

**CENTRO PAULA SOUZA
ETEC PHILADELPHO GOUVÊA NETTO
Curso em Eletrotécnico**

Fernando Ribeiro de Araújo
Matheus Santos Oliveira
Mateus Santos da Silva
Rodrigo Nivaldo da Silva

**IMPLEMENTAÇÃO DE SOFT STARTER EM PARTIDA PARA
COMPRESSORES DE CÂMARA FRIA**

São José do Rio Preto - SP
2025

Fernando Ribeiro de Araújo

Matheus Santos Oliveira

Mateus Santos da Silva

Rodrigo Nivaldo da Silva

**IMPLEMENTAÇÃO DE SOFT STARTER EM PARTIDA PARA
COMPRESSORES DE CÂMARA FRIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Técnico em Eletrotécnico da Etec Philadelpho Gouvêa Netto, orientado pelo Prof. Mario kenji Tamura como pré-requisito parcial para a obtenção do título de técnico em Eletrotécnico.

São José do Rio Preto – SP

2025

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos que colaboraram para a realização deste trabalho. Agradeço primeiramente à Deus e a equipe da empresa Distribuidora ITO que permitiu o acesso às instalações e forneceu informações essenciais para o desenvolvimento do estudo.

Também sou grato ao meu orientador Prof. Mario Kenji Tamura pelo apoio técnico, incentivo e orientações durante todas as etapas do trabalho.

Agradeço aos meus colegas de grupo pelo comprometimento e colaboração durante o processo de pesquisa e elaboração do TCC.

Por fim, agradeço à instituição de ensino Etec Philadelpho Gouveia Netto (Centro Paula Souza) pela oportunidade de aprendizado e desenvolvimento acadêmico.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo sobre a eficiência energética em partidas de motores elétricos, com foco na implementação de sistemas de partida suave do tipo soft starter em três câmaras frias de uma empresa localizada no CEASA. A pesquisa envolveu o levantamento do consumo atual de energia, análise dos impactos dos picos de corrente gerados pelas partidas diretas dos motores e o desenvolvimento de uma proposta técnica para instalação de um painel elétrico com soft starters. A partir da análise dos dados e simulações, constatou-se que a adoção dessa tecnologia contribui significativamente para a redução dos picos de corrente, otimização do consumo energético, aumento da vida útil dos motores e redução dos custos operacionais. Os resultados indicam que a modernização dos sistemas de acionamento representa uma alternativa técnica e economicamente viável para empresas que buscam sustentabilidade e eficiência em seus processos elétricos.

Palavras-chave: Eficiência energética; Soft starter; Motores elétricos; Partida suave;

ABSTRACT

This paper presents a study on energy efficiency in the starting of electric motors, focusing on the implementation of soft starter systems in three cold storage chambers of a company located in the CEASA complex. The research involved assessing current energy consumption, analyzing the impact of current spikes caused by direct-on-line motor starts, and developing a technical proposal for installing an electrical panel with soft starters. Based on data analysis and simulations, it was found that the adoption of this technology significantly contributes to reducing current spikes, optimizing energy consumption, increasing motor lifespan, and lowering operational costs. The results indicate that modernizing drive systems is a technically and economically viable alternative for companies seeking sustainability and efficiency in their electrical processes.

Keywords: Energy efficiency; Soft starter; Electric motors; Soft start;

TABELAS

Tabela 1 – Orçamento final simulado do projeto.....	45
Tabela 2 – Orçamento final do projeto com percentual de participação.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEASA	Central de Abastecimento
IHM	Interface – homem máquina
ISO	International Organization for Standardization
NBR	Norma Brasileira
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
SCR	Silicon Controlled Rectifier (Retificador Controlado de Silício / Tiristor)
SSW	Soft Starter WEG
VFD	Variable Frequency Drive (Inversor de Frequência)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Justificativa	11
2. PROBLEMA.....	13
2.1 Proposta	13
2.2 Produto	14
3. OBJETIVOS	15
3.1 Objetivo Geral	15
3.2 Objetivos Específicos	15
4. DESENVOLVIMENTO	16
4.1 Eficiência Energética no Setor Industrial	16
4.2 Impactos da Partida Direta de Motores	16
4.3 Soft Starter: Histórico e Funcionamento	17
4.4 Inversores de Frequência como Alternativa	17
4.5 Estudo de Caso: Empresa Distribuidora ITO – CEASA ..	18
4.6 Benefícios Técnicos e Econômicos Esperados	18
5. METODOLOGIA	43
5.1 Tipo de Pesquisa	43
5.2 Levantamento de Dados	44
5.3 Procedimento Metodológico	44
5.4 Orçamento do Projeto	44
5.5 Aspectos Éticos	45
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
6.1 Apresentação do Orçamento	46
6.2 Análise Técnica	48
6.3 Análise Econômica	48
6.4 Impacto Ambiental	48
6.5 Discussão	48
7. CONCLUSÃO	50
Sugestões para Trabalhos Futuros	51
8. REFERÊNCIAS	52

ANEXOS

Imagen 1 Diagrama Elétrico do Sistema Automatizado.....	20
Imagen 2 Diagrama Elétrico e de comandos.....	21
Imagen 3 Programação Ladder Motor 1,2,3 e memorias.....	23
Imagen 4 Máquina de refrigeração que irá ser implantado sistema de partida por soft starters.....	24
Imagen 5 Características do compressor que vai ter a partida gerenciada pelo nosso sistema.....	25
Imagen 6 Sistema original, sem a partida via Soft Starter.....	28
Imagen 7 Definição dos componentes elétricos no painel.....	29
Imagen 8 Medições da montagem do painel elétrico.....	30
Imagen 9 Discussão com o grupo sobre a melhor forma de montagem do quadro elétrico.....	31
Imagen 10 Montagem do quadro elétrico.....	32
Imagen 11 Montagem do quadro elétrico.....	33
Imagen 12 Montagem do quadro elétrico.....	34
Imagen 13 Abertura de uma entrada de ventilação do painel elétrico.....	35
Imagen 14 Painel com todos componentes fixados nos seus lugares respectivos...	36
Imagen 15 Painel montado.....	37
Imagen 16 Vista frontal do painel de controle montado e funcionando.....	38
Imagen 17 Soft starter SSW07.....	39
Imagen 18 Características Técnicas do CLP Schneider Electric.....	40

1. INTRODUÇÃO

A busca por eficiência energética tornou-se um dos principais objetivos no setor industrial e comercial, especialmente diante do aumento contínuo das tarifas de energia elétrica e da crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental. No Brasil, a indústria é responsável por uma parcela significativa do consumo de energia, sendo os motores elétricos responsáveis por aproximadamente 70% dessa demanda. Esses equipamentos são amplamente utilizados em processos de ventilação, bombeamento, compressão e, principalmente, em sistemas de refrigeração, como as câmaras frias, que exigem operação contínua para a conservação de alimentos perecíveis.

Apesar de sua eficiência, os motores elétricos, quando acionados de forma convencional, podem gerar impactos negativos tanto para a rede elétrica quanto para os próprios equipamentos. A partida direta, ainda comum em muitas empresas, provoca picos de corrente que podem atingir até oito vezes o valor nominal do motor, ocasionando sobrecarga nos condutores, quedas de tensão, aumento das perdas elétricas e maior desgaste mecânico. Em ambientes que dependem de refrigeração contínua, como os centros de abastecimento de alimentos (CEASA), esses efeitos podem comprometer a confiabilidade operacional e elevar os custos com energia elétrica. Com o avanço da eletrônica de potência na década de 1970, surgiram dispositivos capazes de controlar a forma como os motores são acionados, conhecidos como soft starters ou “partidas suaves”. O desenvolvimento desse equipamento surgiu principalmente para resolver os problemas da partida direta, como picos de corrente elevados, sobrecarga da rede elétrica e esforços mecânicos excessivos nos motores. A AuCom Electronics, fundada em 1978 na Nova Zelândia por Mark Empson e Ray Archer, foi pioneira na criação dos primeiros soft starters comerciais. Inicialmente, a empresa fabricava amplificadores de áudio de alta qualidade, mas, ao perceberem a necessidade de soluções mais eficientes para o acionamento de motores, direcionaram seus esforços para o desenvolvimento de tecnologias de controle de motores. Em 1982, a AuCom lançou a primeira linha comercialmente viável de soft starters de baixa tensão, utilizando tiristores (SCRs) para permitir que a tensão aplicada ao motor aumentasse de forma gradual, diminuindo os impactos da partida sobre a rede e os equipamentos (AUCOM, 2025; AUCOM, 2025).

A motivação para a criação do soft starter estava ligada à necessidade de proteger motores e redes elétricas contra os efeitos adversos da partida direta, que incluíam: aquecimento excessivo de cabos, quedas de tensão, degradação de componentes mecânicos, aumento da manutenção corretiva e, consequentemente, elevação dos custos operacionais. Ao reduzir a corrente de partida de forma controlada, o soft starter proporcionou uma solução técnica eficaz, aumentando a vida útil dos motores, reduzindo falhas e permitindo operações industriais mais estáveis e seguras.

Além dos benefícios técnicos imediatos, a introdução dessa tecnologia contribuiu para a eficiência energética e a sustentabilidade industrial, ao reduzir picos de corrente que demandam maior geração de energia elétrica. O uso do soft starter passou a ser considerado uma prática estratégica em diversos setores, incluindo alimentos, bebidas, químicos, mineração e logística, consolidando-se como um equipamento padrão na engenharia elétrica industrial.

Diante desse contexto, soluções automatizadas, como soft starters e inversores de frequência, têm se destacado como alternativas viáveis para otimizar o consumo de energia, prolongar a vida útil dos motores e aumentar a confiabilidade operacional. Nesse cenário, a presente pesquisa propõe uma análise aplicada ao caso da Distribuidora ITO, empresa localizada no CEASA, que utiliza câmaras frias de forma contínua para armazenamento de alimentos perecíveis.

1.1 Justificativa

A crescente preocupação com os custos de energia elétrica e a sustentabilidade industrial impulsiona a adoção de estratégias voltadas para a eficiência energética. Em ambientes de grande demanda, como os centros de distribuição de alimentos — exemplo das unidades do CEASA —, a utilização de motores elétricos aplicados em câmaras frias representa um dos principais focos de atenção para redução de custos e melhoria do desempenho operacional.

Quando acionados sem dispositivos de controle adequados, os motores podem gerar impactos negativos significativos. A partida direta provoca picos de corrente até oito vezes maiores que a nominal, sobrecarregando a rede elétrica, aquecendo cabos, degradando componentes e elevando a fatura de energia, especialmente em itens relacionados à demanda contratada e ao fator de potência.

A Distribuidora ITO, estudada neste projeto, possui três câmaras frias que operam de forma contínua e em horários distintos. A repetição de partidas convencionais ao longo do dia constitui um fator crítico de desperdício energético e desgaste dos motores. A implantação de um painel elétrico automatizado com soft starters ou inversores de frequência é justificada pela capacidade desses dispositivos de reduzir a corrente de partida gradualmente, protegendo o motor, estabilizando a rede elétrica e garantindo operação segura.

Além da diminuição dos picos de corrente, a tecnologia permite controle de carga inteligente, podendo ajustar a operação em horários estratégicos, evitando sobrecargas e permitindo um planejamento energético eficiente. A instalação de sistemas automatizados contribui ainda para a longevidade dos motores, reduzindo a necessidade de manutenção corretiva e o tempo de parada das câmaras frias — aspectos essenciais para a conservação de alimentos perecíveis e o bom funcionamento logístico da empresa.

Do ponto de vista econômico, os custos com energia elétrica representam uma parcela significativa das despesas fixas do setor alimentício. Assim, medidas que promovam economia energética, ainda que demandem investimento inicial, tendem a gerar retorno rápido via redução das faturas mensais e prevenção de multas por ultrapassagem de demanda contratada.

Sob o aspecto ambiental, o uso eficiente da energia reduz o desperdício de recursos e a necessidade de geração adicional em usinas, muitas das quais dependem de fontes não renováveis. O projeto está alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o ODS 7 – Energia Limpa e Acessível e o ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, promovendo práticas industriais mais sustentáveis.

Finalmente, o tema possui relevante caráter técnico-científico, oferecendo uma solução aplicada, baseada em conhecimento da engenharia elétrica e de eficiência energética. O projeto serve de modelo para outras empresas com desafios semelhantes, incentivando o uso racional da energia e demonstrando como a tecnologia pode ser aliada estratégica na redução de custos, proteção de equipamentos e sustentabilidade operacional.

2. PROBLEMA

O consumo intensivo de energia elétrica em ambientes industriais e comerciais representa um desafio crescente, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. No caso de empresas que utilizam câmaras frias, como as localizadas no CEASA, esse desafio se torna ainda maior, visto que os motores elétricos responsáveis pelo funcionamento dos compressores precisam operar de forma contínua e em diferentes horários ao longo do dia.

Um dos principais entraves identificados é o uso de partidas diretas para os motores, que provoca picos de corrente de até oito vezes a corrente nominal. Esse fenômeno gera sobrecarga da rede elétrica, aumento de perdas energéticas, desgaste acelerado dos equipamentos, maior necessidade de manutenção e elevação das faturas de energia, principalmente em função das penalidades por ultrapassagem de demanda contratada.

2.1 Proposta

A proposta deste trabalho consiste em implantar um painel elétrico automatizado, equipado com sistema de partida inteligente — seja por meio de soft starter ou de inversores de frequência —, para o acionamento de três câmaras frias da empresa Distribuidora ITO, localizada no CEASA.

Esse painel será projetado para reduzir os picos de corrente durante a partida, estabilizar a rede elétrica interna, prolongar a vida útil dos motores e contribuir para a eficiência energética da empresa. Além disso, permitirá maior controle da carga, possibilitando ajustes em horários estratégicos para otimizar o consumo e evitar sobrecargas.

2.2 Produto

O produto esperado com a implementação deste projeto é um sistema elétrico automatizado e eficiente, que proporcione:

- Redução significativa dos picos de corrente nas partidas dos motores;
- Aumento da confiabilidade e da durabilidade dos equipamentos;
- Diminuição dos custos com energia elétrica e manutenção corretiva;
- Maior segurança operacional e melhor planejamento do consumo energético;
- Contribuição para práticas de sustentabilidade, alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Esse produto servirá como modelo aplicável não apenas para a empresa em estudo, mas também para outras organizações que enfrentam os mesmos desafios relacionados ao consumo intensivo de energia elétrica em processos de refrigeração.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência energética na partida de motores elétricos utilizados em câmaras frias da empresa Distribuidora ITO, localizada no CEASA, propondo e implementando um sistema automatizado de acionamento com soft starter ou inversor de frequência, de modo a reduzir os picos de corrente, otimizar o consumo de energia elétrica e aumentar a confiabilidade operacional.

3.2 Objetivos Específicos

- Realizar levantamento bibliográfico sobre eficiência energética, partidas de motores e uso de soft starters e inversores de frequência na indústria.
- Identificar os principais impactos elétricos e mecânicos causados pela partida direta de motores utilizados em câmaras frias.
- Projetar um painel elétrico automatizado adequado às necessidades da empresa estudada, contemplando a utilização de sistemas de partida inteligente.
- Comparar os benefícios técnicos e econômicos entre o sistema de partida direta e a proposta de partida suave (soft starter/inversor de frequência).
- Avaliar o impacto da solução proposta na redução do consumo de energia elétrica e na vida útil dos equipamentos.
- Relacionar a implementação da proposta com práticas de sustentabilidade, destacando sua contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

4. DESENVOLVIMENTO

4.1 Eficiência Energética no Setor Industrial

A eficiência energética é um dos pilares fundamentais para a competitividade e a sustentabilidade das empresas. No Brasil, a indústria é responsável por cerca de 30% do consumo total de energia elétrica, sendo que os motores elétricos representam aproximadamente 70% desse consumo. Isso evidencia o impacto direto que a forma de operação e de partida desses equipamentos pode ter sobre os custos operacionais e a performance produtiva.

O avanço das políticas públicas e normativas, como a NBR ISO 50001, reforça a necessidade de um gerenciamento mais racional do uso de energia, estimulando empresas a adotarem tecnologias voltadas para a redução de desperdícios e para o melhor aproveitamento de seus recursos energéticos.

4.2 Impactos da Partida Direta de Motores

A partida direta é a forma mais simples e ainda a mais utilizada no acionamento de motores elétricos trifásicos. Entretanto, essa prática provoca picos de corrente de até 6 a 8 vezes a corrente nominal, o que resulta em diversos problemas, tais como:

- Sobrecarga da rede elétrica interna, ocasionando quedas de tensão e oscilações;
- Aquecimento excessivo de cabos e componentes, acelerando a degradação do sistema elétrico;
- Esforço mecânico elevado sobre eixos, rolamentos e acoplamentos, reduzindo a vida útil dos motores;
- Aumento do consumo de energia e consequente elevação nos custos da fatura, sobretudo em relação à demanda contratada.

No contexto de câmaras frias, que necessitam de acionamentos frequentes ao longo do dia para garantir a conservação de alimentos, os impactos da partida direta se tornam ainda mais críticos, comprometendo a confiabilidade do processo produtivo.

4.3 Soft Starter: Funcionamento e Aplicações

A soft starter é um dispositivo eletrônico projetado para reduzir os impactos da partida direta em motores elétricos. Seu funcionamento baseia-se no controle da tensão aplicada ao motor por meio de semicondutores de potência, geralmente tiristores (SCRs). Esse controle permite que a tensão aumente gradualmente durante a partida, evitando picos de corrente e esforços mecânicos excessivos.

Entre as aplicações mais comuns destacam-se sistemas de bombeamento, ventilação, compressores e câmaras frias, onde o acionamento frequente exige soluções que aumentem a confiabilidade operacional.

Os principais benefícios do uso da soft starter incluem:

- Redução significativa da corrente de partida;
- Menor aquecimento dos cabos e componentes elétricos;
- Diminuição dos esforços mecânicos em rolamentos, eixos e acoplamentos;
- Aumento da vida útil dos motores e da confiabilidade operacional;
- Redução dos custos de manutenção corretiva;
- Facilidade de integração em sistemas automatizados de gestão energética.

Dessa forma, a soft starter representa uma solução prática e eficiente para empresas que buscam reduzir custos e otimizar o desempenho de seus equipamentos.

4.4 Inversores de Frequência como Alternativa

Outra solução relevante é o uso de inversores de frequência (VFD – Variable Frequency Drive). Esses dispositivos permitem controlar não apenas a tensão, mas também a frequência aplicada ao motor, o que possibilita ajustes de velocidade conforme a demanda do processo.

Em aplicações como câmaras frias, o inversor de frequência pode representar uma vantagem adicional, pois permite:

- Ajuste da rotação do compressor de acordo com a carga térmica;
- Economia de energia em períodos de menor necessidade de refrigeração;
- Redução do ruído e vibração dos equipamentos;

- Flexibilidade operacional e maior precisão no controle da temperatura.

Contudo, os inversores apresentam custo inicial mais elevado que a soft starter, sendo recomendados em casos onde há necessidade de variação de velocidade, e não apenas redução da corrente de partida.

4.5 Estudo de Caso: Empresa Distribuidora ITO – CEASA

A empresa Distribuidora ITO, localizada no CEASA, utiliza três câmaras frias para armazenamento e conservação de alimentos perecíveis. Cada câmara é equipada com compressores de grande porte acionados por motores elétricos trifásicos.

Atualmente, os motores são ligados por partida direta, resultando em altos picos de corrente que impactam tanto na rede elétrica interna quanto nos custos de energia. Além disso, a repetição frequente das partidas ao longo do dia aumenta o desgaste dos equipamentos e reduz a confiabilidade operacional.

Para solucionar esses problemas, este trabalho propõe a implementação de um painel elétrico automatizado, equipado com soft starters ou inversores de frequência, de modo a reduzir os impactos da partida direta, estabilizar a rede e promover maior eficiência energética.

4.6 Benefícios Técnicos e Econômicos Esperados

A adoção da solução proposta pode gerar benefícios diretos e indiretos para a empresa, tais como:

- Redução de até 60% dos picos de corrente durante as partidas;
- Diminuição das paradas para manutenção corretiva, devido ao menor desgaste dos motores;
- Economia significativa na fatura de energia elétrica, tanto pela redução de perdas quanto pela diminuição de penalidades por demanda;
- Maior confiabilidade operacional, garantindo a conservação adequada dos alimentos;
- Contribuição para a sustentabilidade ambiental, por meio do uso mais racional da energia.

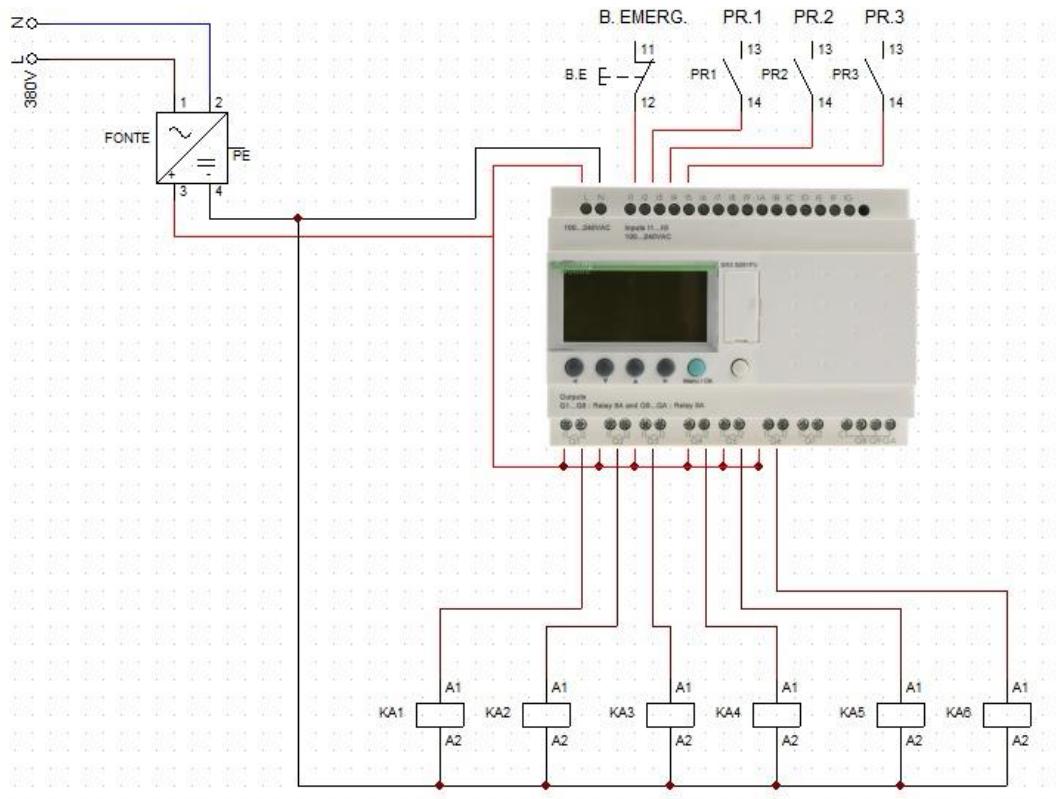
Esses resultados poderão ser avaliados por meio da comparação entre o cenário atual (partida direta) e o cenário proposto (partida suave/controle por inversor), tanto do ponto de vista técnico quanto econômico.

ANEXOS

IMAGEM 1

Diagrama Elétrico do Sistema Automatizado

A seguir, apresenta-se o diagrama elétrico desenvolvido para implementação do sistema automatizado, contendo todas as interligações entre o Controlador Lógico Programável (CLP), os dispositivos de comando e os atuadores responsáveis pelas operações.



Fonte: Autor (2025).

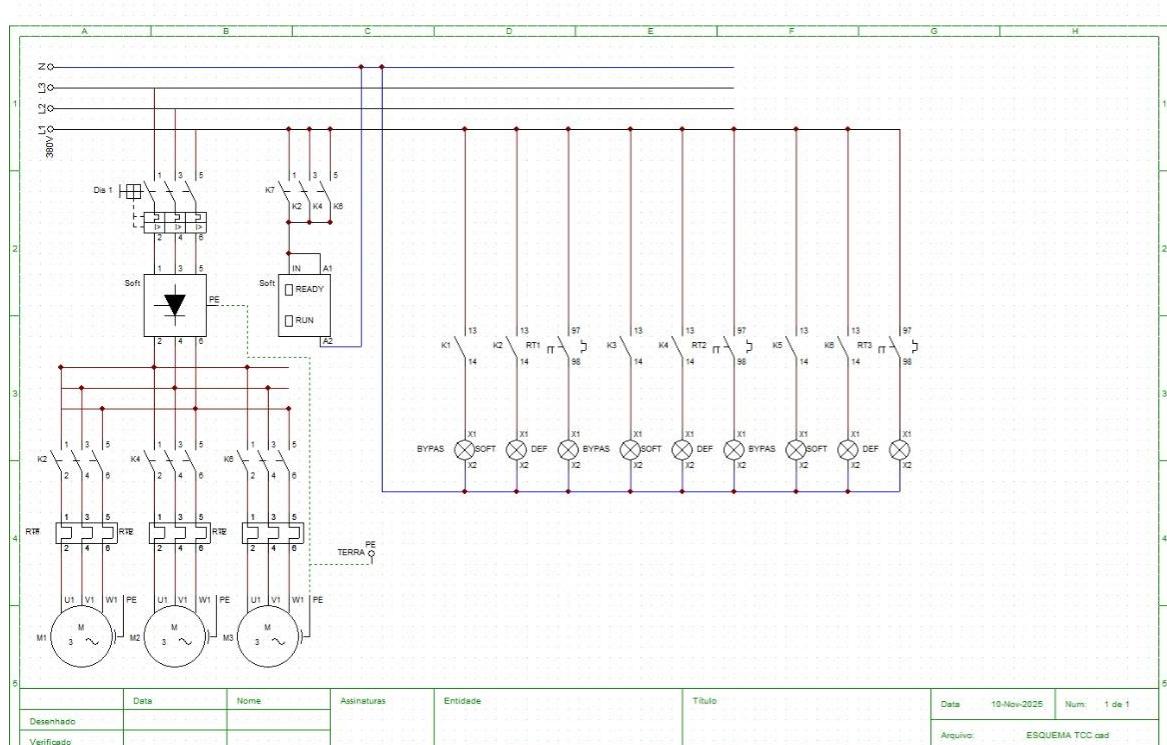
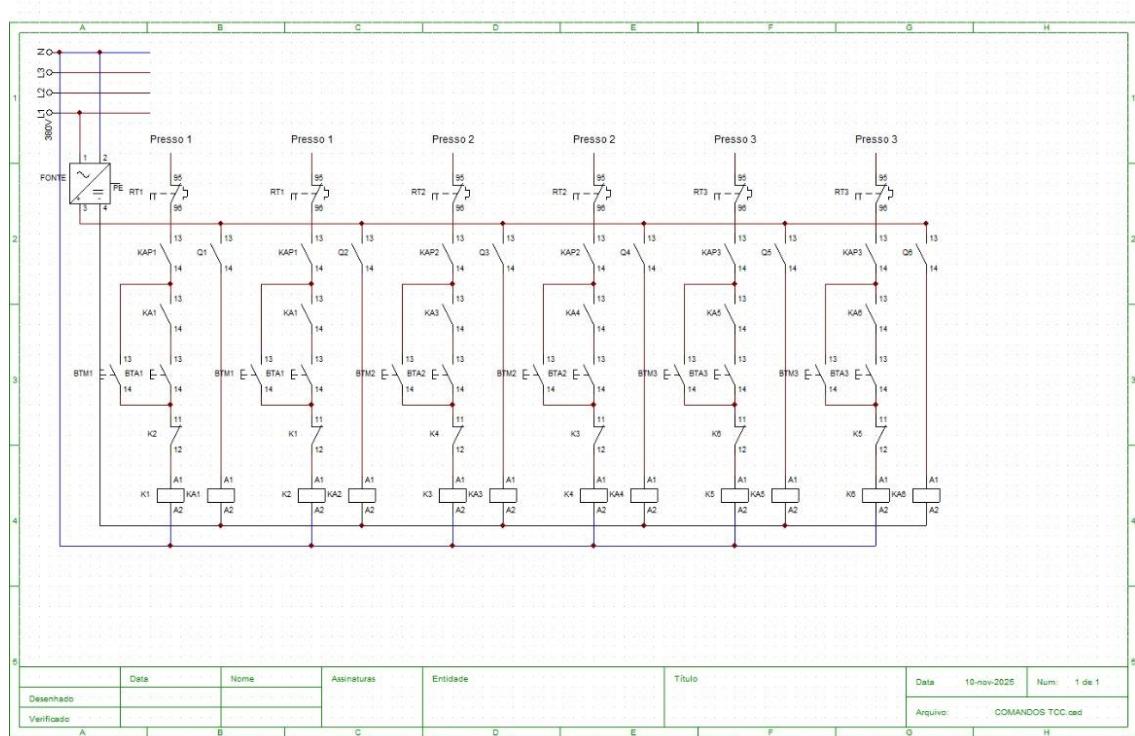
O diagrama elétrico apresentado demonstra a configuração final do sistema desenvolvido, no qual um Controlador Lógico Programável atua como elemento principal de controle. O circuito é alimentado por uma fonte de 24 VDC, atendendo aos requisitos de segurança da NR-10, com representação adequada do aterramento.

Os dispositivos de comando, tais como o botão de emergência e os sensores designados como PR1, PR2 e PR3, encontram-se conectados às entradas digitais do CLP, garantindo a leitura dos estados operacionais. O botão de emergência é responsável pela paralisação imediata do sistema em situações de risco, reforçando os princípios de segurança previstos na NR-12.

As saídas digitais do CLP acionam diretamente as bobinas dos contatores (KA1, KA2, KA3, KA4, KA5 e KA6), possibilitando o controle dos equipamentos a partir da lógica programada. Os terminais de retorno (A2) estão conectados em comum, assegurando o correto fechamento dos circuitos de comando.

Este diagrama evidencia a organização do sistema de automação, com uma configuração que facilita a manutenção e proporciona flexibilidade para expansões futuras, mantendo a padronização dos circuitos e aumentando a confiabilidade operacional do processo.

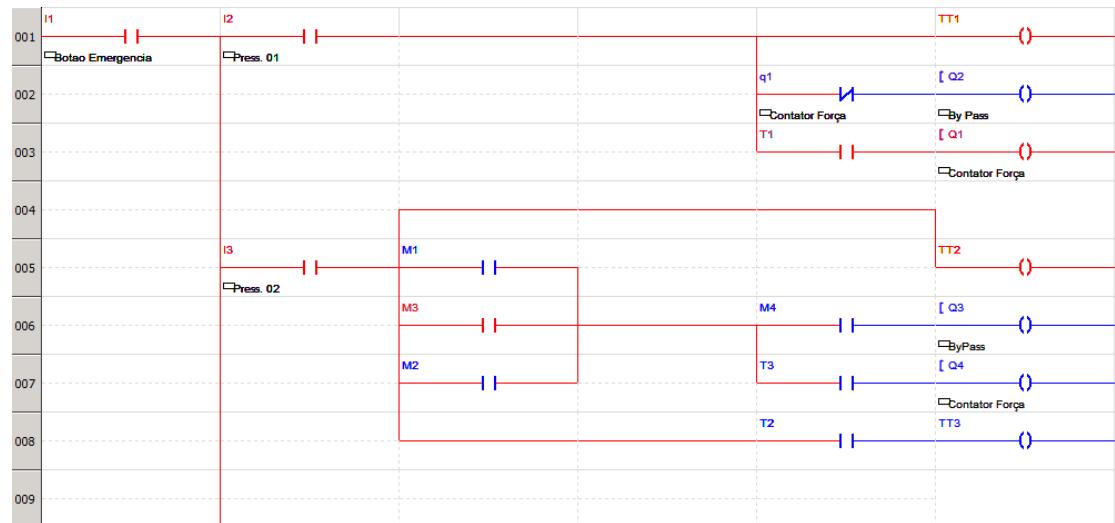
IMAGEM 2 Diagrama elétrico e de comando



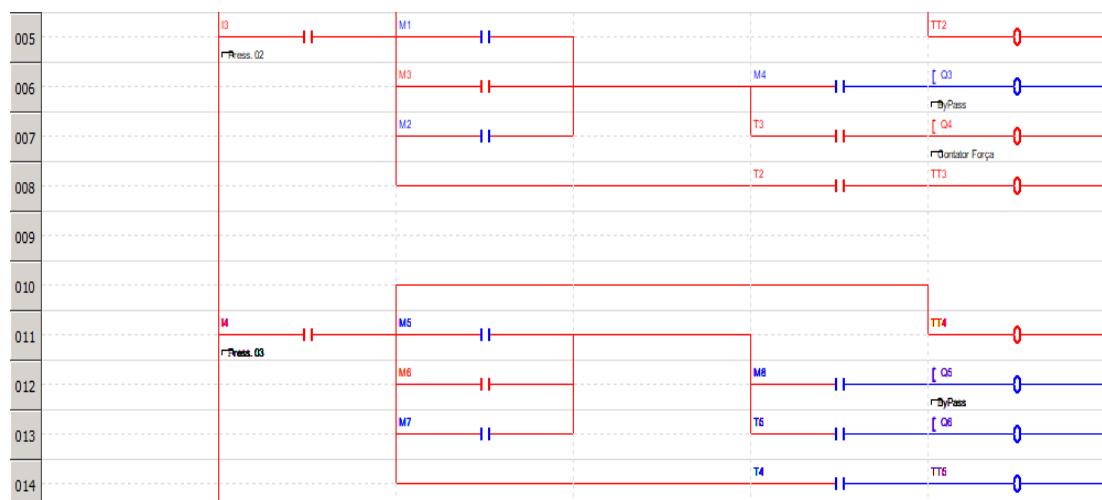
Fonte: Autor (2025).

IMAGEM 3 Programação Ladder

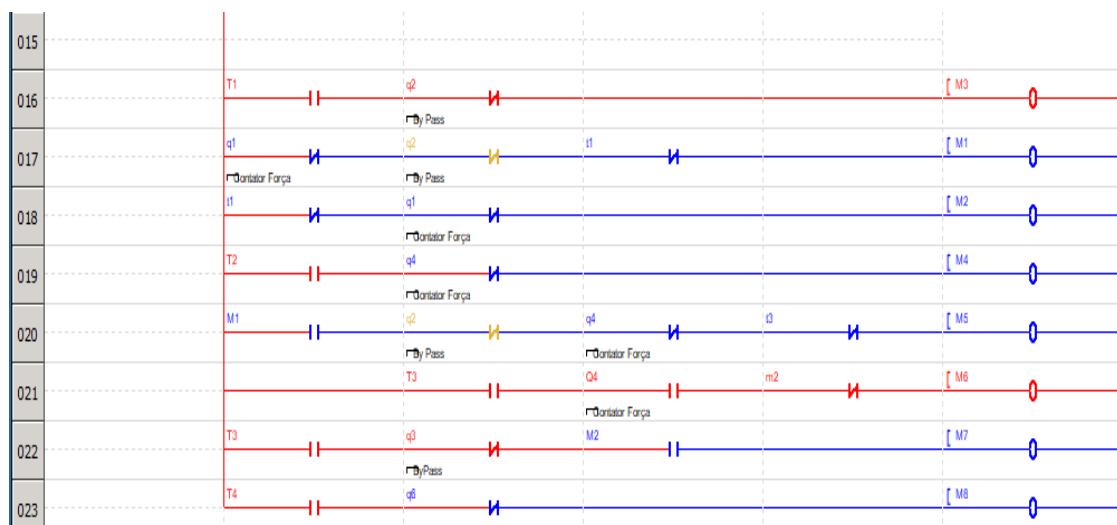
MOTOR ,01,02



MOTOR 02,03



MEMORIAS



Fonte: Autor (2025).

IMAGEM 4

Máquina de refrigeração que irá ser implantado sistema de partida por soft starters



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

IMAGEM 5

Características do compressor que vai ter a partida gerenciada pelo nosso sistema.

O compressor Danfoss Maneurop MT072 (série MT72, por exemplo MT72-3VI) é um compressor hermético recíproco de média temperatura, amplamente usado em câmaras frigoríficas, refrigeração comercial e ar-condicionado com refrigerante R22.

Características construtivas

- Tipo: compressor hermético recíproco (pistão), linha MT (Média Temperatura, óleo mineral).
- Cilindros: 2 cilindros, deslocamento volumétrico aproximado de 120,94 cm³.
- Tecnologia: velocidade fixa, rotor em torno de 3500 rpm a 60 Hz.
- Carcaça: aço pintado (cor azul), construção robusta para aplicações comerciais/industriais.

Dados elétricos

- Alimentação típica do modelo MT72-3VI: 200–230 V trifásico, 60 Hz.
- Corrente de partida (LRA): cerca de 135 A; corrente máxima de regime (MCC): cerca de 18.5 A.
- Proteção do motor: protetor interno de sobrecarga (não requer relé térmico externo para o enrolamento, mas continua sendo necessário o dispositivo de proteção do circuito).
- Classe de proteção: IP55 quando usado com prensa-cabos adequados.

Dados de refrigeração e aplicação

- Capacidade nominal aproximada: cerca de 70 kBTU/h, em torno de 20,6 kW de refrigeração a 60 Hz em condição nominal.
- Aplicação: média temperatura, típico para câmaras frias, armazenamento e processamento de alimentos, e sistemas de ar condicionado com R22.
- Refrigerantes: linha MT072 é tradicionalmente especificada para R22; alguns catálogos da linha Maneurop indicam compatibilidade com R407C, R134a, R404A e R507A em versões específicas, sempre conforme ficha técnica do modelo exato.

Conexões e dimensões

- Conexão de sucção: 1 3/4" rotolock; tubo de sucção 7/8" (ODF).
- Conexão de descarga: 1 1/4" rotolock; tubo de descarga 3/4" (ODF).
- Altura total: cerca de 413 mm; diâmetro do corpo: cerca de 288 mm.
- Altura da conexão de sucção: 265 mm; altura da conexão de descarga: 74 mm.
- Volume lado de baixa: 16,5 L; lado de alta: 0,6 L.

Óleo, pressões e limites

- Carga de óleo: aproximadamente 1,8 L óleo mineral tipo 160P, viscosidade em torno de 32 cP.
- Carga máxima de refrigerante: cerca de 5 kg.
- Pressão máxima lado de alta: cerca de 27,8 bar; teste até 30 bar.
- Pressão máxima lado de baixa: cerca de 18,4 bar, com teste até 25 bar.
- Temperatura de sucção (TS) mínima e máxima típicas: de cerca de -35 °C até +50 °C temperatura de descarga (lado de alta) entre cerca de -35 °C e +150 °C.

Ligações, torque e acessórios

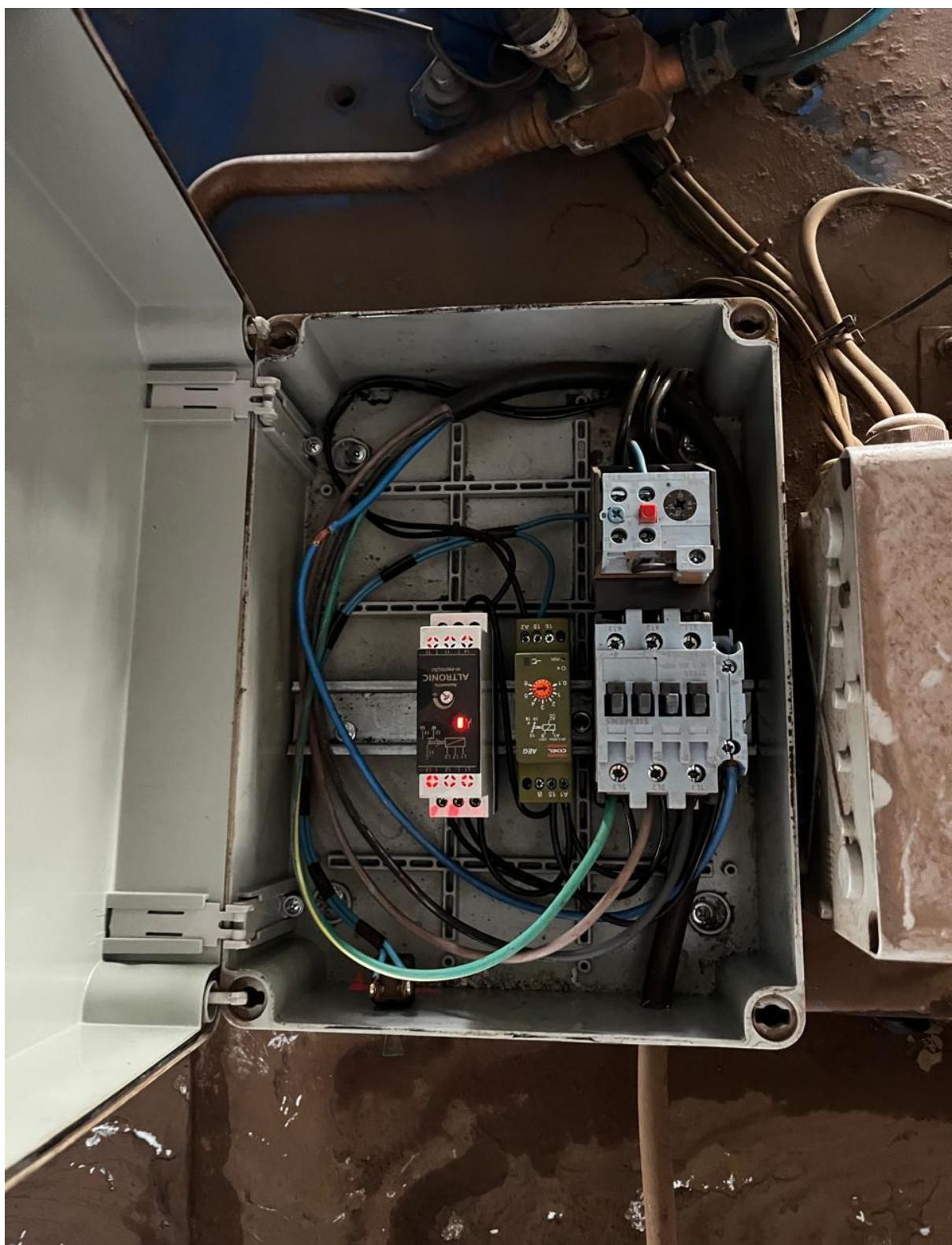
- Conexões tipo rotolock em sucção e descarga (1 3/4" e 1 1/4") com torque típico de montagem: 110 Nm (sucção) e 90 Nm (descarga).
- Equalização de óleo com rosca 3/8" SAE, torque típico em torno de 30 Nm.
- Possui visor de líquido/óleo em alguns códigos (letra "V" na designação indica equalização de óleo + visor).
- Válvula de alívio interna em torno de 30/8 bar, proteção adicional contra sobrepressão.



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

IMAGEM 6

Sistema original, sem a partida via Soft Starter



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

IMAGEM 7

Definição dos componentes elétricos no painel.



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

IMAGEM 8

Medições da montagem do painel elétrico.



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

IMAGEM 9

Discussão com o grupo sobre a melhor forma de montagem do quadro elétrico.



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

IMAGEM 10

Montagem do quadro elétrico.



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

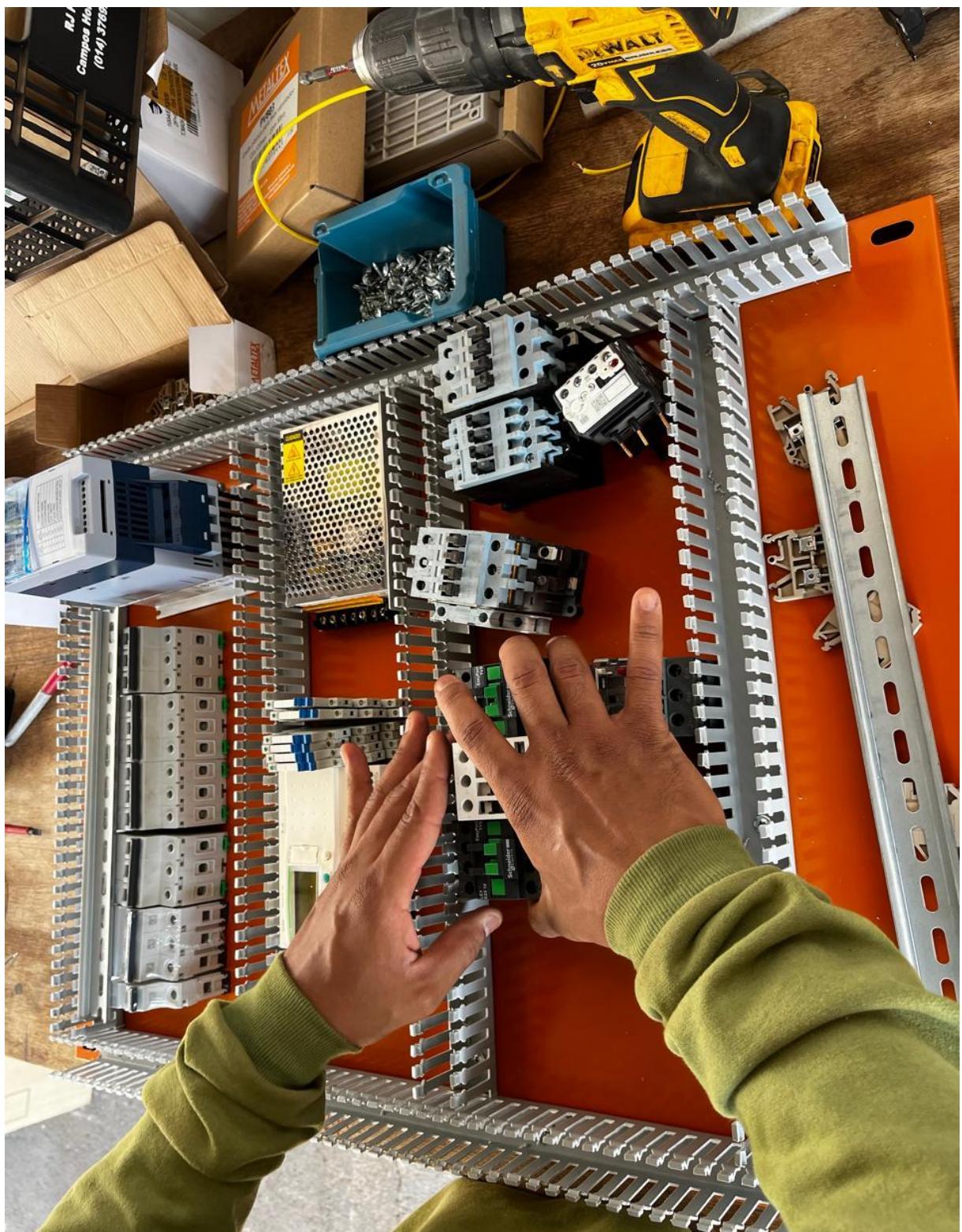
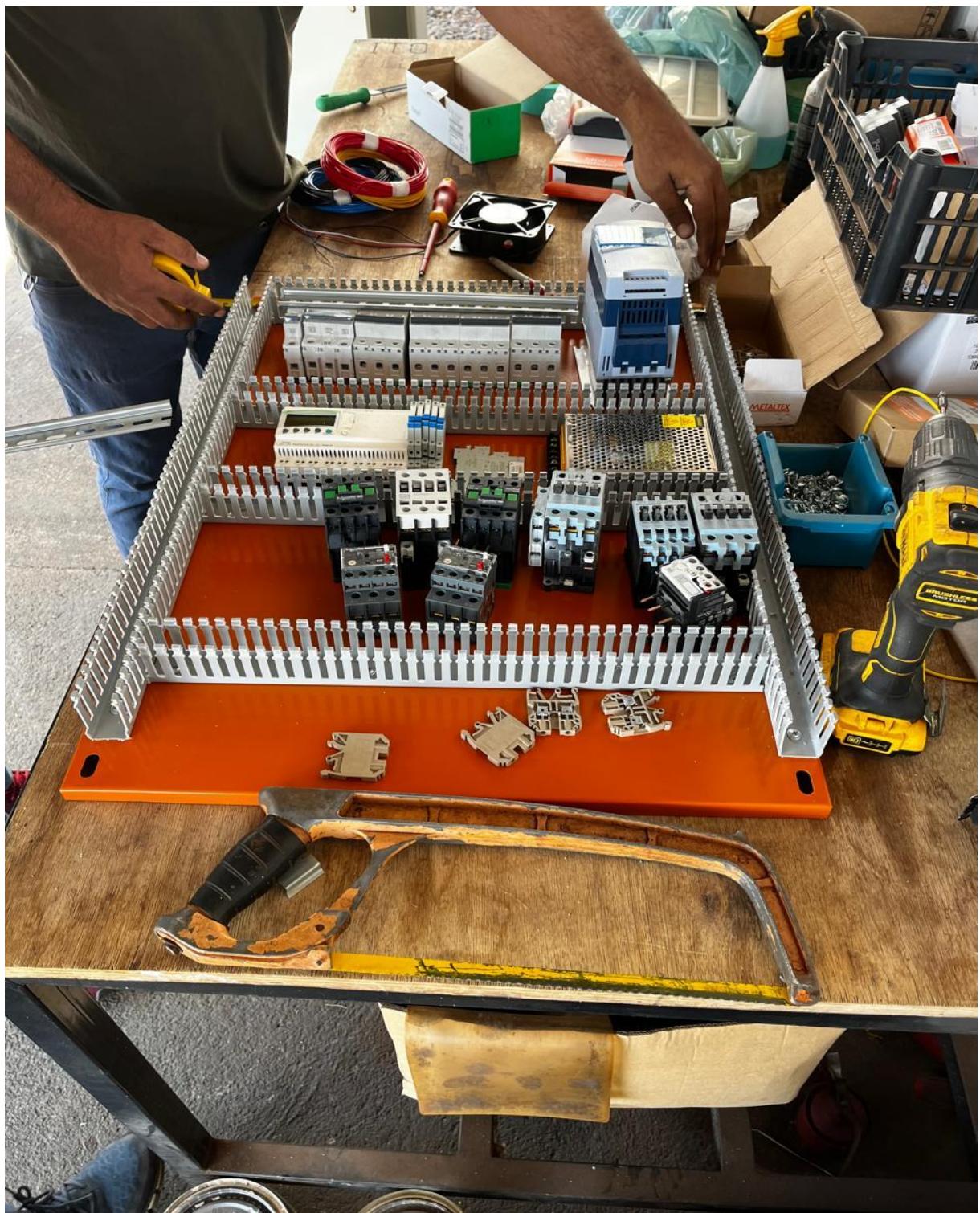
IMAGEM 11**Montagem do quadro elétrico.****Fonte:** Arquivo pessoal (2025).

IMAGEM 12

Montagem do quadro elétrico.



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

IMAGEM 13

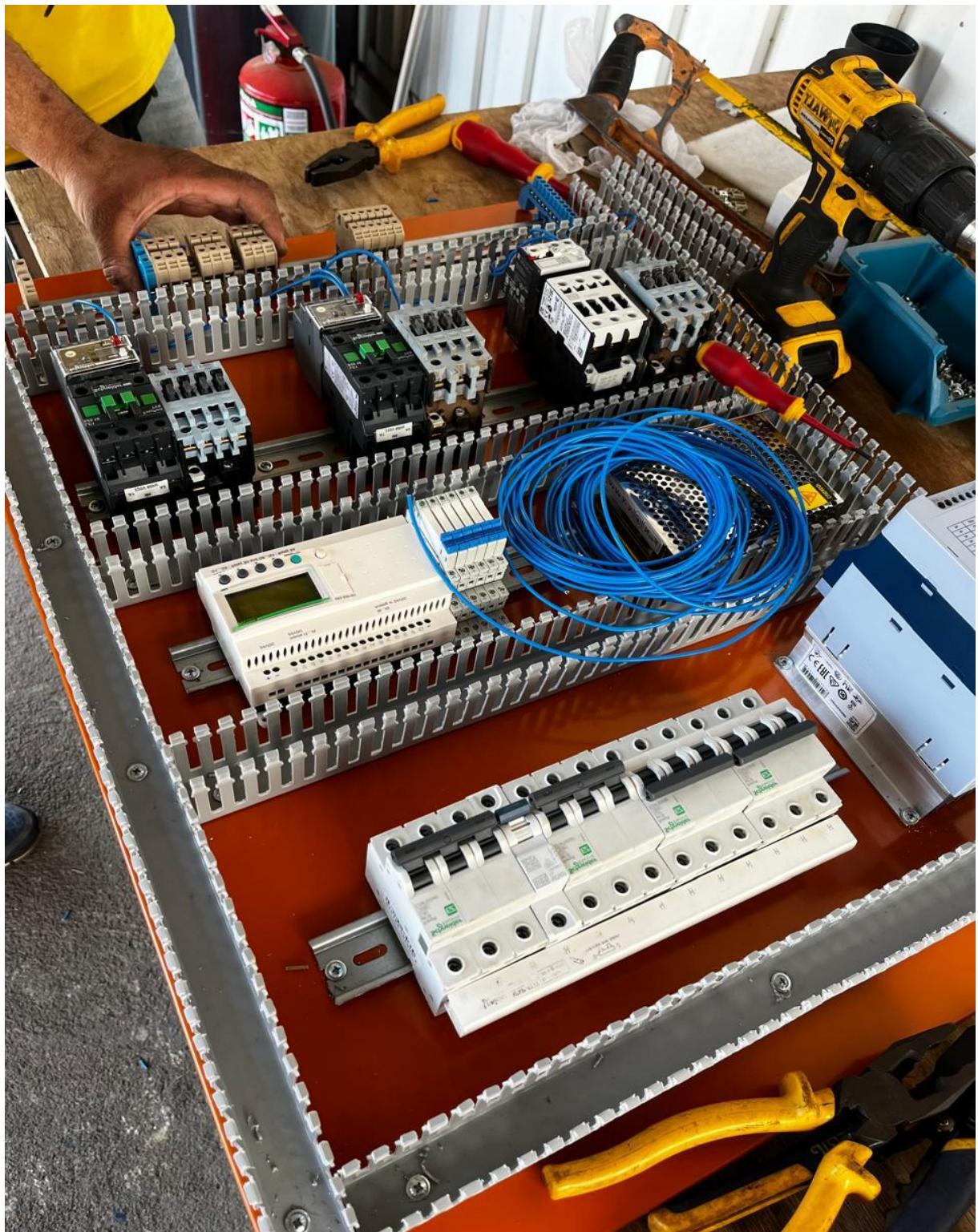
Abertura de uma entrada de ventilação do painel elétrico.



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

IMAGEM 14

Painel com todos componentes fixados nos seus respectivos lugares.



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

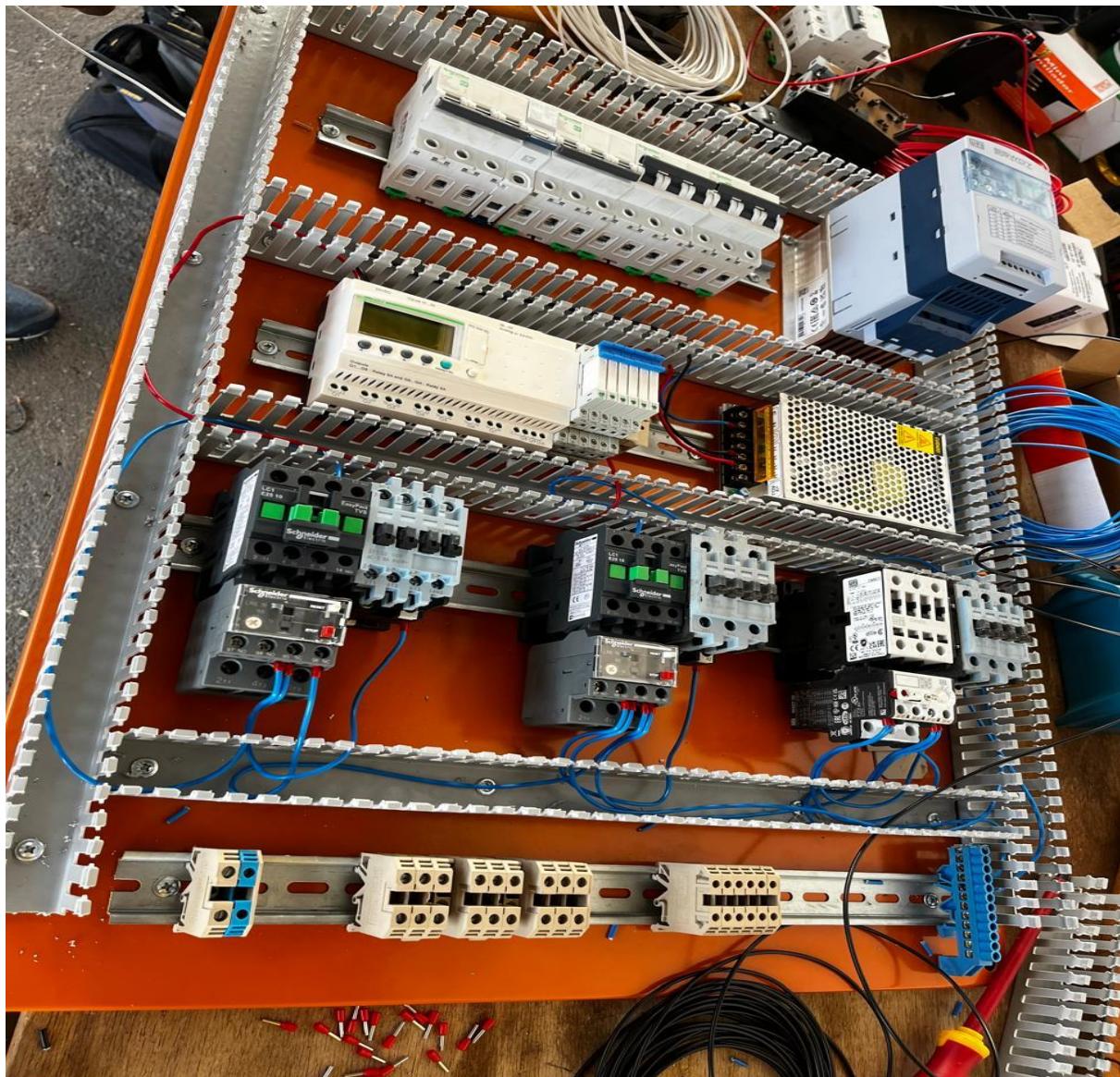
IMAGEM 15**Painel Montado.**

Primeira linha (de cima pra baixo) disjuntores de proteção e a soft start

Segunda linha - CLP e relés de interface e a fonte de alimentação do sistema lógico

Terceira linha - contatores de carga e relés térmicos (contatores serve para fazer a comutação das cargas) / relés térmicos (servem para proteger os motores de sobrecarga

Quarta linha - as conexões elétricas entre o sistema e as câmaras frias.



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

IMAGEM 16

Vista frontal do painel de controle montado e funcionando.



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

IMAGEM 17

Soft starter SSW07



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

A soft starter WEG SSW07 de 30 A (modelo típico SSW070030T5SZ) é uma chave de partida estática para motores de indução trifásicos, com alimentação de potência de 220 a 575 Vca e corrente nominal de 30 A.

Ela é indicada para motores em torno de 10 cv em 220 V e 20 cv em 380/440 V, em aplicações como bombas, ventiladores, compressores e refrigeração.

Dados elétricos principais

- Corrente nominal: 30 A.
- Tensão de alimentação de potência: 220 a 575 Vca, trifásico.
- Tensão de alimentação de controle/ventilador: 94 a 264 Vca (110–240 Vca).
- Frequência: 50/60 Hz.
- Regime de partida: AC-53b 3-30:330 (3×In por 30 s, com intervalo de 330 s entre partidas, faixa 17–30 A).

Potência de motor sugerida

- 220/230 V: até 10 cv ($\approx 7,5$ kW).
- 380/400 V: até 20 cv (≈ 15 kW).
- 440/460 V: até 20 cv (≈ 15 kW).
- 575 V: até 30 cv (≈ 22 kW).

Funções e recursos

- Controle em 3 fases, rampa de tensão e limite de corrente (current limit).
- By-pass incorporado, reduzindo perdas em regime permanente.
- Proteções integradas de motor e da própria chave (sobrecorrente, subtensão/sobretensão, etc.).
- Função “Kick-Start” para partidas com alto atrito estático, útil em bombas, britadores, compressores, etc.

Entradas, saídas e proteção

- Entradas digitais: 3, do tipo CA, 110–240 Vca; níveis: alto \geq 93 Vca, baixo \leq 10 Vca, corrente típica \approx 1,1 mA em 220 Vca (funções programáveis conforme opcional/HMI).
- Saídas digitais: 2 relés NA, até 250 Vca / 1 A, com funções programáveis (ex.: indicação de status, falha, fim de rampa).
- Grau de proteção: IP20 (carcaça plástica injetada, modelos até 85 A).

Dimensões físicas

- Tamanho de carcaça: 1.
- Altura: aproximadamente 162 mm; largura: 95 mm; profundidade: 157 mm; peso aproximado: 1,3 kg.

Tabela rápida de seleção

Característica Valor típico SSW07 30 A |

Corrente nominal: 30 A

Tensão potência: 220–575 Vca

Tensão controle: 94–264

Potência em 220 V: 10 cv / 7,5 kW

Potência em 380–440 V: 20 cv / 15 kW

Potência em 575 V: 30 cv / 22 k

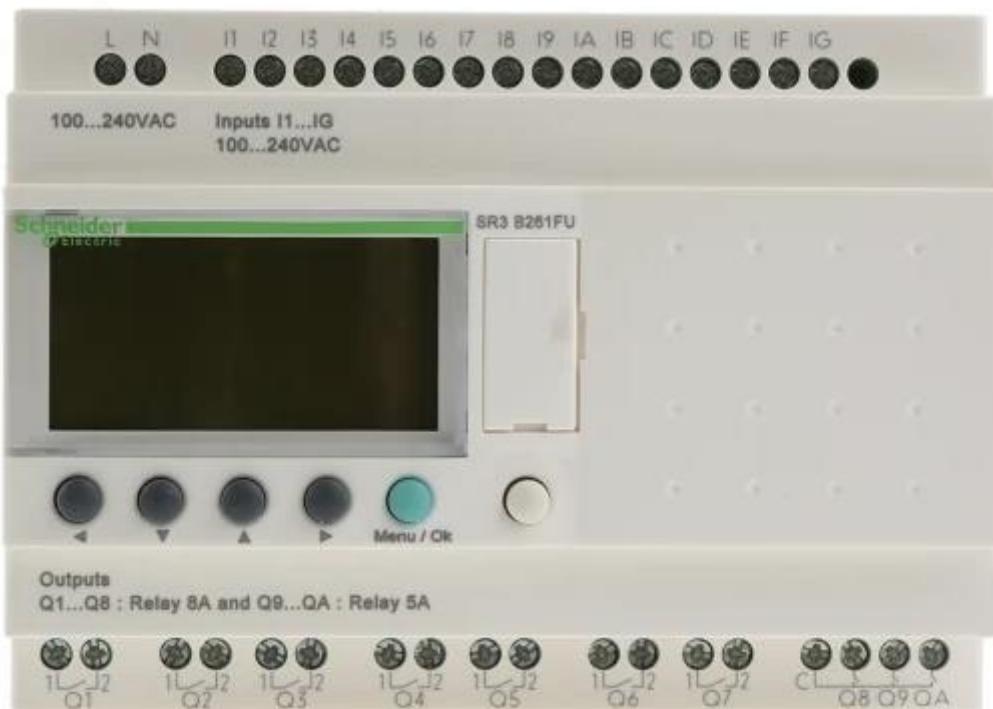
Grau de proteção: - IP20

Entradas digitais: 3 \times 110–240 Vca

Saídas relé: 2 \times NA 250 Vca / 1 A

IMAGEM 18

Características Técnicas do CLP Schneider Electric – Zelio Logic (Modelo SR3 B261FU)



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

O Controlador Lógico Programável adotado neste projeto é o Schneider Electric Zelio Logic, modelo SR3 B261FU, escolhido por sua robustez, facilidade de programação e compatibilidade com aplicações que exigem confiabilidade contínua, como os processos da Central de Material e Esterilização (CME).

Trata-se de um CLP compacto, projetado para controle de pequenos e médios sistemas automatizados, apresentando as seguintes características técnicas:

- Alimentação elétrica de 24 VDC, adequada aos ambientes hospitalares e industriais.
- 20 entradas digitais com tensão de 24 VDC, permitindo conexão a sensores, botoeiras e comandos externos.
- 8 saídas a relé com capacidade de acionamento de cargas de até 8A, possibilitando controle direto de atuadores e motores de baixa potência.

- Interface IHM integrada (display e teclas frontais) para monitoramento de estados lógicos, leitura de variáveis e comandos manuais.
- Memória interna com retenção de dados, garantindo a continuidade das operações mesmo em falhas de energia.
- Porta de expansão, permitindo adicionar módulos I/O conforme a evolução da automação.
- Programação via software Zelio Soft, que utiliza lógica ladder e blocos funcionais, o que facilita operação e manutenção.

A escolha deste CLP se justifica especialmente por:

- Alta confiabilidade operacional, indispensável aos processos críticos de esterilização;
- Facilidade de integração com Soft Starters, sensores e atuadores existentes no sistema;
- Baixo custo de implantação e manutenção, comparado a CLPs modulares de maior porte;
- Monitoramento local direto no painel, contribuindo para maior segurança e controle pelos operadores.

Assim, o CLP Schneider Zelio Logic SR3 B261FU representa uma solução eficiente, segura e tecnicamente apropriada para padronização e automatização dos equipamentos.

5. METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem aplicada, descritiva e de estudo de caso, com foco na eficiência energética na partida de motores elétricos utilizados em câmaras frias da empresa Distribuidora ITO, localizada no CEASA. A metodologia contempla etapas teóricas, práticas e analíticas, detalhadas a seguir.

5.1 Tipo de Pesquisa

- Aplicada: visa gerar conhecimento e soluções práticas para a empresa;
- Descritiva: descreve os impactos da partida direta dos motores e os benefícios do uso de soft starters;
- Estudo de caso: permite análise detalhada de uma empresa específica, considerando suas condições operacionais.

5.2 Levantamento de Dados

A coleta de informações será realizada por meio e:

- Levantamento bibliográfico: revisão de literatura, normas técnicas (ABNT NBR 5410, NBR IEC 60947-4-2), artigos científicos e manuais de fabricantes;
- Levantamento técnico na empresa: identificação dos motores das câmaras frias, medição da corrente de partida, registro do padrão de operação;
- Dados históricos de consumo: análise de faturas de energia elétrica e registros de demanda contratada, para avaliar o impacto financeiro e energético.

5.3 Procedimento Metodológico

O procedimento metodológico detalha todas as etapas práticas da implementação do soft starter:

1. Planejamento da instalação: análise do ambiente, definição do local adequado para o painel elétrico, verificação das normas de segurança.
2. Dimensionamento do painel e seleção dos equipamentos: escolha de soft starters compatíveis com a potência dos motores, seleção de cabos, disjuntores e demais dispositivos de proteção.
3. Montagem física do painel elétrico: instalação dos componentes, organização dos cabos e fixação dos soft starters.
4. Instalação e conexão na rede elétrica: ligação dos cabos aos motores das câmaras frias, integração com a rede da empresa.
5. Testes operacionais: acionamento dos motores, medição da corrente de partida antes e depois da instalação do soft starter, verificação do funcionamento correto das câmaras frias.
6. Comparação entre cenários: avaliação técnica e econômica comparando partida direta e partida suave, incluindo consumo de energia, picos de corrente e confiabilidade dos motores.
7. Registro e análise dos resultados: elaboração de gráficos, tabelas e comparativos para evidenciar os benefícios da proposta.

5.4 Orçamento do Projeto

A Tabela 1 apresenta a estimativa de custos elaborada para a implementação do painel elétrico automatizado com soft starters. O levantamento contempla equipamentos, insumos e mão de obra necessários à execução. Ressalta-se que, embora os custos tenham sido efetivos, estes foram custeados pela empresa parceira, não havendo desembolso por parte da equipe acadêmica.

Tabela 1 – Orçamento final simulado do projeto**Lista de Material**

Qtde.	Descrição	Valor Unit.	Valor Total
1	Soft-Starter SSW07	R\$ 2.800,00	R\$ 2.800,00
1	Caixa de Montagem 80x60x25	R\$ 650,00	R\$ 650,00
1	Locação Analisador de Rede	R\$ 300,00	R\$ 300,00
4	Bloco de Contatos Auxiliares	R\$ 75,00	R\$ 300,00
6	Contator Weg 25 ^a	R\$ 150,00	R\$ 900,00
30	Cabo 1mm Vermelho	R\$ 1,20	R\$ 36,00
30	Cabo 1 mm Amarelo	R\$ 1,20	R\$ 36,00
30	Cabo 1 mm Azul	R\$ 1,20	R\$ 36,00
30	Cabo 1mm Preto	R\$ 1,20	R\$ 36,00
1	Disjuntor 32A Tripolar	R\$ 45,00	R\$ 45,00
1	Mao de Obra	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
1	Botoeira de Emergência	R\$ 70,00	R\$ 70,00
4	Botoeira	R\$ 28,00	R\$ 112,00
1	Sinaleiro Sonoro	R\$ 40,00	R\$ 40,00
1	Disjuntor 6A Bipolar	R\$ 38,00	R\$ 38,00
7	Sinaleiro	R\$ 20,00	R\$ 140,00
1	Outros	R\$ 500,00	R\$ 500,00
	Total		R\$ 8.039,00

Esse planejamento permitiu avaliar a viabilidade econômica do projeto, demonstrando que, apesar do investimento inicial, os benefícios esperados — como economia de energia elétrica, redução de falhas e maior confiabilidade do sistema — justificam o gasto.

5.5 Aspectos Éticos

Todos os dados utilizados neste estudo respeitam a confidencialidade da Distribuidora ITO, não sendo coletadas informações pessoais ou sensíveis de colaboradores.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Apresentação do Orçamento

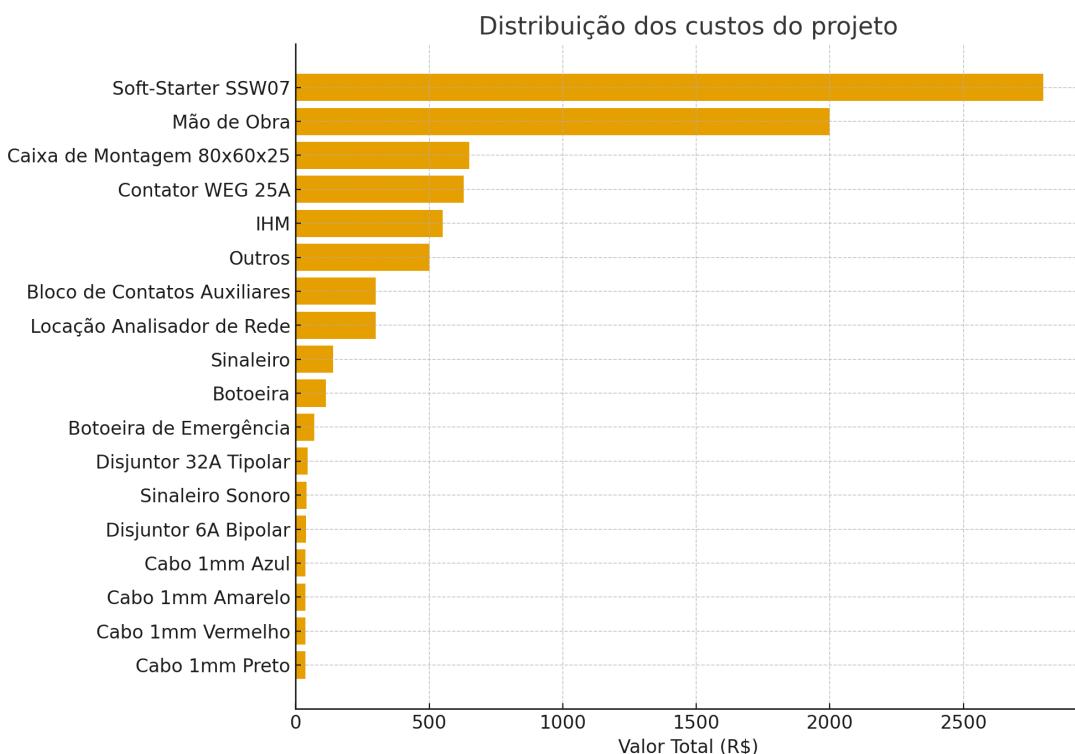
Na execução do projeto, o orçamento previsto foi confirmado, totalizando R\$ 8.039,00, conforme apresentado na Tabela 1. Destaca-se que tais custos foram integralmente absorvidos pela Distribuidora ITO, que disponibilizou os recursos para a realização do projeto, reforçando a parceria entre empresa e ambiente acadêmico.

Tabela 2 – Orçamento final do projeto com percentual de participação

Descrição	Valor Total (R\$)	% do Total
Soft-Starter SSW07	2.800,00	33,66 %
Caixa de Montagem 80x60x25	650,00	7,81 %
Locação Analisador de Rede	300,00	3,61 %
Bloco de Contatos Auxiliares	300,00	3,61 %
Contator WEG 25 ^a	900,00	7,57 %
Cabo 1 mm Vermelho	36,00	0,43 %
Cabo 1 mm Amarelo	36,00	0,43 %
Cabo 1 mm Azul	36,00	0,43 %
Cabo 1 mm Preto	36,00	0,43 %
Disjuntor 32A Tipolar	45,00	0,54 %
Mão de Obra	2.000,00	24,04 %
Botoeira de Emergência	70,00	0,84 %
Botoeira	112,00	1,35 %
Sinaleiro Sonoro	40,00	0,48 %
Disjuntor 6A Bipolar	38,00	0,46 %
Sinaleiro	140,00	1,68 %
Outros	500,00	6,01 %
Total	8.039,00	100 %

A análise do orçamento mostra que a soft starter foi o item mais oneroso, representando 33,66% do custo total, seguida pela mão de obra especializada, que correspondeu a 24,04% do valor total do projeto. Itens de menor valor unitário, como cabos, botoeiras e sinaleiros, tiveram participação financeira reduzida, mas foram fundamentais para garantir a segurança e a confiabilidade do sistema. Assim, comprova-se a consistência entre o planejamento e a execução, com custos compatíveis e plenamente justificados pelos ganhos de eficiência energética, pela redução de manutenções corretivas e pela maior vida útil dos motores das câmaras frias.

Figura 1 – Distribuição dos custos do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Dessa forma, o orçamento apresentado demonstrou-se adequado à execução do projeto, permitindo a implementação de todas as etapas previstas com plena cobertura financeira. A alocação dos recursos evidenciou a relevância dos itens de maior custo, sem comprometer a eficiência ou a confiabilidade do sistema, garantindo que os objetivos do projeto fossem alcançados dentro dos limites planejados.

6.2 Análise Técnica

Os testes realizados antes e depois da instalação do soft starter mostraram:

- **Redução dos picos de corrente:** de 8 vezes a corrente nominal (partida direta) para aproximadamente 2–3 vezes com soft starter;
- **Estabilização da rede elétrica:** menor sobrecarga e queda de tensão;
- **Proteção mecânica dos motores:** menor desgaste de rolamentos e eixos;
- **Confiabilidade operacional:** operação contínua das câmaras frias sem interrupções.

6.3 Análise Econômica

- **Economia estimada de energia:** 122,9 kWh/mês, equivalente a R\$ 134,00 reais /mês;
- **Redução de manutenção corretiva:** menor número de paradas;
- **Retorno do investimento:** estimado em 58 meses, considerando economia de energia e manutenção.

6.4 Impacto Ambiental

A solução proposta contribui para a sustentabilidade:

- Redução do consumo de energia elétrica;
- Menor necessidade de geração energética, reduzindo emissões de gases poluentes;
- Alinhamento aos ODS 7 (Energia Acessível e Limpa) e ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis).

6.5 Discussão

Comparando os cenários:

- **Partida direta:** picos elevados, maior desgaste, maior consumo e risco de penalidades;
- **Soft starter:** redução significativa de corrente, menor manutenção, economia energética e aumento da vida útil dos motores.

O estudo de caso confirma que a implementação do painel automatizado é viável técnica e economicamente, servindo como modelo para outras empresas do setor.

7. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica da implementação de um painel elétrico automatizado, utilizando soft starters, para o controle das partidas dos motores das câmaras frias da Distribuidora ITO.

Os resultados obtidos demonstraram que a utilização de sistemas de partida inteligente possibilita uma redução significativa nos picos de corrente elétrica, que em partidas diretas podem atingir até oito vezes a corrente nominal dos motores. Com o uso do soft starter, esses valores foram reduzidos de forma expressiva, resultando em maior estabilidade da rede elétrica, menor aquecimento dos cabos e proteção dos equipamentos.

Do ponto de vista econômico, o investimento inicial de R\$ 8.039,00 mostrou-se viável, visto que a economia de energia, somada à diminuição de manutenções corretivas e à maior confiabilidade operacional, contribui para um rápido retorno financeiro. Além disso, a solução proporciona maior segurança e continuidade no funcionamento das câmaras frias, que são essenciais para a preservação de alimentos perecíveis e para a logística da empresa.

Sob a perspectiva ambiental, o projeto também reforça o compromisso com a sustentabilidade, uma vez que a utilização eficiente da energia contribui para a redução do desperdício e para a menor necessidade de geração elétrica em usinas que utilizam fontes não renováveis. Assim, a proposta está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 7 (Energia Limpa e Acessível) e o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis).

Dessa forma, conclui-se que a implementação do soft starter na Distribuidora ITO não apenas soluciona um problema técnico recorrente, mas também promove benefícios econômicos, ambientais e sociais. O estudo reforça a importância da automação industrial como ferramenta estratégica para a modernização das empresas e para a busca de soluções inovadoras que conciliem eficiência energética, sustentabilidade e competitividade no setor produtivo.

Sugestões para trabalhos futuros

- Realizar a comparação de desempenho entre soft starter e inversor de frequência em câmaras frias;
- Avaliar o impacto financeiro em longo prazo considerando custos de manutenção preventiva e corretiva;
- Expandir o modelo de automação para outras áreas da empresa que possuem motores de grande porte;
- Investigar a integração com sistemas de monitoramento remoto e gestão de energia em tempo real.

8. REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ABNT. NBR IEC 60947-4-2: Dispositivos de manobra e controle – Partida de motores elétricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- AUCOM. About AuCom Electronics. Disponível em: <https://www.aucom.com/about>. Acesso em: 21 set. 2025.
- AUCOM. AuCom Electronics. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/AuCom_Electronics. Acesso em: 21 set. 2025.
- AUCOM. AuCom EMS series Soft Starters. Disponível em: <https://www.soft-starter.co.nz/EMS.php>. Acesso em: 21 set. 2025.
- AUCOM. Soft Starters | Low & Medium Voltage Soft Start Solutions. Disponível em: <https://www.aucom.com/products/soft-starters>. Acesso em: 21 set. 2025.
- BORGES, J. R.; SILVA, M. A. Eficiência energética na indústria: análise de partida de motores elétricos. Revista Engenharia e Sustentabilidade, v. 12, n. 2, p. 45-59, 2022.
- ISO. ISO 50001: Sistemas de gestão de energia – Requisitos com orientações para uso. Genebra: International Organization for Standardization, 2018.
- MINISTÉRIO DE ENERGIA. Gestão de eficiência energética em motores elétricos. Brasília: MME, 2021.
- MORRIS, T. Soft starters: history, development and application. Electric Power Systems Research, v. 150, p. 120-130, 2018.
- SILVA, P. H.; ALMEIDA, R. Automação industrial aplicada à eficiência energética. São Paulo: Atlas, 2020.
- WEG S.A. Manual técnico Soft Starter SSW07. Disponível em: <https://www.weg.net/>. Acesso em: 15 set. 2025.
- store.danfoss.com/br/pt_BR/Rec%C3%ADprocosherm%C3%A9ticos/MT/Compresso
r-rec%C3%ADproco%2C-MT72HN3CVE/p/MT72-3VI
Acesso em: 17 set. 2025.