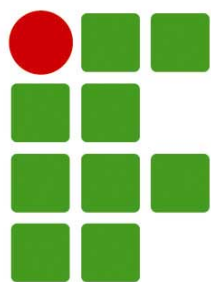


Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Câmpus Goiânia
Bacharel Engenharia de Controle e Automação

Estudo de Caso da Norma NR12 Demonstrada a Partir de uma Maleta Industrial



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

Câmpus
Goiânia

Autores: Antônio Gabriel Bastos Paranhos de Oliveira
Josué Castro de Araújo
Johnny Dheyver Sousa Pereira
Orientador: Prof. Me. Carlos Alberto Vasconcelos Bezerra

Goiânia, GO
2023



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Antônio Gabriel Bastos Paranhos de Oliveira

Matrícula: 20182010700110

Título do Trabalho: Estudo de Caso da Norma NR12 Demonstrada a Partir de uma Maleta Industrial

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 27 / 07 / 2023.
Local Data

Documento assinado digitalmente



ANTONIO GABRIEL BASTOS PARANHOS DE
Data: 27/07/2023 22:47:41-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Josué Casto de Araujo

Matrícula: 20162010700132

Título do Trabalho: Estudo de Caso da Norma NR12 Demonstrada a Partir de uma Maleta Industrial

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 27 / 07 / 2023
Local Data



Documento assinado digitalmente
JOSUE CASTRO DE ARAUJO
Data: 27/07/2023 23:57:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Johnny Dheyver Sousa Pereira

Matrícula: 20162010700027

Título do Trabalho: Estudo de Caso da Norma NR12 Demonstrada a Partir de uma Maleta Industrial

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia,
Local

27/07/2023.
Data



Documento assinado digitalmente
JOHNNY DHEYVER SOUSA PEREIRA
Data: 27/07/2023 18:53:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Antônio Gabriel Bastos Paranhos de Oliveira

Josué Castro de Araújo

Johnny Dheyver Sousa Pereira

Estudo de Caso da Norma NR12 Demonstrada a Partir de uma Maleta Industrial

Monografia submetida ao curso de graduação em Bacharel Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, câmpus Goiânia, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Câmpus Goiânia

Orientador: Prof. Me. Carlos Alberto Vasconcelos Bezerra

Goiânia, GO

2023

O48e Oliveira, Antônio Gabriel Bastos Paranhos de.
Estudo de caso da norma NR12 demonstrada a partir de uma maleta industrial / Antônio Gabriel Bastos Paranhos de Oliveira; Josué Castro de Araújo; Johnny Dheyver Sousa Pereira. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2023.
74 f.: il.

Orientador: Prof. Me. Carlos Alberto Vasconcelos Bezerra.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação, Departamento de Áreas Acadêmicas IV, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

1. Automação industrial. 2. Maleta industrial – norma NR12. I. Araújo, Josué Castro de. II. Pereira, Johnny Dheyver Sousa. III. Bezerra, Carlos Alberto Vasconcelos (orientador). IV. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. V. Título.

CDD 629.895

Ficha catalográfica elaborada pelo Bibliotecário Alisson de Sousa Belthodo Santos CRB1/ 2.266
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

Antônio Gabriel Bastos Paranhos de Oliveira
Josué Castro de Araújo
Johnny Dheyver Sousa Pereira

Estudo de Caso da Norma NR12 Demonstrada a Partir de uma Maleta Industrial

Monografia submetida ao curso de graduação em Bacharel Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, câmpus Goiânia, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Trabalho aprovado. Goiânia, GO, 10 de julho de 2023:



**Prof. Me. Carlos Alberto Vasconcelos
Bezerra**
Orientador



**Prof. Me. Carlos Daniel de Sousa
Bezerra**
Convidado 1



Prof. Me. Charles dos Santos Costa
Convidado 2

Goiânia, GO
2023

Resumo

As soluções voltadas para a indústria exigem sistemas inteligentes capazes de comunicação e diagnóstico contínuo, visando melhorias em eficiência energética e aumento da produção. Esses projetos são robustos, buscando padronização de processos e monitoramento contínuo, fatores essenciais para a estratégia da empresa em busca de competitividade. Interrupções inesperadas podem causar prejuízos financeiros e perda de qualidade no processo de produção, seja devido a erros no funcionamento dos equipamentos ou acidentes de trabalho que levam a paradas de emergência. Para evitar tais situações, a NR12 – Norma Regulamentadora N° 12 – foi desenvolvida para adequar o ambiente de trabalho, minimizar interrupções indesejadas e proporcionar maior segurança ao trabalhador. Com o objetivo de atender às normas da NR12, o presente trabalho propõe um estudo e apresentação de um kit de automação industrial adequado à norma, além de projetar um supervisor para uma plataforma de monitoramento da Internet das Coisas Industrial (IIoT), que servirá como historiador para análise e supervisão dos dados. Baseado na documentação disponível do Ministério do Trabalho, foi realizado previamente um estudo da norma NR12, relacionando seus requisitos com a maleta industrial. A maleta industrial demonstrou funcionar adequadamente, permitindo a concepção de um supervisor capaz de monitorar a velocidade do motor, corrente, frequência e tensão. Como resultado, destacou-se a importância da aplicabilidade dos conceitos abordados para a prevenção e mitigação de acidentes envolvendo máquinas e equipamentos, de acordo com a NR12.

Palavras-chaves: Automação. Industrial. Segurança. NR12. IIoT.

Abstract

Solutions for the industry require intelligent systems capable of communicating with each other and performing constant diagnostics, aiming for energy efficiency improvements and production gains. These robust projects seek process standardization and continuous monitoring, which are fundamental factors for the company's competitiveness strategy. Abrupt interruptions can lead to financial losses and a decline in production quality, caused by equipment malfunctions or emergency stops resulting from workplace accidents. To address these issues, NR12 - Regulatory Norm No. 12 was established to ensure workplace adequacy, minimize undesired interruptions, and provide greater worker safety. Considering the need for solutions that comply with NR12, this study proposes an initial analysis and presentation of an industrial automation kit compliant with the norm, as well as the design of a supervisory system for an Industrial Internet of Things (IIoT) monitoring platform, serving as a historian for data analysis and supervision. Based on the documentation available from the Ministry of Labor, a preliminary study of NR12 was conducted, correlating its requirements with the industrial kit. The industrial kit operated effectively, enabling the development of a supervisory system capable of monitoring motor speed, current, frequency, and voltage. The results demonstrate the importance of applying the concepts discussed for preventing and mitigating accidents involving machinery and equipment, in accordance with NR12.

Key-words: Industry. Intelligent. Data. IIoT. NR12.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Maleta Industrial NR12	20
Figura 2 – Diagrama de Funcionamento da Maleta	29
Figura 3 – Chave Seletora	30
Figura 4 – Tipos de Máquinas Elétricas	31
Figura 5 – Inversor de Frequência ATV630	33
Figura 6 – Botão de Pulso Conjugado	33
Figura 7 – Botão de Emergência	34
Figura 8 – Controlador de Segurança	35
Figura 9 – Fonte de Alimentação 24 V	35
Figura 10 – Borne Fusível	36
Figura 11 – Botão de Pulso	37
Figura 12 – Chave Magnética	37
Figura 13 – Chave de Segurança	38
Figura 14 – Disjuntor Magnético	39
Figura 15 – Ligação Física Inversor e Motor	50
Figura 16 – Sensores de Segurança	55
Figura 17 – Botão de Emergência	56
Figura 18 – Status e Monitoramento, Porta e Operação	57
Figura 19 – Lógica de Segurança	57
Figura 20 – Controle de Saídas	58
Figura 21 – Exclusão de Monitoramento de Portas	58
Figura 22 – Status Máquina em Operação	59
Figura 23 – Led Rearme	59
Figura 24 – Diagrama de Blocos	60
Figura 25 – Tela Principal	61
Figura 26 – Tela Diagrama Unifilar Simplificado	62
Figura 27 – Tela de Tags	63
Figura 28 – Tela de Comunicação	63
Figura 29 – Tabela de Endereços ATV630	64

Lista de abreviaturas e siglas

NA	Normalmente aberto
NF	Normalmente Fechado
A	Ampere
V	Tensão
CLP	Controlador Lógico Programável
IHM	Interface Homem-Máquina
IoT	Internet of Things
IIoT	Industrial Internet of Things
VCA	Volts Corrente Alternada
VCC	Volts Corrente Contínua
NR12	Norma Regulamentadora Número 12
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
STO	Safe Torque Of

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Contextualização	15
1.2	Definição do problema e objetivos	16
1.2.1	Gerais	16
1.2.2	Específicos	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Introdução	19
2.2	Maleta Industrial	20
2.3	Proteções Móveis	21
2.4	Rearme (Reset) Manual	21
2.5	Redundância	22
2.6	Classificação de Risco	22
2.7	Revisão da Literatura	23
3	DETALHAMENTO DOS COMPONENTES	29
3.0.1	Chave Seletora	30
3.0.2	Motor	30
3.0.3	Inversor	31
3.0.4	Botão de pulso conjugado	33
3.0.5	Botão de emergência	34
3.0.6	Controlador de segurança	34
3.0.7	Fonte de alimentação	35
3.0.8	Borne Fusível	36
3.0.9	Botão de pulso	36
3.0.10	Chave magnética de segurança	37
3.0.11	Chave eletromecânica com bloqueio	38
3.0.12	Disjuntor Magnético	39
4	INDUSTRIA 4.0	41
4.1	Internet das coisas (IoT)	41
4.2	Industrial Internet of Things (IIoT)	41
4.3	Redes Industriais	42
4.4	Protocolos de Comunicação	42
4.5	Sistemas Supervisórios	45
4.5.1	Funcionamento de um sistema supervisório	46

4.5.2	Sensores e Atuadores	46
4.5.3	Controle	46
4.6	Realidade Virtual e Aumentada	47
5	APLICABILIDADE DA NR12 À MALETA INDUSTRIAL	49
5.1	Metodologia da pesquisa	49
5.2	Funcionamento da Maleta NR12	49
5.2.1	Procedimentos	49
5.2.1.1	Fechamento Delta	50
5.2.1.2	Partida do motor	50
5.2.1.3	Forçando a abertura de porta	51
5.2.1.4	Botão de emergência	51
5.2.1.5	Botão de solicitação	52
5.3	Funcionamento Inversor de Frequência	52
5.3.1	Rampa de subida e descida	53
5.3.2	Modos de operação	54
5.4	CLP de segurança	54
5.4.1	SoSafe Configurable	55
5.5	Supervisório	61
6	RESULTADOS	65
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
	REFERÊNCIAS	69

1 Introdução

1.1 Contextualização

Com a modernização da indústria, tornou-se indispensável garantir a padronização dos processos e promover a segurança dos trabalhadores. Em resposta aos crescentes casos de acidentes de trabalho, foram estabelecidas normas específicas para minimizar os riscos envolvidos na manipulação de máquinas e equipamentos.

A NR12 – Norma regulamentadora N° 12, instituída no Brasil em 8 de junho de 1978, por meio da Portaria nº 3.214 do Ministério do Trabalho, surgiu para adequar o ambiente de trabalho para proporcionar maior segurança ao trabalhador, visando em primeiro lugar a saúde do trabalhador, redução das despesas com previdência, visto que a reabilitação dos profissionais onera o caixa da previdência, e por último, afeta negativamente as empresas, gerando maior custo com a folha salarial devido à escassez de mão de obra para atividades laborais mais arriscadas ([Ministério do Trabalho e Previdência, 2020a](#)).

Os acidentes de trabalho relacionados a choques elétricos podem resultar em lesões graves e até mesmo em fatalidades. Portanto, é essencial implementar medidas de segurança adequadas, como o cumprimento de normas específicas, treinamentos, inspeções regulares e o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) para prevenir tais acidentes e proteger a integridade dos trabalhadores.

Além da NR12, que propõe o escopo para segurança na operacionalização de máquinas e equipamentos, é relevante mencionar a norma IEC 60204-1, intitulada “Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements”, amplamente reconhecida e adotada internacionalmente como referência para a segurança de equipamentos elétricos em máquinas industriais ([International Electrotechnical Commission, 2016](#)). Essa norma estabelece um conjunto de diretrizes e requisitos técnicos essenciais para garantir a segurança dos sistemas elétricos em máquinas e equipamentos industriais. A IEC 60204-1 aborda aspectos fundamentais como a instalação adequada, proteção contra riscos elétricos, seleção de componentes, sistemas de controle e comandos, e medidas de emergência. A conformidade com essa norma é de suma importância para assegurar a segurança dos operadores e prevenir acidentes relacionados à eletricidade em ambientes industriais ([Hayrton, 2020](#)).

Nesse contexto, a NR12 surgiu como uma proposta que busca oferecer suporte aos gestores no processo de adequação dos processos produtivos, fornecendo informações e diretrizes fundamentais para garantir a segurança dos trabalhadores. A ma-

leta contém instruções detalhadas sobre as melhores práticas de operação, manutenção e proteção, contribuindo para a redução de acidentes e a promoção de um ambiente de trabalho seguro. Portanto, sua principal função é fornecer uma visão concreta das possibilidades de melhoria e integração das melhores práticas, dentro do contexto industrial, em conformidade com a norma.

1.2 Definição do problema e objetivos

A segurança é um aspecto fundamental na indústria, especialmente quando se trata da linha de produção. Com o objetivo de garantir um ambiente de trabalho seguro e evitar interrupções indesejadas, são implementadas soluções que visam prevenir violações de áreas restritas e reduzir riscos de choque elétrico. Caso ocorra alguma interrupção, sistemas auxiliares são acionados para notificar a gestão imediatamente. A norma NR12 foi estabelecida como uma medida alternativa para prevenir e mitigar acidentes de trabalho, proporcionando um ambiente mais seguro para os colaboradores. Através da sua implementação, é possível assegurar que a estrutura da indústria seja projetada de forma a evitar interrupções e garantir a integridade dos trabalhadores.

A proposta deste trabalho visa apresentar um kit de automação industrial dimensionado em uma maleta, utilizada como parte comercial de uma empresa que atua no ramo de automação industrial, o presente kit está adequado a norma NR12 e como parte desse trabalho, pretende-se apresentar o funcionamento do mesmo, bem como apresentar a importância de adequação à norma, utilizando a documentação disponível para estudo.

Pretende-se fazer a comunicação destes equipamentos a um supervisório, servindo como historiador para análise e monitoramento dos sensores responsáveis pelo controle de segurança e interrupção dos processos.

A princípio, a maleta simula um painel de automação, a implementação dessa proposta tem como objetivo demonstrar a necessidade de adequação à norma, trazendo maior segurança aos trabalhadores na utilização de máquinas e equipamentos ou em fase de projeto, bem como proporcionar meios para supervisão das estruturas críticas de um processo industrial, possibilitando a intervenção da melhor forma por meio das notificações recebidas. A maleta pode simular até categoria 2 apenas, temos 5 categorias existentes mas dependerá da máquina e da extensão a que os meios de comando são utilizados para as medidas de proteção.

1.2.1 Gerais

Elaborar um estudo de caso, utilizando como exemplo uma maleta que simula um painel de automação que atende a norma NR12, paralelamente, projetar um supervisório

para uma plataforma de monitoramento IIoT servindo como historiador para análise e supervisão dos dados provenientes dos sensores.

1.2.2 Específicos

No intuito de se chegar no objetivo principal, serão delineados os seguintes objetivos específicos:

- Estudo da norma NR12 e suas aplicações ao caso;
- Estudar os protocolos de comunicação utilizados;
- Desenvolvimento de um supervisor;
- Apresentar os resultados e discussões.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Introdução

Nos últimos anos, a tecnologia em acompanhamento com os processos produtivos tiveram expressivo avanço, trazendo melhorias significativas, seja financeiramente ou do ponto de vista humano, tornando o trabalho mais seguro e menos insalubre ¹ em determinadas áreas.

Tendo em vista os fatores tecnológicos e a modernização da indústria, a normatização dos processos produtivos se tornou necessária para garantir a segurança dos trabalhadores, surgindo como demanda por parte da sociedade, estabelecendo diretrizes e requisitos para o ambiente de trabalho, visando prevenir acidentes, reduzir riscos e promover um ambiente laboral seguro e saudável, surgindo então as normas regulamentadoras ([Ministério do Trabalho e Previdência, 2020a](#)).

A NR12 é uma especificação normativa estabelecida pelo governo federal para definir parâmetros e especificações técnicas de proteção a serem seguidas na utilização de máquinas e equipamentos. Tem as condições necessárias, e o mais importante, protege contra acidentes e doenças no uso de máquinas e equipamentos.

Por exemplo, a norma possui subseções para cada etapa e orientações sobre como treinar os trabalhadores e até mesmo a organização ideal do chão de fábrica.

Com relação à parte técnica da NR12, a norma é baseada na ferramenta NBR 12100 desenvolvida pela ABNT. A aplicação da NR12 é obrigatória e verificada por auditores do trabalho em visitas regulares, geralmente fiscalizações sem aviso prévio.

A existência dessa norma atende aos requisitos mencionados no Capítulo 5 da CLT, que determina a criação de um ambiente de trabalho com menor risco de acidentes e a prevenção da ocorrência de doenças ocupacionais.

Em redação dada pela Portaria SEPRT n.º 916, de 30/07/2019, trata das instruções, regras e normas estabelecidas para garantir formas seguras para a atividade laboral com máquinas e equipamentos, servindo como princípio fundamental para adequação as exigências obrigatórias. Os itens 12.4 ao 12.6, lida com as instruções do “dispositivos de partida, acionamento e parada, sistemas de segurança e dispositivos de parada de emergência” respectivamente, que serão alvos deste trabalho.

¹ De acordo com o Art . 189 - “Serão consideradas atividades ou operações insalubres aquelas que, por sua natureza, condições ou métodos de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos” ([LEI... , 1977](#)).

2.2 Maleta Industrial

As empresas representantes de componentes industriais sempre contribuem com o mercado através da criação e distribuição de novos produtos, em contrapartida, as indústrias precisam sempre estar se atualizando dos novos produtos e tecnologias, as maletas industriais são uma forma simples de apresentação de portfólio de uma empresa, utilizada como forma representativa, em pequena escala, de um processo industrial, tendo como foco principal a normatização e integração das diretrizes necessárias para aplicação da norma NR12, proporcionando uma visão prática e concreta da conformidade com os padrões de segurança exigidos.

Figura 1 – Maleta Industrial NR12



Fonte: O autor, 2022

A chamada Maleta-NR12, desenvolvida e alvo deste trabalho, tem como finalidade representar uma parte crítica de um processo industrial. Esta solução comercial inovadora, pretende demonstrar a importância e a conscientização da segurança no ambiente de trabalho, fornecendo uma visão prática e demonstrativa para cenários de operacionalização e interrupção, seja por acesso restrito ou por algum defeito em algum dispositivo elétrico, engajando gestores a adotar práticas efetivamente seguras.

Seguindo a norma NR12 e com base nos dispositivos estabelecidos para operacionalização, a maleta conta com um arranjo dimensionado para atender alguns componentes elétricos descritos no capítulo 3. Seu princípio de funcionamento atende os dispositivos 12.4 ao 12.6 que estabelece as diretrizes necessárias para operacionalização de maneira segura.

2.3 Proteções Móveis

Como o próprio nome sugere, proteções móveis são aquelas que podem ser abertas sem o uso de ferramentas, geralmente ligada por elementos mecânicos à estrutura da máquina ou a um elemento fixo próximo, e deve se associar a dispositivos de intertravamento. Elas são utilizadas para criar uma barreira física entre o usuário e partes móveis ou perigosas da máquina, impedindo o acesso às áreas que possam representar riscos de acidentes ([PREVinsa, s.d.](#)).

Essas proteções são geralmente projetadas para se movimentar de forma controlada, permitindo o acesso à máquina apenas quando ela está desligada ou em condições seguras. Quando a máquina é acionada ou entra em operação, as proteções móveis são automaticamente posicionadas para bloquear o acesso às zonas de risco, evitando que o operador entre em contato direto com as partes móveis, como engrenagens, correias, roldanas ou áreas de corte. As proteções móveis são essenciais para garantir a segurança dos trabalhadores em diversos setores industriais, como metalurgia, têxtil, madeireira, automobilística, entre outros e fazem parte das exigências estabelecidas na NR12.

2.4 Rearme (Reset) Manual

De acordo com o anexo IV da NR12, o rearme manual é uma função de segurança utilizada para restaurar manualmente uma ou mais funções de segurança antes de reiniciar uma máquina ou parte dela ([Ministério do Trabalho e Previdência, 2020b](#)). Um exemplo prático disso ocorre em disjuntores (Interruptor elétrico projetado para detecção de falhas na alimentação elétrica), que desarmam em caso de sobrecarga, interrompendo a passagem de corrente elétrica e exigindo uma intervenção manual para reabilitar o circuito.

A análise de risco é essencial para determinar os procedimentos de rearme ou reset manual, podendo até mesmo proibir o rearme automático de alguns dispositivos, exigindo a intervenção de um operador ou profissional qualificado antes que o sistema seja reativado. Essa medida garante que a situação que causou o acionamento do dispositivo esteja devidamente controlada antes de restabelecer o funcionamento da máquina, priorizando a segurança operacional.

Assim como na NR12, a IEC 60204-1 também enfatiza a importância da análise

de risco e a implementação de procedimentos adequados de rearme manual (Reset). A norma preconiza que, em alguns casos, o rearme automático pode ser proibido, requerendo a intervenção de um operador ou profissional qualificado antes que o sistema possa ser reativado, garantindo a segurança operacional das máquinas.

2.5 Redundância

De acordo com o anexo IV da NR12, redundância é a aplicação de mais de um componente, dispositivo ou sistema, a fim de assegurar que, havendo uma falha em um deles na execução de sua função o outro estará disponível para executar esta função (Ministério do Trabalho e Previdência, 2020b).

2.6 Classificação de Risco

Para proteções mecânicas fixas ou móveis, não há uma categorização específica na norma ABNT NBR 14153 ¹, mas há um processo de harmonização em andamento com a norma EN ISO 13849-1/2, que trata de sistemas eletroeletrônicos de segurança, incluindo chaves, sensores, relés e botões de emergência.

Segundo [Künzel e Silva \(s.d.\)](#), as exigências que cada categoria de segurança possui para os sistemas elétricos a serem instalados em equipamentos que estejam em processo de adequação à NR-12:

Categoria B:

Esta categoria exige que o projetista selecione os dispositivos elétricos que atendam as especificações básicas do sistema onde serão instalados, como por exemplo: Condições ambientais, compatibilidade com tensão e corrente de trabalho, ligações conforme recomendações dos fabricantes, princípio de desenergização, aterramento elétrico e etc. Em outras palavras, esta categoria não exige monitoramento por rele de segurança, redundância em sensores e botoeiras de emergência, muito menos duplo contator, a mesma apenas exige que todos os componentes elétricos utilizados sejam projetados e montados de acordo com normas técnicas existentes.

Categoria 2:

Esta categoria exige que sejam atendidas as premissas da categoria B, porém os sistemas de segurança devem ser submetidos a testes que detectem falhas nos dispositivos relacionados à segurança do equipamento. Neste sistema, nem

¹ ABNT NBR 14153: É uma norma brasileira que estabelece princípios para a seleção e aplicação de dispositivos de segurança em máquinas e equipamentos.

todas as falhas são detectadas, pois o mesmo prevê apenas o monitoramento, sem exigência de redundância nos dispositivos utilizados. Em outras palavras, quando o equipamento é categorizado no nível 2 de segurança, os dispositivos envolvidos na segurança do equipamento, além de atenderem as premissas da categoria B, deverão ser monitorados por dispositivo de segurança (Rele de segurança, CLP de segurança, etc), mas não precisam ser instalados de maneira redundante.

Conforme será apresentado no capítulo 3, pela seleção de componentes na Maleta Industrial: inversor de frequência, sensores de segurança magnético, motor, disjuntor motor, botões de pulso, botão de emergência, bornes fusíveis, controlador de segurança, chave seletora entre outros. Sua classificação de risco enquadra-se na Categoria 2, sendo aplicadas também as premissas da Categoria B.

2.7 Revisão da Literatura

A segurança no trabalho é fundamental para assegurar o bem-estar dos trabalhadores, com isso surgiram as normas regulamentadoras que contem medidas de segurança, previstas em lei, Art . 1º - O Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, aprovada pelo Decreto-lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, passa a vigorar com a seguinte redação: CAPÍTULO V, DA SEGURANÇA E DA MEDICINA DO TRABALHO, SEÇÃO XI.

Art . 184 - As máquinas e os equipamentos deverão ser dotados de dispositivos de partida e parada e outros que se fizerem necessários para a prevenção de acidentes do trabalho, especialmente quanto ao risco de acionamento acidental. Parágrafo único - É proibida a fabricação, a importação, a venda, a locação e o uso de máquinas e equipamentos que não atendam ao disposto neste artigo.

Art . 185 - Os reparos, limpeza e ajustes somente poderão ser executados com as máquinas paradas, salvo se o movimento for indispensável à realização do ajuste.

Art . 186 - O Ministério do Trabalho estabelecerá normas adicionais sobre proteção e medidas de segurança na operação de máquinas e equipamentos, especialmente quanto à proteção das partes móveis, distância entre estas, vias de acesso às máquinas e equipamentos de grandes dimensões, emprego de ferramentas, sua adequação e medidas de proteção exigidas quando motorizadas ou elétricas.

São base primordial para normatização do trabalho com máquinas e equipamentos. Os itens 12.4 ao 12.6 foram base de estudo para este trabalho ([Ministério do Trabalho e Previdência, 2020b](#)).

- 12.4 Dispositivos de partida, acionamento e parada.
- 12.5 Sistemas de segurança
- 12.6 Dispositivos de parada de emergência.

Dispositivos de partida, acionamento e parada

12.4.1 Os dispositivos de partida, acionamento e parada das máquinas devem ser projetados, selecionados e instalados de modo que:

- a) não se localizem em suas zonas perigosas;
- b) possam ser acionados ou desligados em caso de emergência por outra pessoa que não seja o operador;
- c) impeçam acionamento ou desligamento involuntário pelo operador ou por qualquer outra forma acidental;
- d) não acarretem riscos adicionais;
- e) não possam ser burlados. (Os dispositivos devem, ao mesmo tempo, oferecer acesso facilitado e impedimento de alguma manobra não intencional)

12.4.2 Os comandos de partida ou acionamento das máquinas devem possuir dispositivos que impeçam seu funcionamento automático ao serem energizadas.

12.4.11 Devem ser adotadas, quando necessárias, medidas adicionais de alerta, como sinal visual e dispositivos de telecomunicação, considerando as características do processo produtivo e dos trabalhadores. (Torre de luz)

12.4.13 Os componentes de partida, parada, acionamento e controles que compõem a interface de operação das máquinas e equipamentos fabricados a partir de 24 de março de 2012 devem:

- a) possibilitar a instalação e funcionamento do sistema de parada de emergência, quando aplicável, conforme itens e subitens do capítulo sobre dispositivos de parada de emergência, desta NR; e
- b) operar em extrabaixa tensão de até 25 VCA (vinte e cinco volts em corrente alternada) ou de até 60 VCC (sessenta volts em corrente contínua).

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.

12.4.14.1 É permitida a parada controlada do motor, desde que não haja riscos decorrentes de sua parada não instantânea.

Sistemas de segurança

12.5.2 Os sistemas de segurança devem ser selecionados e instalados de modo a atender aos seguintes requisitos:

a) ter categoria de segurança conforme apreciação de riscos prevista nas normas técnicas oficiais;

b) estar sob a responsabilidade técnica de profissional legalmente habilitado;

c) possuir conformidade técnica com o sistema de comando a que são integrados;

d) instalação de modo que dificulte a sua burla;

e) manterem-se sob vigilância automática, ou seja, monitoramento, se indicado pela apreciação de risco, de acordo com a categoria de segurança requerida, exceto para dispositivos de segurança exclusivamente mecânicos; e

f) paralisação dos movimentos perigosos e demais riscos quando ocorrerem falhas ou situações anormais de trabalho.

12.5.3 Os sistemas de segurança, se indicado pela apreciação de riscos, devem exigir rearme (“reset”) manual.

12.5.3.1 Depois que um comando de parada tiver sido iniciado pelo sistema de segurança, a condição de parada deve ser mantida até que existam condições seguras para o rearme.

12.5.4 Para fins de aplicação desta NR, considera-se proteção o elemento especificamente utilizado para prover segurança por meio de barreira física, podendo ser:

a) proteção fixa, que deve ser mantida em sua posição de maneira permanente ou por meio de elementos de fixação que só permitam sua remoção ou abertura com o uso de ferramentas;

b) proteção móvel, que pode ser aberta sem o uso de ferramentas, geralmente ligada por elementos mecânicos à estrutura da máquina ou a um elemento fixo próximo, e deve se associar a dispositivos de intertravamento.

12.5.6.1 É permitida a ligação em série, na mesma interface de segurança, de dispositivos de intertravamento de diferentes proteções móveis, desde que observado o

disposto na ISO/TR 24.119.

12.5.7 As máquinas e equipamentos dotados de proteções móveis associadas a dispositivos de intertravamento devem:

- a) operar somente quando as proteções estiverem fechadas;
- b) paralisar suas funções perigosas quando as proteções forem abertas durante a operação; e
- c) garantir que o fechamento das proteções por si só não possa dar início às funções perigosas.

12.5.8 Os dispositivos de intertravamento com bloqueio associados às proteções móveis das máquinas e equipamentos devem:

- a) permitir a operação somente enquanto a proteção estiver fechada e bloqueada;
- b) manter a proteção fechada e bloqueada até que tenha sido eliminado o risco de lesão devido às funções perigosas da máquina ou do equipamento; e
- c) garantir que o fechamento e bloqueio da proteção por si só não possa dar início às funções perigosas da máquina ou do equipamento.

12.5.10 As máquinas e equipamentos que ofereçam risco de ruptura de suas partes, projeção de materiais, partículas ou substâncias, devem possuir proteções que garantam a segurança e a saúde dos trabalhadores.

12.5.5 Os componentes relacionados aos sistemas de segurança e comandos de acionamento e parada das máquinas, inclusive de emergência, devem garantir a manutenção do estado seguro da máquina ou equipamento quando ocorrerem flutuações no nível de energia além dos limites considerados no projeto, incluindo o corte e restabelecimento do fornecimento de energia.

12.5.6 A proteção deve ser móvel quando o acesso a uma zona de perigo for requerido mais de uma vez por turno de trabalho, observando-se que:

- a) a proteção deve ser associada a um dispositivo de intertravamento quando sua abertura não possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco; e
- b) a proteção deve ser associada a um dispositivo de intertravamento com bloqueio quando sua abertura possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco.

12.5.7 As máquinas e equipamentos dotados de proteções móveis associadas a dispositivos de intertravamento devem:

- a) operar somente quando as proteções estiverem fechadas;
- b) paralisar suas funções perigosas quando as proteções forem abertas durante a operação; e

c) garantir que o fechamento das proteções por si só não possa dar início às funções perigosas.

12.5.7.1 A utilização de proteções intertravadas com comando de partida, como exceção ao previsto na alínea “c” do subitem 12.5.7, deve ser limitada e aplicada conforme as exigências específicas previstas em normas técnicas oficiais.

12.5.8 Os dispositivos de intertravamento com bloqueio associados às proteções móveis das máquinas e equipamentos devem:

- a) permitir a operação somente enquanto a proteção estiver fechada e bloqueada;
- b) manter a proteção fechada e bloqueada até que tenha sido eliminado o risco de lesão devido às funções perigosas da máquina ou do equipamento; e
- c) garantir que o fechamento e bloqueio da proteção por si só não possa dar início às funções perigosas da máquina ou do equipamento.

12.5.13.1 A localização dos atuadores de rearme (“reset”) manual deve permitir uma visão completa da zona protegida pelo sistema.

12.5.13.3 Deve haver dispositivos de parada de emergência localizados no interior da zona protegida pelo sistema, bem como meios de liberar pessoas presas dentro dela.

12.5.16 As proteções, dispositivos e sistemas de segurança são partes integrantes das máquinas e equipamentos e não podem ser considerados itens opcionais para qualquer fim.

Dispositivos de parada de emergência

12.6.1.1 Os dispositivos de parada de emergência não devem ser utilizados como dispositivos de partida ou de acionamento.

12.6.2 Os dispositivos de parada de emergência devem ser posicionados em locais de fácil acesso e visualização pelos operadores em seus postos de trabalho e por outras pessoas, e mantidos permanentemente desobstruídos.

12.6.3 Os dispositivos de parada de emergência devem:

- a) ser selecionados, montados e interconectados de forma a suportar as condições de operação previstas, bem como as influências do meio;
- b) ser usados como medida auxiliar, não podendo ser alternativa a medidas adequadas de proteção ou a sistemas automáticos de segurança;
- c) possuir acionadores projetados para fácil atuação do operador ou outros que possam necessitar da sua utilização;
- d) prevalecer sobre todos os outros comandos;
- e) provocar a parada da operação ou processo perigoso em período de tempo tão

reduzido quanto tecnicamente possível, sem provocar riscos suplementares; e

f) ter sua função disponível e operacional a qualquer tempo, independentemente do modo de operação;

12.6.4 A função parada de emergência não deve:

a) prejudicar a eficiência de sistemas de segurança ou dispositivos com funções relacionadas com a segurança;

b) prejudicar qualquer meio projetado para resgatar pessoas acidentadas; e c) gerar risco adicional.

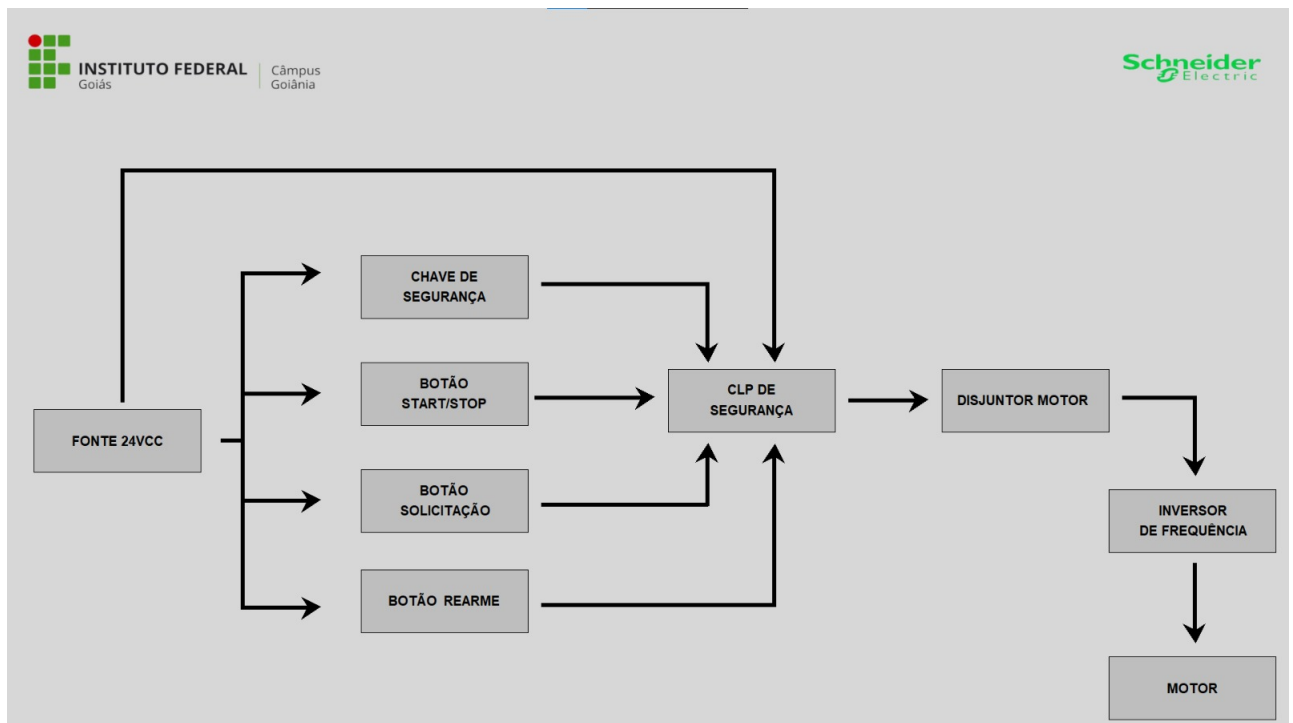
12.6.5 O acionamento do dispositivo de parada de emergência deve também resultar na retenção do acionador, de tal forma que, quando a ação no acionador for descontinuada, este se mantenha retido até que seja desacionado.

12.6.5.1 O desacionamento deve ser possível apenas como resultado de uma ação manual intencionada sobre o acionador, por meio de manobra apropriada.

3 Detalhamento dos Componentes

A maleta industrial pode ser alimentado com a energia da concessionária, tensão nominal de funcionamento 220 V, possibilitando flexibilidade, podendo ser transportada de um lugar ao outro. O consumo total de corrente, estando todos os equipamentos em pleno funcionamento, é de aproximadamente 15 A. Portanto, deve-se ter o cuidado de não energizá-la em qualquer tomada, já que algumas não foram dimensionadas para esta finalidade.

Figura 2 – Diagrama de Funcionamento da Maleta



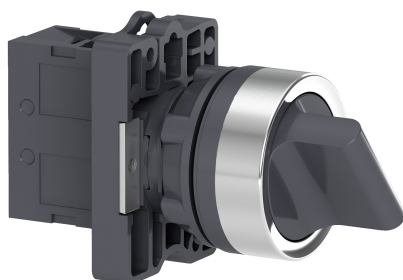
Fonte: Autor, 2023

A maleta pode ser demonstrada a partir do seu diagrama de funcionamento, Figura 2, conta com diversos equipamentos, como inversor de frequência, sensores de segurança magnético, motor, disjuntor motor, botões de pulso, botão de emergência, bornes fusíveis, controlador de segurança, chave seletora entre outros.

3.0.1 Chave Seletora

A chave seletora é um tipo de chave comutadora de comando elétrico que possui duas posições fixas, podendo ou não ter retenção. Ela é utilizada quando é necessário selecionar um comando específico, como ligar e desligar, por meio de rotação nos sentidos horário e anti-horário.

Figura 3 – Chave Seletora



Fonte: Schneider, 2022

Esse modelo de chave suporta blocos de contato, que podem ser do tipo NA e NF, podendo ser substituídos por outros e em alguns casos acoplados um sobre o outro.

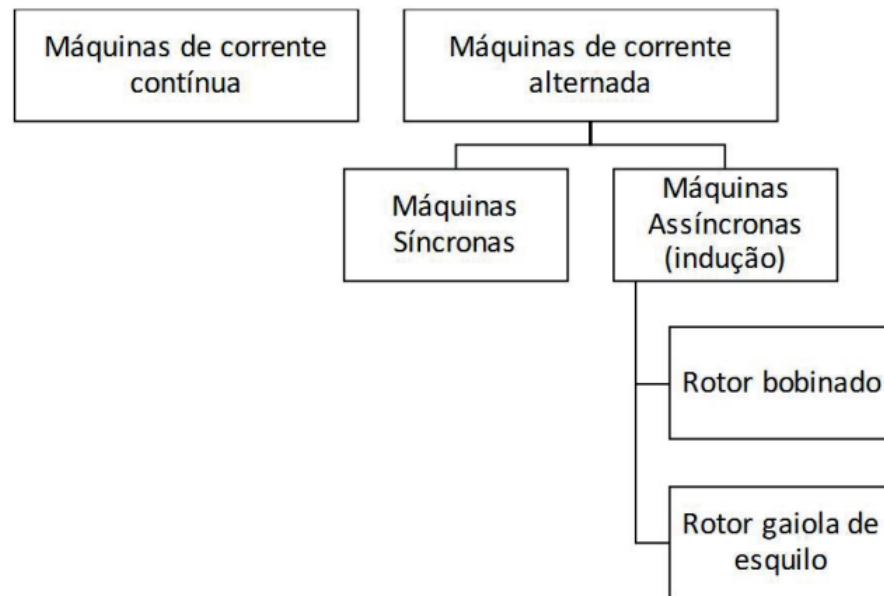
3.0.2 Motor

As máquinas elétricas são classificadas em máquinas de corrente contínuas e máquinas de corrente alternada. Elas operam segundo o princípio da lei de Faraday para a indução. Seus aspectos construtivos são formados de estator, parte fixada na carcaça da máquina e uma parte móvel denominada de rotor, que gira dentro do estator por meio de um eixo e rolamentos, são compostas também de enrolamentos de campos e de armadura (SILVA; JÚNIOR, 2018).

As máquinas de corrente contínua, como o próprio nome sugere, são alimentadas por corrente contínua e apresentam enrolamento de armadura no rotor e de campo no estator. Para promover o torque, força que faz girar o eixo do motor, é necessário escovas deslizantes para inverter a polaridade internamente no enrolamento de armadura.

As máquinas de corrente alternada, possuem enrolamento de armadura no estator, possuindo algumas variações no enrolamento de campo dependendo do tipo de máquina CA, figura 4. Máquinas síncronas possuem enrolamento de campo no estator, excitado por corrente contínua. Máquinas assíncronas (Indução), podem ser do tipo gaiola, rotor bobinado e do tipo esquilo, utilizando como princípio o fenômeno de indução magnética de corrente que por sua vez promove o torque.

Figura 4 – Tipos de Máquinas Elétricas



Fonte: [SILVA e JÚNIOR \(2018\)](#)

O motor elétrico é uma máquina que transforma energia elétrica em energia mecânica de utilização ([FILHO, 2017](#)). O diferencial dos motores elétricos aos motores de combustão interna, que operam seguindo os princípios de termodinâmica, expansão de fluidos gasosos para gerar torque e movimento rotativo, está em não produzir gases poluentes e serem silenciosos, dependendo de uma fonte de energia para o funcionamento, eliminando a necessidade de estoques de combustível. Comparativamente, possui custo menor de operação, são mais compactas, eficientes e versáteis.

Pelo baixo custo, limpeza e manutenção, fica evidente a preferência destes na indústria, em suas linhas de produção, propiciando o controle, versatilidade, aumento de produtividade e melhor utilização dos recursos energéticos.

3.0.3 Inversor

Motores elétricos quando são ligados, de imediato, liberam um grande fluxo de corrente elétrica que circulam através dos seus enrolamentos, esse fato vem porque não há força contra-eletriz que se oponha ao fluxo de corrente, a elevada corrente que resulta da partida de um motor provoca perdas excessivas nos enrolamentos estáticos e rotóricos dos motores elétricos ([FILHO, 2017](#)).

Os motores de corrente contínua precisam de uma fonte de corrente contínua, ou dispositivos que convertam energia alternada em energia contínua, tornando os custos de operação mais elevados ([WEG, 2023](#)). Além dos gastos elevados em manutenção e os fatores construtivos deste motor, acaba não se tornando uma opção viável, devido aos

altos custos de aquisição, instalação e manutenção.

Com o advento da eletrônica de potência e os interesses industriais de redução de custo, aumento de eficiência energética e ganho de produtividade, surgiu a automação, surgindo então uma infinidade de soluções voltadas às aplicações industriais. Dentre estas, foi desenvolvido o inversor de frequência, equipamento versátil e dinâmico que permite o uso de motores de indução, alimentados por corrente alternada ([FRANCHI, 2008](#)).

Os motores de indução são mais simples, robustos e possuem baixo custo. São equivalentes a um transformador, em que o primário é o estator e o secundário é o rotor ([FRANCHI, 2008](#)). Em termos construtivos possui uma larga vantagem comparado ao motor de corrente contínua, que necessita de um magneto, um ímã permanente no rotor, além dos gastos com escovas que se desgastam ao longo do tempo e a complexidade de controle de velocidade.

A invenção do inversor de frequência se dá para minimizar esse processo. São largamente empregados nas seguintes condições:

- Controle da velocidade angular dos motores.
- Controle do conjugado motor.
- Partida dos motores quando não é possível partida por outros meios de compensação.
- Operação de motores em partidas e paradas suaves.
- Controle e regulação do golpe de aríete em sistemas de bombeamento de água.

O inversor de frequência funciona através da retificação da tensão alternada do alimentador do motor por meio de seis tiristores, modulando a largura de pulso. O processador utiliza algoritmos de controle vetorial de fluxo, utilizando parâmetros do motor e das variáveis operacionais, tensão, corrente e frequência, possibilitando o ajuste fino do fluxo magnético, rotórico e estatórico ([FILHO, 2017](#)).

O inversor composto na maleta é o ATV630 da Schneider, que conta com protocolos de comunicação padrão da Schneider como Modbus RTU e Modbus TCP, ele pode ser adicionado outros protocolos de comunicação utilizando módulos adicionais, vendidos separadamente, da linha Altivar Process 600, que atendem as principais necessidades dos processos, pensando na eficiência dos equipamentos e economia de energia. Estes produtos estão focados em aplicações de gestão de fluidos e gases, atendendo setores de Tratamento de água, Mineração, Óleo e gás e Alimentos e Bebidas ([SCHNEIDER, s.d.](#)).

Figura 5 – Inversor de Frequência ATV630



Fonte: Schneider, 2022

3.0.4 Botão de pulso conjugado

São utilizados em diversas aplicações, como em equipamentos de automação industrial, sistemas de alarme e segurança, entre outros.

Figura 6 – Botão de Pulso Conjugado



Fonte: Schneider, 2022

Os botões de pulso conjugado podem ser controlados manualmente e tem a função de abrir e fechar o circuito conforme o pulso, podendo ser do tipo retentivo ou retorno por mola. No momento em que é pressionado, alterna os contatos e após a liberação, retorna à posição de repouso. É um modelo muito prático e muito utilizado em painéis que requerem economia de espaço.

3.0.5 Botão de emergência

Quando é preciso desenergizar, seja para manutenção, integração ou mesmo parada de emergência, existem práticas adequadas de utilização. O recomendado é integrar botões de parada específicos que devem ser de fácil acesso ao operador e bem sinalizados, evitando equívoco na utilização, garantido segurança e eficiência na operação do circuito.

Figura 7 – Botão de Emergência



Fonte: Schneider, 2022

Os botões de emergência são mecanismos acionadores em formato de cogumelo normalmente utilizado na cor vermelha ou amarelo, esses botões quando acionados desenergizam o circuito e para liberação do mesmo, deve-se girar o botão no sentido anti-horário, liberando o mecanismo de bloqueio e permitindo a reativação do circuito. Os botões são de fácil instalação podendo ter contatos NA ou NF.

3.0.6 Controlador de segurança

O CLP é responsável pelo controle de todo o processo, é a parte primordial que trata os dados provenientes dos sensores e atuadores. Diferente do CLP, o CLP de Segurança tem uma aplicação específica para monitorar e controlar a segurança em máquinas e processos. Ele é utilizado como forma de proteção que atende a norma de NR12, ele fica sendo o cérebro a parte principal do projeto que tem como funcionalidade o controle e parada de emergência.

Sua programação é fácil e intuitiva sendo realizada por meio de blocos, mas também depende do modelo, em seu próprio visor podemos ver qual a entrada que foi acionada ou se todas estão funcionando normalmente.

O modelo a ser utilizado é o XPSMCMCP0802 da Schneider Electric, este modelo opera com a tensão de 24 V CC, então faz-se necessário a utilização de uma fonte para a alimentação.

Neste projeto, o XPSMCMCP0802 monitora a chave magnética, chave eletromecânica e botões de emergência.

Figura 8 – Controlador de Segurança



Fonte: Schneider, 2022

3.0.7 Fonte de alimentação

A fonte de alimentação disponível na maleta, fornece a energia necessária para o funcionamento dos dispositivos, considerando a tensão e corrente requerida dos mesmos, eficiência energética da fonte e o espaço disponível para a instalação.

Figura 9 – Fonte de Alimentação 24 V



Fonte: Schneider, 2022

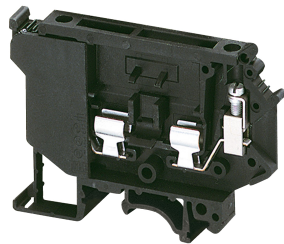
A função desta fonte é de transformar a tensão recebida na sua entrada, 110 V ou 220 V bivolt corrente alternada e converte-lá para uma tensão de saída 24 V corrente contínua, amplamente adotada como um padrão para a utilização em pequenos dispositivos e largamente utilizada em comandos elétricos na indústria.

Possui filtro anti-harmônico, onde filtra correntes de frequências diferentes dos 50 Hz e evita amplificações nas tensões e correntes dos circuitos, propiciando melhora na vida útil dos equipamentos. Sua utilização deve-se ao baixo valor de ruído.

3.0.8 Borne Fusível

Os Bornes fusível são projetados para proteção contra sobrecargas de corrente elétrica e com fácil integração nos circuitos de medição, controle e comando.

Figura 10 – Borne Fusível



Fonte: Schneider, 2022

Os porta fusíveis seccionáveis previnem danos e riscos de segurança durante a operação, prolongando a vida útil aos equipamentos. Quando ultrapassa um valor pré-determinado, conhecido como corrente nominal do fusível, o fusível aquece e derrete, interrompendo o circuito e protegendo os equipamentos e pessoas envolvidas na instalação elétrica. Quando o fusível é acionado e ocorre o curto-circuito, ele emite um sinal luminoso indicando a falha no circuito. Por ser seccionável, tem facilidade de interrupção dos circuitos para testes de um painel de comando ou substituição do fusível.

Os fusíveis de vidro nem sempre estão inclusos no pacote, mas são fáceis de ser encontrados e com preço acessível, Eles são colocados num alojamento apropriado e possui sinalização LED para indicar a condição do funcionamento do fusível na tensão de 24V.

3.0.9 Botão de pulso

Os botões de pulso são componentes capazes de enviar sinais elétricos para ativação de dispositivos diversos. Quando pressionado, o contato elétrico é fechado, permitindo a passagem da corrente elétrica e, assim, a ativação do dispositivo controlado. Quando o botão é solto, o contato é aberto, interrompendo a passagem da corrente elétrica e desligando o dispositivo.

Os botões de pulso são utilizados para acionamento de dispositivos em geral, como atuadores, lâmpadas entre outros, são largamente utilizados em painéis e possuem contato NA ou NF. Sua tensão de operação é de 100-220 V, podendo ser operados também em 24 V.

Figura 11 – Botão de Pulso



Fonte: Schneider, 2022

3.0.10 Chave magnética de segurança

A chave magnética de segurança é um dispositivo de segurança cujo objetivo é evitar o acesso de pessoas a áreas perigosas de uma máquina ou equipamento. Ela é composta por duas partes, o contato de segurança e o atuador. O contato de segurança é responsável por interromper o circuito elétrico, evitando que ela funcione enquanto a chave estiver acionada. Já o atuador é acoplado na parte móvel e sua função é permitir ou não a ação da chave.

Figura 12 – Chave Magnética



Fonte: Schneider, 2022

A chave magnética de segurança é utilizada em diversas áreas, como indústrias, fábricas e equipamentos em geral, garantindo a proteção dos trabalhadores e a integridade das máquinas. Ela é importante para garantir o cumprimento das normas regulamentadoras.

Na maleta industrial, o atuador é acoplado na parte móvel, neste caso, o acrílico

que restringe o acesso direto ao circuito. Quando a chave é acionada, o ímã é energizado e atrai o contato do interruptor, mantendo o circuito energizado enquanto o atuador estiver em posição correta. Caso o atuador seja movido, o contato do interruptor é aberto e o circuito é desenergizado, garantindo a segurança do operador.

A tensão de operação nominal é de 24 V CC e corrente operacional nominal máxima 100 mA.

3.0.11 Chave eletromecânica com bloqueio

Segundo (SAFETYCONTROL, 2022) "As chaves de segurança são um dentre diversos dispositivos criados com intuito de proteger o operador, fazendo parte de sistemas que se adequam à NR12. São ligadas especificamente em ambientes que exigem portas de proteção."

A chave de segurança é outro item redundante de proteção, são ótimas quando temos a necessidade de limitar o acesso à área onde a máquina ou os dispositivos de controle estão.

Tem grau de proteção IP67, sendo assim consegue resistir a condições ambientais extremas.

Figura 13 – Chave de Segurança



Fonte: Schneider, 2022

A alimentação do sistema pode ser realizada com tensões de até 240 V e corrente nominal de 0,75 A, no entanto, sua tensão do circuito de sinalização é de apenas 24 V para transmissão de informações.

3.0.12 Disjuntor Magnético

Disjuntor Magnético é um dispositivo de proteção elétrica que utiliza a força magnética para atuar quando há uma corrente de sobrecarga ou curto-circuito em um circuito elétrico.

Os disjuntores magnéticos servem como proteção para o motor, evitando danos causados por correntes excessivas que ultrapassem as condições nominais de funcionamento. Quando ocorre uma corrente muito alta, esses disjuntores atuam para interromper o circuito e prevenir o sobreaquecimento térmico dos equipamentos. Em comparação a outros dispositivos de proteção elétrica, como fusíveis, os disjuntores magnéticos apresentam vantagens significativas. São mais confiáveis, precisos e reutilizáveis, o que contribui para a segurança e eficiência dos sistemas elétricos. Além disso, esses disjuntores podem ser utilizados em diversas aplicações, incluindo motores trifásicos, com uma faixa de operação típica de 25A/690V.

Figura 14 – Disjuntor Magnético



Fonte: Schneider, 2022

Seu controle é feito por meio de uma manopla rotativa que garante 100.000 ciclos de utilização AC03, ele é de simples instalação, seus terminais EverLink geram uma conexão de energia segura e duradoura, com diversas certificações (IEC, UL, CSA, CCC, EAC, Marine, Green Premium Compliant (RoHS/REACH). Permite a seleção da corrente nominal de operação, o que significa que podem ser dimensionados adequadamente para a carga elétrica em questão, garantindo a proteção ideal do circuito.

4 Indústria 4.0

4.1 Internet das coisas (IoT)

Internet das coisas (das iniciais, em inglês, IoT) é o conceito referido à conectividade dos objetos cotidianos, como celulares, computadores, lâmpadas, geladeiras e televisões. Se refere a conectar vários dispositivos físicos em todo o mundo via internet (GOKHALE; TRIPATHY, 2018). Em outras palavras, IoT é uma rede de objetos físicos, capaz de reunir e transmitir dados.

A IoT tem sido muito utilizada em diversos setores, incluindo saúde, transporte, manufatura, energia, agricultura, entre outros. Na saúde, tem sido utilizada para monitorar pacientes em tempo real e enviar alerta em caso de necessidade de intervenção médica. Na agricultura, sensores conectados à internet podem monitorar a qualidade do solo e das plantas, permitindo que os agricultores tomem decisões informadas sobre o manejo de suas plantações.

No entanto, apesar dos benefícios que a IoT pode trazer, também existem preocupações em relação à privacidade e à segurança dos dados. Como muitos dispositivos estão conectados à internet coletam informações pessoais e sensíveis, é importante serem implementadas medidas de segurança adequadas para garantir a proteção dessas informações.

4.2 Industrial Internet of Things (IIoT)

IIoT, nada mais é que o IoT aplicado a realidade industrial. Os sistemas resultantes do IIoT permite o monitoramento de dados, coleta e troca dos mesmos, análise e ação instantânea sobre a informação para alterar inteligentemente o seu comportamento ou o seu ambiente, isso tudo sem intervenção humana (BOYES, 2018).

A IIoT tem inúmeras aplicações em diferentes setores, como manufatura, logística, energia, agricultura, saúde e transporte. Ela permite a criação de fábricas inteligentes, redes de energia inteligentes e sistemas de saúde conectados, entre outras soluções.

Essa tecnologia revoluciona como as empresas operam e gerenciam seus processos industriais, possibilitando o monitoramento remoto e em tempo real de seus equipamentos, maquinários e sistemas, bem como a coleta de dados e a análise de desempenho. Isso permite que as empresas identifiquem e resolvam rapidamente problemas de desempenho, reduzam os custos de manutenção, aumentem a eficiência energética e otimizem o uso de recursos.

4.3 Redes Industriais

A implantação de tecnologias como IIoT requer que a indústria esteja conectada. Para realizar esta conexão entre dispositivos é necessária a presença de uma infraestrutura de rede.

Uma rede de comunicação é a plataforma responsável pelo fluxo de informações entre o controle e as estações de monitoramento central.

A comunicação consiste na implantação de protocolos de comunicação para supervisionar e gerenciar dados, com troca rápida e precisa de informações entre todos os dispositivos conectados em um processo industrial.

Conforme a indústria evolui, os processos tornam-se mais complexos e variáveis, necessitando um elevado grau de controle e regulação. O desenvolvimento industrial está intrinsecamente atrelado ao mecanismo de conexão entre dados e caso ele não seja eficiente, haverá perdas no processo industrial, acarretando mau funcionamento, estragos, paradas desnecessárias e um ineficiente resultado.

Essa rede de comunicação depende do protocolo de comunicação utilizado pelos dispositivos de controle e aos sensores e/ou atuadores.

Dentre os principais Protocolos de Comunicação do Mercado, podem ser citados:

- Profinet
- Profibus
- Modbus RTU
- Modbus TCP/IP
- Ethernet/IP
- CANopen
- OPC (OLE for Process Control)

4.4 Protocolos de Comunicação

O funcionamento das redes industriais se dão pelo uso de protocolos para que os equipamentos troquem informações de forma ágil e segura. Os Protocolos de Comunicação ditam o funcionamento da rede, a forma como ocorre o transporte dos dados. O protocolo são as regras para como uma rede vai trocar informações, um conjunto de normas que devem ser cumpridas.

Visto que cada tipo de rede conta com regras e características específicas para a transferência de dados, para cada aplicação, existem vantagens e desvantagens. Sendo assim, se faz necessário o entendimento melhor de cada uma a fim de fazer as escolhas corretas que resultarão na melhor performance para a planta.

O protocolo Modbus RTU é um padrão de comunicação utilizado na indústria para a troca de informações entre dispositivos eletrônicos, como sensores, atuadores e controladores lógicos programáveis (CLPs). Ele foi originalmente desenvolvido pela Modicon em 1979 e tem sido amplamente adotado em sistemas de automação industrial desde então.

O RTU é uma variação do protocolo Modbus, sendo a versão "RTU" uma abreviação de "Remote Terminal Unit" (Unidade Remota de Terminal). Ele utiliza uma codificação binária para representar os dados transmitidos, o que o torna eficiente em termos de largura de banda e permite a transmissão em redes seriais assíncronas ([FREITAS, 2014](#)).

O protocolo é baseado em uma arquitetura cliente-servidor, onde um dispositivo assume o papel de cliente e um ou mais dispositivos atuam como servidores. O cliente é responsável por iniciar as comunicações, enviando solicitações para os servidores, enquanto os servidores respondem às solicitações do cliente.

- **Endereço:** O endereço é utilizado para identificar o dispositivo servidor ao qual a mensagem é destinada. Cada dispositivo escravo em uma rede Modbus RTU possui um endereço único que varia de 1 a 247. Do 248 ao 255 são endereços reservados.
- **Função:** A função define o tipo de operação que o mestre solicita ao escravo realizar. Existem diferentes funções disponíveis no protocolo Modbus RTU, como leitura de dados, escrita de dados, solicitação de status, etc.
- **Dados:** Os dados são os valores ou parâmetros que são transmitidos entre o mestre e o escravo. Eles podem incluir informações como leituras de sensores, comandos de controle ou qualquer outro tipo de dado relevante para a aplicação específica.
- **CRC (Cyclic Redundancy Check):** O CRC é um campo utilizado para detecção de erros. Ele é calculado com base nos bytes do quadro de dados e permite que o receptor verifique a integridade dos dados recebidos.

Durante a comunicação, o cliente envia um quadro de solicitação para um servidor específico, que por sua vez responde com um quadro de resposta contendo os dados solicitados ou qualquer outra informação relevante. O tempo de resposta do dispositivo é geralmente curto, o que permite uma comunicação rápida e eficiente entre os equipamentos.

O Modbus TCP/IP é uma variação do protocolo Modbus que utiliza o protocolo TCP/IP como camada de transporte. Enquanto o Modbus RTU é projetado para redes

seriais assíncronas, o Modbus TCP/IP foi desenvolvido para operar em redes Ethernet (FREITAS, 2014).

Ao contrário do Modbus RTU, que transmite os dados em formato binário, o TCP/IP utiliza mensagens de protocolo baseadas em texto. Essas mensagens são encapsuladas em pacotes Ethernet e transmitidas através de redes de comutação de pacotes, como a Internet.

O Modbus TCP/IP permite uma comunicação rápida e eficiente entre dispositivos em uma rede Ethernet. Ele mantém a arquitetura cliente-servidor do Modbus RTU, onde o dispositivo cliente envia solicitações e os dispositivos servidores respondem a essas solicitações.

A estrutura básica de uma mensagem Modbus TCP/IP consiste nos seguintes elementos:

- Endereço IP: Cada dispositivo em uma rede Modbus TCP/IP é identificado por um endereço IP único. O endereço IP permite que os dispositivos se comuniquem uns com os outros através da rede Ethernet.
- Porta: O Modbus TCP/IP utiliza portas específicas para enviar e receber dados. A porta padrão para o Modbus TCP/IP é a porta 502, mas também é possível usar outras portas, dependendo da configuração do sistema.
- Função: Assim como no Modbus RTU, a função define o tipo de operação que o dispositivo mestre solicita ao dispositivo escravo. Existem várias funções disponíveis, como leitura de dados, escrita de dados, solicitação de status, etc.
- Dados: Os dados transmitidos na mensagem Modbus TCP/IP são semelhantes aos dados do Modbus RTU. Eles podem incluir informações como leituras de sensores, comandos de controle ou qualquer outro tipo de dado relevante para a aplicação.
- Checksum: O Modbus TCP/IP utiliza um checksum para garantir a integridade dos dados transmitidos. O checksum é calculado com base nos bytes da mensagem e permite que o receptor verifique se os dados foram recebidos corretamente.

Esse protocolo oferece vantagens em termos de velocidade, escalabilidade e interoperabilidade, tornando-o uma escolha popular em sistemas de automação industrial e ambientes de rede Ethernet. Ele permite a integração de dispositivos de diferentes fornecedores em uma única rede, facilitando o monitoramento e o controle de processos industriais de maneira eficiente.

Além disso, existem diversos protocolos e padrões de comunicação capazes de conectar toda a cadeia produtiva em apenas uma interface. Fazendo com que as redes

industriais atuem em diferentes níveis, desde o chão de fábrica até os setores administrativos, que gerenciam o sistema. Exemplo disso se dá pela possibilidade de disponibilizar informações em rede que vão desde dados de um sensor presente na planta, até a averiguação da disponibilidade do mesmo em estoque para uma possível substituição em caso de falha.

Segundo [Cravo \(s.d.\)](#), "a comunicação em rede facilita, reduz custos e gera confiabilidade em todas as etapas do processo produtivo."

4.5 Sistemas Supervisórios

Os sistemas supervisórios são softwares que têm por finalidade monitorar dados importantes em um processo produtivo dentro de uma instalação fabril. Os supervisórios obtêm e organizam as variáveis relevantes adquiridas do processo produtivo.

De acordo com a ISA 101, que estabelece três principais orientações, buscando a padronização das interfaces homem-máquina ao mesmo tempo em que as torna mais eficientes, intuitivas e fáceis de entender ([SISTEMAS, s.d.](#)). Isso facilita a interação do colaborador com o chão de fábrica, visto que ele consegue dar a devida atenção aos fatores obtidos no processo, sem perder informações importantes e tudo em tempo real.

Para um processo industrial, é perceptível as seguintes vantagens na aplicação de um sistema supervisório em sua produção:

- a) Análise de tendências: baseado no histórico das informações do banco de dados, é possível tomar ações proativas para maximizar a produção da planta.
- b) Alarmes: sinaliza em tempo real, alguma falha no processo e registra essa falha no banco de dados para futuras consultas.
- c) Operação remota no processo: intervenção no processo, a partir da sala de controle.
- d) Geração de relatórios e gráficos: é possível gerar relatórios e gráficos sobre os alarmes e tendências, criando assim um histórico do processo.
- e) Aumentar a disponibilidade da planta: A partir das informações geradas em tempo real, permite identificar falhas e consequentemente otimizar as tomadas de decisão para manter a planta em operação, rodando o maior tempo possível sem paradas, visto que pausas consequentemente é prejuízo em um processo produtivo.

Principais Sistemas Supervisórios no mercado:

- Elipse
- FactoryTalk View SE

- InduSoft Web Studio
- Vijeo Citect
- Wondeware Intouch
- Aveva Edge
- Augmented Operator Advisor

4.5.1 Funcionamento de um sistema supervisório

Pode-se explicar o funcionamento de um sistema supervisório através da divisão de seus principais componentes. Aquisição de dados (Sensores e/ou Atuadores), Controle (CLP's e Remotas), rede de comunicação (Protocolo e Endereçamento de Variáveis) e monitoração central.

4.5.2 Sensores e Atuadores

São dispositivos ligados aos equipamentos supervisionados pelo sistema. Os sensores são responsáveis por converter parâmetros físicos em analógicos e/ou digitais, que são enviados para o controle. Estes parâmetros podem ser temperaturas, pressões, níveis e status de uma determinada máquina.

Os atuadores exercem ações sobre o processo. São capazes de ligar, desligar, movimentar e modificar o status de determinado equipamento. Podem ser cilindros elétricos ou pneumáticos, motores de indução, motores de corrente contínua, inversores de frequência, servo acionadores e máquinas.

4.5.3 Controle

É onde a parte de comando e aquisição de dados se inicia. Para isso são utilizados os CLP's ou as RTU's (Remote Terminal Units).

Os CLP's e as RTU's são dispositivos eletrônicos de comando que permitem o acionamento de sensores e atuadores, além da comunicação entre a estação central de monitoração e os equipamentos monitorados ou comandados. Através destes dispositivos é possível controlar o todo o processo de uma fábrica, obter os dados informados pelos sensores, execução de seus cálculos e apresentação de entradas e saídas. É basicamente o cérebro de uma indústria, fornecendo a capacidade de programação em diferentes linguagens, como ladder, blocos e textos estruturados, o que oferece flexibilidade e versatilidade na implementação de sistemas de automação.

As estações de monitoramento central são responsáveis pelo monitoramento e supervisão do sistema. Para isso, as mesmas recebem as informações encaminhadas pelo controle e agem conforme os eventos apresentados.

Essas informações e comandos podem ser apresentados em uma IHM (Interface Homem Máquina) montado em um painel de automação, ou em um computador, TV ou até mesmo celular, contanto que esses dispositivos todos estejam na mesma rede de comunicação.

Com o monitoramento da planta, os sistemas supervisórios identificam as situações inesperadas e fora dos padrões estabelecidos. A partir de então sinaliza o problema em tempo real, indicando a necessidade de uma ação corretiva. Além de indicar o erro, o sistema ainda armazena este alarme em seu banco de dados possibilitando sua posterior consulta e podendo até mesmo disponibilizar esses dados na nuvem.

Com isto é possível reduzir as paradas não programadas na planta, visto que a indústria sempre está em funcionamento, diminuição de riscos de acidentes, geração de gráficos e históricos, tornando possível e muito mais fácil a tomada de decisões e consequentemente melhorando a eficiência da planta, melhorando assim a qualidade do processo e de seus produtos.

4.6 Realidade Virtual e Aumentada

A realidade é um conjunto de percepções sensoriais, excluindo aquelas produzidas por fatores externos, como por exemplo, substâncias psicoativas ou provenientes da nossa imaginação. Segundo [Tori e HOUNSELL \(2018\)](#), “Real se refere a ambientes ou elementos que o usuário considere como sendo pertencentes à sua realidade.”

A tecnologia presente nos dias atuais nos possibilita a imersão em ambientes fictícios, alguns desses ambientes 3D tem um alto grau de aproximação com a realidade, imitando com grande precisão as interações do mundo físico, comumente chamada de realidade virtual.

Do latim *virtus*, o significado de “virtual” é “potencial”, ou seja, aquilo que tem potencial a se materializar como real. No contexto das tecnologias virtuais, “Virtual se refere a ambientes ou elementos que são sintetizados por meio de dispositivos digitais e que podem ser replicados de forma imaterial” ([TORI; HOUNSELL, 2018](#)).

“A Realidade Virtual (RV) é uma ‘interface avançada do usuário’ para acessar aplicações executadas no computador, propiciando a visualização, movimentação e interação do usuário, em tempo real, em ambientes tridimensionais gerados por computador” ([KINER; SISCOOTTO, 2007](#)).

Nas áreas de engenharia e design, a RV proporciona a criação de protótipos, bem

como o aprimoramento de produtos por meio de simulações, a depender da aplicação, podem ser utilizados para melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, possibilitando a redução do custo de produção, criando um ambiente mais sustentável e mais competitivo, e em termos de consumo, encontrar pontos de melhoria, visando segurança e conforto do consumidor final (TORI; HOUNSELL, 2018).

“A Realidade Aumentada (RA) utiliza tecnologia multissensorial que se baseia em recursos multimídia que possibilitam a criação de ambientes parcialmente artificiais” (LEITE et al., s.n.). De acordo com KINER e SISCOUTTO (2007): “a realidade aumentada enriquece a cena do mundo real com objetos virtuais”.

Sobre esta perspectiva, a realidade aumentada é vista como meio para inserir elementos virtuais no mundo real, por meio do processamento gráfico, possibilitando a transmissão do objeto criado no mundo virtual para o mundo real, com perspectivas semelhantes ao real.

“O uso de RV e RA em uma empresa é um processo que envolve tecnologia, pessoas e processos” (TORI; HOUNSELL, 2018). Permitindo o aprendizado de forma ativa, fazendo na prática tudo aquilo que foi ensinado, reduzindo a curva de aprendizado, sendo uma ferramenta muito útil para treinamento de pessoas para diversas áreas, reduzindo vícios dos processos formativos ou operacionais monitorados (MONTEIRO et al., 2018).

5 Aplicabilidade da NR12 à Maleta Industrial

5.1 Metodologia da pesquisa

A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, buscando estabelecer uma correlação entre os itens da norma NR12 e o estudo de caso da Maleta Industrial. Para alcançar esse objetivo, será utilizada a documentação disponível, possibilitando uma análise minuciosa. Além disso, serão empregados métodos de pesquisa básica e exploratória, visando uma compreensão mais ampla dos aspectos relacionados à NR12.

O trabalho foi dividido em três etapas distintas. Na primeira etapa, foram realizados estudos detalhados da norma NR12, bem como a análise de normas internacionais para fundamentar tecnicamente o estudo. Na segunda etapa, foram estudados os componentes utilizados na composição da Maleta Industrial. Por fim, na terceira etapa, foram identificadas as variáveis do processo necessárias para a implementação de um supervisório.

Após a análise criteriosa da norma, foram selecionados os itens que possuem relação direta com o funcionamento da maleta, sendo realizadas observações pertinentes ao caso em questão. Para a implementação do supervisório, optou-se pelo software da AVEVA Edge, que permitirá monitorar 4 variáveis essenciais do processo: frequência, tensão, corrente e velocidade do motor em RPM.

Ao final da pesquisa, foi possível avaliar a norma NR12 e identificar pontos de melhoria e possíveis direções para trabalhos futuros. Essa análise aprofundada contribui para destacar a importância da aplicabilidade dos conceitos abordados para a prevenção e mitigação de acidentes envolvendo máquinas e equipamentos, de acordo com a NR12.

5.2 Funcionamento da Maleta NR12

Nesta seção, são apresentados os procedimentos adotados para o funcionamento da maleta, correlacionando a integração dos dispositivos elétricos utilizados para atendimento de especificidades da norma, resumindo os principais pontos aplicáveis.

5.2.1 Procedimentos

Antes de iniciar a utilização da maleta, é essencial garantir que ela esteja posicionada em um ambiente estável e seguro, livre de qualquer risco de queda ou influência climática adversa. Esse cuidado é fundamental para assegurar o bom funcionamento da maleta e evitar possíveis danos durante o seu uso.

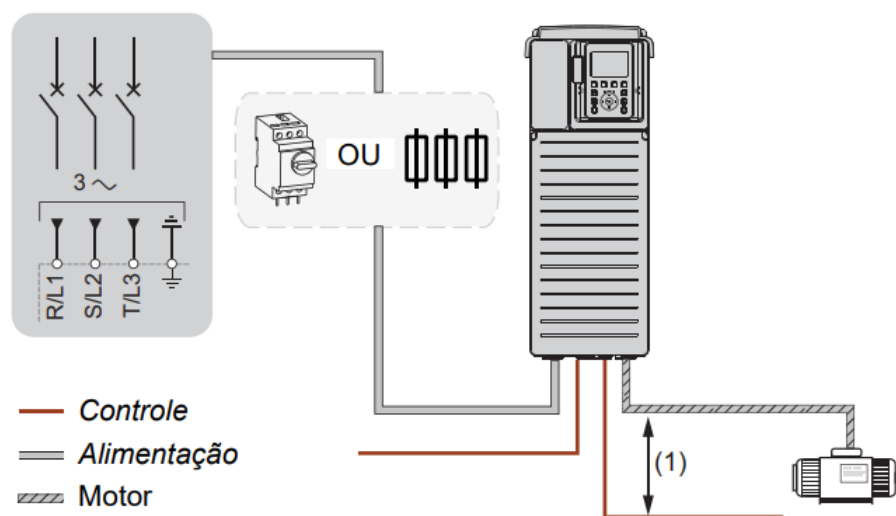
5.2.1.1 Fechamento Delta

O funcionamento do motor em Delta é um tipo de conexão elétrica utilizada em motores trifásicos. Nessa conexão, as três bobinas do motor são conectadas em série, formando um circuito fechado que se assemelha à letra Delta (Δ).

A conexão em Delta é utilizada em motores que exigem alta potência e baixa corrente, pois essa configuração permite uma maior tensão entre as fases do motor. No entanto, essa conexão não afeta a velocidade do motor em relação à conexão estrela. A velocidade é determinada pela frequência da rede elétrica e pelo número de polos do motor, características que não são alteradas pela configuração de conexão. Portanto, a velocidade síncrona do motor será a mesma, desde que a frequência da rede elétrica e o número de polos do motor permaneçam constantes.

Na Maleta-NR12, a ligação dos terminais do motor é feita em delta, conectadas às entradas do inversor de frequência ao motor (U/T1, V/T2, W/T3).

Figura 15 – Ligação Física Inversor e Motor



Fonte: Schneider, 2022

A maleta é alimentada por uma rede monofásica. A ligação da fase e neutro é feita através dos terminais L1 e L3 respectivamente, convertendo para uma saída trifásica para alimentação do motor.

5.2.1.2 Partida do motor

Pressionar o botão de rearme (Azul), para permitir a partida do motor. Logo após, pressionar o botão de partida do motor (Verde).

De acordo com o item 12.4.2, os comandos de partida ou acionamento das máquinas devem possuir dispositivos que impeçam seu funcionamento automático ao serem

energizadas. Ao pressionar o botão de rearme, o sistema é preparado para permitir a partida do motor.

Além disso, o item 12.4.13 da norma determina que os componentes de partida, parada, acionamento e controles presentes na interface de operação das máquinas devem operar em extra-baixa tensão de até 25 VCA ou 60 VCC, conforme o subitem b).

Portanto, o procedimento descrito atende às exigências de segurança da norma, garantindo que o funcionamento do motor seja controlado manualmente e que os componentes estejam em conformidade com os requisitos de tensão estabelecidos.

A parada do motor também é permitida, desde que seja controlada e não apresente riscos decorrentes de sua parada não instantânea, conforme o item 12.4.14.1 da NR12.

5.2.1.3 Forçando a abertura de porta

Com o motor em funcionamento, forçar uma abertura de porta. O sensor magnético irá detectar abertura e nota-se que o motor para de funcionar. Para dar a partida novamente é necessário pressionar o botão de rearme. (Quando a luz do botão de rearme estiver em modo intermitente, deve-se pressionar o botão novamente).

De acordo com o item 12.5.2 da norma, os sistemas de segurança devem ser selecionados e instalados de modo a atender a certos requisitos, como a instalação de forma a dificultar sua burla e a manutenção de vigilância automática, por meio de monitoramento, quando indicado pela análise de risco.

Além disso, o item 12.5.7 determina que máquinas e equipamentos dotados de proteções móveis associadas a dispositivos de intertravamento devem operar somente quando as proteções estiverem fechadas, paralisar suas funções perigosas quando as proteções forem abertas durante a operação e garantir que o fechamento das proteções não possa dar início às funções perigosas por si só.

O item 12.5.8 estabelece que os dispositivos de intertravamento com bloqueio associados às proteções móveis devem permitir a operação apenas quando a proteção estiver fechada e bloqueada, manter a proteção fechada e bloqueada até que o risco de lesão devido às funções perigosas seja eliminado e garantir que o fechamento e bloqueio da proteção não possa dar início às funções perigosas da máquina ou equipamento.

5.2.1.4 Botão de emergência

Partir o motor e pressionar o botão de emergência. Pela NR12, o botão de emergência, enquanto estiver acionado, deve ser mantido em retenção. Tal ação deve permanecer até que o botão seja desacionado. Para desacionar o botão de emergência basta rotacioná-lo no sentido anti-horário. E pressionar o botão de rearme.

Essa sequência de ações está alinhada com as diretrizes da NR12. Conforme o item 12.5.3 da norma, os sistemas de segurança, quando indicados pela análise de risco, devem exigir rearme manual. Além disso, o item 12.5.3.1 estabelece que, após a ativação de um comando de parada pelo sistema de segurança, a condição de parada deve ser mantida até que existam condições seguras para o rearme.

Ao seguir esses procedimentos e cumprir as exigências da NR12, é possível garantir a segurança durante a operação do motor e reagir adequadamente em situações de emergência. Isso contribui para a prevenção de acidentes e a proteção dos operadores envolvidos.

5.2.1.5 Botão de solicitação

Enquanto o motor estiver em funcionamento, não é possível ter acesso para manutenção. Para executar a manutenção o botão de parada (vermelho) deve ser pressionado e, logo após, o botão de solicitação. A chave de segurança será desarmada. Após concluir a manutenção, pressionar o botão de rearme e partir o motor novamente.

Conforme o item 12.5.3, os sistemas de segurança devem exigir rearme manual, o que é atendido pelo processo descrito. Além disso, o item 12.5.3.1 estabelece que a condição de parada deve ser mantida até que existam condições seguras para o rearme, o que é garantido pelo procedimento de pressionar o botão de rearme após a manutenção.

Essas ações também estão em conformidade com as diretrizes relacionadas às proteções móveis (item 12.5.4b). Ao pressionar o botão de parada e solicitação, o motor é desenergizado e as proteções móveis associadas são desativadas para acesso local.

É importante observar que as operações de rearme e reinicialização do motor devem ser realizadas somente quando as proteções estiverem fechadas (item 12.5.7a). Além disso, é essencial garantir que o fechamento e bloqueio das proteções não iniciem as funções perigosas da máquina ou do equipamento conforme descrito no item 12.5.8c.

5.3 Funcionamento Inversor de Frequência

O inversor de frequência ATV630 é um equipamento que atende à norma da NR12. Ele possui várias funções de segurança, incluindo a função STO (Safe Torque Off), que é um recurso de segurança para desligar o motor em casos de emergência.

O STO (Safe Torque Off) é uma função de segurança que desliga a alimentação do motor, porém não remove a energia da fonte de alimentação principal e do barramento de corrente contínua (DC bus). Essa função é utilizada para colocar a máquina em um estado de ausência de torque de forma segura e/ou prevenir o seu acionamento acidental. O STO é capaz de evitar o fornecimento de energia ao motor, garantindo a parada segura, enquanto

mantém a alimentação dos circuitos de controle principal do acionamento ([SCHNEIDER, 2022](#)).

É importante observar que o STO não substitui outras funções de emergência, como o desligamento de emergência (Emergency Switching-off) e o parada de emergência (Emergency Stop). O desligamento de emergência requer componentes externos de desligamento e não pode ser realizado apenas com funções baseadas no acionamento, como o STO. Portanto, serve como uma medida adicional para segurança das operações.

O STO do ATV630 pode ser acionado através de um botão de emergência, ou por um sinal enviado por um sensor de segurança. Quando acionado, o inversor interrompe a alimentação elétrica para o motor, garantindo que ele pare de funcionar imediatamente. Isso evita acidentes e lesões, garantindo a segurança do trabalhador. Dessa forma, o STO pode ser uma opção viável para cumprir as exigências de redundância e monitoramento de falhas no circuito elétrico da chave de partida, conforme estabelecido no item 12.4.14 da NR12.

Além da função STO, o inversor de frequência ATV630 possui outras funções de segurança, como proteção contra sobrecarga, falha de fase, curto-circuito, entre outras. Essas funções garantem que o motor funcione de forma segura e eficiente, evitando acidentes e garantindo a qualidade do trabalho realizado([SCHNEIDER, 2019](#)).

Na maleta ele tem um papel muito importante, não só pelo controle do motor mas também para aquisição de dados, o inversor conta com comunicação ModBus TCP/RTU, o que facilita a obtenção de dados por meio da tabela de endereços ModBus.

5.3.1 Rampa de subida e descida

A rampa de subida e rampa de descida são parâmetros ajustáveis em inversores de frequência, que controlam a velocidade do motor. A rampa de subida, determina o tempo que o inversor de frequência leva para aumentar gradualmente a frequência da corrente elétrica que alimenta o motor, permitindo que ele acelere gradualmente e evitando picos de corrente.

A rampa de descida, por sua vez, determina o tempo que o inversor de frequência leva para reduzir gradualmente a frequência da corrente elétrica que alimenta o motor, permitindo que ele desacelere gradualmente e evitando picos de tensão.

O tempo de aceleração e desaceleração é o tempo que o inversor de frequência leva para atingir a velocidade desejada, levando em consideração a rampa de subida e rampa de descida. Esses parâmetros são importantes para garantir a segurança e eficiência do motor, evitando sobrecargas e prolongando sua vida útil. Para o processo, a utilização desses métodos é essencial, pois a carga mecânica do motor gera inércia que exerce força sobre os componentes do sistema ([AGEON, 2015](#)). Portanto, é essencial a configuração

destes parâmetros de acordo com o comportamento da carga.

5.3.2 Modos de operação

A funcionalidade da chave seletora de duas posições na maleta permite aos usuários escolher entre duas opções de comando para a maleta. Ao selecionar o modo TERM, o controle é executado pelas saídas digitais do inversor, por meio de botões, os usuários podem ligar e desligar o inversor, além de ter a opção de controlá-lo diretamente pela IHM do dispositivo.

Ao escolher o modo ETH, os comandos para a maleta são realizados por meio de comunicação Ethernet, permitindo aos usuários acessar o controle diretamente pelo software da Schneider, o SoMove, ou se comunicar com um CLP de segurança para executar os comandos necessários.

5.4 CLP de segurança

O CLP de segurança escolhido tem papel fundamental no controle operacional da maleta, monitorando possíveis acessos restritos às áreas de operação, mantendo isolado os circuitos e detectando abertura de porta através de contato magnético. Portanto, atende a norma 12.5 que estipula a anexação de sistemas de segurança.

De acordo com a norma, o item 12.5.2 e) manterem-se sob vigilância automática, ou seja, monitoramento, se indicado pela apreciação de risco, de acordo com a categoria de segurança requerida, exceto para dispositivos de segurança exclusivamente mecânicos. Essa recomendação exige o monitoramento de forma automatizada, garantindo o funcionamento dos dispositivos e prevenindo acidentes decorrentes de alguma violação.

Seguindo o dispositivo da alínea f) paralisação dos movimentos perigosos e demais riscos quando ocorrerem falhas ou situações anormais de trabalho. O CLP de segurança tem funcionalidades de interrupção dispostos e inseridos de maneira lógica em seu código para interação com as entradas e saídas, controlando o estado dos relés.

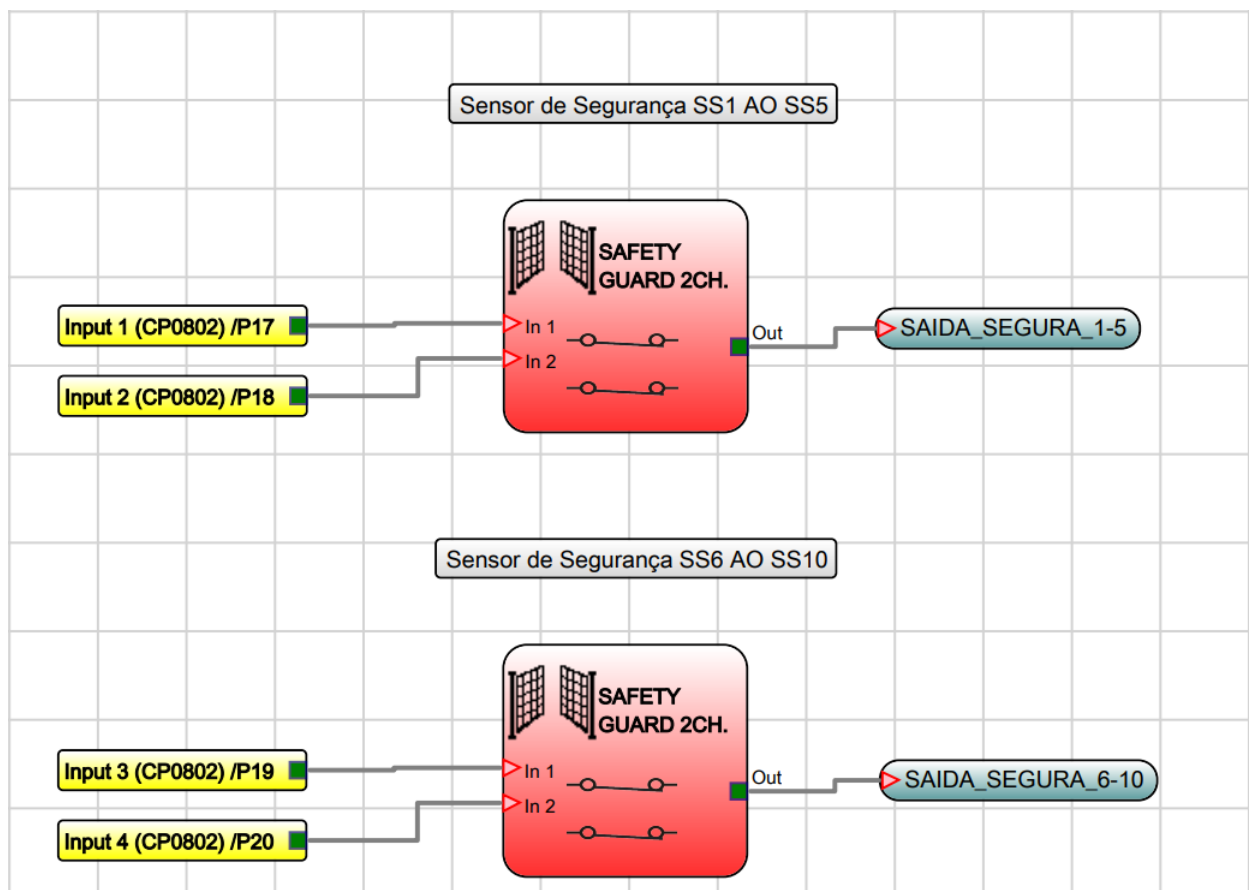
O controlador de segurança modular XPSMCM da Preventa foi projetado para monitorar uma configuração de segurança e pode ser configurado usando o software SoSafe Configurable. A CPU do controlador de segurança também é utilizável como um dispositivo independente ou pode ser conectada a qualquer uma das unidades de expansão do sistema XPSMCM. Estes incluem expansão de E/S, saída de relé, expansão de comunicação, monitoramento de velocidade e módulos de comunicação fieldbus não seguros. Ele tem um design compacto, medindo aproximadamente 22.5 x 99 x 114.5 mm.

5.4.1 SoSafe Configurable

O software SoSafe Configurable é usado para configurar uma conexão lógica entre as entradas e saídas do sistema XPSMCM Controlador de segurança modular e dos componentes do aplicativo a ser desenvolvido. O Controlador de segurança modular e seus módulos de entrada ou saída de um sistema de segurança funciona para monitorar e controlar os componentes de segurança conectados.

O sensor magnético é responsável por detectar a presença do ímã na tampa da maleta, indicando se ela está aberta ou fechada. Já o sensor de lingueta é responsável por detectar se a lingueta de segurança está engatada, o que garante que a maleta esteja corretamente trancada e não possa ser aberta acidentalmente.

Figura 16 – Sensores de Segurança



Fonte: O Autor

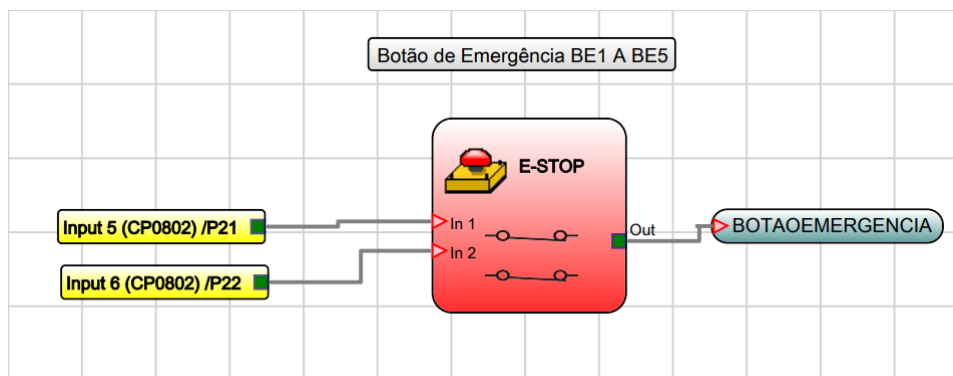
Na Figura 16, as entradas P17/P18 e P19/P20 estão diretamente relacionadas ao sensor magnético e à chave eletromecânica, respectivamente. Essas entradas têm a finalidade de monitorar o estado de operação desses dispositivos e fornecer como saída o status dos sensores, indicando se estão abertos ou fechados.

A entrada P17/P18, relacionada ao sensor magnético, recebe o sinal proveniente do sensor e verifica se o campo magnético está interrompido ou não. Caso o sensor magnético

detecte a presença de um objeto magnético próximo, a entrada P17/P18 registra essa interrupção do campo magnético como um estado “fechado”. Por outro lado, se o campo magnético não for interrompido, a entrada P17/P18 registra o estado como “aberto”. Dessa forma, a saída correspondente a essa entrada reflete o status do sensor magnético, informando se ele está aberto ou fechado.

Da mesma forma, a entrada P19/P20 está associada à chave eletromecânica. Essa entrada recebe o sinal proveniente da chave eletromecânica e verifica em qual posição ou estado a chave se encontra. Caso a chave eletromecânica esteja acionada em uma determinada posição, a entrada P19/P20 registra esse estado como “fechado”. Por outro lado, se a chave estiver em qualquer outra posição ou se mais de uma posição estiver acionada simultaneamente, a entrada P19/P20 registra o estado como “aberto”. A saída correspondente a essa entrada fornecerá o status da chave eletromecânica, indicando se está aberta ou fechada.

Figura 17 – Botão de Emergência



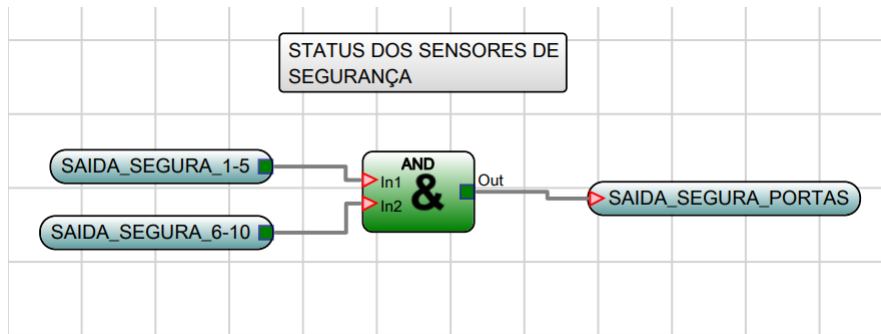
Fonte: O Autor

O dispositivo E-STOP desempenha a função de verificar o estado de entrada de um botão de parada de emergência. Quando o botão de parada de emergência é pressionado e os contatos estão abertos, a saída correspondente é definida como 0. Por outro lado, se o botão não estiver pressionado, a saída é definida como 1.

No contexto específico da maleta em estudo, as entradas P21/P22 estão diretamente relacionadas ao botão de emergência presente no dispositivo. Essas entradas são responsáveis por verificar o estado de acionamento do botão, ou seja, se ele foi pressionado ou não. Quando essas entradas são devidamente configuradas, a saída fornecida é utilizada na lógica de interrupção, conforme ilustrado na Figura 20. Essa lógica de interrupção tem como objetivo interromper a operação da maleta quando o botão de emergência é acionado, garantindo a segurança do usuário e evitando possíveis danos ou riscos durante o seu uso.

A lógica responsável por monitorar as saídas do sensor magnético e do sensor de lingueta é demonstrada na Figura 18. Nesse caso, é utilizada uma porta lógica AND para

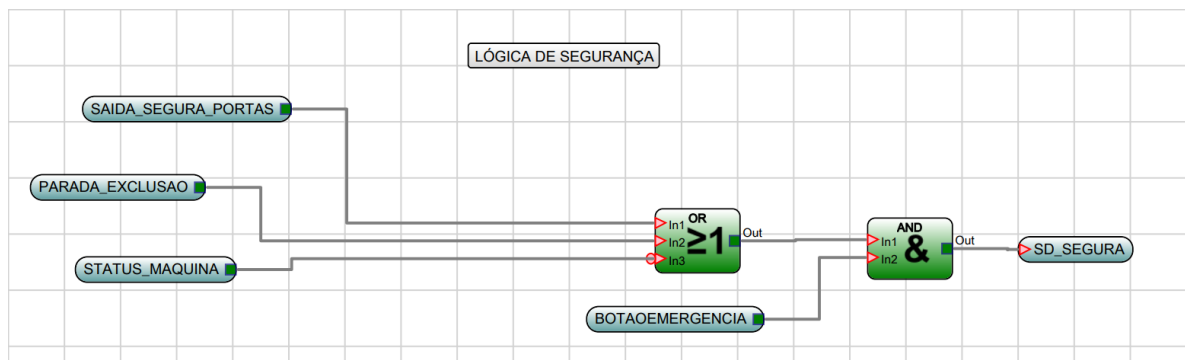
Figura 18 – Status e Monitoramento, Porta e Operação



Fonte: O Autor

verificar a transição de sinal entre “fechado” e “aberto”, representados pelos valores 1 e 0, respectivamente.

Figura 19 – Lógica de Segurança



Fonte: O Autor

A lógica de segurança é uma parte importante do sistema de segurança da maleta, com o objetivo de monitorar os status dos sensores de segurança e garantir que a maleta esteja corretamente fechada antes de ser utilizada.

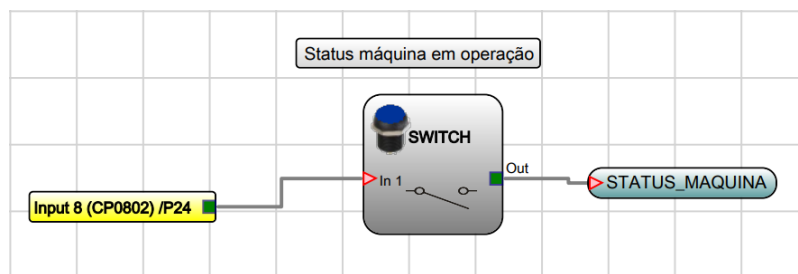
Na Figura 19, é ilustrada a implementação da lógica de segurança utilizando uma porta lógica OR e uma porta lógica AND. A porta lógica OR é responsável por verificar se há alguma interrupção provocada pelas saídas dos sensores de proteção de zona, avaliando o status de interrupção e exclusão. Por sua vez, a porta lógica AND foi adicionada como uma medida de redundância para priorizar a detecção de mudanças de sinal provenientes do botão de emergência, garantindo a efetiva interrupção do processo.

Na área de controle, o OSSD (Dispositivo de comutação de sinal de saída) desempenha um papel crucial ao fornecer sinais de saída que indicam o status dos dispositivos de segurança. Sua operação é semelhante à de um semicondutor PNP. O OSSD é empregado na lógica de controle do motor e na notificação visual, utilizando um LED que pulsa para indicar perda de integridade da zona de segurança. Ele é projetado para fornecer um

problemas e caso as saídas de segurança não indiquem mais perda de integridade, é possível excluir o status de interrupção alterando o último estado armazenado no SR FLIP-FLOP (de 0 para 1).

Na Figura 21, é apresentada a utilização de um botão para a exclusão do status. O operador do SR FLIP-FLOP faz com que a saída Q seja 1 com o comando Set e 0 com o comando Reset. Observa-se que, quando ocorre uma perda de integridade nas zonas de operação, o nível lógico é alterado para 0, interrompendo as operações. Ao pressionar o botão de rearme, o nível lógico é alterado para 1, possibilitando a continuidade da operação.

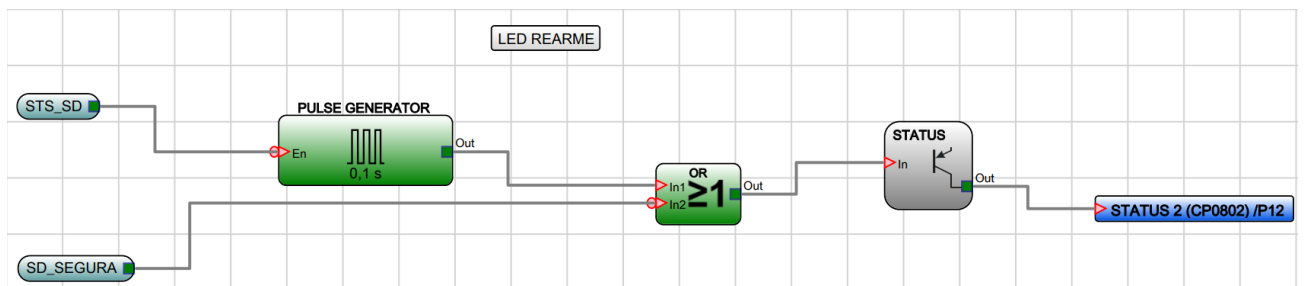
Figura 22 – Status Máquina em Operação



Fonte: O Autor

O botão de cor "LARANJA", é utilizado para solicitação a zona de operação, ao ser pressionado ele muda o estado lógico de 0 para 1, alterando Status da máquina Figura 22, retornando seu estado para lógica de segurança do sistema 19.

Figura 23 – Led Rearme

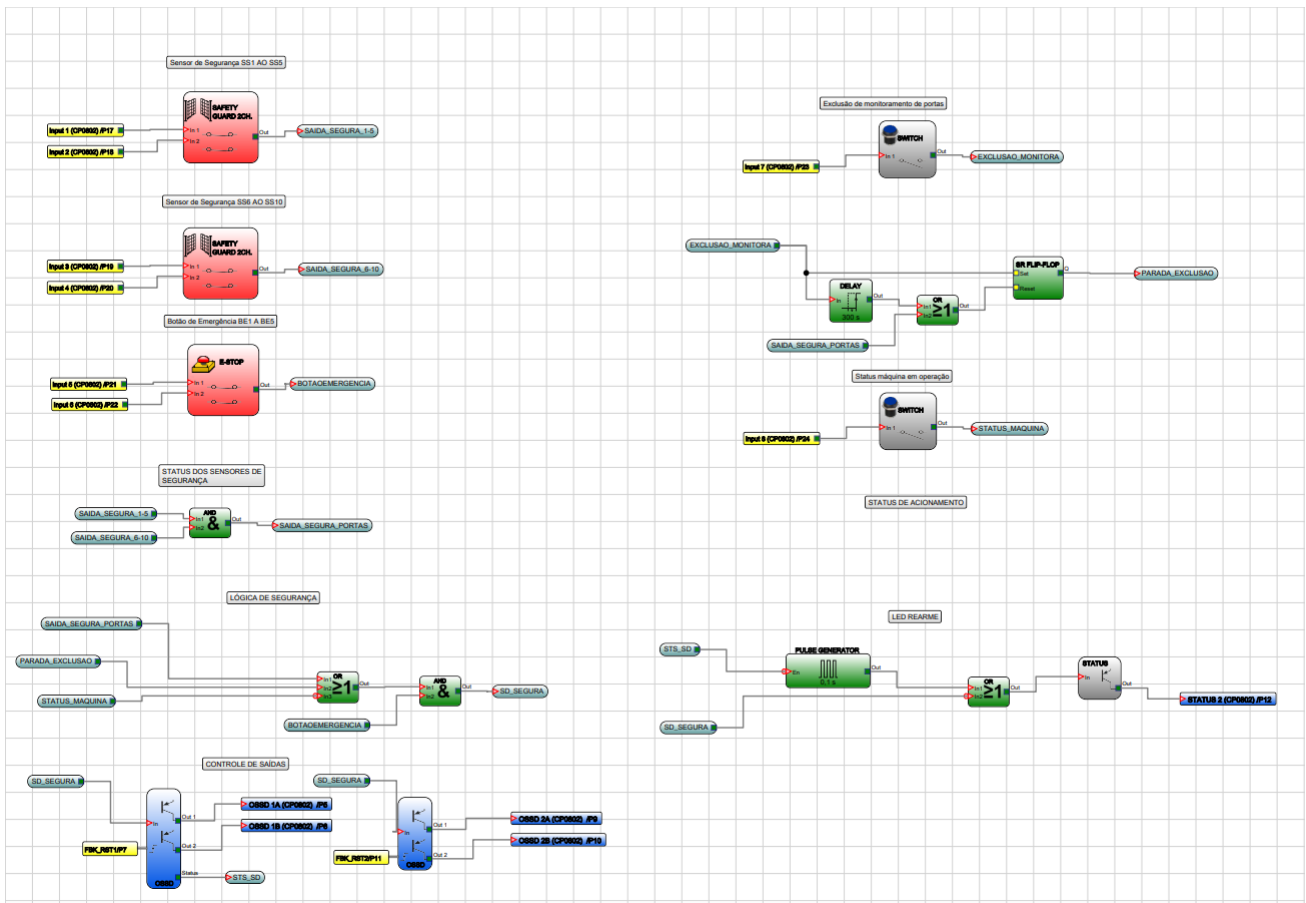


Fonte: O Autor

O LED REARM, é utilizado para sinalizar quando a máquina está pronta para ser rearmada após ter sido desativada por questões de segurança. Na Figura 23, quando ocorre a mudança de status detectada pela parte de controle do OSSD, o PULSE GENERATOR é acionado, gerando pulsos de nível lógico alto e baixo a cada 100 ms, fazendo com que a luz da botoeira de cor AZUL oscile. Essa função é desabilitado quando a lógica de segurança tiver os requisitos necessários para operacionalização.

Finalmente, na Figura 24, temos uma visão abrangente de todos os blocos utilizados, os quais fazem parte da lógica operacional da maleta. Cada bloco foi cuidadosamente

Figura 24 – Diagrama de Blocos



Fonte: O Autor

selecionado para estar em conformidade com a norma NR12, conforme descrito na seção 2.3.1. Essa seleção garante que a maleta atenda aos requisitos de segurança estabelecidos pela norma, proporcionando um ambiente de trabalho seguro.

5.5 Supervisório

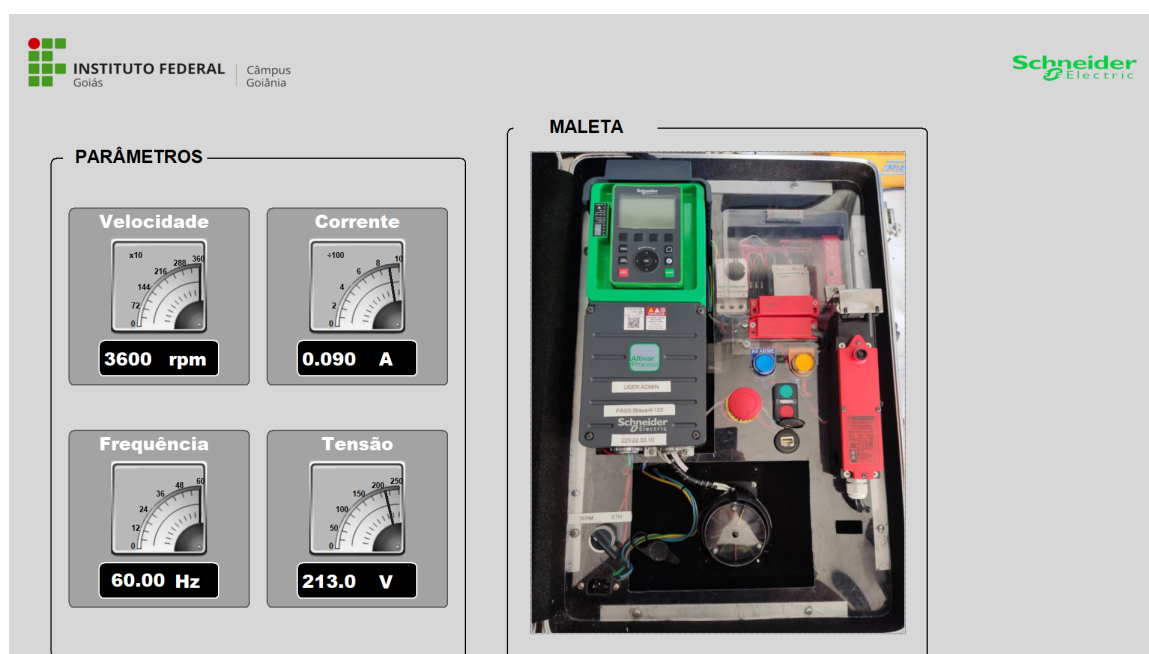
O supervisório criado possibilita a integração com sistemas auxiliares para monitoramento, possibilitando o armazenamento em nuvem dos dados captados para insights preditivos. Sendo uma opção viável para análise remota.

O Aveva Edge é um sistema de supervisão e controle industrial desenvolvido pela empresa AVEVA. Ele é projetado para fornecer uma solução abrangente e escalável para monitorar e controlar processos em tempo real em ambientes industriais.

O AVEVA Edge oferece recursos avançados de aquisição de dados, visualização gráfica, armazenamento de dados, análise e controle de processos. Ele é altamente flexível e pode ser usado em uma ampla gama de setores industriais, como energia, petróleo e gás, água e saneamento, manufatura, entre outros.

Dentro do Edge, criou-se uma tela que realiza a leitura em tempo real dos parâmetros provenientes do ATV630 e direcionados ao motor. Foram utilizados objetos, como medidores analógicos combinados com displays, para aferir as leituras. Os dados lidos incluem velocidade em rotações por minuto, corrente elétrica fornecida ao motor, frequência da rede elétrica fornecida pelo conversor de frequência e, por fim, a tensão que chega ao motor.

Figura 25 – Tela Principal

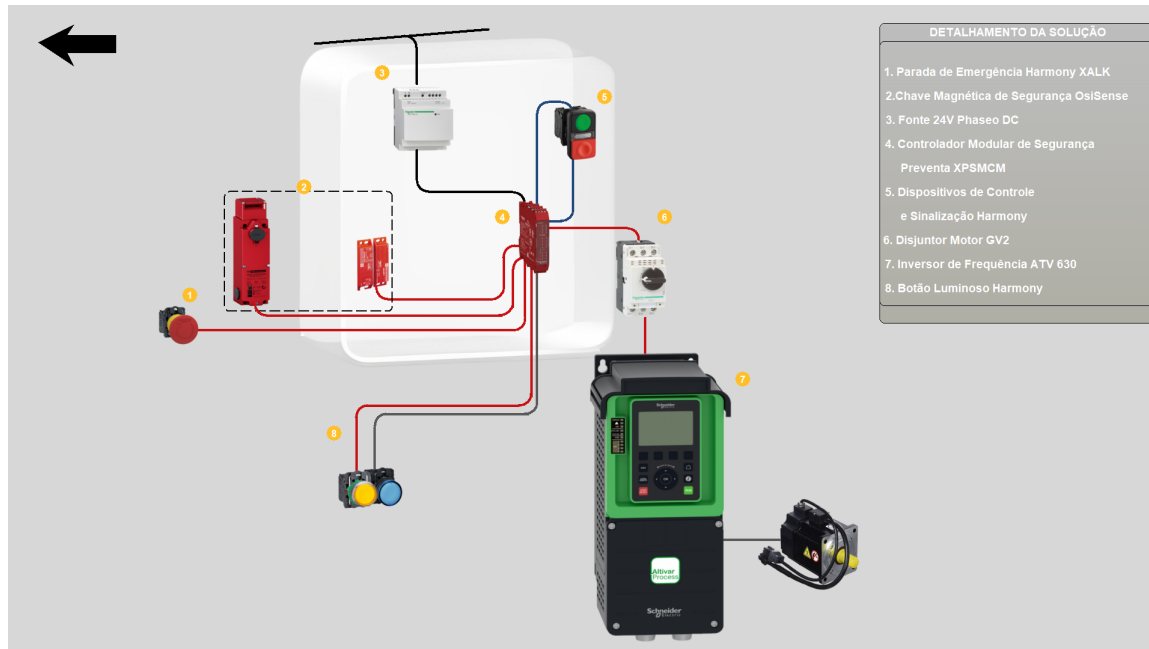


Fonte: O Autor

Essa tela segue um padrão de cores neutras, o que torna a visualização simples e agradável, evitando a fadiga visual do operador. Essa iniciativa também resulta em uma leitura mais clara dos dados exibidos na tela.

Ao clicar na imagem da maleta é executado o comando de abrir uma nova tela, essa na qual, é referente ao diagrama unifilar simplificado da maleta.

Figura 26 – Tela Diagrama Unifilar Simplificado



Fonte: O Autor

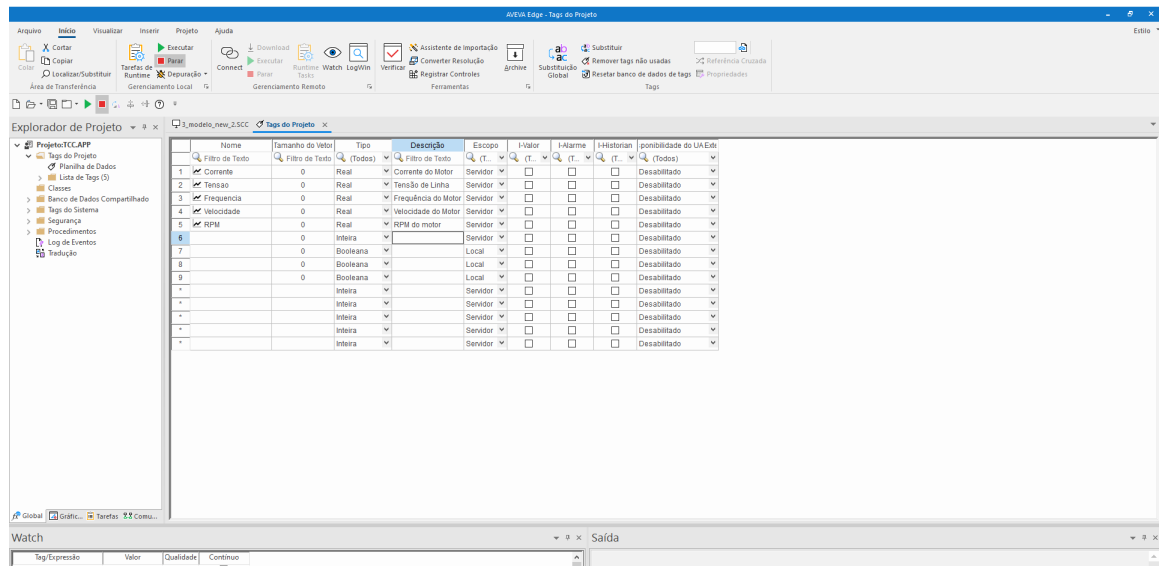
No diagrama unifilar simplificado, todos os componentes utilizados no projeto estão ilustrados, juntamente com suas ligações elétricas combinadas com as de comando. Ao lado, há um quadro de legenda com a numeração, o tipo de equipamento e o modelo descritos. Além disso, no canto superior esquerdo, há uma seta que, ao ser clicada, retorna para a tela principal da maleta.

Na tela de criação de tags, temos as seguintes tags utilizadas:

- Frequência: Representa a frequência do motor e é do tipo real. Essa tag está localizada no servidor.
- Tensão: Refere-se à tensão de linha e é do tipo real. Essa tag também está localizada no servidor.
- Corrente: Representa a corrente do motor e é do tipo real. Assim como as outras tags, está localizada no servidor.
- Velocidade: Indica a velocidade do motor e é do tipo real. Essa tag está localizada no servidor.
- RPM: Indica as rotações por minuto do motor e é do tipo real. Assim como as demais tags, está localizada no servidor.

Todas essas tags são de servidor, pois são lidas em tempo real diretamente do inversor, permitindo o monitoramento e o controle preciso dos parâmetros do motor.

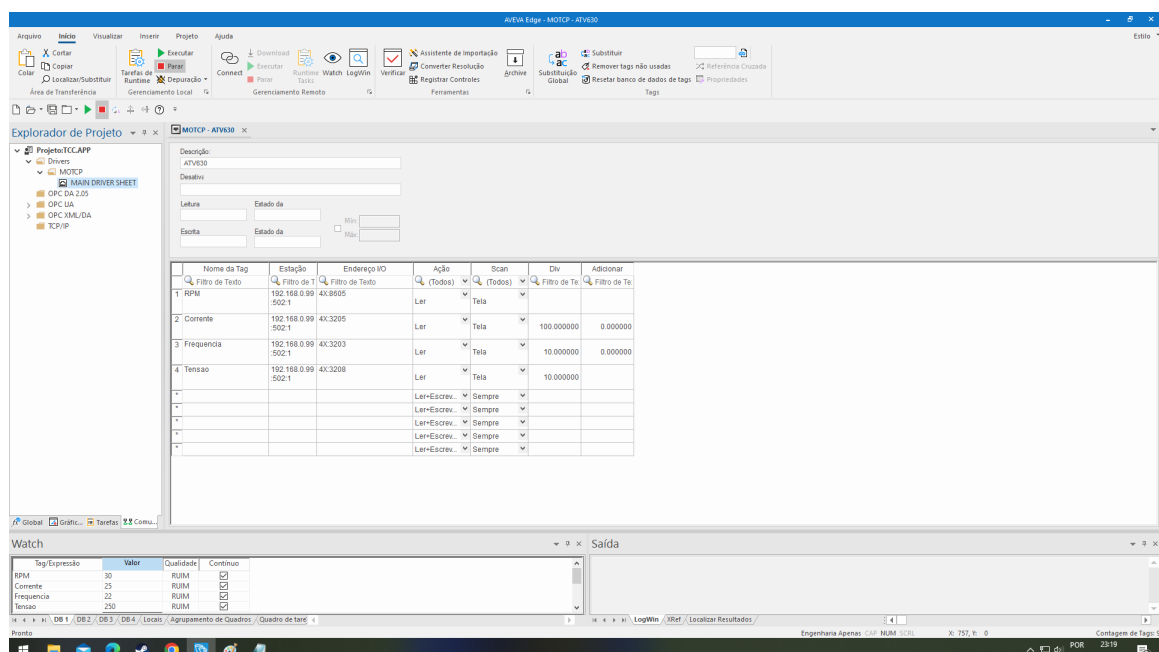
Figura 27 – Tela de Tags



Fonte: O Autor

Na seção de drivers, ao acessar essa área específica, o usuário será redirecionado para a tela que corresponde aos drivers.

Figura 28 – Tela de Comunicação



Fonte: O Autor

Na tela de comunicação, foi adicionado um driver Modbus TCP, que é o protocolo utilizado neste projeto para se comunicar com o ATV630. Após adicionar o driver, começou-se a identificar os endereços dos parâmetros do inversor.

Para cada tag, os nomes das tags existentes e utilizadas foram inseridos no campo "Nome da Tag". Em seguida, no campo "Estação", foi colocado o IP do equipamento que está se comunicando com o supervisório, neste caso, o inversor.

No campo "Endereço I/O", foi utilizado a tabela de dados Modbus TCP específica do ATV630, que já possui os endereços de registro fornecidos pelo fabricante. Isso permite mapear corretamente os parâmetros do inversor para as tags correspondentes no supervisório.

Dessa forma, ao estabelecer a comunicação Modbus TCP entre o supervisório e o ATV630, é possível ler e escrever dados nos registradores corretos, garantindo a troca precisa de informações entre os sistemas.

Figura 29 – Tabela de Endereços ATV630

RFR	Motor Frequency	16#0C82 = 3202	16#2002/3	16#71/01/03 = 113/01/03	-	Actual values parameters	R	INT (Signed16)	0.1 Hz
OTR	Motor torque	16#0C85 = 3205	16#2002/6	16#71/01/06 = 113/01/06	-	Actual values parameters	R	INT (Signed16)	0.1 %
LCR	Motor Current	16#0C84 = 3204	16#2002/5	16#71/01/05 = 113/01/05	-	Actual values parameters	R	UINT (Unsigned16)	Refer to programming manual
UCP	Motor voltage	16#0C88 = 3208	16#2002/9	16#71/01/09 = 113/01/09	-	Actual values parameters	R	UINT (Unsigned16)	1 V
OPR	Motor Power	16#0C88 = 3211	16#2002/C	16#71/01/0C = 113/01/12	-	Actual values parameters	R	INT (Signed16)	1 %
FRHD	Motor Speed	16#219D = 8605	16#2038/6	16#9C/01/06 = 140/01/06	-	Reference parameters	R	INT (Signed16)	1 rpm

Fonte: Parameters Communication ATV6xx, Schneider

Com base nas informações fornecidas, os parâmetros e endereços corrigidos das tags do ATV630 são os seguintes:

- Velocidade (RPM): Endereço: 8605 (registro guardado pelo inversor).
- Corrente (A): Endereço: 3205 (registro guardado pelo inversor, acrescentando um offset de 1 endereço). Seu valor foi dividido por 100 (correção para o supervisório).
- Frequência (Hz): Endereço: 3203 (registro guardado pelo inversor, acrescentando um offset de 1 endereço). Seu valor foi dividido por 10 (correção para o supervisório).
- Tensão (V): Endereço: 3208 (registro guardado pelo inversor) .Seu valor foi dividido por 10 (correção para o supervisório).

Com esses ajustes, os valores das tags serão corretamente lidos e exibidos no supervisório, considerando as unidades corretas e a compensação pelos offsets e divisores necessários para a correta interpretação dos dados fornecidos pelo ATV630.

6 Resultados

Pode-se aprofundar ao tema relacionado a segurança de máquinas e equipamentos a partir da análise criteriosa da norma NR12, sendo possível destacar a importância da aplicabilidade da norma para prevenção e mitigação de acidentes com máquinas e equipamentos.

Dentre os diversos itens abordados na norma, foram identificados e utilizados os seguintes itens-chave:

12.4 - Dispositivos de partida, acionamento e parada: Nessa seção, foram destacados e analisados 6 itens relevantes relacionados aos dispositivos utilizados para o controle do funcionamento da maleta.

12.5 - Sistemas de segurança: Foram identificados e abordados 15 itens que tratam dos sistemas de segurança necessários para garantir um ambiente de trabalho seguro e em conformidade com a norma.

12.6 - Dispositivos de parada de emergência: Essa seção contemplou a análise de 6 itens específicos relacionados aos dispositivos de parada de emergência, que são essenciais para a proteção dos operadores e prevenção de acidentes.

Através dessa análise criteriosa dos itens da norma, foi possível estabelecer uma conexão entre os requisitos normativos e os procedimentos adotados na maleta, contribuindo para a compreensão dos aspectos de segurança relacionados ao seu funcionamento. Essa análise proporcionou uma base sólida para a elaboração de recomendações e ações que visam garantir a conformidade com a norma NR12 e a segurança dos trabalhadores.

Durante este estudo de caso, foi possível identificar a relevância das integrações com a Indústria 4.0 para o aprimoramento dos sistemas de monitoramento. Para alcançar uma integração completa, propusemos a implementação de sistemas auxiliares que possibilitassem o monitoramento eficiente dos processos.

Dentro desse contexto, foi desenvolvido um sistema supervisorio apresentado na Figura 25 capaz de coletar dados dos sensores presentes na maleta. No entanto, deparamo-nos com uma limitação no CLP de segurança, devido às restrições do hardware, o que nos impediu de obter todos os dados desejados. Entretanto conseguimos acessar e monitorar variáveis como velocidade em RPM, Corrente, Frequência e Tensão.

Conscientes dessa necessidade, reconhecemos a importância de um upgrade no CLP, por meio da incorporação de módulos adicionais, a fim de obter os dados essenciais para o monitoramento. Além disso, identificou-se a ausência de indicações claras de risco de choque elétrico na maleta. Essas observações serão recomendações para trabalhos

futuros que visam trazer melhorias para este trabalho.

7 Considerações Finais

Ao longo deste trabalho foi possível ter acesso a vários aspectos da norma e compreender melhor sua aplicabilidade. Por meio deste estudo, constatamos a significância dessa norma no campo da engenharia de controle e automação. Acreditamos que sua utilização é de extrema importância, uma vez que, ao implementar novas soluções na indústria, carregamos a responsabilidade pela segurança das pessoas ao nosso redor.

Além disso, exploramos as possibilidades de integração da maleta com a Indústria 4.0, desenvolvendo um sistema supervisório para monitoramento IIoT. Reconhecemos a importância dessas integrações para o aprimoramento dos sistemas de monitoramento e a otimização dos processos industriais.

Durante o estudo de caso, identificamos oportunidades de melhoria, como a adição de um módulo Ethernet para o CLP de segurança para obter dados mais abrangentes e permitir a comunicação direta entre o CLP e o Inversor, possibilitando o controle do motor pelo supervisório. Além disso, enfatizamos a importância de evidenciar de maneira clara as indicações de risco de choque elétrico na maleta, especialmente em relação a alguns fios expostos próximos ao motor. Essas questões foram prontamente comunicadas à equipe comercial, buscando implementar as devidas adequações para garantir a segurança dos usuários e o cumprimento das normas vigentes.

Em suma, este estudo nos proporcionou uma visão abrangente da importância e aplicabilidade da norma NR12 na engenharia de controle e automação. Reconhecemos que sua utilização adequada é crucial para garantir a segurança dos trabalhadores e a conformidade com as regulamentações vigentes. Ao assumir essa responsabilidade, podemos contribuir para o desenvolvimento de soluções mais seguras e confiáveis, promovendo um ambiente industrial mais protegido e valorizando o bem-estar dos trabalhadores.

Recomendações para trabalhos futuros: Instalação de Módulo de Expansão Ethernet para o CLP, Extração de dados do CLP após upgrade, Etiqueta De Perigo - Risco De Choque Elétrico.

Referências

- AGEON. *Entendendo Inversores de Frequência – Rampas de Aceleração*. 2015. Disponível em: <<https://blog.ageon.com.br/entendendo-inversores-de-frequencia-rampas-de-aceleracao/>>. Acesso em: 17/06/2023. Citado na página 53.
- BOYES, W. Industrial internet of things (iiot). In: *Handbook of SCADA/Control Systems Security*. Cham: Springer, 2018. p. 177–191. Citado na página 41.
- CRAVO, E. *Redes Industriais: O que são, tipos e vantagens (Guia Completo)*. s.d. <<https://blog.kalatec.com.br/redes-industriais/>>. Acesso em 08 de maio de 2023. Citado na página 45.
- FILHO, J. M. *Instalações elétricas industriais*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.
- FRANCHI, C. M. *Acionamentos Elétricos*. 4. ed. São Paulo: Editora Érica, 2008. 186-187 p. Citado na página 32.
- FREITAS, C. M. *Protocolo Modbus: Fundamentos e Aplicações*. 2014. Disponível em: <<https://embarcados.com.br/protocolo-modbus/>>. Acesso em: 19/06/2023. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 44.
- GOKHALE, A.; TRIPATHY, M. Internet of things (iot): Applications and challenges in technology and standardization. In: PHILIPSON, G. (Ed.). *Internet of Things From Hype to Reality*. Cham: Springer, 2018. p. 3–24. Citado na página 41.
- Hayrton. *Os requisitos para os equipamentos elétricos de máquinas*. 2020. Disponível em: <<https://qualidadeonline.wordpress.com/2020/08/12/os-requisitos-para-os-equipamentos-eletricos-de-maquinas/>>. Acesso em: 13/07/2023. Citado na página 15.
- International Electrotechnical Commission. *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*. [S.l.], 2016. Citado na página 15.
- KINER, C.; SISCOOTTO, R. A. Fundamentos de realidade virtual e aumentada. realidade virtual e aumentada: Conceitos e aplicações. Petrópolis – RJ, p. 2–21, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 48.
- KÜNZEL, W. L.; SILVA, G. M. d. *Norma NR-12: Como aplicar sistemas e dispositivos eletroeletrônicos de segurança em máquinas e equipamentos*. s.d. Disponível em: <http://www.crea-sc.org.br/portal/arquivosSGC/Artigo_walter.pdf>. Citado na página 22.
- LEI nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977. Dispõe sobre segurança e medicina do trabalho. 1977. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6514.htm>. Acesso em 8 de maio de 2023. Art. 189. Citado na página 19.

LEITE, A. S. et al. *REALIDADE AUMENTADA E O SEU IMPACTO NA EDUCAÇÃO*. s.n. Disponível em: <https://www.facima.edu.br/instituto/revista/arquivos/ano3/revista_facima_ano_3_realidade_aumentada.pdf>. Acesso em: 03/12/2022. Citado na página 48.

Ministério do Trabalho e Previdência. *Norma Regulamentadora No. 12 (NR-12)*. 2020. Acesso em 08 de maio de 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-12-nr-12>>. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 19.

Ministério do Trabalho e Previdência. *Normas Regulamentadoras*. 2020. Acesso em 08 de maio de 2023. Publicado em 09/10/2020, atualizado em 02/03/2023. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras?b_start:int=40>. Citado 3 vezes nas páginas 21, 22 e 23.

MONTEIRO, L. S. et al. *REALIDADE VIRTUAL OU AUMENTADA NA INDÚSTRIA 4.0*. 2018. Disponível em: <<http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=1UNICARECIFE2&page=article&op=view&path%5B%5D=6271>>. Acesso em: 04/12/2022. Citado na página 48.

PREVINSIA. *NR 12: Proteção de Máquinas e Equipamentos no Ambiente de Trabalho*. s.d. Disponível em: <<https://www.previnsa.com.br/blog/nr-12-protecao-de-maquinas-e-equipamentos-no-ambiente-de-trabalho/>>. Citado na página 21.

SAFETYCONTROL. *O QUE SÃO CHAVES DE SEGURANÇA E ONDE APLICAR?* 2022. Disponível em: <<https://blog.safetycontrol.ind.br/seguranca/chaves-de-seguranca/#:~:text=As%20chaves%20de%20seguran%C3%A7a%20s%C3%A3o,que%20exigem%20portas%20de%20prote%C3%A7%C3%A3o.>> Acesso em: 04/12/2022. Citado na página 38.

SCHNEIDER. *Manual Inversor de frequência ATV630*. 2019. Disponível em: <<https://www.se.com/br/pt/download/document/EAV64318PT/>>. Acesso em: 17/06/2023. Citado na página 53.

SCHNEIDER. *ATV600 Embedded Safety function manual*. 2022. Disponível em: <<https://www.se.com/ww/en/download/document/EAV64334/?urlaccessdate=17/06/2023>>. Citado na página 53.

SCHNEIDER. *Inversor de frequência ATV630*. s.d. Disponível em: <<https://www.se.com/br/pt/product/ATV630U30N4/inversor-de-frequência-atv630-3-kw-380480-vac-trifásico/>>. Citado na página 32.

SILVA, R. S. d.; JÚNIOR, L. C. d. F. *Máquinas Elétricas*. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 31.

SISTEMAS, B. L. *Regulamentando a interface homem máquina: conexão a ISA 101*. s.d. Disponível em: <<http://www.blsistemas.com.br/>>

[regulamentando-a-interface-homem-maquina-conheca-a-isa-101/>](#). Citado na página 45.

TORI, R.; HOUNSELL, M. da Silva (org.). Introdução a realidade virtual e aumentada. Porto Alegre, p. 13–15, 368–369, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 48.

WEG. *GUIA DE ESPECIFICAÇÃO MOTORES ELÉTRICOS*. Jaraguá do Sul - SC - Brazil, 2023. Disponível em: <<https://static2.weg.net/medias/downloadcenter/h32/hc5/WEG-motores-eletricos-guia-de-especificacao-50032749-brochure-portuguese-web.pdf>>. Citado na página 31.