

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA  
SOUZA**

**Etec SYLVIO DE MATTOS CARVALHO**

**Curso de Técnico em Eletrotécnica**

**CESAR LUCIANO PRANDI**

**FLAVIO PEDRO PAULO**

**GABRIEL LIMA DE SOUZA**

**GABRIEL SANTANA LAURIANO**

**GUSTAVO FELIPE ROQUE**

**BANCADA DIDÁTICA COM INVERSOR DE FREQUÊNCIA**

**Matão, SP  
2024**

**CESAR LUCIANO PRANDI**  
**FLAVIO PEDRO PAULO**  
**GABRIEL LIMA DE SOUZA**  
**GABRIEL SANTANA LAURIANO**  
**GUSTAVO FELIPE ROQUE**

**BANCADA DIDÁTICA COM INVERSOR DE FREQUÊNCIA**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletrotécnica da Escola Técnica Estadual Sylvio de Mattos Carvalho, orientado pelo Prof. Jocimar Fernando De Souza, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Técnico em Eletrotécnica.

**Matão, SP**  
**2024**

## RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso aborda a integração de quatro inversores de frequência de uma das marcas mais renomadas do mercado (SIEMENS) e, além das suas adequações para a montagem de um painel didático, espera-se promover a introdução de um novo método de ensino que possibilite o aprendizado de novos alunos da Etec Silvio de Mattos Carvalho sobre como funciona o inversor de frequência e seus meios de introdução na indústria. Desde o aprendizado de como funciona a sua instalação, será demonstrado por meio de aulas básicas com ligações por meio de bornes no painel e auxílio do professor responsável onde demonstrará rampas de aceleração, leituras de medidas, controle de velocidade, tudo que está envolvido ao motor elétrico fazendo sua aceleração e desaceleração. O projeto foi desenvolvido por meio da doação dos inversores Siemens Micromaster 420 onde foram adaptados os painéis de sala de aula para ter alimentação 440V com o auxílio de um transformador e confecção de bornes bananinhas para facilitar o ensino e maior praticidade para a ligação dos motores e entre outros.

**Palavras-chave:** Inversor de frequência. Painel didático. Siemens. Micromaster 420. Motor elétrico.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>4</b>
1.1. Objetivo geral.....	5
1.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Metodologia.....	6
<b>2. INVERSOR DE FREQUÊNCIA.....</b>	<b>7</b>
2.1. Como surgiu o inversor de frequência.....	7
2.2. Aplicações e funcionamentos.....	8
2.3. Tipos de inversores de frequência.....	9
2.4. Vantagens e desvantagens.....	10
2.5. Micromaster 420.....	13
<b>3. MATERIAIS UTILIZADOS.....</b>	<b>15</b>
<b>4. DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>16</b>
4.1. Placa.....	16
4.2. Furação.....	17
4.3. Componentes para aplicação.....	20
4.3.1. Potenciômetro.....	20
4.3.2. Bornes.....	20
4.3.3. Disjuntores.....	21
4.4. Aplicação dos componentes.....	22
4.5. Passagem dos cabos.....	24
4.6. Transformador.....	25
4.7. Ligações das alimentações 440V.....	27
4.7.1. Acionamento da seletora.....	27
4.8. Nomeando as borneiras e dispositivos.....	29
4.9. Configurações e testes.....	31
4.10. Diagrama elétrico.....	32
4.11. Projeto finalizado.....	34
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>37</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a crescente demanda por eficiência energética e a busca pela redução de custos operacionais têm impulsionado inovações tecnológicas em diversas áreas da engenharia elétrica e automação industrial. Nesse contexto, os inversores de frequência, têm desempenhado um papel fundamental no controle de motores elétricos. Esses dispositivos revolucionaram a maneira como os motores são acionados e gerenciados, trazendo benefícios significativos em termos de eficiência, flexibilidade e otimização dos processos industriais.

Tradicionalmente, o acionamento de motores elétricos é feito por métodos como a partida direta e a partida estrela-triângulo, que são amplamente utilizados, mas apresentam desvantagens. A partida direta aciona o motor sem intermediários, o que eleva a corrente de partida, aumentando o consumo de energia e os custos. A partida estrela-triângulo, por outro lado, inicia o motor na configuração estrela, com tensão reduzida e corrente de partida menor, e posteriormente comuta para a configuração triângulo, onde o motor opera em plena tensão. Esse método oferece uma partida suave e menor impacto na rede elétrica, entretanto só é eficaz para motores que operam com cargas leves e constantes, para cargas pesadas ou variáveis, a partida estrela-triângulo pode não fornecer o torque suficiente, o que restringe sua aplicação.

Os inversores de frequência são equipamentos eletrônicos que ajustam a frequência e a tensão fornecidas aos motores elétricos, evitando picos de corrente na partida e permitindo o controle preciso da velocidade e do torque. Ao variar a frequência da corrente elétrica que alimenta o motor, os inversores possibilitam a adaptação dinâmica das operações de acordo com as necessidades específicas do processo, resultando em maior eficiência energética e economia. Essa capacidade de modulação é especialmente importante em aplicações que exigem variação contínua de velocidade e controle de processos complexos, como sistemas de ventilação, bombas e transportadores.

Como contribuição prática, o trabalho propõe a criação de um painel didático voltado aos alunos, com o intuito de capacitá-los no uso e entendimento dos inversores de frequência. O desenvolvimento desse painel visa facilitar o aprendizado e promover a utilização de tecnologias eficientes e sustentáveis nos

sistemas de automação, preparando os alunos para atender às exigências tecnológicas da indústria moderna.

### **1.1. Objetivo Geral**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) tem como objetivo implementar um kit didático no laboratório de máquinas e comandos elétricos da Etec Sylvio de Mattos Carvalho, com o propósito de permitir a demonstração prática do uso dos inversores de frequência.

### **1.2. Objetivos Específicos**

Projetar e montar o kit didático no laboratório de comandos elétricos de forma funcional e segura, permitindo a realização de experimentos práticos, contribuindo para o aprimoramento do aprendizado técnico e prático.

Explorar o funcionamento dos inversores de frequência, destacando suas vantagens em relação aos métodos tradicionais de acionamento de motores elétricos, além de suas principais aplicações e benefícios

Desenvolver um manual didático, que instrua os alunos sobre o uso correto do kit, explicando passo a passo o funcionamento dos inversores de frequência e roteiro de suas aplicações práticas no controle de motores elétricos.

### **1.3. Metodologia**

O presente projeto teve como intuito as doações adquiridas principalmente dos inversores de frequência, no qual foi feito o estudo do manual do próprio para agregar suas qualidades e utilidades. Tanto quanto a ajuda dos professores para a melhor adequação dos inversores no painel didático.

O estudo prático teve como tema principal a melhor forma de instruir e facilitar a visão dos alunos ao inversor de frequência, por tanto a sua aplicação seguiu o esquema ligações por bornes banana instruído na sala de comandos e podendo fazer a configuração do motor na tela do inversor (BOP).

## **2. INVERSOR DE FREQUÊNCIA**

### **2.1. Como surgiu o inversor de frequência**

Com a descoberta e utilização dos motores elétricos no início do século XVII, a indústria foi a que mais se beneficiou desta tecnologia, tendo em vista que as máquinas à combustão custavam caro. Além dos altos valores, também eram difíceis de transportar, poluidores e não era possível de instalar em qualquer lugar.

Já os motores elétricos eram menores, fáceis de mover, mais limpos e tão potentes quanto os à combustão. Com o passar dos anos e o avanço da tecnologia, vieram as diversas formas de acionamento dos motores, as mais comuns: partida direta; partida estrela-triângulo; partida compensadora; partida com soft-starter e partida com inversor de frequência.

As primeiras formas de partida consistem na ligação direta do motor à rede, o que pode ocasionar sobrecarga nos motores e na rede elétrica, prejudicando assim o funcionamento e a vida útil do motor. Graças a indústria 3.0 e toda a automação desenvolvida, equipamentos para melhorar o controle e a proteção dos motores foram desenvolvidos, como por exemplo, soft-starter e inversores de frequência.

Antes de ser inventado, o grande problema era como cessar a passagem da energia dentro do mesmo. Com esse advento muitas coisas foram possíveis, como por exemplo o não superaquecimento do motor (consequentemente não queimando) com uma corrente contínua, é quase que impossível realizar o controle de giro dos motores elétricos, porém hoje já é possível realizar esta alternância na energia recebida pelo motor, utilizando um inversor de frequência. Assim auxiliando no processo de transformar a corrente contínua em uma corrente alternada. Esse processo é muito semelhante ao sistema dos interruptores de energia simples que temos em nossas casas. E além disso, ainda tem a possibilidade de ser utilizado na idealização de novos e mais potentes motores elétricos, tanto para indústria de ventilação, como para indústrias metalúrgicas.



Figura 1 – Inversor de frequência SIEMENS

Fonte: Do próprio Autor (2024)

## 2.2. Aplicações e funcionamentos

O inversor de frequência é um importante componente quando falamos do controle de motores elétricos. Desde que foi inventado, sem dúvidas, se tornou essencial em diversos projetos tecnológicos. Ele está presente em diversos processos do setor industrial, é bem aplicado no ramo da automação por conta da sua capacidade de controlar cargas exatas. Além de ser um meio eficaz de aumentar a economia energética e diminuir os gastos com consertos de reparação. Neste artigo iremos explicar o funcionamento de um inversor de frequência, os tipos existentes, as vantagens e desvantagens, suas aplicações no dia a dia e dentro do projeto do Cheetah-E Racing, de modo que você seja capaz de utilizá-lo com eficácia em suas criações, além de que ao fim desta leitura os benefícios dele serão claramente vistos.

De modo resumido, o inversor de frequência converte os sinais de corrente alternada (CA) em corrente contínua (CC), posteriormente mudando para um sinal pulsado, PWM. Ao acontecer isso ocorre uma alteração na frequência, mudando assim a velocidade de rotação e o torque do motor. Existem diversos tipos de

inversores que realizam outros funcionamentos, no Cheetah-E usamos um inversor modelo CVW300, que converte direto de uma corrente contínua (DC) para um sinal pulsante.

Para um melhor entendimento é interessante analisar o funcionamento de cada uma das partes do inversor:

**Ponte Retificadora:** após receber a alimentação ocorre o processo de retificação do sinal, na ponte existem diodos que executam essa tarefa. Após isso é fornecida uma saída contínua com ondulações.

**Filtro:** Tendo em vista a existência de tais ondulações, o sinal passará pelo filtro CC que é composto de capacitores. O filtro irá retirar ao máximo as pulsações do sinal, transformando-o no mais contínuo possível. É válido destacar que isso ocorre por conta que o capacitor diminui o efeito de ripple.

**Ponte Inversora:** Associação de transistores IGBT, que possuem a função de interruptores, contudo eles só podem ser ligados ou desligados a partir de uma sequência correta para alterar o sinal contínuo em uma saída próxima a de uma onda senoidal. Essa etapa é sem dúvida a mais interessante para entendermos os benefícios do inversor de frequência, pois pelos transistores serem controlados eletronicamente torna possível que a frequência gerada na saída seja alterada em comparação com a frequência que entrou. Sendo assim, isso torna possível que a velocidade do motor seja alterada.

### 2.3. Tipos de inversores de frequência

**Inversor de Frequência Escalar:** É mais presente em tarefas consideradas simples, como partida e parada do motor e controle da velocidade em valores constantes. O controle escalar tem que operar de tal forma que a relação entre tensão e frequência sejam constantes. Tal funcionalidade é aplicada em operações que não necessite de dinâmicas elevadas, como mudança de torque e velocidade. Além dessa relação há o fato em que o torque é constante igual ao nominal, mesmo em velocidades diferentes. O equacionamento que descreve isso está a seguir:

Equação 1

$$\frac{V}{f} = K$$

Onde:

V – Tensão em volts;

f – Frequência em Hz;

K – Constante.

Mas como existe um certo limite de tensão suportada pelo motor, chegará um ponto em que V não poderá aumentar. Quando isso acontecer e houver ultrapassagem, haverá a região de enfraquecimento de campo que é caracterizada pela diminuição de fluxo no estator e, conseqüentemente, a diminuição do torque.

**Inversor de Frequência Vetorial:** Está presente em processos que necessitam de uma precisão maior, como por exemplo, elevadores e guinchos. Isso por conta que eles têm um maior desempenho dinâmico. A sua programação permite que a relação entre a tensão e a frequência utilizados sejam alterados, diferentemente dos escalares que possuem essa relação inteiramente constante. Sua utilização é mais complexa do que o escalar pois ele necessita que todos os parâmetros do motor sejam incluídos em sua programação, como por exemplo, as indutâncias, o torque, as resistências elétricas entre outros.

## 2.4. Vantagens e desvantagens

Contribui para uma maior economia de energia: Operações que envolvem ventilação, em geral utilizam válvulas para o controle de vazão, contudo o inversor é capaz de mudar a velocidade do motor em períodos específicos orientados pela programação, diferentemente das válvulas que realizam tal tarefa quando o motor está com uma velocidade constante.

Melhor controle dos processos e aumento na produção: Como já citado acima, por meio da programação do inversor é possível automatizar operações, agilizando assim a produção do setor industrial, por exemplo.

Aumento na vida útil dos equipamentos utilizados e diminuição na quantidade de manutenções realizadas nos equipamentos: Os inversores possuem um recurso chamado rampa de aceleração. Sua função é evitar acionamentos bruscos, preservando assim a integridade do motor. Ela faz isso quando leva o motor a funcionar na velocidade configurada para sua operação. Como os motores não atuam o tempo inteiro na velocidade máxima eles são menos forçados, evitando manutenções corretivas.

Economia de energia é um dos benefícios do inversor de frequência, é proporcionar a redução de custo operacional.

Para isso, inversores contam com funções de otimização de energia, tais como:

**Sleep Mode:** disponível em inversores que tem PI ou PID como controlador e comumente utilizado em aplicações de bomba (estações de tratamento de fluido, por exemplo), com transmissão de pressão ou transmissor de nível. Neste modo, é ajustada, por exemplo, a pressão mínima de operação e a pressão de interesse. Caso a pressão de nível, por exemplo, permaneça constante por determinado tempo (minutos), o inversor entra em hibernação para economizar energia, até que seja o seu uso venha a ser necessário novamente;

**Função de otimização automática de energia (AEO):** a Otimização Automática de Energia (AEO, do inglês Automatic Energy/Optimization) em inversores, reduz o consumo de energia, reduz o aquecimento excessivo do motor, prolonga a sua vida útil e pode reduzir o ruído gerado pelo motor. Isso ocorre devido a sua função de reduzir a tensão de saída do inversor para o motor de acordo com a carga requerida. Resumidamente, a função AEO economiza de 5% a 15% de energia elétrica consumida.

Como sabemos, no mundo da tecnologia nem tudo são mil maravilhas, e tudo possui vantagens e desvantagens, o mesmo com os inversores, apesar de terem várias aplicabilidades práticas, alguns pontos negativos que possuem são:

**Alto custo:** Ao ser comparado com outros componentes o inversor nitidamente possui um valor extremamente elevado e dependendo do orçamento inicial que você tenha planejado é possível que o preço do inversor de frequência fique um pouco “salgado”.

Componentes sofisticados que exigem mão de obra especializada: Apesar de terem grandes qualidades e prevenirem falhas e futuras manutenções nos motores, os inversores têm componentes complexos que dificilmente podem ser consertados ou terem manutenção sem um parecer técnico.

Contudo, apesar deste alto custo inicial, ele apresenta um ótimo custo-benefício de longo prazo, pois possibilita uma grande economia elétrica e uma grande durabilidade das engrenagens e de diversos outros componentes mecânicos.

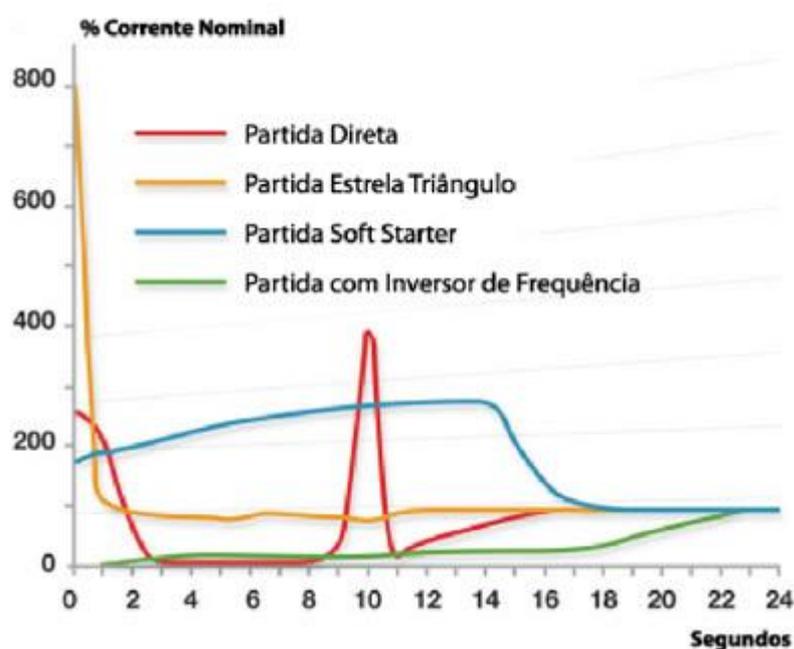


Figura 2 – Diferenças entre as correntes nominais das partidas

Fonte: <https://arpressi.com.br/>

## 2.5. Micromaster 420

Os Inversores MICROMASTER 420 são uma série de inversores de frequência para o controle de velocidade de motores trifásicos. A gama de modelos disponíveis vai desde o modelo de 120W com entrada monofásica até o de 11 kW com entrada trifásica.

Os inversores são controlados por microprocessador e utilizam tecnologia IGBT (Transistor Bipolar de Gate Isolado) de última geração. Isto os torna confiáveis e versáteis. Um modo especial de modulação por largura de pulsos com frequência de

pulsação ajustável permitindo um funcionamento silencioso do motor. Diversas funções de supervisão permitem uma excelente proteção tanto do inversor como do motor.

O conjunto de ajustes de fábrica do MICROMASTER 420 é ideal para uma grande gama de aplicações simples de controle de motores. O MICROMASTER 420 pode também ser utilizado em aplicações mais complexas, lançando-se mão de sua completa lista de parâmetros.

O MICROMASTER 420 pode atender aplicações isoladas, bem como integrar sistemas complexos de automação.

A metodologia de operação de um inversor de frequência pode variar ligeiramente dependendo do fabricante e do modelo específico do inversor. No entanto, vou explicar de forma geral como a maioria dos inversores de frequência é operada.

**Configuração Inicial:** Ao ligar o inversor pela primeira vez, é necessário configurar parâmetros como a frequência de operação, corrente nominal do motor, aceleração e desaceleração, entre outros. Isso geralmente é feito por meio de um painel de controle ou interface digital.

**Controle de Velocidade:** Os inversores de frequência permitem o controle preciso da velocidade do motor, seja aumentando ou diminuindo a frequência de operação. Isso pode ser feito manualmente ou por meio de sinais externos, como potenciômetros ou sistemas de controle automatizado.

**Proteções e Alarmes:** Os inversores de frequência possuem recursos de proteção para o motor e o próprio inversor, como proteção contra sobrecarga, sobre tensão, subtensão, curto-circuito, entre outros. É importante entender como interpretar os alarmes e códigos de erro para solucionar problemas.

**Programação Avançada:** Alguns inversores oferecem a possibilidade de programação avançada para automação industrial, controle vetorial, comunicação em rede e integração com sistemas externos.

As vantagens na utilização do inversor de frequência é que monitora a carga do motor elétrico e ajusta a frequência e a tensão de alimentação para fornecer somente a quantidade necessária de energia, nada além disso. Essa ação resulta em um controle preciso da velocidade do motor elétrico e na economia de energia elétrica.

As desvantagens de um inversor de frequência é o custo inicial relativamente alto, grande quantidade de componentes sofisticados que requerem técnicos especializados para a manutenção, limitação do uso em sistemas de bombeamento de líquido com partículas em suspensão, de acordo com os componentes de instalações e aplicações na parte prática.

### 3. MATERIAIS UTILIZADOS

Tabela 1 - Relação de compras / custos dos materiais

<b>MATERIAIS</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>VALOR P/UNID.</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
INVERSORES	4	5.500,00	22.000,00
DISJUNTORES MOTOR	4	350,00	1.400,00
CABO 2,5 MM	100 M	2,20 p\m	220,00
CABO 1,5 MM	100 M	1,65 p\m	220,00
BORNE BANANA	11 PACOTES	20,00	220,00
PLACAS (AÇO CARBONO)	8	66,00	264,00
TRANSFORMADOR	1	1.436,00	1.436,00
POTENCIÔMETRO	4	22,80	91,20
SINALEIRO	4	20,00	80,00
	TOTAL		25931,20

Fonte: Do próprio Autor (2024)

## 4. DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo será abordado os métodos de desenvolvimento do projeto do seu início até a finalização do projeto pratico, explicando cada etapa de montagem e cada componente utilizado neste painel didático.



Figura 3 – Principais materiais utilizados, quatro inversores e quatro disjuntores.

Fonte: Do próprio Autor (2024)

### 4.1. Placa

Primeiramente foi feita a separação das placas que irão ser encaixadas no painel e com auxílio dos professores foram encontrados placas correspondentes e algumas cortadas para a fixação dos disjuntores, enquanto outras quatro mantidas para a fixação dos inversores e a furação dos bornes bananinhas.



Figura 4 – Placas para fixação dos equipamentos no painel

Fonte: Do próprio autor (2024)

#### 4.2. Furação

Após a aquisição das placas, foram feitas as medições dos furos para fixar os inversores, disjuntores, bornes, potenciômetros e passadores de cabos. Em seguida com o auxílio da furadeira foram utilizados dois tipos de brocas para fixar os trilos dos disjuntores; logo após e já com a furadeira de bancada foi feito os furos dos bornes de 4 mm, além dos potenciômetros que utilizou o mesmo.



Figura 5 – Materiais utilizados para furação

Fonte: Do próprio Autor (2024)



Figura 6 – Placas prontas após o processo de furação

Fonte: Do próprio Autor (2024)



Figura 7 – Um dos colaboradores fazem a utilização da furadeira para certa etapa

Fonte: Do próprio autor (2024)



Figura 8 – Auxilio da furadeira de bancada para furação

Fonte: Do próprio autor (2024)

### 4.3. Componentes para aplicação

#### 4.3.1. Potenciômetro

Um dispositivo eletrônico que permite variar a resistência elétrica de um circuito de forma controlada.



Figura 9 - Potenciômetros

Fonte: Do próprio Autor (2024)

#### 4.3.2. Bornes

O plug banana é um conector utilizado para fontes de alimentação.



Figura 10 – Bornes banana

Fonte: Do próprio Autor (2024)

### 4.3.3. Disjuntores

Um dispositivo de proteção projetados para interromper a corrente elétrica quando detectam alguma condição que possa causar danos ao motor ou outros riscos.



Figura 11 – Disjuntores motores

Fonte: Do próprio Autor (2024)

#### 4.4. Aplicação dos componentes

Nesta etapa será instalada os componentes como disjuntor, inversor de frequência, bornes e potenciômetro. Além já foram introduzidos os cabos de alimentação e posteriormente ajustado e dados os seus devidos acabamentos.



Figura 12 – Três etapas das aplicações

Fonte: Do próprio Autor (2024)



Figura 13 – Rolos de cabos 2,5mm na cor azul e preto

Fonte: Do próprio Autor (2024)



Figura 14 – Solda do potenciômetro e passagem de cabo nas placas

Fonte: Do próprio Autor (2024)



Figura 15 – Acabamento feito em umas das placas

Fonte: Do próprio Autor (2024)

#### 4.5. Passagem dos cabos

Foram utilizados cabos 2,5mm para a entrada (220V) e saída (440V) do Trafo onde chegará até os bornes de alimentação dos painéis, estes cabos foram passados por perfilados contidos na sala de aula e meramente feito o acabamento do mesmo.



Figura 16 – Colaboradores passando cabos pelo perfilado

Fonte: Do próprio Autor (2024)



Figura 17 – Passagem de cabos

Fonte: Do próprio Autor (2024)

#### 4.6. Transformador

Após a passagem dos cabos, posicionamos o Trafo no local ideal a baixo do primeiro painel e foi feito sua alimentação de 220V e ligado a saída de 440V para os bornes principais. Logo após foi feito uma isolação nas pontas do próprio, dado seu acabamento e testado a chegada da alimentação.



Figura 18 – Transformador pronto

Fonte: Do próprio Autor (2024)

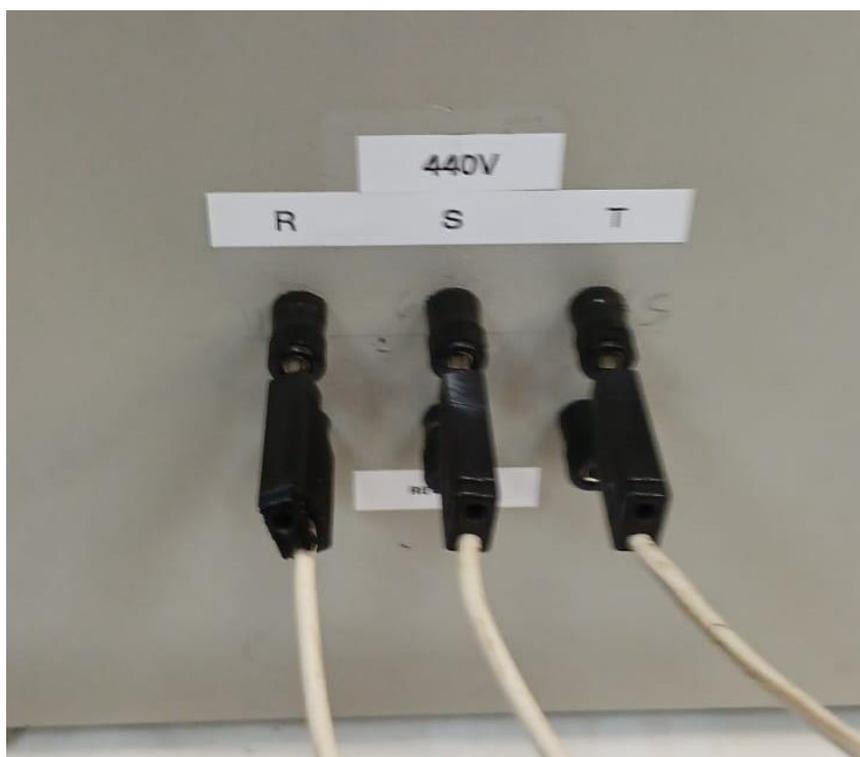


Figura 19 – Bornes principais de alimentação 440V

Fonte: Do próprio Autor (2024)

#### 4.7. Ligações das alimentações 440V

Primeiramente para tornar mais seguro aos alunos, colocamos uma chave seletora de duas posições com chave padrão para que somente o professor possa autorizar a alimentação para as bancadas.

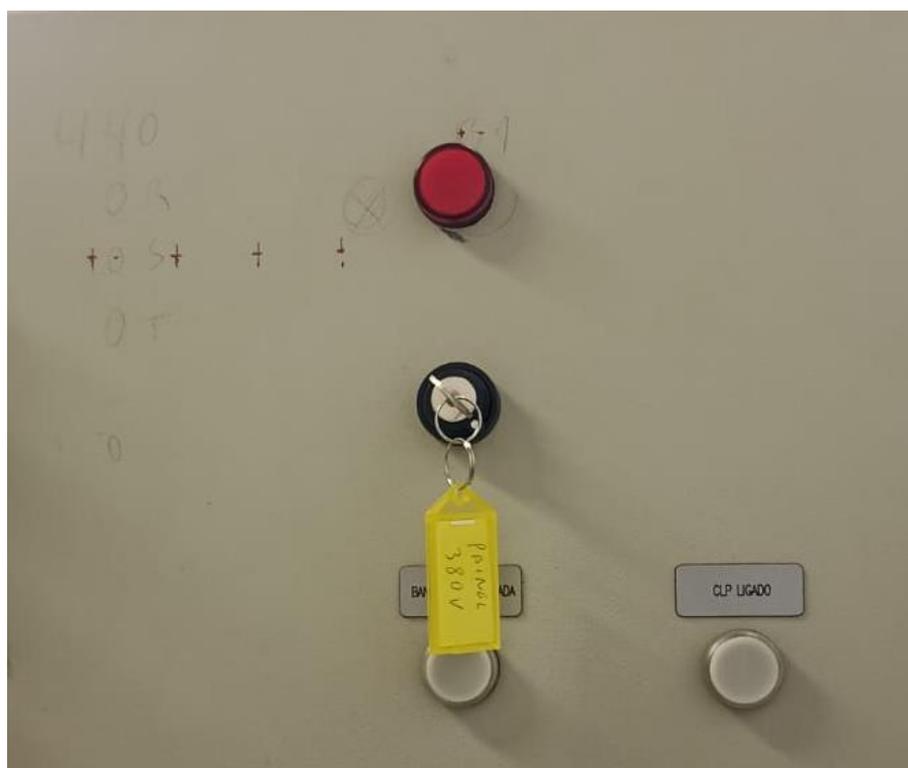


Figura 20 – Chave seletora para 440V

Fonte: Do próprio autor

##### 4.7.1. Acionamento da seletora

No acionamento da seletora foi utilizado um contator auxiliar que faz comado de liga e desliga do próprio que autoriza ou não a passagem de energia para os bornes principais dos painéis, além de ter o sinaleiro para identificar se a energia presente.



Figura 21 – Ligação do contator para a seletora

Fonte: Do próprio Autor (2024)



Figura 19 – Conexão dos cabos ao contator

Fonte: Do próprio autor (2024)

#### 4.8. Nomeando as borneiras e dispositivos

Para o trabalho ser mais prático visualmente, com auxílio de um rotulador eletrônico fizemos etiquetas para cada borne e dispositivo encontrado em nosso painel, isso facilita para que os alunos saibam onde ligar cada botoeira em seu respectivo lugar ideal.

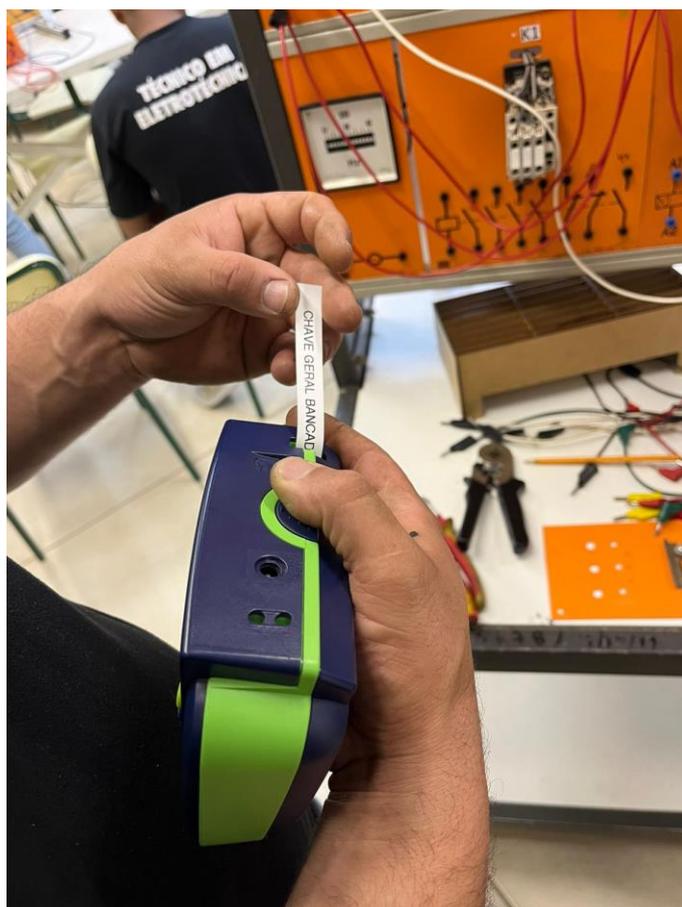


Figura 20 – Rotulador eletrônico

Fonte: Do próprio Autor (2024)



Figura 21 – Etiquetação da placa

Fonte: Do próprio Autor (2024)

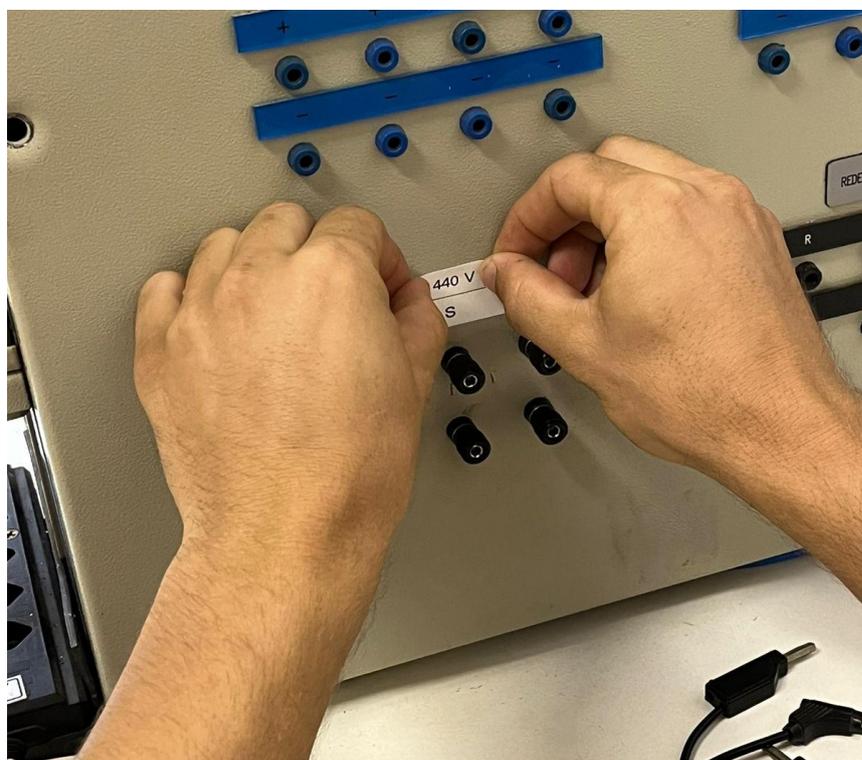


Figura 22 – Aplicação das etiquetas

Fonte: Do próprio Autor (2024)

#### 4.9. Configurações e testes

Após todo o desenvolvimento de ligações de alimentação e seus acabamentos, foram feitos os primeiros testes com o inversor de frequência e ligado a saída no motor elétrico, por isso modificou-se os parâmetros de acordo com os dados do motor onde foi rodado e testado de acordo com os conformes, além de acionado os comandos segundo o esquema de aula desenvolvido para testes mais específicos.

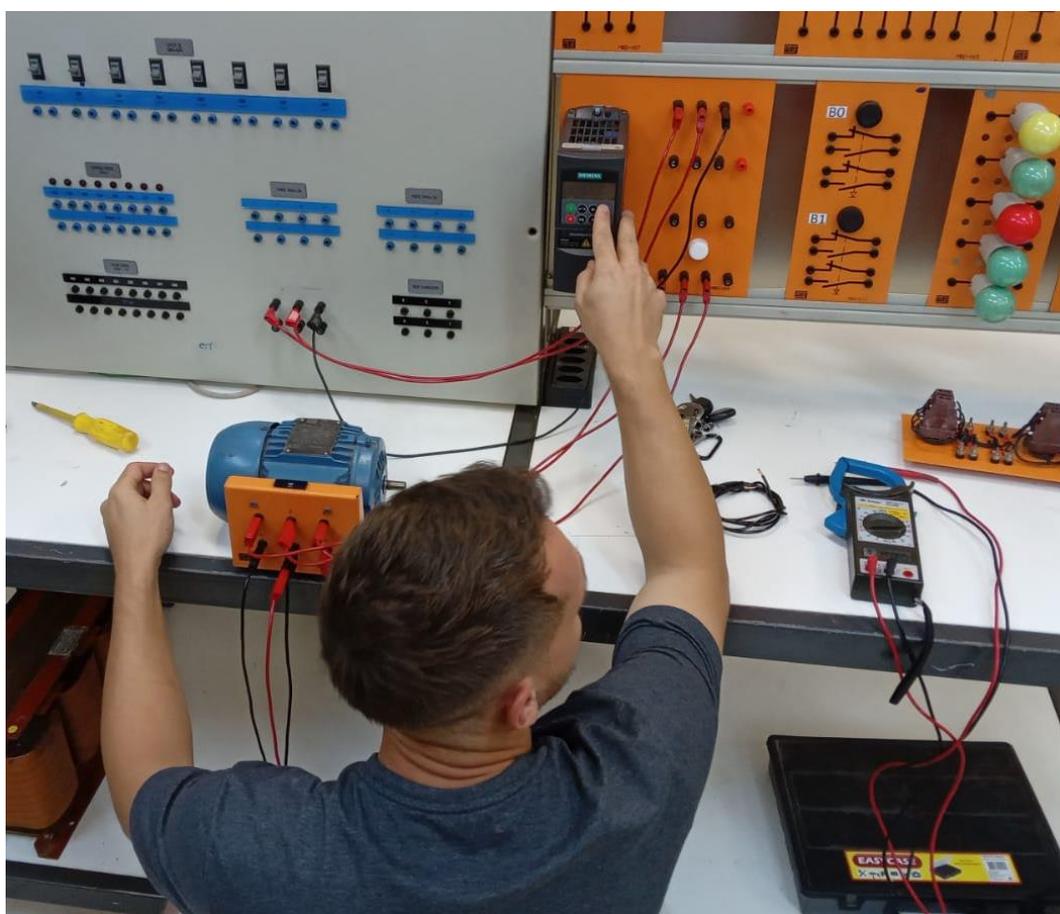


Figura 23 – Testes com o inversor de frequência

Fonte: Do próprio Autor (2024)

#### 4.10. Diagrama elétrico

O diagrama elétrico está representando o principal fornecimento de energia elétrica do painel e algumas especificações.

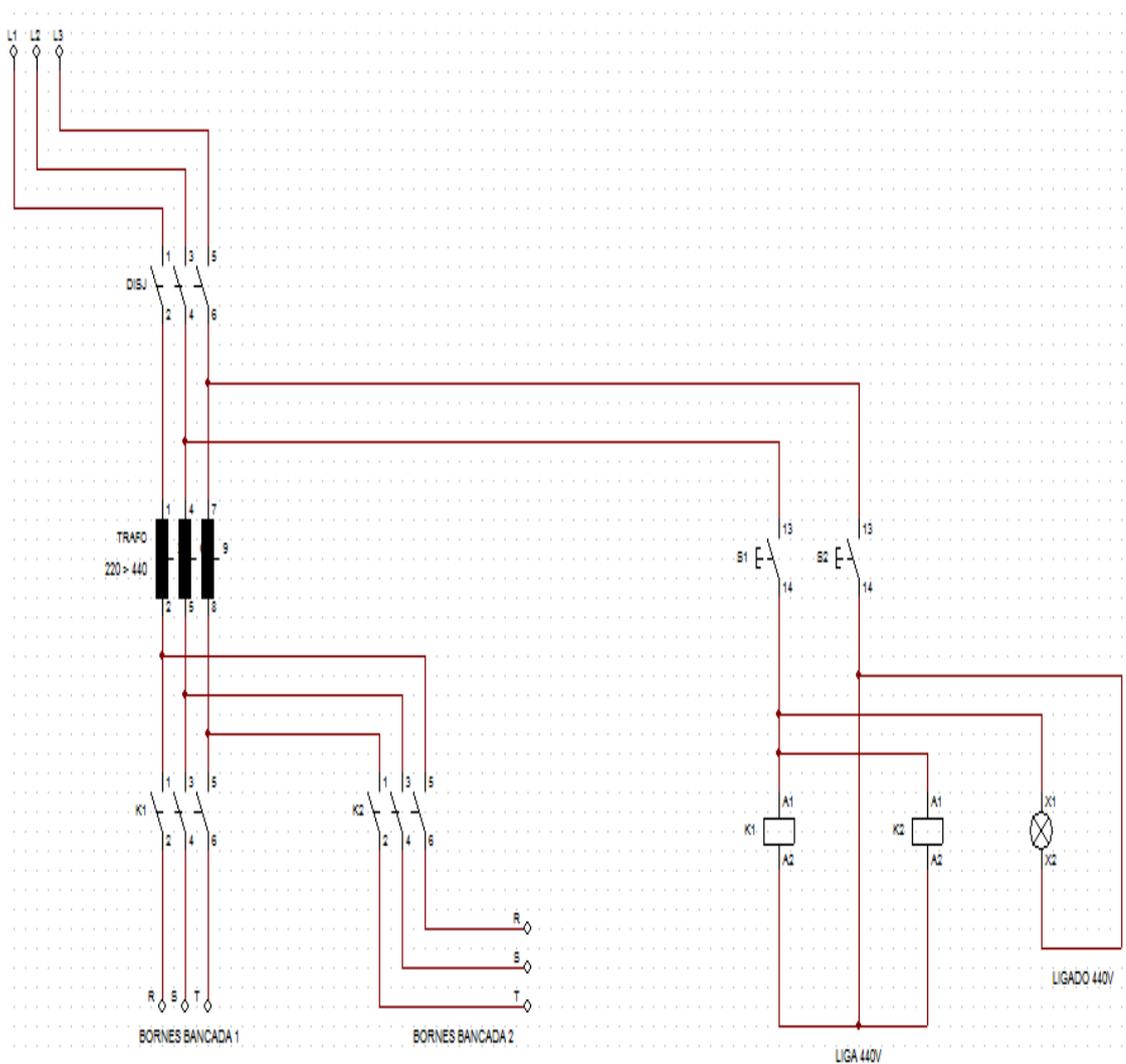


Figura 24 – Diagrama elétrico do painel - CADe\_SIMU 4.0

Fonte: Do próprio Autor (2024)

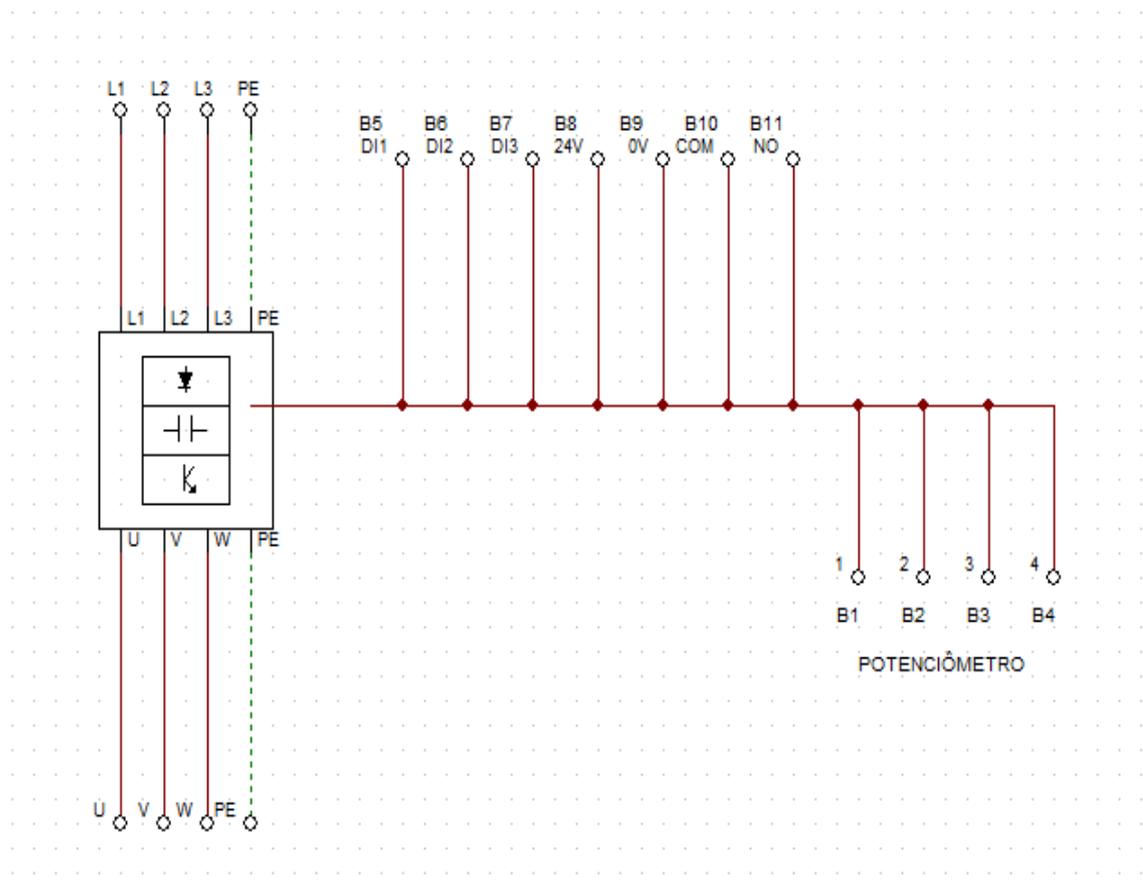


Figura 25 – Diagrama do inversor - CADe\_SIMU 4.0

Fonte: Do próprio Autor (2024)

#### 4.11. Projeto finalizado

Em tese, o projeto finalizado busca de maneira simples e organizada demonstrar o seu funcionamento na sala de comandos, onde seguiu o mesmo pensamento dos outros equipamentos obtidos na bancada didática.

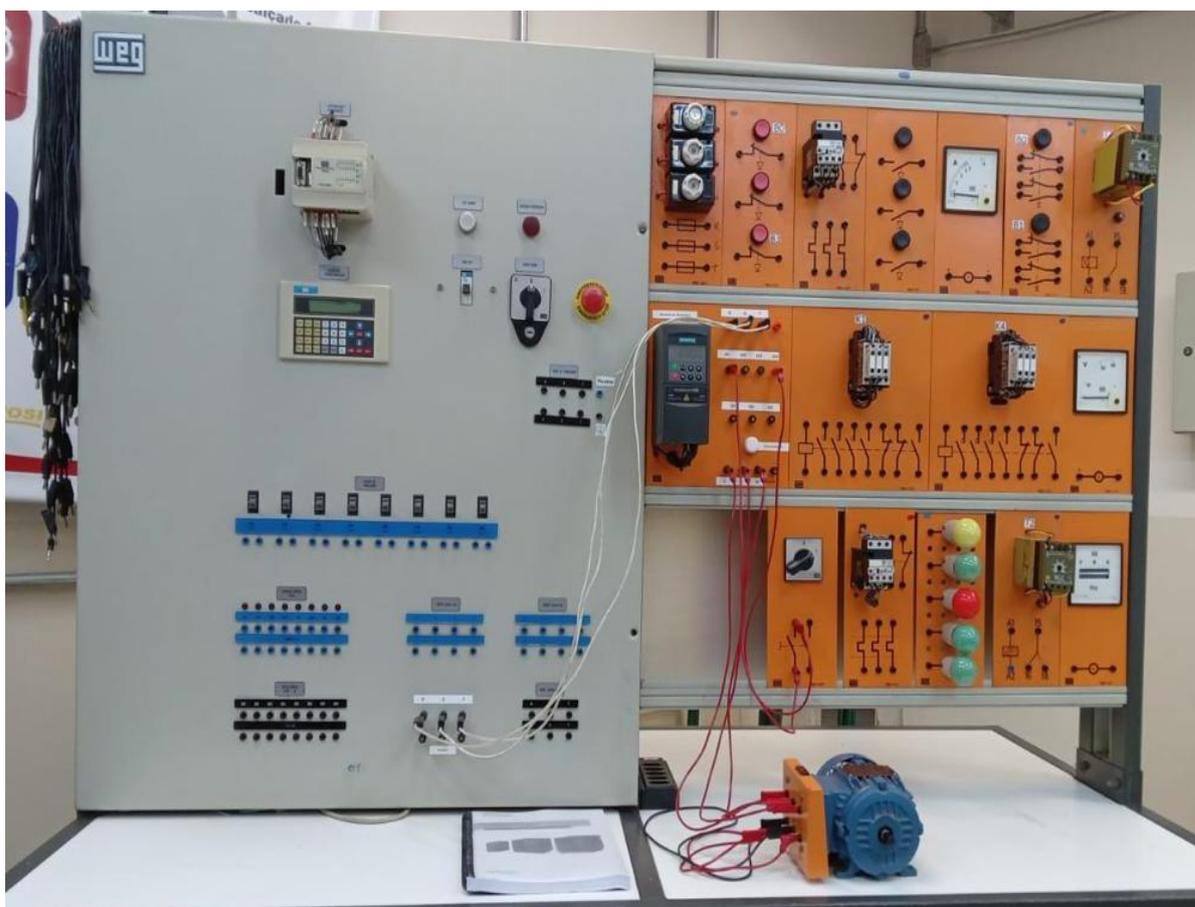


Figura 26 – Painel finalizado

Fonte: Do próprio Autor (2024)

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclua-se que o projeto foi pensado principalmente através das doações dos inversores de frequência, que engavetaram a ideia de aprimoramento da sala de comandos da escola. Por tanto a modernização trouxe uma nova visão dos equipamentos eletrônicos, mas manteve a mesma ideia contida no painel e seu método de ensino que é feita por borneias de ligação.

Com auxílio dos professores que trabalham na sala de comandos foram feitas as principais modificações do painel e principalmente deixando marcado cada entrada ou saída com suas identificações corretas, isso principalmente para evitar algum tipo de ligação incorreta. Por tanto o desenvolvimento foi distribuído conforme o planejado desde a medição, furações e dos outros processos, mas em meio ao cronograma o principal problema foi em questão bornes bananinhas que não haviam a isolação correspondente ao trabalho e com isso foi estabelecido uma isolação conforme foi solicitado e mantida legal a questão de isolação.

Em questão ao desenvolvimento do trabalho foi procurado uma modernização para explorar uma marca de dispositivos eletrônicos renomada no comercio industrial, onde o painel didático visa proporcionar uma forma que possibilite aos professores ensinarem os próximos alunos um jeito prático e detalhado.

## REFERÊNCIAS

MICROMASTER 420. Parâmetros MICROMASTER 420. Disponível em: <https://snumam.com.br/template/pw-pdf/Inversor-de-frequencia-siemens-Micro-Master-420-lista-de-parametros.pdf>. Acesso em 5 mar. 2024.

SIEMENS. História da Siemens. Disponível em: <https://www.siemens.com/br/pt/empresa/sobre-a-siemens/historia.html>. Acesso em 17 jul. 2024.

CADe\_SIMU 4.0. Disponível em: Aplicación MFC CADe\_SIMU. Acesso em 18 set. 2024.

## APÊNDICE

### Aulas práticas com inversor de frequência

#### Partida com BOP

- \*No inversor de frequência o botão P acessa os parâmetros
- \*No inversor de frequência o botão FN altera de posição os dados
- \*No inversor de frequência a SETA para cima aumenta os dados dos parâmetros
- \*No inversor de frequência a SETA para baixo diminui os dados dos parâmetros
- \*No inversor de frequência o botão VERDE liga o inversor de frequência
- \*No inversor de frequência o botão VERMELHO desliga o inversor de frequência

Parametrize o inversor de frequência junto com o manual com os seguintes dados:

- P0010- Comissionamento Rápido= 1
- P0100- Unidade de potência= 2 (kW/60Hz) P0300- Seleciona o tipo de motor= 1
- P0304- Tensão nominal do motor= 380V OU 220V
- P0305- Corrente nominal do motor= 0,60A P0307- Potência do motor= 0,18 kW
- P0310- Frequência nominal do motor= 60Hz P0311- Velocidade nominal do motor= 1710 rpm
- P0700- Seleção da origem do comando= 1
- P1000- Seleção do setpoint de frequência= 1
- P1080- Frequência mínima= 30 Hz P1082- Frequência máxima= 60Hz P1820- Habilita reversão= 0
- P3900- Final do comissionamento rápido= 1

### **Partida com BOP / Reversão**

- \*No inversor de frequência o botão P acessa os parâmetros
- \*No inversor de frequência o botão FN altera de posição os dados
- \*No inversor de frequência a SETA para cima aumenta os dados dos parâmetros
- \*No inversor de frequência a SETA para baixo diminui os dados dos parâmetros
- \*No inversor de frequência o botão VERDE liga o inversor de frequência
- \*No inversor de frequência o botão VERMELHO desliga o inversor de frequência

### **Parametrize o inversor de frequência junto com o manual com os seguintes dados:**

- P0010- Comissionamento Rápido= 1
- P0100- Unidade de potência= 2 (kW/60Hz)
- P0300- Seleciona o tipo de motor= 1
- P0304- Tensão nominal do motor= 380V OU 220V
- P0305- Corrente nominal do motor= 0,60A
- P0307- Potência do motor= 0,18 kW
- P0310- Frequência nominal do motor= 60Hz
- P0311- Velocidade nominal do motor= 1710 rpm
- P0700- Seleção da origem do comando= 1
- P1000- Seleção do setpoint de frequência= 1
- P1080- Frequência mínima= 30 Hz
- P1082- Frequência máxima= 60Hz
- P1820- Habilita reversão= 1
- P3900- Final do comissionamento rápido= 1

### **Partida com BOP / Rampa Aceleração e desaceleração**

- \*No inversor de frequência o botão P acessa os parâmetros
- \*No inversor de frequência o botão FN altera de posição os dados
- \*No inversor de frequência a SETA para cima aumenta os dados dos parâmetros
- \*No inversor de frequência a SETA para baixo diminui os dados dos parâmetros
- \*No inversor de frequência o botão VERDE liga o inversor de frequência
- \*No inversor de frequência o botão VERMELHO desliga o inversor de frequência

### **Parametrize o inversor de frequência junto com o manual com os seguintes dados:**

- P0010- Comissionamento Rápido= 1
- P0100- Unidade de potência= 2 (kW/60Hz)
- P0300- Selecciona o tipo de motor= 1
- P0304- Tensão nominal do motor= 380V OU 220V
- P0305- Corrente nominal do motor= 0,60A
- P0307- Potência do motor= 0,18 kW
- P0310- Frequência nominal do motor= 60Hz
- P0311- Velocidade nominal do motor= 1710 rpm
- P0700- Seleção da origem do comando= 1
- P1000- Seleção do setpoint de frequência= 1
- P1080- Frequência mínima= 30 Hz
- P1082- Frequência máxima= 60Hz
- P1120- Rampa de aceleração= 10s
- P1121- Rampa de desaceleração= 2s
- P1820- Habilita reversão= 0
- P3900- Final do comissionamento rápido=1

### **Partida com BOP / Potenciômetro**

- \*No inversor de frequência o botão P acessa os parâmetros
- \*No inversor de frequência o botão FN altera de posição os dados
- \*No inversor de frequência a SETA para cima aumenta os dados dos parâmetros
- \*No inversor de frequência a SETA para baixo diminui os dados dos parâmetros
- \*No inversor de frequência o botão VERDE liga o inversor de frequência
- \*No inversor de frequência o botão VERMELHO desliga o inversor de frequência

### **Parametrize o inversor de frequência junto com o manual com os seguintes dados:**

- P0010- Comissionamento Rápido= 1
- P0100- Unidade de potência= 2 (kW/60Hz)
- P0300- Seleciona o tipo de motor= 1
- P0304- Tensão nominal do motor= 380V OU 220V
- P0305- Corrente nominal do motor= 0,60A
- P0307- Potência do motor= 0,18 kW
- P0310- Frequência nominal do motor= 60Hz
- P0311- Velocidade nominal do motor= 1710 rpm
- P0700- Seleção da origem do comando= 1
- P1000- Seleção do setpoint de frequência= 2
- P1080- Frequência mínima= 30 Hz
- P1082- Frequência máxima= 60Hz
- P1120- Rampa de aceleração= 10s
- P1121- Rampa de desaceleração= 2s
- P1820- Habilita reversão= 0
- P3900- Final do comissionamento rápido=1

## **Partida com entradas digitais**

### **Partida com botoeira externa (liga/desliga)**

\*No inversor de frequência o botão P acessa os parâmetros

\*No inversor de frequência o botão FN altera de posição os dados

\*No inversor de frequência a SETA para cima aumenta os dados dos parâmetros

\*No inversor de frequência a SETA para baixo diminui os dados dos parâmetros

### **Parametrize o inversor de frequência junto com o manual com os seguintes dados:**

P0010- Comissionamento Rápido=	42
P0100- Unidade de potência= 2 (kW/60Hz) P0300- Seleciona o tipo de motor=	42
P0304- Tensão nominal do motor= 380V OU 220V	42
P0305- Corrente nominal do motor= 0,60A P0307- Potência do motor= 0,18 kW	
P0310- Frequência nominal do motor= 60Hz P0311- Velocidade nominal do motor= 1710 rpm P0700- Seleção da origem do comando=	42
P0701- Função entrada digital 1= 1	
P1000- Seleção do setpoint de frequência= 2	
P1080- Frequência mínima= 30 Hz	
P1082- Frequência máxima= 60Hz	
P1820- Habilita reversão= 0	
P3900- Final do comissionamento rápido= 1	

### **Ligar o inversor por botoeira externa (liga/desliga)**

\*Interligar o borne 24v do INVERSOR no borne 3 da botoeira

\*Interligar o borne 4 da botoeira no borne ED1 do INVERSOR

**Partida com botoeira externa (reversão)**

- \*No inversor de frequência o botão P acessa os parâmetros
- \*No inversor de frequência o botão FN altera de posição os dados
- \*No inversor de frequência a SETA para cima aumenta os dados dos parâmetros
- \*No inversor de frequência a SETA para baixo diminui os dados dos parâmetros

**Parametrize o inversor de frequência junto com o manual com os seguintes dados:**

- P0010- Comissionamento Rápido= 1
- P0100- Unidade de potência= 2 (kW/60Hz)
- P0300- Seleciona o tipo de motor= 1
- P0304- Tensão nominal do motor= 380V OU 220V
- P0305- Corrente nominal do motor= 0,60A
- P0307- Potência do motor= 0,18 kW
- P0310- Frequência nominal do motor= 60Hz
- P0311- Velocidade nominal do motor= 1710 rpm
- P0700- Seleção da origem do comando= 2
- P0701- Função entrada digital 1= 1
- P0702- Função entrada digital 2= 12
- P1000- Seleção do setpoint de frequência= 2
- P1080- Frequência mínima= 30 Hz
- P1082- Frequência máxima= 60Hz
- P1820- Habilita reversão= 0
- P3900- Final do comissionamento rápido= 1

**Ligar o inversor por botoeira externa (reversão)**

- \*O inversor deve estar ligado com a botoeira de LIGA/DESLIGA para fazer a reversão
- \*Interligar o borne 24v do INVERSOR no borne 3 da botoeira
- \*Interligar o borne 4 da botoeira no borne ED2 do INVERSOR

## **Partida com botoeira externa (liga/desliga) com rampa de aceleração e desaceleração**

\*No inversor de frequência o botão P acessa os parâmetros

\*No inversor de frequência o botão FN altera de posição os dados

\*No inversor de frequência a SETA para cima aumenta os dados dos parâmetros

\*No inversor de frequência a SETA para baixo diminui os dados dos parâmetros

## **Parametrize o inversor de frequência junto com o manual com os seguintes dados:**

P0010- Comissionamento Rápido= 1

P0100- Unidade de potência= 2 (kW/60Hz)

P0300- Seleciona o tipo de motor= 1

P0304- Tensão nominal do motor= 380V OU 220V

P0305- Corrente nominal do motor= 0,60A

P0307- Potência do motor= 0,18 kW

P0310- Frequência nominal do motor= 60Hz

P0311- Velocidade nominal do motor= 1710 rpm

P0700- Seleção da origem do comando= 2

P0701- Função entrada digital 1= 1

P1000- Seleção do setpoint de frequência= 2

P1080- Frequência mínima= 30 Hz

P1082- Frequência máxima= 60Hz

P1120- Rampa aceleração= 10s

P1121- Rampa desaceleração= 2s

P1820- Habilita reversão= 0

P3900- Final do comissionamento rápido= 1

Ligar o inversor por botoeira externa (liga/desliga)

\*Interligar o borne 24v do INVERSOR no borne 3 da botoeira

\*Interligar o borne 4 da botoeira no borne ED1 do INVERSOR

\*Segurar o botão FN aproximadamente por 4 segundos irá abrir 4 parâmetros de leitura (o inversor de frequência precisa estar em funcionamento) sendo eles:

- Tensão no link DC
- Corrente no motor
- Tensão de saída
- Frequência de saída

\*O parâmetro P0010 E P0970 é o reset de fábrica, caso precise resetar o inversor colocar o P0010 em condição= 30 /. E o P0970= 1