise para otimização do projeto hidráulico de um tombador de grãos com auxílio de simulação de sistemas dinâmicos**. SATC – Educação e Tecnologia, 2018.
- BM MÁQUINAS. **Moega para descarga de grãos**. Goiânia, GO, [201-?]. Disponível em: <https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/maquinas-e-equipamentos/bm-engenharia-industrial/produtos/maquinas-ferramenta/moega-para-descarga-de-graos>. Acesso em: 22 dez. 2022.
- CARDOSO, B. F. **O processo de desindustrialização no Brasil**: análise empírica dos anos de 1990 a 2009. 2012.
- CARDOSO, E. G. **Engorda de bovinos em confinamento** (Aspectos gerais). 1996.
- CASP. **Correias transportadoras**. [S.I], [2016]. Disponível em: <http://www.casp.com.br/armazenagem-de-graos/correias-transportadoras/>. Acesso em: 22 dez. 2022.
- CASTRO, F. **Indústria brasileira encolhe e fatura 22,5% menos que o recorde de 2013**. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2022/04/16/crise-apos-idade-industria-fatura-225-menos-em-relacao-ao-pico-historico.htm#:~:text=Em%202021%2C%20o%20PIB%20brasileiro,ou%2018%2C9%25>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- CEPEA. **PIB do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx#:~:text=Considerando-se%20os%20desempenhos%20parciais,%2C5%25%20registrados%20em%202021>. Acesso em: 16 nov. 2022.
- CONHEÇA 8 ALTERNATIVAS AO MILHO E À SOJA NA RAÇÃO ANIMAL. **Estadão**, São Paulo, 26 de abril de 2021. Canal agro. Disponível em:

<https://summitagro.estadao.com.br/noticias-do-campo/conheca-8-alternativas-ao-milho-e-a-soja-na-racao-animal/>. Acesso em: 18 jan 2023.

DA CUNHA, D. A.; DIAS, R. S.; GOMES, A. P. **Uma análise sistêmica da indústria alimentícia brasileira**. 2006.

EMBRAPA. **Gado de Corte**-Capítulo em livro científico (ALICE), 2015.

EQUITEC. **Elevador de caneca**. [S.I], [201-?]. Disponível em: <http://www.equitecind.com.br/pt/produto/15-elevadores-de-caneca#>. Acesso em: 22 dez. 2022.

FERGÜTZ, M. **Corrente de curto-circuito** – Método simplificado. Joinville, 2016. 25 p.

FERRAZa. **Fluxograma de produção de ração**: farela/peletizada. Ribeirão Preto, SP, [2018?]. Disponível em: <https://www.ferrazmaquinas.com.br/conteudo/fluxograma-de-producao-de-racao-fareladapeletizada.html>. Acesso em: 22 dez. 2022.

FERRAZb. **Moinho de grãos e farelos**. Ribeirão Preto, SP, [2018?]. Disponível em: <https://www.ferrazmaquinas.com.br/conteudo/moinhos-de-graos-e-farelos.html>. Acesso em: 22 dez. 2022.

FERRAZc. **Porque usar ração farelada?**. Ribeirão Preto, SP, [2018?]. Disponível em: <https://www.ferrazmaquinas.com.br/conteudo/moinhos-de-graos-e-farelos.html>. Acesso em: 18 jan. 2023.

FERREIRA, C. **Peletizadora**. [S.I], [200-?]. Disponível em: <https://www.classificados-brasil.com/meus-anuncios+parana-oportunidades+45-111258.html>. Acesso em: 22 dez. 2022.

FRANCHI, C. M. **Acionamentos elétricos**. 4ª. Ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2008.

FUCILLINI, D. G.; VEIGA, C. **Controle da capacidade produtiva de uma fábrica de rações e concentrados: um estudo de caso**. Custos e agronegócio, (online), v. 10, 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, R. C. et al. **Estratégias alimentares para gado de corte: suplementação a pasto, semiconfinamento e confinamento**. Embrapa, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1011236/estrategias-alimentares-para-gado-de-corte-suplementacao-a-pasto-semiconfinamento-e-confinamento>. Acesso em: 20 jan 2023.

GUARESI USINAGEM E INDÚSTRIA METALÚRGICA. **Tombador hidráulico modelo THG 50**. [S.I], [201-?]. Disponível em: <http://www.guaresi.com.br/produto/tombadores/tombador-hidraulico-modelo-thg-50>. Acesso em: 22 dez. 2022.

KUFFEL, F. J. M. **Projeto de uma indústria de ração animal baseada no processamento de cereais**. Universidade do Vale do Taquari, 2020.

LIMA, A. L. P. **Melhoria na eficiência do moinho de martelos em processo de moagem na fabricação de ração para aves.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

MACHADO, R. L.; DUTRA, A. S.; PINTO, M. S. V. **Boas práticas de fabricação (BRF).** Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2015.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações elétricas industriais.** 9ª. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2017.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Alimentação Animal 2022.** Disponível em: <https://www.ferrazmaquinas.com.br/conteudo/por-que-usar-racao-peletizada-jxf00n.html>. Acesso em: 11 de novembro de 2022.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Legislação – Alimentação Animal. 2022.** Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumosagropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/legislacao-alimentacao-animal>. Acesso em: 11 de novembro de 2022.

MAROSTEGA, M. **Ações atuantes em moegas para recebimento de grãos.** Santa Maria/RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2017.

MOCELIN, L. G. **Dimensionamento de um tombador hidráulico.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 04 de dezembro de 2018. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/tombador-hidraulico>. Acesso em: 18 jan 23

PEREIRA, L. G. R.; ANTUNES, R. C. **O milho na alimentação de gado de leite.** In: IV Simpósio Mineiro de Nutrição de Gado de Leite. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinária, UFMG, 2007.

PIMENTA, E. D. et al. **Controle de qualidade em fábrica de ração animal.** 2019.

SACRAMENTO, R. **Transportadores contínuos para granéis sólidos: Projetos de Máquinas.** Disponível em: <http://www.transportedegraneis.ufba.br>. Acesso em: 16 de novembro de 2022.

SCHMIDT, A. **Peletização na alimentação animal.** Disponível em: <https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/peletizacao-alimentacao-animal-t36667.htm> . Acesso em: 16 de novembro de 2022.

TORO, V. D. **Fundamentos de Máquinas Elétricas.** Rio de Janeiro, RJ: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A, 1994, p.107-109.

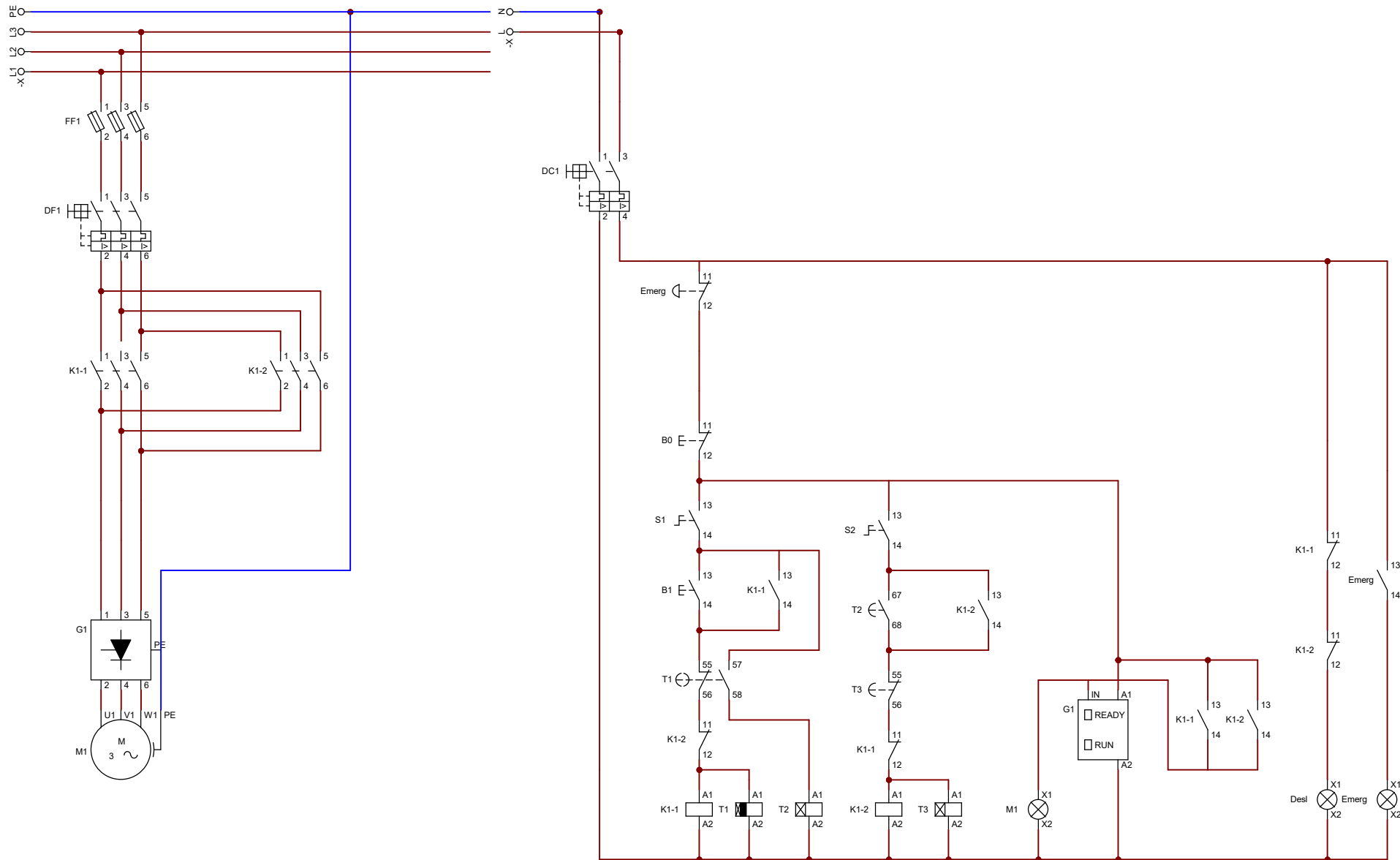
TRIPANI INDUSTRIA. **Misturador de ração horizontal.** Ribeirão Preto, SP, [201-?]. Disponível em: <https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/maquinas-e-equipamentos/trapani-industria/produtos/maquinas-ferramenta/misturador-de-racao-horizontal>. Acesso em: 22 dez 2022.

WEG. **Catálogo de motores elétricos**. Jaraguá do Sul, SC, WEG Equipamentos Elétricos S/A, 2005.

WEG. **Soft Starters** – Tecnologia avançada para partida suave de motores elétricos. Jaraguá do Sul, SC, WEG Equipamentos Elétricos S/A, 2022. Disponível em: <https://static2.weg.net/medias/downloadcenter/hca/h04/WEG-soft-starters-10525004-catalogo-pt.pdf>. Acesso em: 13 jan 2023.

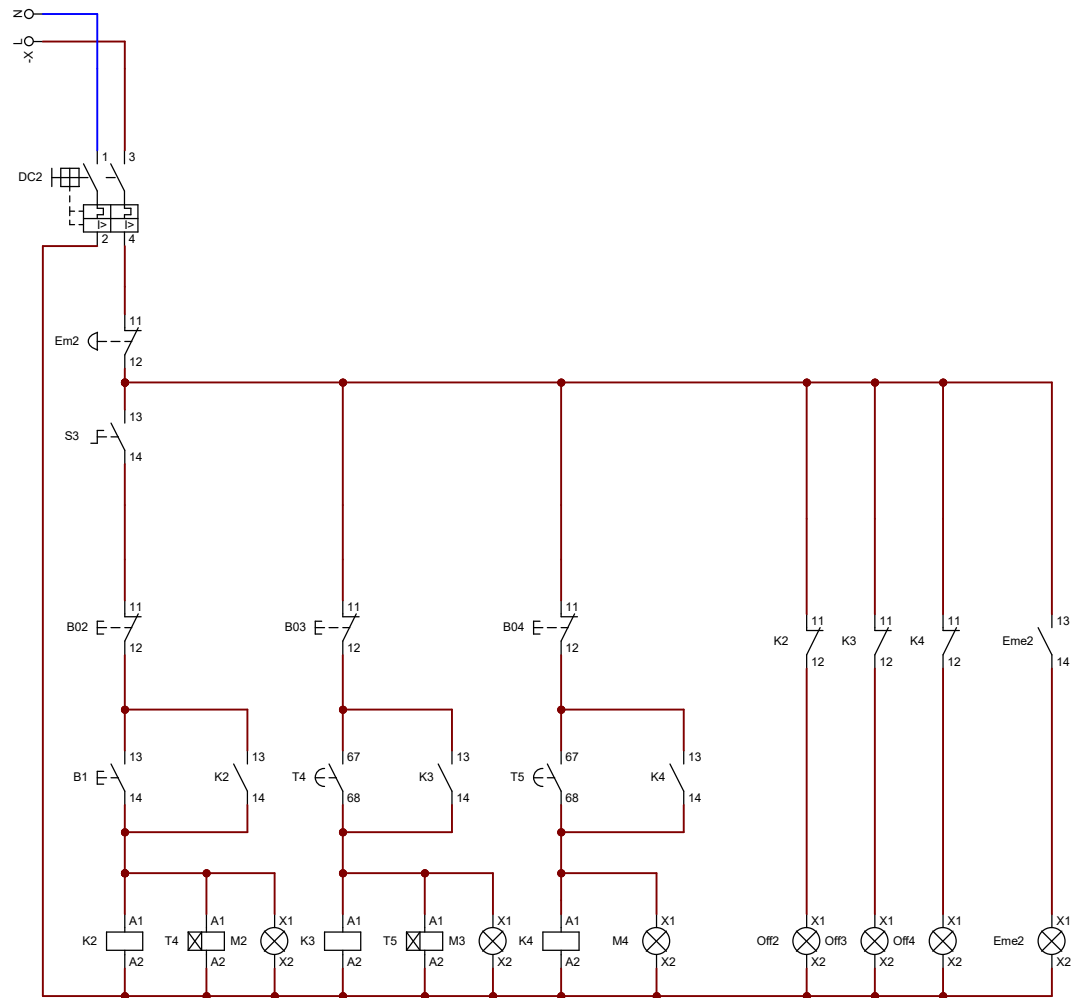
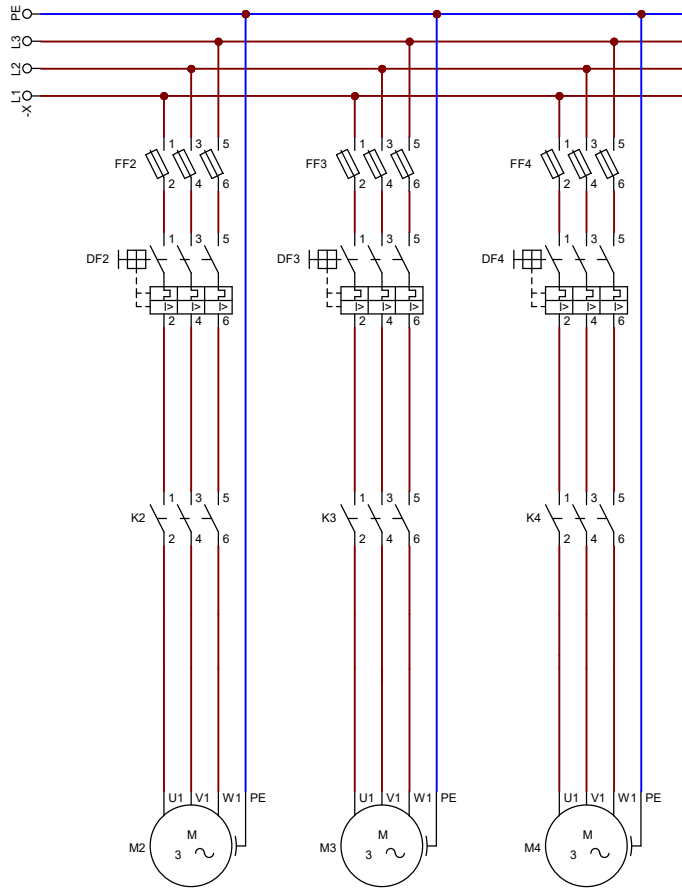
WEG. **Automação** – Contatores e Relés de Sobrecarga. Jaraguá do Sul, SC, WEG Equipamentos Elétricos S/A, 2012.

# Apêndice A - Circuito 1



Desenhado	Data	Nome	Assinaturas	Entidade	Título	Data	20/01/2023	Num:	1 de 1
Verificado	20/01/2023	Matheus		UFU	Circuito 1	Arquivo:	C1.cad		

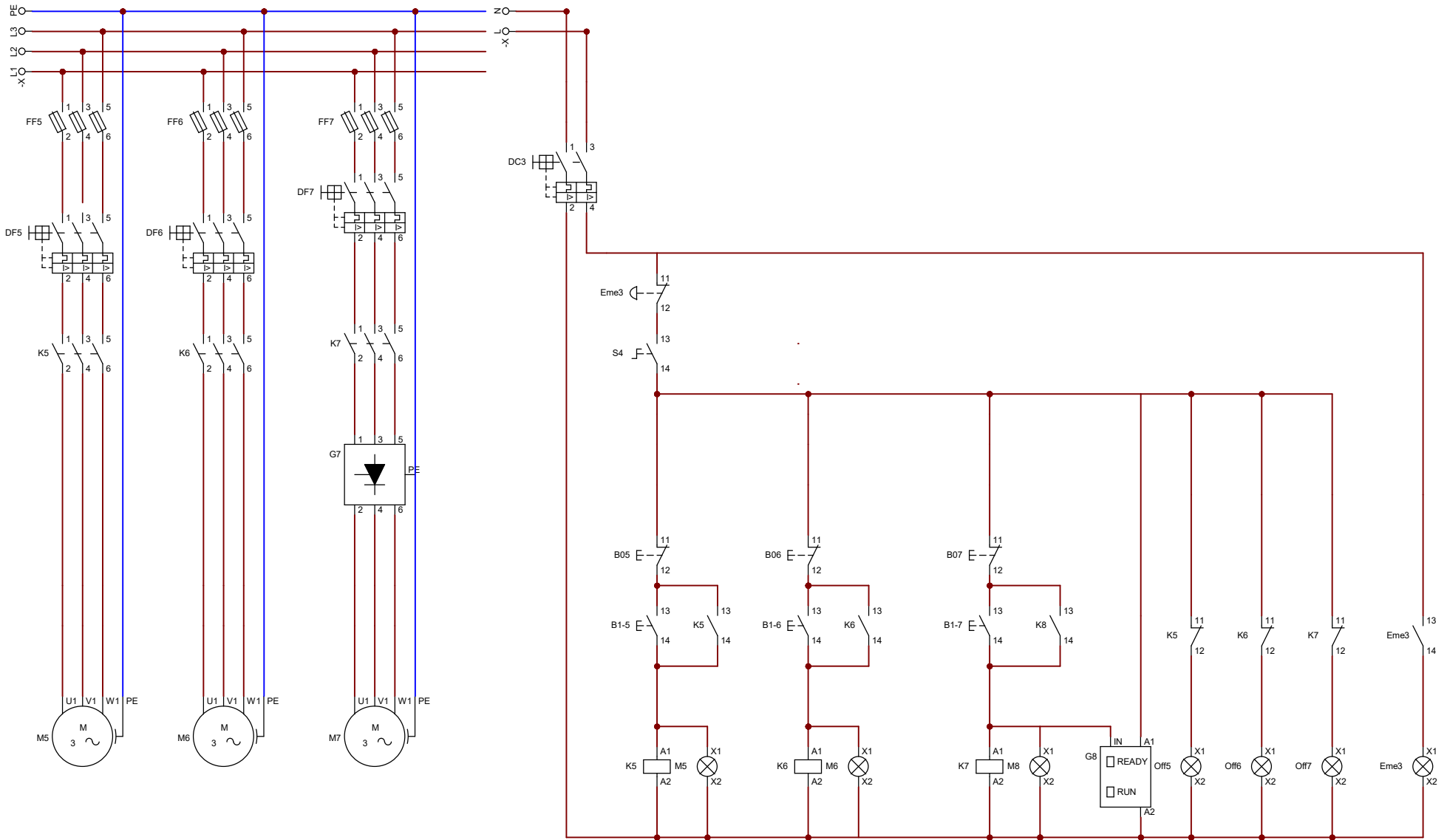
# Apêndice B - Circuito 2



	Data	Nome	Assinaturas	Entidade	Título	Data	Num:
Desenhado				UFU	C2	20/01/2023	1 de 1
Verificado	20/01/2023	Matheus				Arquivo:	C2.cad

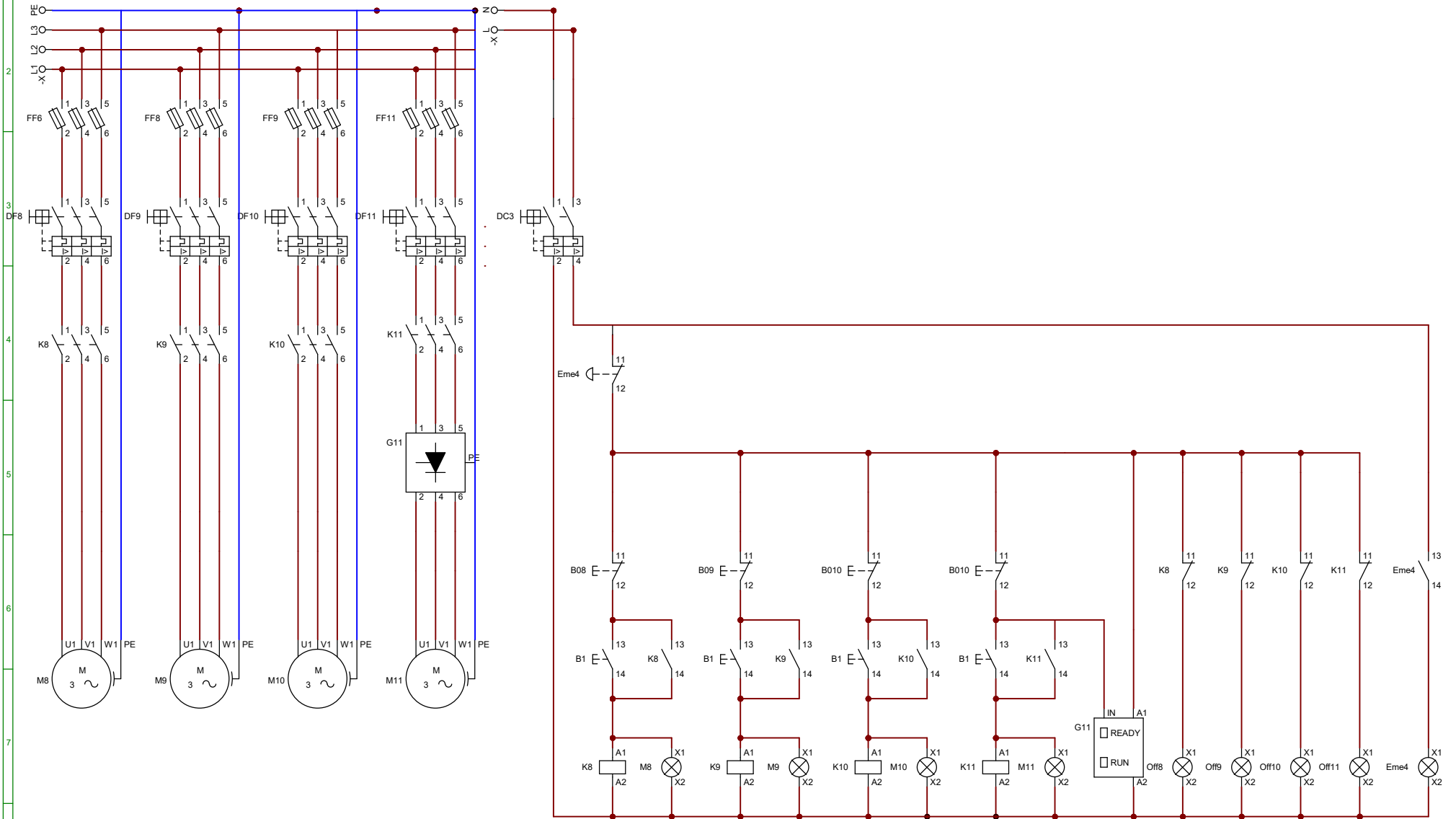


# Apêndice C - Circuito 3



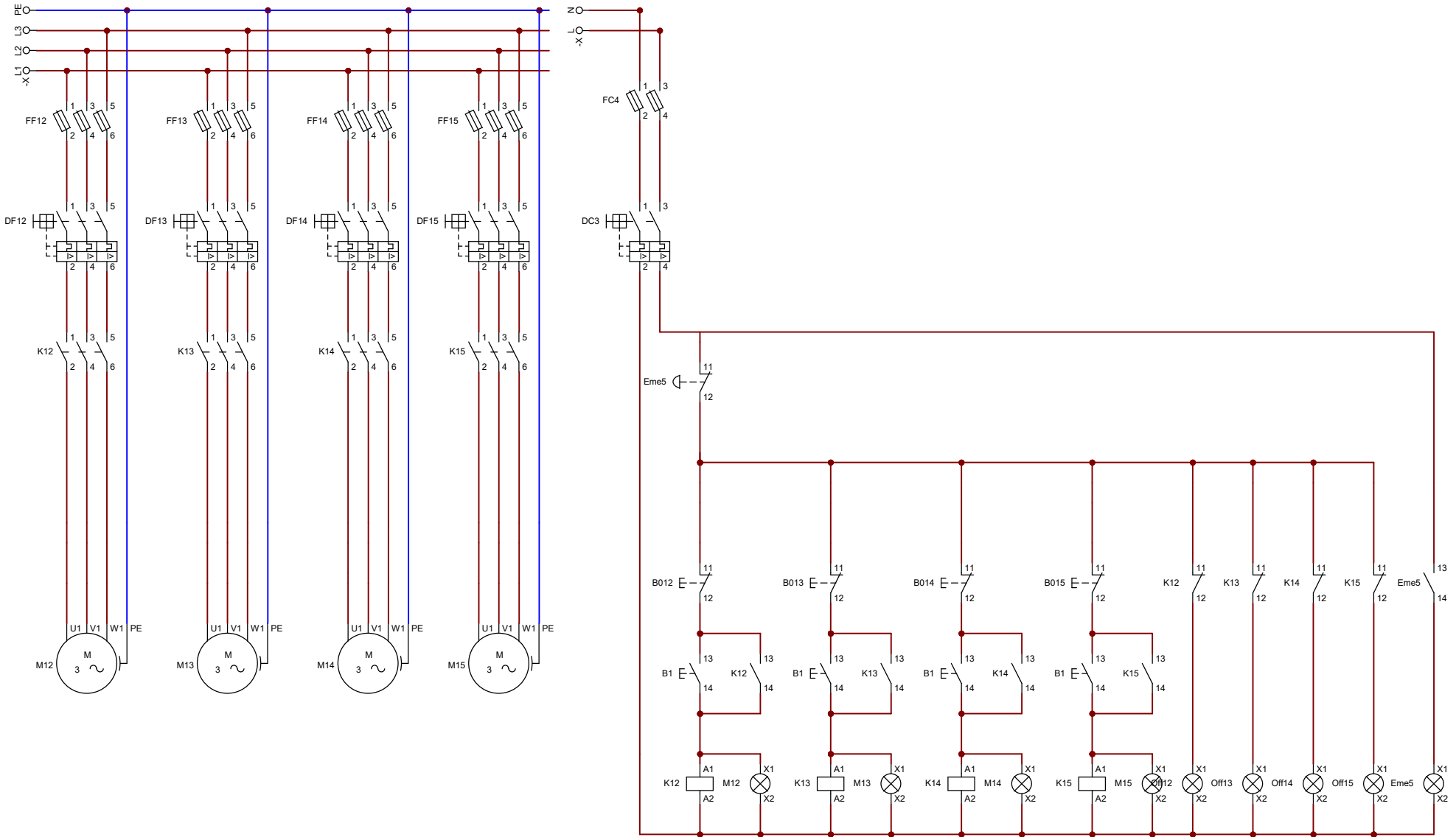
Desenhado	Data	Nome	Assinaturas	Entidade	Título	Data	-Nov-2022**	Num:	1 de 1
Verificado	20/03/2023	Matheus		UFU	C3	Arquivo:	C3.cad		

# Apêndice D - Circuito 4



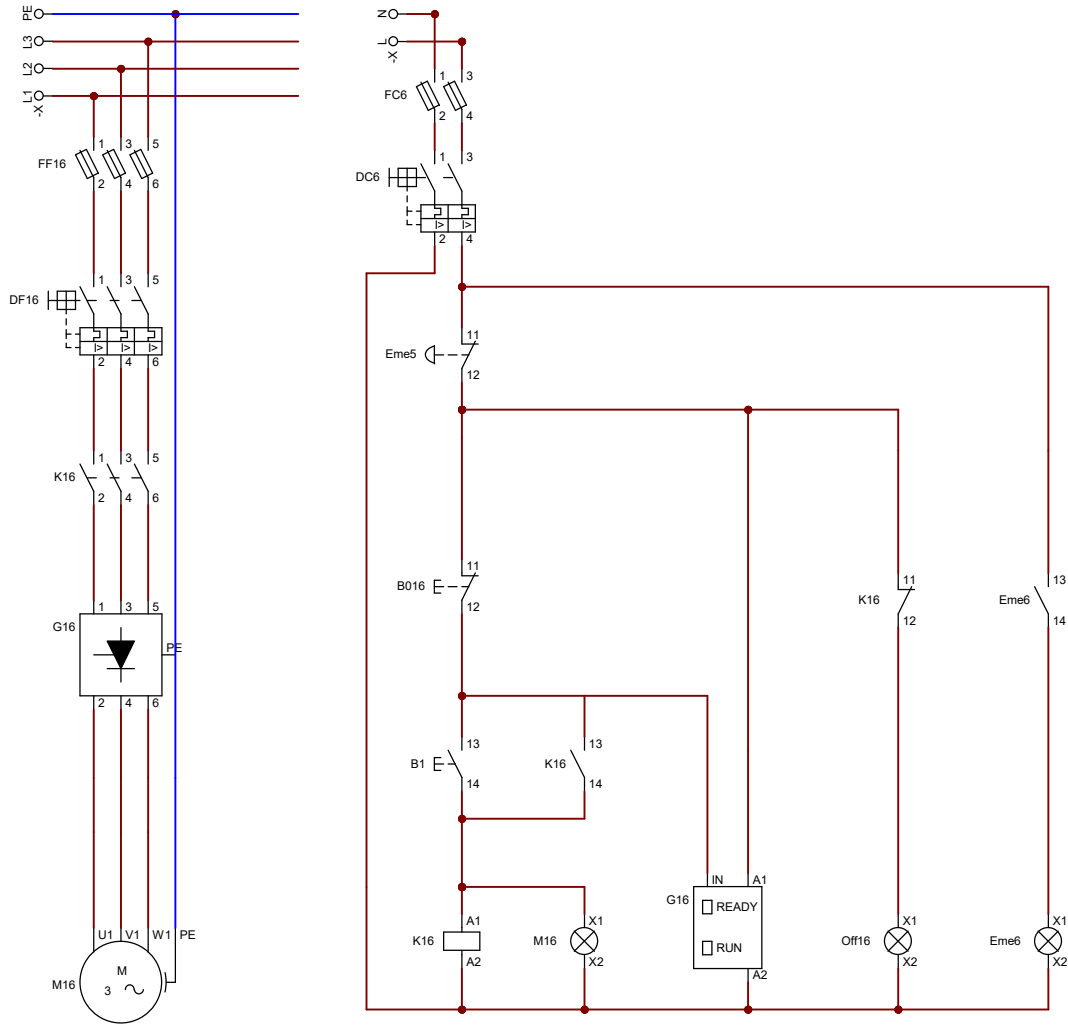
	Data	Nome	Assinaturas	Entidade	Título	Data	20/01/2023	Num:	1 de 1
Desenhado				UFU	C4	Arquivo:	C4.cad		
Verificado	20/01/2023	Matheus							

# Apêndice E - Circuito 5



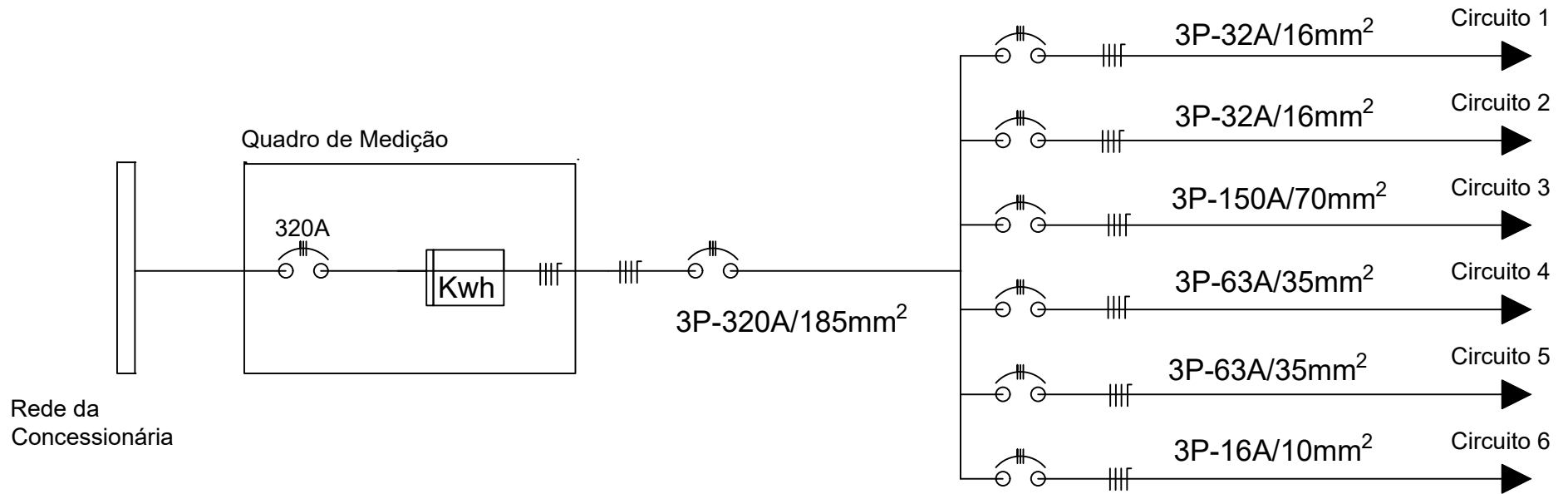
	Data	Nome	Assinaturas	Entidade	Título	Data	-Nov-2022**	Num:	1 de 1
Desenhado				UFU	C5	Arquivo:	C5.cad		
Verificado	20/01/2023	Matheus							

# Apêndice F - Circuito 6



	Data	Nome	Assinaturas	Entidade	Título	Data	-Nov-2022**	Num:	1 de 1
Desenhado				UFU	C6	Arquivo:	C6.cad		
Verificado	20/01/2023	Matheus							

# Apêndice G: Diagrama Unifilar



Nome:	Matheus Henrique Ramos Mendes
Organização:	Universidade Federal de Uberlândia (UFU)