



Etec Paulino Botelho

**Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico
em Eletrotécnica**

Alisson Guimaraes Neres
Everton Almeida Costa
Fábio Ricardo Do Vale
Gabriel Henrique De Lima
Michael Del Ponte

**ADEQUAÇÃO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS
SEGUINDO A NR12**

ADEQUAÇÃO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS SEGUINDO A NR12

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Etec Paulino Botelho, como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Eletrotécnica.

Orientador: Prof. Gabriel Luiz Bacha Junho

**São Carlos
2025**

AGRADECIMENTOS

A Deus....

Ao Prof. Gabriel Luiz Bacha Junho, nosso orientador.

Aos professores que contribuíram para que chegássemos até aqui.

Henrique, Gabriel De Lima. Guimaraes, Alisson Neres. Del, Michael Ponte. Almeida, Everton Costa. Ricardo, Fabio Do Vale. **Adequação em máquinas e equipamentos seguindo a NR12.** 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Eletrotécnica) – Etec Paulino Botelho, São Carlos, 2025

RESUMO

Foi mostrado a importância da NR12 (Norma Regulamentar) tendo como exemplo um esmeril, para a proteção do operador. Atualmente mesmo com tantos equívocos ou acidentes, procurou-se sempre melhorar para eliminar os riscos que tem gerado muitos acidentes nas indústrias, nosso projeto é fundamental para que o colaborador não fique exposto ao equipamento ligado em casos de acidentes, esse índice tende a diminuir quando as normas são fundamentais e ativas na empresa, por conta disso, decidimos montar algo que é utilizado com frequência, utilizando o Microcontrolador ESP32 e componentes elétricos.

Palavras-chave: Diagrama Unifilar, NR12, Esmeril, Segurança do trabalho.

Henrique, Gabriel De Lima. Guimaraes, Alisson Neres. Del, Michael Ponte. Almeida, Everton Costa. Ricardo, Fabio Do Vale. Adequacy in machines and equipment following NR12. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Eletrotécnica) – Etec Paulino Botelho, S. Carlos, 2025

ABSTRACT

The importance of NR12 (Regulatory Standard) has as an example to the operator's protection was shown. Today even with so many misconceptions or accidents, it has always been sought to improve to eliminate the risks that have generated many accidents in the industries. Our project is critical so that the employee is not exposed to the equipment connected in cases of accidents, this index tends to decrease when the standards are fundamental and active in the company, so we decided to set up something that is used frequently using the ESP32 microcontroller and electrical components.

Key-words: Single-line diagram, NR12, Emery, Occupational safety.

Sumário

1 - INTRODUÇÃO.....	8
1.1 INTRODUÇÃO A NR12.....	8
1.2 – OBJETIVOS	9
1.2.1 Geral:	9
1.2.2 Específicos:.....	9
2 – CONCEITOS E TÉCNICAS RELEVANTES	10
2.1 - ITEM 12.4.14 DA NR-12.....	10
3 - NOÇÕES DE APRECIÇÃO DE RISCO	11
4 - ADEQUAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS À NR12	12
4.1 – IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS DE SEGURANÇA	12
4.2 – TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO DOS TRABALHADORES	13
4.2.1 – O QUE DIZ A LEI?.....	14
5 – TECNOLOGIAS APLICADAS	15
5.1 – CAIXA METÁLICA 40X40X20	15
5.2 – CANALETA 50X30	16
5.3 – PEDAL DE ACIONAMENTO	16
5.4 – TRAFÓ – TRANSFORMADOR MONOFÁSICO	17
5.5 – DISJUNTOR BIPOLAR 16 A	18
5.6 – DISJUNTOR TRIPOLAR 25 A.....	19
5.7 – CONTATOR DE POTÊNCIA 24V (Motor)	20
5.8 – MINI CONTATOR 24 V.....	21
5.9 – TRILHO DIN	22
5.10 – CABO FLEXÍVEL.....	22
5.11 – DISPLAY LCD 2 LINHAS 16 COLUNAS	23
5.12 – MICROCONTROLADOR ESP32.....	24
5.13 – MÓDULO RELÉ	24
6 – MONTAGEM.....	25

6.1 – SUPORTE DE METALON.....	25
6.2 – MOTOR TRIFÁSICO 3 CV	26
6.3 – PAINEL DE COMANDO	26
6.4 – PROJETO MONTADO	27
6.4 – DIAGRAMA DE COMANDO.....	28
6.5 – DIAGRAMA DE POTÊNCIA	29
7 – METODOLOGIA	29
7.1 – HARDWARE UTILIZADO	29
7.2 – SOFTWARE	30
8 – DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO.....	30
8.1– INICIALIZAÇÃO.....	30
8.2– OPERAÇÃO DO MOTOR.....	30
8.3– MONITORAMENTO	30
8.4– SEGURANÇA.....	30
8.5– RESULTADOS ESPERADOS	30
9– APÊNDICE	31
9.1 – LÓGICA DE FUNCIONAMENTO	31
9.2 – APÊNDICE 1 PROGRAMAÇÃO ESP32.....	31
10 – CONCLUSÃO	49
11 - REFERÊNCIAS	50

1 - INTRODUÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO A NR12

A NR12 é uma Norma Regulamentadora (NR):

- Possuem força de lei;

A norma NR12 é uma norma específica para segurança de máquinas equipamentos, sendo que essas máquinas e equipamentos não necessariamente precisam ser industriais.

Ela surgiu devido a um histórico muito grande de acidentes trabalhistas que estavam ocorrendo em máquinas que não tinha uma devida proteção ou de um equipamento que era perigoso a um operador, então devido a um alto índice desse tipo de acidentes houve a necessidade de elaborar essa norma para garantir que os trabalhadores pudessem trabalhar de uma forma segura.

- De caráter fiscalizatório: utilizadas pelos fiscais do trabalho para inspecionar e atuar empresas;

Existe uma fiscalização específica nas empresas para verificar se as máquinas e equipamentos estão adequadas a essa norma (NR12), a função desses fiscais é inspecionar e atuar as empresas que está fora da norma, por exemplo:

Se uma empresa é fiscalizada e eles encontram equipamentos que podem causar riscos a um colaborador, essa empresa ela é multada em alguns casos podem ser até fechadas.

O objetivo de garantir que os equipamentos estejam adequados as normas de segurança e o objetivo principal é fazer uma adequação a uma máquina existente, e com essa adequação garantindo a redução dos acidentes típicos ou seja:

Prevenção de doenças ocupacionais,

Eliminação de acidentes provenientes de acesso indevidos a um determinado risco.

O entendimento acerca das características técnicas necessárias para o projeto e instalação das partes de sistemas de comandos relacionados à segurança em máquinas e equipamentos, especialmente quanto à estrutura desses sistemas, se simples (de um único canal) ou redundante (de dois canais), em conformidade com a Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12).

Para que este objetivo seja alcançado, são apresentados conceitos básicos sobre apreciação de riscos, sistemas e funções de segurança em máquinas e equipamentos.

Depois dessas conceituações, são destacadas e esclarecidas algumas dúvidas frequentes sobre o tema.

1.2 – OBJETIVOS

1.2.1 Geral:

Garantir a segurança operacional de máquinas conforme a NR-12.

1.2.2 Específicos:

- Implementar controle de partida e parada de motor via pedal.
- Integrar botões de emergência e sensores de proteção.
- Exibir informações operacionais em displays LCD.

2 – CONCEITOS E TÉCNICAS RELEVANTES

2.1 - ITEM 12.4.14 DA NR-12

A Portaria MTPS nº 509 de 29 de abril de 2016 alterou a Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12). A NR-12 é uma norma que estabelece medidas de proteção para garantir a segurança dos trabalhadores em máquinas e equipamentos.

A Portaria MTPS nº 509 de 2016:

- Alterou o Anexo IV da NR-12, que é o glossário da norma
- Revogou o item 12.137 da NR-12
- Incluiu uma redação no Anexo I da NR-12, que trata de distâncias de segurança e requisitos para o uso de detectores de presença
- Entrou em vigor na data de sua publicação

A NR-12 estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho. Ela também define referências técnicas e princípios fundamentais.

Alguns dos principais procedimentos de segurança em trabalhos com máquinas, de acordo com a NR-12, são: Segurança da máquina, Operadores capacitados, Avaliação dos riscos de forma contínua

Um dos principais objetivos da revisão do referido item foi possibilitar que as mais diversas tecnologias existentes, e as que venham a ser desenvolvidas, possam ser aplicadas em máquinas e equipamentos, desde que atendam as condições exigidas no item 12.4.14 da NR-12.

12.4.14 da NR-12 Por intermédio da Portaria SEPRT n.º 916/2019, publicou-se a redação atual do item 12.4.14 da NR-12, nos seguintes termos:

12.4.14 Se indicada pela apreciação de riscos a necessidade de redundância dos dispositivos responsáveis pela prevenção de partida inesperada ou pela função de parada relacionada à segurança, conforme a categoria de segurança requerida, o circuito elétrico da chave de partida de motores de máquinas e equipamentos deve:

- a) possuir estrutura redundante;
- b) permitir que as falhas que comprometem a função de segurança sejam monitoradas; e c) ser adequadamente dimensionado de acordo com o estabelecido pelas normas técnicas oficiais ou pelas normas internacionais aplicáveis.

O item 12.4.14 revisado restringe as exigências normativas aos dispositivos responsáveis pela prevenção da partida inesperada ou pela função de parada relacionada à segurança.

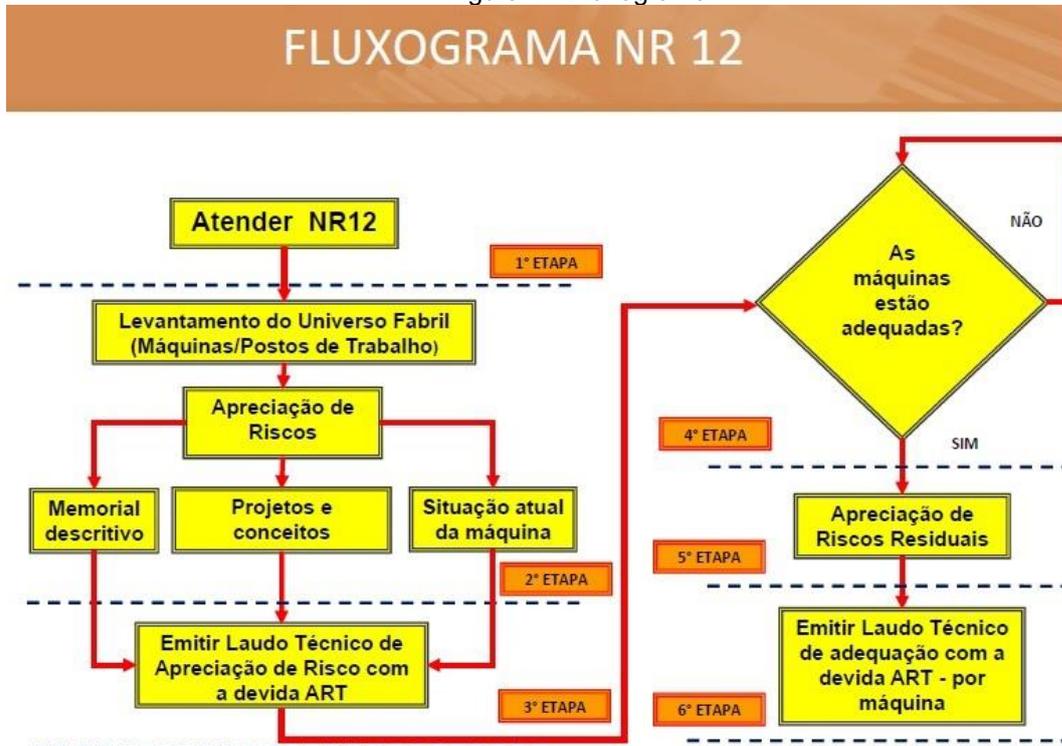
Desta forma, funções operacionais dos sistemas de comando das máquinas, como partida e parada funcional, não são abrangidos pelo referido item normativo.

Ressalta-se também que a redação anterior da NR-12, publicada pela Portaria MTPS n.º 509, de 29 de abril de 2016, estabelecia que o circuito elétrico do comando da partida e parada do motor de máquinas e equipamentos atendesse a estruturas determinadas.

3 - NOÇÕES DE APRECIÇÃO DE RISCO

Atualmente a NR-12 é uma das normas regulamentadoras que mais tem trazido autuações às empresas por parte do MTE. Abaixo um fluxograma simplificado das diversas etapas que devem ser seguidos para se evitar essas autuações.

Figura 1 - Fluxograma



Fonte: <https://pt.linkedin.com/pulse/fluxograma-aplica%C3%A7%C3%A3o-nr-12-m%C3%A1quinas-e-equipamentos-alves>

Em 17 de dezembro de 2013, publicou-se a ABNT NBR ISO 12100:2013 - Segurança de máquinas - Princípios gerais de projeto - Apreciação e redução de riscos. Segundo a referida norma, a “Apreciação de Riscos é um processo composto por uma série de etapas que permite, de forma sistemática, analisar e avaliar os riscos associados à máquina”. Nessa linha, o item 12.1.9 da NR-12 dispõe que deve ser considerada a apreciação de riscos, dentre outros critérios, na aplicação daquela Norma Regulamentadora e de seus Anexos. Paralelamente, o item 12.1.1 da NR-12 afirma que devem ser seguidas as normas técnicas oficiais de forma subsidiária ao seu texto. Desta forma, o processo de apreciação de riscos a ser adotado pelas empresas deve observar o disposto na ABNT NBR ISO 12100:2013, conforme as etapas apresentadas a seguir:

- a) determinação dos limites da máquina, considerando seu uso devido, bem como quaisquer formas de mau uso razoavelmente previsíveis;
- b) identificação dos perigos e situações perigosas associadas;
- c) estimativa do risco para cada perigo ou situação perigosa;
- d) avaliação do risco e tomada de decisão quanto à necessidade de redução de riscos;
- e) eliminação do perigo ou redução de risco associado ao perigo por meio de medidas de proteção;

As etapas de a) a d) compõem o processo de apreciação de riscos, enquanto que a etapa e), o processo de redução de riscos. A apreciação de riscos é um processo composto por uma série de etapas que permite, de forma sistemática, analisar e avaliar os riscos associados à máquina. A apreciação de riscos é seguida, sempre que necessário, pela redução de riscos. A iteração deste processo pode ser necessária para eliminar o máximo de perigos possíveis, assim como, reduzir adequadamente os riscos por meio da implementação de medidas de proteção.

O objetivo a ser atingido é a melhor redução de risco possível, levando-se em consideração os quatro fatores mencionados a seguir. A estratégia definida neste parágrafo está representada pelo fluxograma da Figura 1. O processo em si é iterativo, e diversas sucessivas aplicações deste podem ser necessárias para se reduzir o risco, fazendo-se o melhor uso das tecnologias disponíveis.

4 - ADEQUAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS À NR12

A adequação de máquinas e equipamentos à NR-12 (Norma Regulamentadora nº 12) é fundamental para garantir a segurança dos trabalhadores, reduzir riscos de acidentes e cumprir a legislação trabalhista no Brasil. A norma estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes, abrangendo proteção de partes móveis, sinalização, ergonomia, manutenção e treinamentos.

Figura 2 - Esmeril adequado a nr 12



Fonte: <https://www.wengaut.com.br/adequacao-nr12-esmeril>

4.1 – IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS DE SEGURANÇA

As normas referentes a implantação de segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.

A partir dela é possível fazer implantação NR-12 em:

- Referências técnicas;

- Princípios fundamentais e medidas de proteção a fim de garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores;
- Estabelece requisitos mínimos a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos;
- A sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título.

Figura 3 -Etapas de adequação



Fonte: <https://ess.ind.br/etapa-para-atendimento-da-nr12/>

4.2 – TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO DOS TRABALHADORES

Os treinamentos NR (Normas Regulamentadoras) são capacitações obrigatórias que as empresas devem fornecer aos seus colaboradores para garantir a segurança e saúde no ambiente de trabalho. Eles visam conscientizar os funcionários sobre as regras e procedimentos estabelecidos pelas NRs, que são normas complementares à Consolidação das Leis do Trabalho (CLT).

A norma estabelece que os trabalhadores devem receber treinamento adequado para operar as máquinas esmeril de forma segura. Isso inclui instruções sobre o funcionamento do equipamento, identificação de riscos e procedimentos de emergência. A capacitação não apenas aumenta a segurança, mas também melhora a produtividade, pois operadores bem treinados são mais eficientes e cometem menos erros. As empresas devem garantir que todos os operadores tenham acesso a esse treinamento e que ele seja atualizado regularmente.

Figura 4 – Treinamento



Fonte: <https://www.projectclean.com.br/treinamento-nr-4>

4.2.1 – O QUE DIZ A LEI?

O treinamento NR e as regras sobre as normas regulamentadoras foram estabelecidos pela Lei n.º 6.514, de 1977, que altera o capítulo V do título II da CLT e discorre sobre a segurança e a medicina do trabalho. A legislação, nos artigos 157 e 158, afirma que tanto as empresas quanto os colaboradores têm obrigações em relação às normas regulamentadoras. A lei afirma que:

“Art . 157 – Cabe às empresas:

- I – cumprir e fazer cumprir as normas de segurança e medicina do trabalho;
- II – instruir os empregados, através de ordens de serviço, quanto às precauções a tomar no sentido de evitar acidentes do trabalho ou doenças ocupacionais;
- III – adotar as medidas que lhes sejam determinadas pelo órgão regional competente;
- IV – facilitar o exercício da fiscalização pela autoridade competente.

Art . 158 – Cabe aos empregados:

- I – observar as normas de segurança e medicina do trabalho, inclusive as instruções de que trata o item II do artigo anterior;
- II – colaborar com a empresa na aplicação dos dispositivos deste Capítulo.”

5 – TECNOLOGIAS APLICADAS

5.1 – CAIXA METÁLICA 40X40X20

Figura 5 – Painel Metálico



Fonte: Próprio Autor

Caixa de montagem de painel elétrico - hermética
Quadro de comando - sobrepor

- Fabricados em aço carbono
- Tratamento anti corrosivo
- Pintura eletrostática a pó - caixa na cor bege ral 7032
- Placa de montagem removível na cor laranja ral 2003
- Ponto de aterramento na caixa e porta
- Dobradiças invioláveis c/ pino 3/16 zincado
- Perfil auto adesivo em eva p/ vedação 15x10
- Fecho lingueta c/ miolo fenda (plástico)
- Grau de proteção ip-54
- Sem flange

5.2 – CANALETA 50X30

Figura 6 – Canaleta Perfurada



Fonte: Próprio Autor

Produzidas em PVC de alta resistência as canaletas garantem maior segurança e praticidade. Para utilização em painéis de controle e comando, automação industrial, painéis telefônicos, estalagens elétricas, residenciais e industriais, entre outras, garantem uma infinidade de aplicações e se ajustam perfeitamente a qualquer projeto de instalação.

5.3 – PEDAL DE ACIONAMENTO

Figura 7- Pedal Acionamento



Fonte: <https://www.lojamegabahia.com.br/MLB-4034851718-pedal-interruptor-acionamento-eletrico-pe-automaco-10a-tfs- JM>

Interruptor Elétrico - Pedal Interruptor para Máquina suporta até 10A e pode ser usado nas mais diversas funções.

5.4 – TRAFÓ – TRANSFORMADOR MONOFÁSICO

Figura 8- Transformador



Fonte: Próprio Autor

Entrada: 220V – Saída: 24V

A principal função dos transformadores é a de mudar o valor da tensão elétrica e da corrente elétrica, elevando-os ou diminuindo-os.

5.5 – DISJUNTOR BIPOLAR 16 A

Figura 9 – Disjuntor Bipolar



Fonte: Próprio Autor

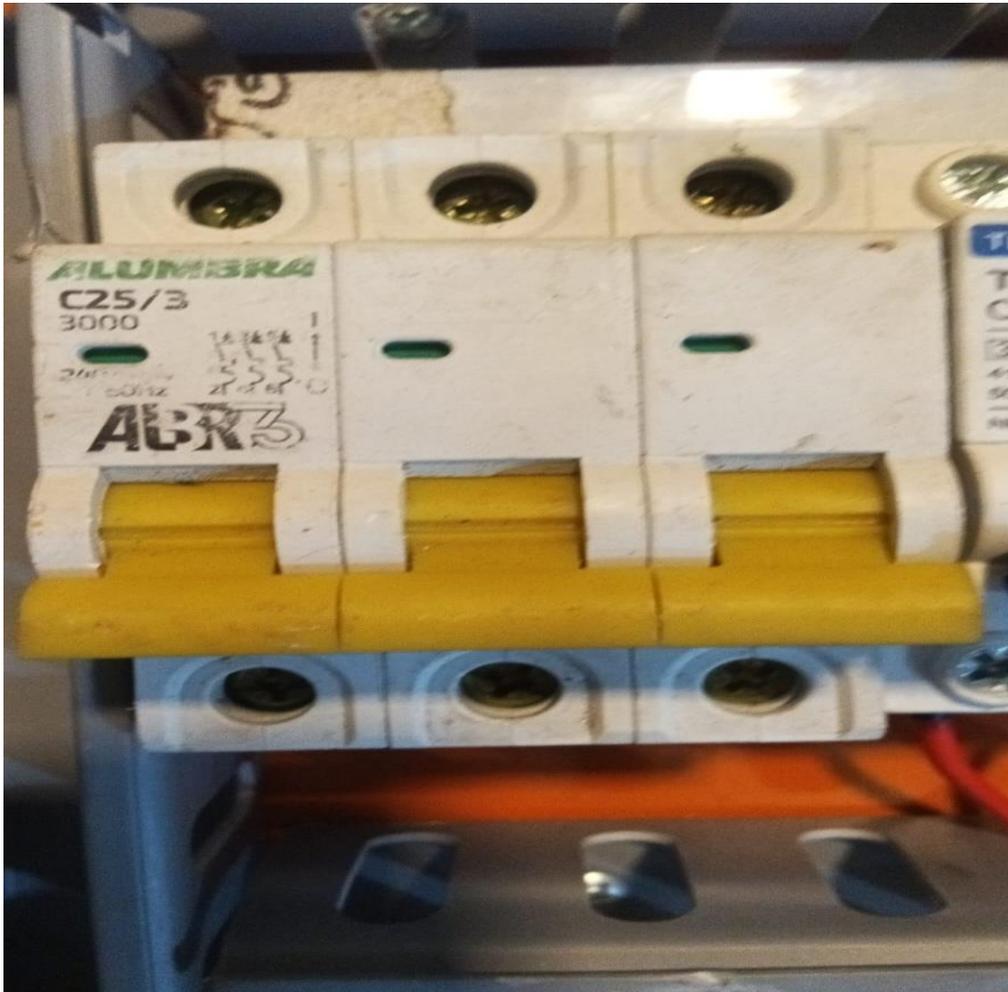
Desenvolvidos para proteção de instalações elétricas contra sobrecarga e curto-circuito.

Curva C:

O mini disjuntor de curva C tem como principal característica o disparo instantâneo para correntes entre 5 a 10 vezes a corrente nominal. Por isso, são aplicados na proteção de circuitos com instalação de cargas indutivas.

5.6 – DISJUNTOR TRIPOLAR 25 A

Figura 10 – Disjuntor Tripolar



Fonte: Próprio Autor

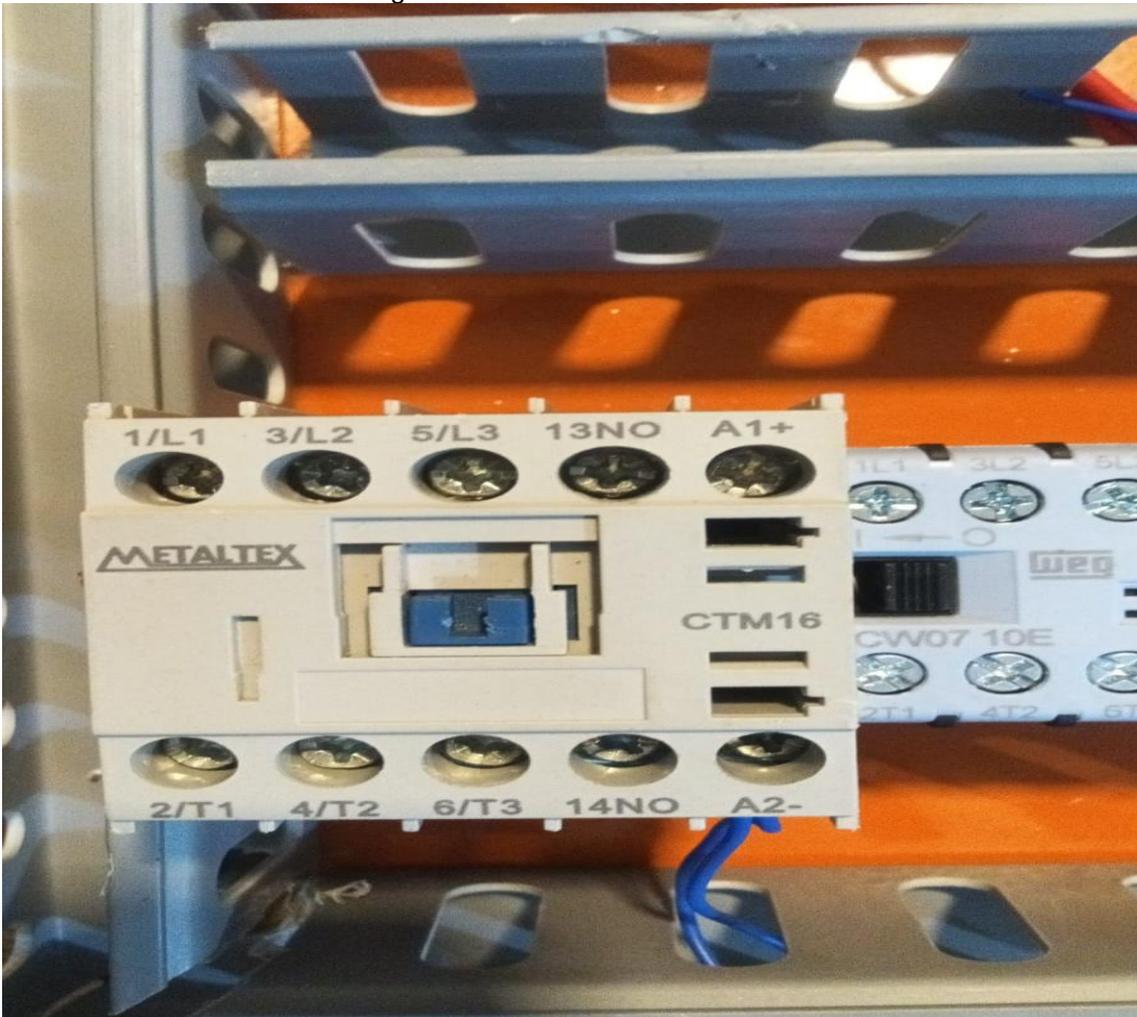
Protegem os circuitos elétricos e seus componentes (fios, cabos, interruptores, tomadas, etc) contra curtos-circuitos e sobrecargas.

Características Técnicas:

- Corrente: 25 Amperes;
- Tensão Operação: 110 a 415V
- Curva: C;
- Capacidade de Ruptura: 3kA - NBR IEC 60898;
- Referência: 39444;

5.7 – CONTATOR DE POTÊNCIA 24V (Motor)

Figura 11 – Contadora de Potência



Fonte: Próprio Autor

Mini Contator 15a/220vca - Metaltex - Ctm16-h5-310

Desenho moderno, robusto e de acordo com IEC-60947. Modelos para correntes de 6, 9, 12 e 16A (AC3 – 220V). Montagem em trilho DIN ou PCI. Possibilitam redução de espaço no painel. Tensão de comando VCA ou VCC.

5.8 – MINI CONTATOR 24 V

Figura 12 – Mini Contator de Potência



Fonte: Próprio Autor

- Marca: WEG
- Modelo: CW07-10-30V25
- Corrente nominal em AC3: 7A (Carga indutiva)
- Contatos principais: 3 NA (Tripolar)
- Contato auxiliar: 1 NA
- Frequência: 60Hz
- Tensão da bobina: 220V

5.9 – TRILHO DIN

Figura 13 – Trilho Din



Fonte: <https://www.gmcautomacao.com.br/MLB-2831844868-kit-3-trilho-din-liso-para-disjuntor-barra-30cm- JM>

Trilho liso Din para Fixação de Disjuntores e afins

5.10 – CABO FLEXÍVEL

Figura 14 – Cabos Elétricos



Fonte: <https://www.queroquero.com.br/cabo-flexivel-2-5mm-preto/p>

O cabo Flexível 2,5mm é ideal para circuitos de tomadas simples, algumas torneiras. A bitola para a instalação pode variar de acordo com a potência e equipamentos que serão ligados a energia.

5.11 – DISPLAY LCD 2 LINHAS 16 COLUNAS

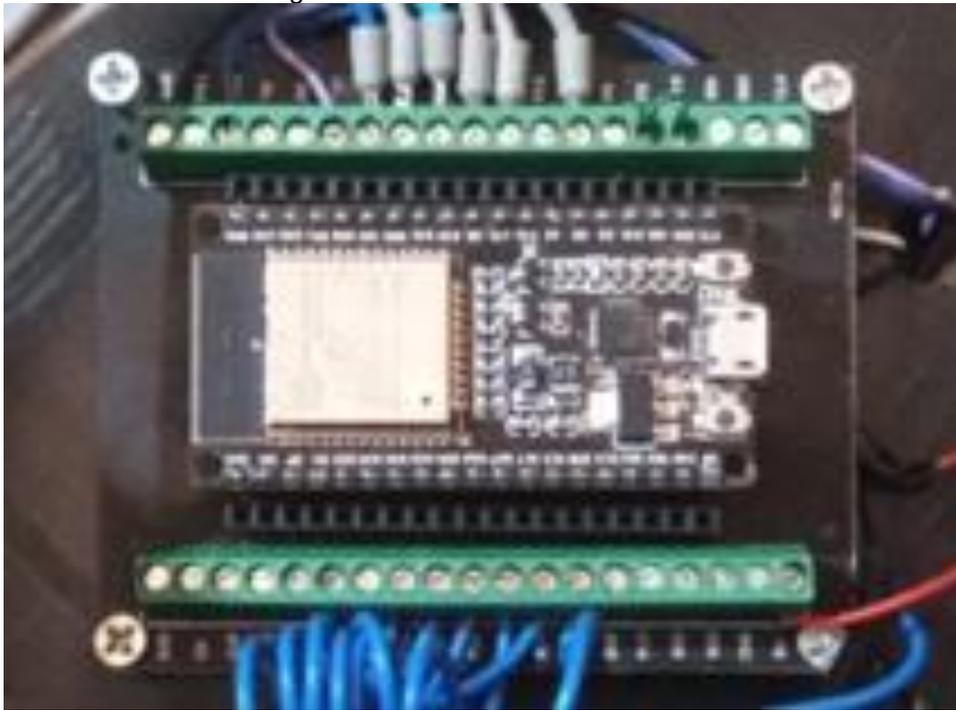
Figura 15 - Display LCD 2x16 com modulo I2C



Fonte: Próprio Autor

5.12 – MICROCONTROLADOR ESP32

Figura 16 - Microcontrolador ESP32



Fonte: Próprio Autor

5.13 – MODULO RELÉ

Figura 17 – Modulo 8 Relés



Fonte: Próprio Autor

6 – MONTAGEM

6.1 – SUPORTE DE METALON

Figura 18 – Suporte



Fonte: Próprio Autor

Metalon Pintado com tinta Preta (Suporte)

6.2 – MOTOR TRIFÁSICO 3 CV

Figura 19 - Motor trifásico



Fonte: Próprio Autor

6.3 – PAINEL DE COMANDO

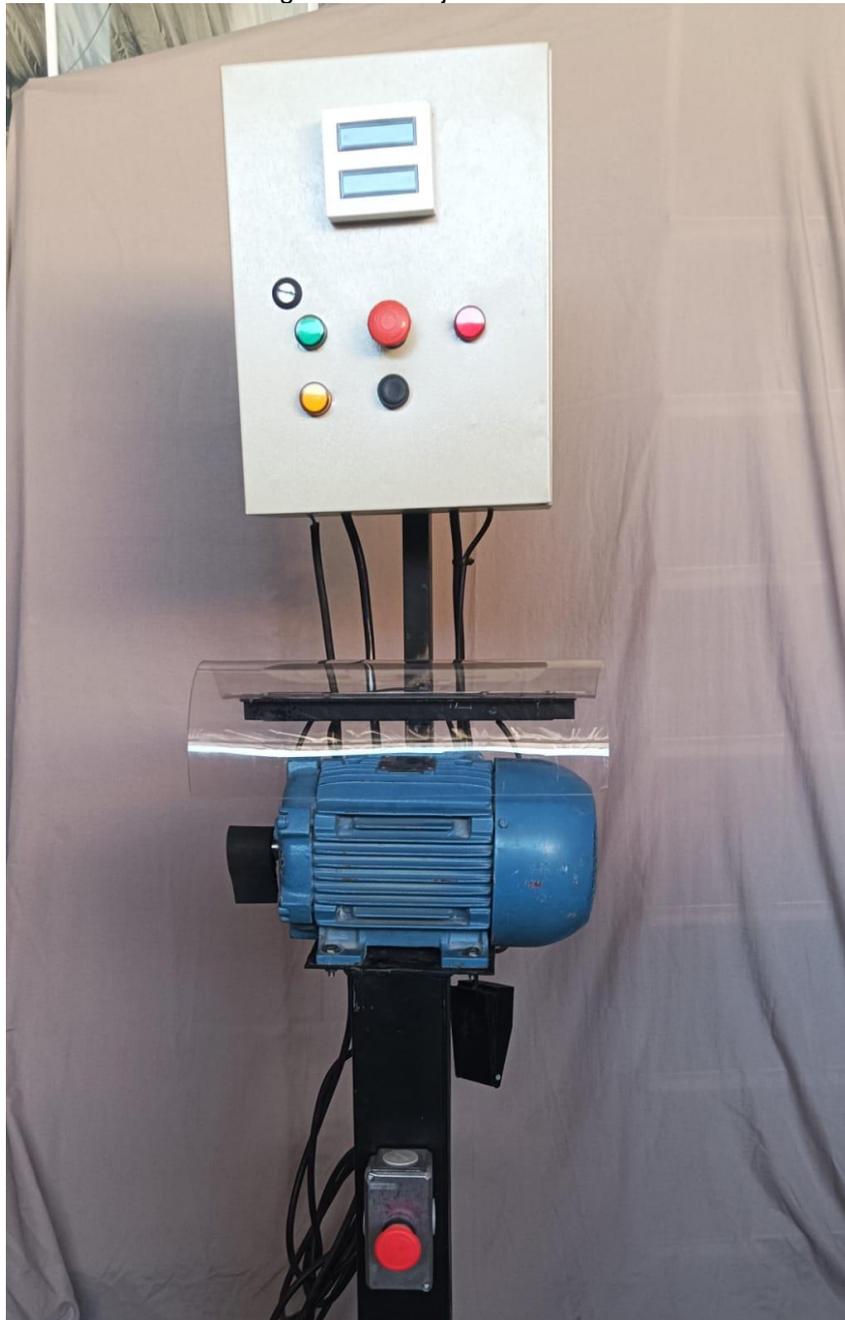
Figura 20 – Painel de Comando



Fonte: Próprio Autor

6.4 – PROJETO MONTADO

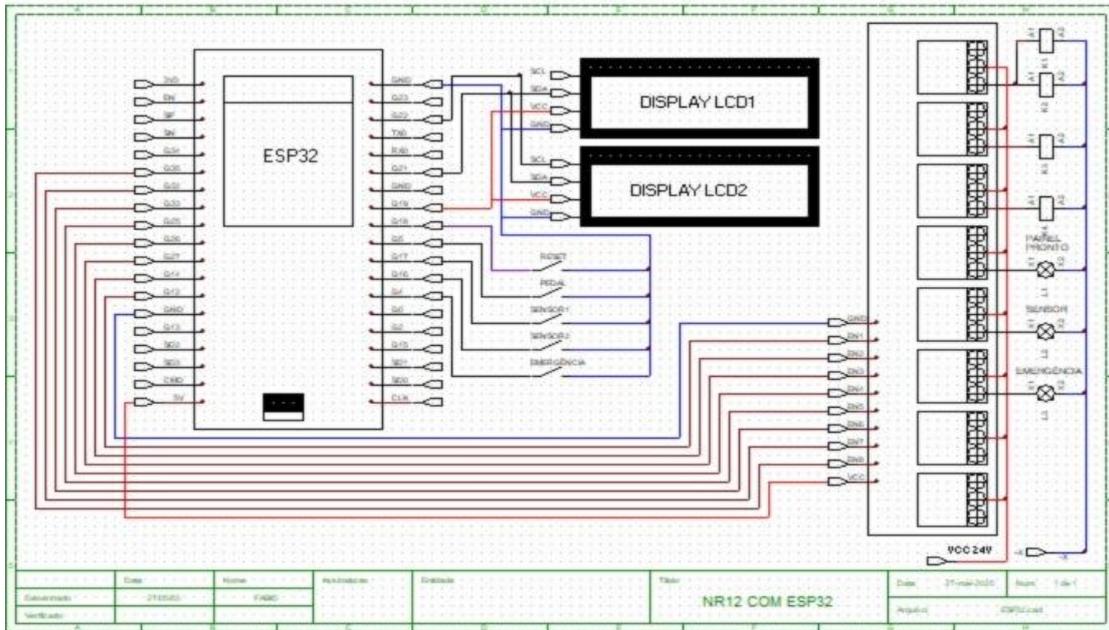
Figura 21 – Projeto finalizado



Fonte: Próprio Autor

6.4 – DIAGRAMA DE COMANDO

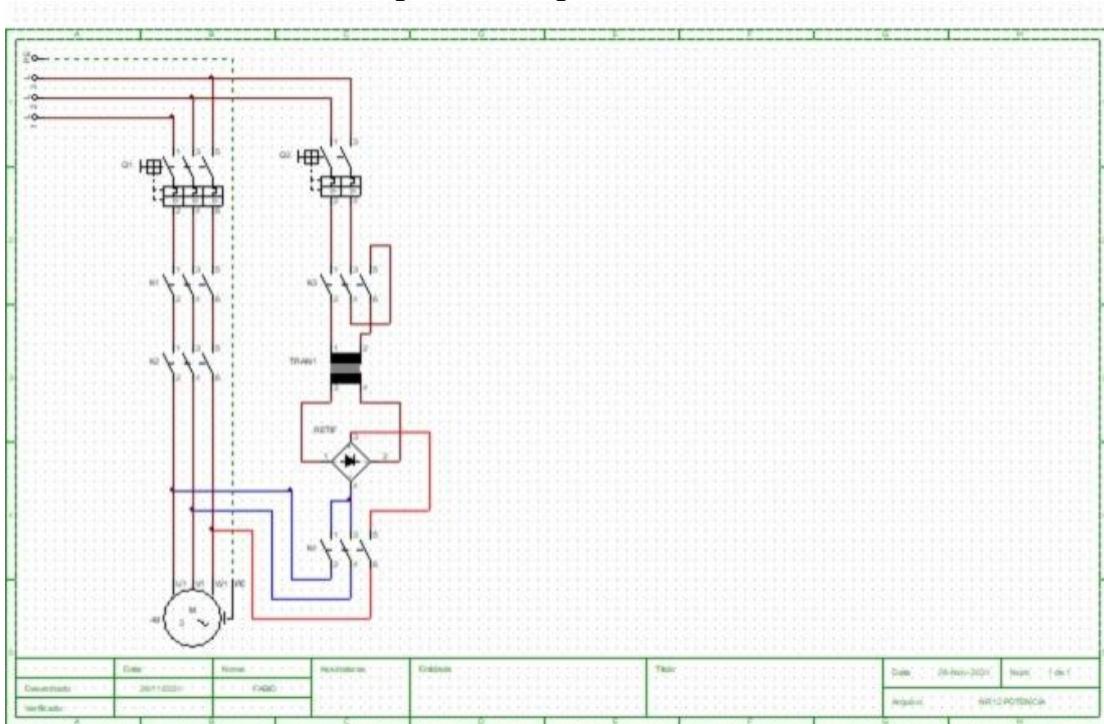
Figura 22 – Diagrama de comando usando o ESP 32



Fonte: Próprio Autor

6.5 – DIAGRAMA DE POTÊNCIA

Figura 23 – Diagrama de Potência



Fonte: Próprio Autor

Diagrama Unifilar do Motor Esmeril para funcionamento.

7 – METODOLOGIA

7.1 – HARDWARE UTILIZADO

- Microcontrolador: ESP32
- Displays: 2x LCD 16x2 com interface I2C
- Botões: Reset, Pedal, Emergência
- Relés: Controle de motor, luzes de indicação, freios
- Sensores: Proteção
- Contadoras: Contadoras de potência para motor e freio

7.2 – SOFTWARE

- Linguagem: C++ (Arduino IDE)
- Bibliotecas: Wire.h, LiquidCrystal_I2C.h
- Estrutura: Utilização de multitarefas com FreeRTOS para gerenciamento simultâneo de displays e lógica de controle.

8 – DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO

8.1– INICIALIZAÇÃO

- Ao energizar o sistema, o botão RESET deve ser acionado para habilitar o painel.

8.2– OPERAÇÃO DO MOTOR

- Pressionando o pedal, o motor é acionado.
- Soltando o pedal, o motor é desligado e entra em inércia, com indicação luminosa.

8.3– MONITORAMENTO

- O Display 1 exibe o nome do curso e os nomes dos integrantes do projeto.
- O Display 2 mostra o status do funcionamento

8.4– SEGURANÇA

- Abertura da proteção ou acionamento do botão de emergência desliga o motor imediatamente e exibe mensagens de alerta no Display 2.
- Após tais eventos, é necessário pressionar o botão RESET para retomar a operação.

8.5– RESULTADOS ESPERADOS

- Segurança: Redução de riscos operacionais conforme a NR-12.
- Eficiência: Controle preciso do motor e feedback visual para o operador.
- Confiabilidade: Sistema robusto com resposta rápida a eventos de segurança.

9– APÊNDICE

9.1 – LÓGICA DE FUNCIONAMENTO

Este projeto visa desenvolver um sistema de controle para máquinas e equipamentos, alinhado às diretrizes da NR-12, utilizando um microcontrolador ESP32, displays LCD e dispositivos de segurança, como botões de emergência e sensores de proteção.

9.2 – APÊNDICE 1 PROGRAMAÇÃO ESP32

/*

PROJETO: adequação EM máquinas E EQUIPAMENTOS NR 12 COM ESP 32

PROGRAMADOR: FABIO RICARDO DO VALE

DATA INICIAL DA PROGRAMAÇÃO 08/12/2024

DATA FINAL PROGRAMAÇÃO 17/06/2025

*/

```
#include <WiFi.h>
```

```
#include <BotaoCiceroEletronica.h>
```

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
//Display LCD 1 no endereco 0x3F, 16 linhas e 2 colunas
```

```
LiquidCrystal_I2C display1(0x3F, 16, 2);
```

```
//Display LCD 2 no endereco 0x3E, 16 linhas e 2 colunas
```

```
LiquidCrystal_I2C display2(0x3E, 16, 2);
```

```
unsigned long tempoAnterior = 0;
```

```
const unsigned long intervalo = 1000; // 1000 ms
```

```
int indiceNome = 0;
```

```
const char* const nomes[] = {
    "FABIO R.DO VALE ",
    "ALISSON G. NERES  ",
    "MICHAEL D. PONTE   ",
    "GABRIEL H. LIMA    ",
    "EVERTON A. COSTA   "
};

const int totalNomes = sizeof(nomes) / sizeof(nomes[0]);

// Configurações do FreeRTOS para usar o segundo núcleo
#if CONFIG_FREERTOS_UNICORE
static const BaseType_t app_cpu = 0;
#else
static const BaseType_t app_cpu = 1; // Usar o segundo núcleo (núcleo 1)
#endif

// Definindo os pinos dos sensores
const int PINO_SENSOR1 = 13;
const int PINO_SENSOR2 = 14;
const int PINO_SENSOR3 = 16;
const int PINO_SENSOR4 = 17;
const int PINO_SENSOR5 = 18;

// Criando instâncias dos sensores
BotaoCiceroEletronica Sensor1(PINO_SENSOR1);
BotaoCiceroEletronica Sensor2(PINO_SENSOR2);
```

```
BotaoCiceroEletronica Sensor3(PINO_SENSOR3);
BotaoCiceroEletronica Sensor4(PINO_SENSOR4);
BotaoCiceroEletronica Sensor5(PINO_SENSOR5);

// Variáveis compartilhadas entre núcleos (com proteção)
volatile bool sensor1State = false;
volatile bool sensor2State = false;
volatile bool sensor3State = false;
volatile bool sensor4State = false;
volatile bool sensor5State = false;

volatile bool sensor1Changed = false;
volatile bool sensor2Changed = false;
volatile bool sensor3Changed = false;
volatile bool sensor4Changed = false;
volatile bool sensor5Changed = false;

portMUX_TYPE mux = portMUX_INITIALIZER_UNLOCKED;

const int rele1 = 23; // Relé 1 no pino 23
const int rele2 = 25; // Relé 2 no pino 25
const int rele3 = 26; // Relé 3 no pino 26
const int rele4 = 27; // Relé 4 no pino 27
const int rele5 = 32; // Relé 5 no pino 32
const int rele6 = 33; // Relé 6 no pino 33
const int rele7 = 4; // Relé 7 no pino 4
const int rele8 = 5; // Relé 8 no pino 5
```

```
bool controle = false; // flag pra controlar sensor 2

// Estados dos relés
bool rele1State = true; // Inicialmente desligado (nível alto)
bool rele2State = true; // Inicialmente desligado (nível alto)
bool rele3State = true; // Inicialmente desligado (nível alto)
bool rele4State = true; // Inicialmente desligado (nível alto)
bool rele5State = true; // Inicialmente desligado (nível alto)
bool rele6State = true; // Inicialmente desligado (nível alto)
bool rele7State = true; // Inicialmente desligado (nível alto)
bool rele8State = true; // Inicialmente desligado (nível alto)

// Task para leitura dos sensores (rodará no segundo núcleo)
void TaskLeituraSensores(void* parameter) {
    bool lastState1 = false;
    bool lastState2 = false;
    bool lastState3 = false;
    bool lastState4 = false;
    bool lastState5 = false;

    for (;;) {
        // Atualizando os estados dos sensores
        Sensor1.atualizar();
        Sensor2.atualizar();
        Sensor3.atualizar();
        Sensor4.atualizar();
    }
}
```

```
Sensor5.atualizar();

// Verificar mudanças nos sensores

bool currentState1 = Sensor1.estaPressionado();
bool currentState2 = Sensor2.estaPressionado();
bool currentState3 = Sensor3.estaPressionado();
bool currentState4 = Sensor4.estaPressionado();
bool currentState5 = Sensor5.estaPressionado();

// Sensor 1
if (currentState1 != lastState1) {
    portENTER_CRITICAL(&mux);
    sensor1State = currentState1;
    sensor1Changed = true;
    portEXIT_CRITICAL(&mux);
    lastState1 = currentState1;
}

// Sensor 2
if (currentState2 != lastState2) {
    portENTER_CRITICAL(&mux);
    sensor2State = currentState2;
    sensor2Changed = true;
    portEXIT_CRITICAL(&mux);
    lastState2 = currentState2;
}
```

```
// Sensor 3
if (currentState3 != lastState3) {
    portENTER_CRITICAL(&mux);
    sensor3State = currentState3;
    sensor3Changed = true;
    portEXIT_CRITICAL(&mux);
    lastState3 = currentState3;
}

// Sensor 4
if (currentState4 != lastState4) {
    portENTER_CRITICAL(&mux);
    sensor4State = currentState4;
    sensor4Changed = true;
    portEXIT_CRITICAL(&mux);
    lastState4 = currentState4;
}

// Sensor 5
if (currentState5 != lastState5) {
    portENTER_CRITICAL(&mux);
    sensor5State = currentState5;
    sensor5Changed = true;
    portEXIT_CRITICAL(&mux);
    lastState5 = currentState5;
}

vTaskDelay(1 / portTICK_PERIOD_MS); // Pequeno delay para evitar uso excessivo da CPU
```

```
}  
}
```

```
void setup() {  
  Serial.begin(115200);  
  
  display1.init();  
  display1.backlight();  
  delay(100);  
  display2.init();  
  display2.backlight();  
  delay(100);  
  
  display1.setCursor(0, 0);  
  display1.print("NR12 COM ESP 32");  
  
  pinMode(rele1, OUTPUT);  
  pinMode(rele2, OUTPUT);  
  pinMode(rele3, OUTPUT);  
  pinMode(rele4, OUTPUT);  
  pinMode(rele5, OUTPUT);  
  pinMode(rele6, OUTPUT);  
  pinMode(rele7, OUTPUT);  
  pinMode(rele8, OUTPUT);  
  
  digitalWrite(rele1, rele1State);
```

```
digitalWrite(rele2, rele2State);
digitalWrite(rele3, rele3State);
digitalWrite(rele4, rele4State);
digitalWrite(rele5, rele5State);
digitalWrite(rele6, rele6State);
digitalWrite(rele7, rele7State);
digitalWrite(rele8, rele8State);

// Criar task para leitura dos sensores no segundo núcleo
xTaskCreatePinnedToCore(
    TaskLeituraSensores, // Função da task
    "LeituraSensores", // Nome da task
    10000, // Tamanho do stack
    NULL, // Parâmetros
    1, // Prioridade
    NULL, // Task handle
    app_cpu // Núcleo (1 = segundo núcleo)
);
}

void loop() {

    unsigned long tempoAtual = millis();

    if (tempoAtual - tempoAnterior >= intervalo) {
        tempoAnterior = tempoAtual;
    }
}
```

```
display1.setCursor(0, 1);
display1.print("          "); // Limpa a linha
display1.setCursor(0, 1);
display1.print(nomes[indiceNome]);

indiceNome = (indiceNome + 1) % totalNomes; // Alternativa mais elegante
}

unsigned long currentMillis = millis();

// Verificar mudanças nos sensores (no loop principal)
bool s1Changed, s2Changed, s3Changed, s4Changed, s5Changed;
bool s1State, s2State, s3State, s4State, s5State;

// Ler estados dos sensores de forma segura
portENTER_CRITICAL(&mux);
s1Changed = sensor1Changed;
s2Changed = sensor2Changed;
s3Changed = sensor3Changed;
s4Changed = sensor4Changed;
s5Changed = sensor5Changed;
s1State = sensor1State;
s2State = sensor2State;
s3State = sensor3State;
s4State = sensor4State;
s5State = sensor5State;
sensor1Changed = false;
```

```
sensor2Changed = false;
sensor3Changed = false;
sensor4Changed = false;
sensor5Changed = false;
portEXIT_CRITICAL(&mux);

// Processar mudanças nos sensores
if (s1Changed && controle) {
  if (s1State) {
    Serial.println("MOTOR LIGADO");
    display2.setCursor(0, 0);
    display2.print("  PEDAL  ");
    display2.setCursor(0, 1);
    display2.print("  ACIONADO ");
    LigarRele1();
    LigarRele2();
  } else {
    display2.setCursor(0, 0);
    display2.print("  PEDAL  ");
    display2.setCursor(0, 1);
    display2.print("  DESLIGADO ");
    Serial.println("MOTOR DESLIGADO");
    DesligarRele1();
    DesligarRele2();
    delay(500);
    display2.clear();
  }
}
```

```
}

if (s2Changed) {
  if (s2State) {
    display2.setCursor(0, 0);
    Serial.println("SENSOR DESLIGADO");
    controle = true;
DesligarRele5();

  } else {
    display2.setCursor(0, 0);
    display2.print(" EMERGENCIA");
    display2.setCursor(0, 1);
    display2.print(" acionado ");
    controle = false;
    Serial.println("SENSOR LIGADO");
    DesligarRele1();
    DesligarRele2();
    LigarRele5();
    AcionaTimeA();
    DesligarRele8();
  }
}

if (s3Changed) {
  if (s3State) {
    Serial.println("SENSOR DESLIGADO");
```

```

    controle = true;
    DesligarRele6();
} else {
    display2.setCursor(0, 0);
    display2.print("  PROTECAO  ");
    display2.setCursor(0, 1);
    display2.print("  ABERTA  ");
    Serial.println("SENSOR LIGADO");
    controle = false;

    Serial.println("SENSOR LIGADO"); // PRESCISO DESLIGAR RELE 1 E RELE 2 MESMO
    COM SENSOR 1 ACIONADO ESPERAR 2 SEGUNDOS E ACIONAR RELE3 E RELE 4

    DesligarRele1();
    DesligarRele2();
    LigarRele6();
    AcionaTimeA();
    DesligarRele8();
}
}

if (s4Changed) {
    if (s4State) {
        display2.setCursor(0, 0);
        display2.print("  PAINEL  ");
        display2.setCursor(0, 1);
        display2.print("  PRONTO  ");
        Serial.println("sensor 4 ligado ");
        LigarRele8();
    }
}

```

```
} else {  
    Serial.println("sensor 4 desligado");  
}  
}  
  
if (s5Changed) {  
    if (s5State) {  
        Serial.println("Sensor 5 Ligado");  
    } else {  
        Serial.println("Sensor 5 Desligado");  
    }  
}  
}  
  
void LigarRele1() {  
    Serial.println("Rele 1 Ligado");  
    rele1State = false;  
    digitalWrite(rele1, rele1State);  
}  
  
void LigarRele2() {  
    Serial.println("Rele 2 Ligado");  
    rele2State = false;  
    digitalWrite(rele2, rele2State);  
}  
  
void LigarRele3() {  
    Serial.println("Rele 3 Ligado");  
    rele3State = false;
```

```
    digitalWrite(rele3, rele3State);
}
void LigarRele4() {
    Serial.println("Rele 4 Ligado");
    rele4State = false;
    digitalWrite(rele4, rele4State);
}
void LigarRele5() {
    Serial.println("Rele 5 Ligado");
    rele5State = false;
    digitalWrite(rele5, rele5State);
}
void LigarRele6() {
    Serial.println("Rele 6 Ligado");
    rele6State = false;
    digitalWrite(rele6, rele6State);
}
void LigarRele7() {
    Serial.println("Rele 7 Ligado");
    rele7State = false;
    digitalWrite(rele7, rele7State);
}
void LigarRele8() {
    Serial.println("Rele 8 Ligado");
    rele8State = false;
    digitalWrite(rele8, rele8State);
}
```

```
//-----
```

```
void DesligarRele1() {  
    Serial.println("Rele 1 Desligado");  
    rele1State = true;  
    digitalWrite(rele1, rele1State);  
}
```

```
void DesligarRele2() {  
    Serial.println("Rele 2 Desligado");  
    rele2State = true;  
    digitalWrite(rele2, rele2State);  
}
```

```
void DesligarRele3() {  
    Serial.println("Rele 3 Desligado");  
    rele3State = true;  
    digitalWrite(rele3, rele3State);  
}
```

```
void DesligarRele4() {  
    Serial.println("Rele 4 Desligado");  
    rele4State = true;  
    digitalWrite(rele4, rele4State);  
}
```

```
void DesligarRele5() {  
    Serial.println("Rele 5 Desligado");  
    rele5State = true;  
    digitalWrite(rele5, rele5State);  
}
```

```
}  
void DesligarRele6() {  
    Serial.println("Rele 6 Desligado");  
    rele6State = true;  
    digitalWrite(rele6, rele6State);  
}  
void DesligarRele7() {  
    Serial.println("Rele 7 Desligado");  
    rele7State = true;  
    digitalWrite(rele7, rele7State);  
}  
void DesligarRele8() {  
    Serial.println("Rele 8 Desligado");  
    rele8State = true;  
    digitalWrite(rele8, rele8State);  
}  
  
//-----  
  
void AcionaTimeA() {  
    Serial.println("Rele 3 e 4 ON ");  
    rele3State = false;  
    rele4State = false;  
    digitalWrite(rele3, rele3State);  
    digitalWrite(rele4, rele4State);  
    delay(2000);  
    Serial.println("Rele 3 e 4 OFF ");
```

```
    rele3State = true;
    rele4State = true;
    rele5State = true;
    digitalWrite(rele3, rele3State);
    digitalWrite(rele4, rele4State);
    digitalWrite(rele5, rele5State);
}
```

```
//-----
```

```
void LigarA() {
}
void LigarB() {
}
void LigarC() {
}
void LigarD() {
}
void LigarE() {
}
```

```
///-----
```

```
void DesligarA() {
}
void DesligarB() {
}
```

```
void DesligarC() {  
}  
void DesligarD() {  
}  
void DesligarE() {  
}
```

10 – CONCLUSÃO

O projeto propõe uma solução eficaz para o controle seguro de máquinas, alinhando tecnologia moderna às exigências legais da NR-12. A implementação do sistema contribuirá para ambientes de trabalho mais seguros e eficientes.

11 - REFERÊNCIAS

MAMEDE FILHO, JOÃO. **Instalações Elétrica Industriais**. 8ª edição.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012;

SENAI-SP. **Instalações Elétricas**. 1ª edição.ed. São Paulo, LTC, 31 dezembro 2016;

BOLTON, William. **Mecatrônica: uma abordagem multidisciplinar**. Bookman, 2010

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações**. Érica, 2005

FONSECA, E. G. P. da, Beppu, M. M. **Apostila Arduino**. 2010. 23 f. Apostila – Universidade Federal Fluminense Centro Tecnológico Escola de Engenharia Curso de Engenharia de Telecomunicações Programa de Educação Tutorial, Niterói, 2010.

Normal Regulamentadora - NR12

<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf>

Normas Regulamentadora – NR10 e NR12

https://www.grupoatex.com.br/servico-07.php?gad_source=1&gad_campaignid=22615567585&gclid=CjwKCAjwl_XBBhAUEiwAWK2hzs5FDtS50rocnMUYxePT4EHDF1CEgnt4IIDhEXexWfFBz8TFNfJmxCqiAQAvD_BwE