



FACULDADES
DOM BOSCO

**GABRIEL SOARES SANTIAGO
JULIANA DOS SANTOS LINO**

Implementação e programação de uma IHM em um sistema de transportadores de carrocerias de uma linha de reparos de pintura em uma empresa automobilística do Sul Fluminense.

Resende - RJ
2024

**ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL DOM BOSCO
FACULDADE DE ENGENHARIA DE RESENDE**

**Gabriel Soares Santiago
Juliana dos Santos Lino**

Implementação e programação de uma IHM em um sistema de transportadores de carrocerias de uma linha de reparos de pintura em uma empresa automobilística do Sul Fluminense.

Trabalho de Graduação apresentado à Associação Educacional Dom Bosco, Faculdade de Engenharia de Resende, Curso de Engenharia Elétrica, como requisito parcial para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Catálogo na fonte
Biblioteca Central da Associação Educacional Dom Bosco – Resende-RJ

S235 Santiago, Gabriel Soares
Implementação e programação de uma IHM em um sistema de transportadores de carrocerias de uma linha de reparos de pintura em uma empresa automobilística do Sul Fluminense / Gabriel Soares Santiago; Juliana dos Santos Lino - 2024.
87f.

Orientador: Luiz Fernando Ribas Monteiro
Coorientador: Carlos Magno Rodrigues Vasques
Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à finalização do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia de Resende da Associação Educacional Dom Bosco.

1. Engenharia elétrica. 2. Automação. 3. Gerenciamento de dados. I. Lino, Juliana dos Santos. II. Monteiro, Luiz Fernando Ribas. III. Vasques, Carlos Magno Rodrigues. IV. Faculdade de Engenharia de Resende. V. Associação Educacional Dom Bosco. VI. Título.

CDU 681.5(043)



FACULDADES
DOM BOSCO

**GABRIEL SOARES SANTIAGO
JULIANA DOS SANTOS LINO**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA

BANCA EXAMINADORA:

Prof. (a).: LUIZ FERNANDO RIBAS MONTEIRO
Orientador

Prof. (a): CARLOS MAGNO RODRIGUES VASQUES
Coorientador

Prof. (a).: TIAGO DUARTE AMORIM
Membro da Banca

Prof.(a)
JULIANA RIBAS MONTEIRO
Membro Externo

Dezembro, 2024

dedicamos a realização deste trabalho
a Deus e às nossas famílias

AGRADECIMENTOS

Por Juliana Lino

Desejo começar agradecendo a Deus pela realização deste trabalho. Tenho certeza de que, sem Sua Graça e Misericórdia, eu não estaria chegando neste momento tão importante de minha trajetória acadêmica. A Ele toda Honra e Glória.

Aos meus pais, Marta e Ailton, sou imensamente grata por todo o apoio e suporte dado nestes últimos 5 anos. Esta conquista também é de vocês, pois nunca teria dado conta de tudo sem os seus auxílios. Agradeço igualmente aos meus irmãos, Daniel, Gabriel e Rafael, e à minha cunhada, Carla, pelo suporte, orientação e paciência comigo.

Sou grata aos meus professores orientadores, Luiz Fernando Ribas e Carlos Magno, pelo suporte e auxílio no desenvolvimento deste trabalho, sempre dispostos e disponíveis em nos ajudar com nossas dúvidas. Também estendo meu agradecimento a todo o corpo de docentes e à equipe das Faculdades Dom Bosco, que ao longo de todo o curso nos proporcionou o melhor ambiente possível para desenvolver nosso aprendizado.

Aos meus colegas, com quem compartilhei essa caminhada, e especialmente ao meu parceiro de TCC, Gabriel, agradeço por termos enfrentado juntos este desafio. Foi uma trajetória difícil e desafiadora, mas chegamos ao final, e tudo valeu a pena.

Por Gabriel Santiago

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me dar força, sabedoria e perseverança para superar cada desafio ao longo desta jornada. Sua presença foi meu alicerce em todos os momentos.

À minha mãe, que infelizmente partiu enquanto eu ainda estava na faculdade. Mãe, este trabalho é dedicado a você. Sua memória sempre foi minha maior inspiração e motivação para continuar, mesmo diante das dificuldades. Seu filho está se formando, e espero que você esteja se orgulhando de mim aí de cima. Eu te amo para sempre.

Aos meus avós, Pedro e Lenir, que sempre acreditaram no meu potencial e me ofereceram todo o amor e suporte de que eu precisava para alcançar meus objetivos.

À minha esposa, Thayná, pelo amor, paciência e compreensão inabaláveis. Você foi minha inspiração e meu suporte nos momentos mais desafiadores.

Ao meu eterno professor Alex Franco Ferreira, meu primeiro mentor no universo da elétrica, que despertou em mim a paixão por essa área e que sempre acreditou no meu potencial.

Ao professor Luiz Fernando, por toda a orientação, paciência e confiança em meu trabalho, e ao professor Carlos Magno, por seus ensinamentos valiosos e por sua dedicação em me guiar ao longo desta caminhada.

Aos meus amigos Petrick Diniz, João Pedro, Victor Hugo, Matheus Pardino e Eduardo que foram verdadeiras peças-chave nessa trajetória. A amizade de vocês, o apoio e incentivo fizeram toda a diferença.

À minha parceira de TCC, Juliana, pela paciência, pelos conhecimentos compartilhados e por todo o suporte que tornou este trabalho possível.

Aos meus gestores e amigos de trabalho, que foram mais que colegas, foram uma verdadeira equipe de apoio. Agradeço por cada conselho, incentivo e colaboração prática, que não só me ajudaram a colocar este projeto em pé, mas também me ensinaram lições valiosas para minha vida profissional.

Agradeço também a todos os professores, colegas e colaboradores da Faculdade Dom Bosco, que contribuíram para minha formação e crescimento ao longo desta jornada acadêmica.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo meu mais sincero agradecimento.

“Na ciência, o crédito vai para o homem que convence o mundo, não para o que primeiro teve a ideia.” Francis Darwin

RESUMO

Processos produtivos eficientes contam com a aplicação de altos níveis de automatização em seus meios. Sabendo disto, este trabalho é contextualizado no setor de reparos de pintura de carrocerias em uma empresa automobilística com o objetivo principal de implementar uma Interface Homem Máquina (IHM) interligada com o Controlador Lógico Programável (CLP) usado na área. A metodologia adotada para a realização da pesquisa conteve estudo de caso, interligação do sistema da IHM com o CLP, realização de testes de monitoramento e controle. A implementação da IHM mudou a rotina de trabalho dos colaboradores da empresa, proporcionando o acompanhamento em tempo real das carrocerias, rastreabilidade e geração de relatórios das atividades realizadas. Com a elaboração deste trabalho, é evidenciado que a inserção da automatização nos processos das empresas permite maior interligação entre as diferentes etapas de fabricação e centralização dos dados gerados. O tratamento refinado destes dados gera informações estratégicas para tomada de decisões pela alta diretoria, além de ser um aliado essencial para que os operadores acompanhem e controlem as atividades diretamente no chão de fábrica.

PALAVRAS-CHAVE: IHM. Processo Automotivo. Gerenciamento de dados. CLP. Rastreabilidade.

ABSTRACT

Efficient production processes rely on high levels of automation. With this in mind, this work is contextualized in the body paint repair sector of an automobile company with the main objective of implementing a Human Machine Interface (HMI) interconnected with the Programmable Logic Controller (PLC) used in the area. The methodology adopted for the research included a case study, interconnection of the HMI system with the PLC, and monitoring and control tests. The implementation of the HMI changed the work routine of the company's employees, providing real-time monitoring of the bodies, traceability and generation of reports on the activities carried out. This work shows that the introduction of automation into the company's processes allows for greater interconnection between the different manufacturing stages and centralization of the data generated. The refined processing of this data generates strategic information for decision-making by senior management, as well as being an essential ally for operators to monitor and control activities directly on the shop floor.

KEYWORDS: HMI. Automotive Process. Data Management. PLC. Traceability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Recorte superior <i>Spot Repair</i>	20
Figura 2 - Fluxo de movimentação da carroceria dentro do <i>Spot Repair</i>	21
Figura 3 - Interação de um operador com uma IHM em um processo produtivo.....	25
Figura 4 - Níveis da Pirâmide da Automação	27
Figura 5 - Modelo do CLP	29
Figura 6 - Ciclo de varredura de um CLP	30
Figura 7 - Diagrama do <i>hardware</i> e fluxo de um PLC	31
Figura 8 - Exemplo de supervisório de um controle de nível.....	32
Figura 9 - Elementos de um Sistema de Supervisório	33
Figura 10 - Comparativo entre ligação ponto a ponto e rede industrial	34
Figura 11 - Estrutura de diferentes linguagens de programação.....	37
Figura 12 - Principais simbologias da linguagem <i>Ladder</i> e suas representações gráficas.....	38
Figura 13 - Ilustração de um sistema RFID genérico	39
Figura 14 – CLP Mitsubishi modelo IQ-R	41
Figura 15 – Disposição dos módulos nos racks do CLP	43
Figura 16 – IHM Mitsubishi GOT2000	43
Figura 17 – Conexões de interface da IHM	44
Figura 18 – Antena BALLUF BIS VM-301-001-S4.....	45
Figura 19 – <i>Tag</i> BIS M-136-03/L-HT	45
Figura 20 - Processador BALLUFF BIS V-6111-073-C003.....	46
Figura 21 – Arquitetura de automação do sistema.	47
Figura 22 – <i>Standard</i> de navegação da IHM.....	52
Figura 23 – Menu Principal da IHM	54
Figura 24 – Tela de linha da IHM.....	55
Figura 25 - Tela IHM da linha do <i>Buffer 1</i>	56
Figura 26 - Tela IHM linha <i>Buffer 2</i>	56
Figura 27 - Tela IHM linha de entrada e saída do Spot	57
Figura 28 – Lógica de gestão de acionamento FDS 6.	58
Figura 29 – Tela de programação <i>Bit Parts Display</i>	58
Figura 30 - Tela IHM das cabines de reparo.....	59
Figura 31 - Tela IHM de monitoramento de falhas.....	60

Figura 32 – Receita de falhas pré-cadastradas.....	61
Figura 33 - Fluxograma de funcionamento de exibição falhas na IHM.....	62
Figura 34 - Tela IHM de histórico de falhas	63
Figura 35 - Tela IHM de alerta anticolisão	64
Figura 36 – Tela IHM de monitoramento de memórias do <i>Buffer 1</i>	65
Figura 37 – Tela com o painel de sinópticos da linha.	66
Figura 38 – Tela de manutenção com nível 1 de acesso.....	67
Figura 39 - Tela de manutenção com nível 2 de acesso.	68
Figura 40 – Tela de manutenção com acesso ao login.	69
Figura 41 - Fluxograma de funcionamento de autenticação de usuário para acesso.	69
Figura 42 – Tela de dados das carrocerias presentes no <i>buffer 1</i>	70
Figura 43 – Tela histórico de rastreamento de carrocerias.....	70
Figura 44 - Tela histórico rastreamento de carrocerias em modo edição.	71
Figura 45 – <i>Pop-up</i> produção hora-hora.	72
Figura 46 – Tela tempo de ciclo.....	74
Figura 47 - Tela de média de tempo de ciclo de reparo da cabine 1	74
Figura 48 – Tela menu monitoramento de tempo de carroceria nas estufas.....	75
Figura 49 – Tela com indicação de emergência acionada.....	76
Figura 50 – Tela com indicação de transportador em sobrecarga.....	77
Figura 51 – Tela de monitoramento de tempo de ciclo dos transportadores.	78
Figura 52 - Ocupação das carrocerias no <i>buffer 1</i>	79
Figura 53 - Tela IHM com representação em tempo real de ocupação do <i>Buffer 1</i> ...	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de rede CC-Link e suas características	36
Quadro 2 - Lista dos componentes utilizados para ligação dos CLPs nos <i>racks</i>	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGV	<i>Automated Guided Vehicle</i>
BIS	<i>Balluff Identification System</i>
CC-Link	<i>Link Control and Communication Link</i>
CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Unidade Central de Processamento (<i>Central Processing Unit</i>)
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FIFO	<i>First In, First Out</i>
IHM	Interface Homem-Máquina
IE	Industrial Ethernet
ISA	<i>International Society of Automation</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MES	<i>Manufacturing Execution Systems</i>
MOV	Bloco de Movimento (Move Block)
NR	Norma Regulamentadora
PIMS	<i>Process Information Management Systems</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> (Controlador Lógico Programável)
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SVGA	<i>Super Video Graphics Array</i>
TON	<i>Bloco Timer On Delay</i>
TOF	<i>Bloco Timer Off Delay</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
TFT	Thin-Film Transistor

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo Geral	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2	REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1	PROCESSO PRODUTIVO	19
2.2	AUTOMAÇÃO NOS SISTEMAS PRODUTIVOS.....	21
2.3	TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE EM LINHAS DE PRODUÇÃO	23
2.4	INTERFACE HOMEM-MÁQUINA (IHM).....	24
2.4.1	Conceitos e definições	24
2.4.2	Importância e integração das IHM's nos processos automatizados 25	
2.4.3	Elementos de <i>design</i> de uma IHM	26
2.5	PIRÂMIDE DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	27
2.6	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP)	28
2.7	SISTEMAS SUPERVISÓRIOS	31
2.8	REDES INDUSTRIAIS	34
2.8.1	Rede CC-Link	35
2.9	LINGUAGEM LADDER	36
2.10	TECNOLOGIA RFID E AQUISIÇÃO DE DADOS.....	39
2.11	NORMAS DE SEGURANÇA E QUALIDADE	40
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	41
3.1	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL.....	41
3.2	MODELO DE IHM.....	43
3.3	PERIFÉRICOS E COMUNICAÇÃO RFID	44

3.4	ARQUITETURA DE AUTOMAÇÃO	46
3.5	LEVANTAMENTO DE REQUISITOS	48
3.6	ETAPAS DA IMPLEMENTAÇÃO	49
4	DESENVOLVIMENTO.....	51
4.1	STANDARD DE NAVEGAÇÃO DA IHM	51
4.2	TELAS DA IHM	53
5	discussões E RESULTADOS	73
5.1	MONITORAMENTO DE PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA OPERACIONAL	73
5.2	MONITORAMENTO E DIAGNÓSTICO DE FALHAS	75
5.3	INTEGRAÇÃO DO SISTEMA RFID, IHM E A RASTREABILIDADE	78
6	CONCLUSÃO	81
6.1	TRABALHOS FUTUROS	81
7	REFERÊNCIAS.....	83

1 INTRODUÇÃO

As empresas automobilísticas são empresas estratégicas na economia brasileira, a Anfavea (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotivos) destacou a marca de 104,6 mil postos de trabalhos, em julho deste ano, empregados pelas montadoras instaladas no Brasil, sem contar os empregos que são gerados indiretamente pelo setor. A produção de veículos também vem apresentando números crescentes, principalmente após os anúncios de investimentos no país pelas montadoras Stellantis, Volkswagen, Honda, Hyundai, Chevrolet, BYD, Toyota e Mitsubishi que chegam a um somatório de 76 bilhões de reais (PERONI, 2024). Com o setor aquecido, os processos produtivos das montadoras tendem a se expandir em complexidade e se tornam potencialmente mais inseguros, devido ao aumento e criação de variáveis relacionadas a montagem dos veículos, como novos modelos de fabricação, aumento na quantidade de veículos produzidos por hora e novas contratações. É imprescindível a atuação de setores da qualidade dentro dessas empresas para assegurar a segurança do trabalho e saúde dos colaboradores durante a execução das atividades. É destacado como principais causas de acidentes de trabalho em uma montadora: máquina e equipamentos defeituosos, falta de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), ergonomia inadequada, produtos químicos e substâncias perigosas e ruído excessivo (BERNATT, 2024).

Para garantirem que as empresas forneçam uma condição de trabalho segura, foram criadas normas ao longo dos últimos séculos que orientam quais medidas de saúde e segurança ocupacional devem ser atendidas para a liberação da atuação da empresa. No Brasil existe as NRs (Normas Regulamentadoras), criadas em 1977 e “consistem em obrigações, direitos e deveres a serem cumpridos por empregadores e trabalhadores com o objetivo de garantir trabalho seguro e sadio, prevenindo a ocorrência de doenças e acidentes de trabalho” (Brasil, 2020).

As tecnologias emergem como uma aliada importante em aplicação de ferramentas e melhorias de processos para o cumprimento das normas de segurança, especialmente nas melhorias de processos com a automação industrial, tal fato se torna um dos motivos das automotivas buscarem ainda mais automatizarem seus meios de fabricação. A automatização de processos ajuda a minimizar os acidentes devido a substituição de atividades que eram feitas por humanos passarem a ser realizadas por máquinas. Um caso real é o da montadora Ford localizada em Colônia

na Alemanha, onde a empresa investiu na instalação de robôs colaborativos que trabalham em conjunto com engenheiros para lixar finamente toda a superfície da carroceria do Ford Fiesta.

Os seis *cobots* completam uma sequência coreografada para lixar toda a superfície do corpo em apenas 35 segundos. A iniciativa não substitui os funcionários, mas permite que os operadores usem seu tempo em tarefas mais complexas e evitem sofrer as tensões associadas à execução de tarefas repetitivas (FORD, 2019).

Processos automatizados permitem que máquinas e equipamentos consigam operar sozinhos, de forma inteligente e com base em parâmetros e instruções, gerando não só o aumento da segurança do trabalho na empresa, mas também reduz a quantidade de retrabalhos, erros humanos, aumento da qualidade do produto, aumento da produção, maior integração e desenvolvimento de sistemas, programação de alarmes de segurança, status em tempo real do processo, coleta de dados, geração de relatórios, rastreabilidade, entre outras inúmeras vantagens.

Sendo assim, este trabalho se desenvolve dentro de uma montadora de automóveis na região Sul Fluminense no Rio de Janeiro, onde a empresa possui uma área destinada a veículos com reprovações de pintura na carroceria e necessitam de retrabalhos para serem liberados para continuar o processo de montagem. As movimentações dentro desta área, que é denominada de “*Spot Repair*”, ocorriam de maneira manual pelos operadores de reparos do setor, empurrando uma a uma ou em grupos, deslocando-as até as cabines de reparo para que seja efetuado o retrabalho. Essa condição de transporte das carrocerias provocava impactos ergonômicos significativos na operação, além de sobrecarregar os operadores. Foi realizada uma primeira etapa deste projeto com a implementação de um CLP para automatizar o transporte das carrocerias, sendo possível reduzir esses impactos ergonômicos e otimizar a operação, proporcionando melhores condições de trabalho e aumentando a eficiência no atendimento da demanda.

Este trabalho é focado no terceiro nível de automatização do setor, com a implementação de uma IHM integrada com o CLP dentro do *Spot Repair*. O objetivo é centralizar o monitoramento e controle de dados, permitindo o acompanhamento em tempo real das movimentações de carrocerias, a rastreabilidade e a geração de relatórios detalhados sobre o desempenho da linha de produção.

Essa implementação visa não só otimizar a performance operacional da linha, mas também melhorar o diagnóstico de falhas e a tomada de decisões para manutenção e controle de qualidade, promovendo maior confiabilidade e eficiência na gestão do setor.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Implementar uma IHM integrada com o CLP dentro do *Spot Repair* para centralizar o monitoramento e controle de dados, permitindo o acompanhamento em tempo real das movimentações de carrocerias, a rastreabilidade e a geração de relatórios detalhados sobre o desempenho da linha de produção.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Integrar a IHM com o CLP para centralização de dados e de controle.
- Promover o monitoramento e diagnóstico de falhas da em tempo real.
- Promover a otimização da performance operacional da linha através da IHM.
- Auxiliar em tomadas de decisões para manutenção e controle de qualidade do processo.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho inicia-se pela introdução, que traz as principais motivações e sustentações para a realização do estudo proposto, com os objetivos que esperam ser alcançados. Em seguida, a revisão da literatura traz os referenciais teóricos que fundamentam o trabalho, explorando os principais conceitos em que o trabalho está inserido. Na seção de materiais são informados os principais recursos utilizados e as características funcionais, e aborda os métodos aplicados para o desenvolvimento da programação da IHM. No tópico de desenvolvimento é detalhado as telas da IHM criadas, as informações obtidas e a integração destas telas com o CLP. Na seção de resultado e discussões é abordado a performance apresentada pela implementação das IHMs no *Spot Repair* e os impactos gerados na rotina de trabalho, no último tópico

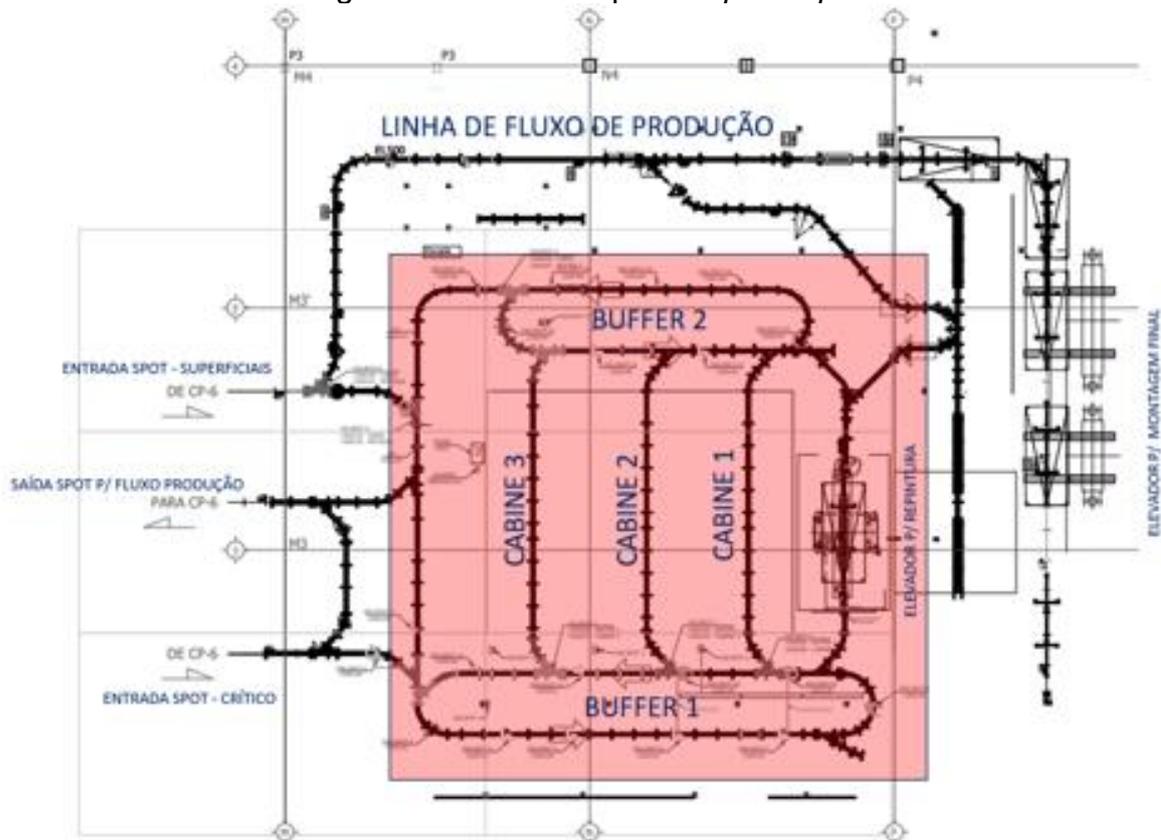
é a conclusão com as considerações finais de tudo o que realizado e o atendimento aos objetivos esperados.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 PROCESSO PRODUTIVO

O processo produtivo são todas as atividades e operações que estão inter-relacionadas dentro de uma empresa ou indústria para a produção de um determinado produto e/ou serviço. Os processos atuais cada vez mais modernos buscam produção em larga escala com o menor custo possível e, para isso, investem em linhas de produções enxutas. Como citado anteriormente na Introdução, o presente trabalho está situado no processo produtivo de uma automotiva. Após a fabricação da carroceria, esta é encaminhada para o setor que é realizado a pintura do veículo, no final deste processo é identificado se há alguma não conformidade com a pintura e então é enviada para a montagem final do veículo, etapa que consiste na montagem das peças e componentes finais para funcionamento e acabamento do carro.

Caso haja alguma não conformidade na pintura realizada na carroceria, está é enviada para a área de reparos de pintura fora de fluxo de produção. O setor de reparos, com área total de 160m², é destinada à veículos que estão com a qualidade abaixo do padrão e que não podem ser enviados diretamente para a montagem. Em algumas montadoras são chamados como área de “hospital” para tratamento de lixamento, polimento, retoques e se necessário, repintura, mas também é conhecida como *Spot Repair*. A Figura 1 mostra o recorte superior de um desenho mecânico onde o *Spot Repair* é localizado.

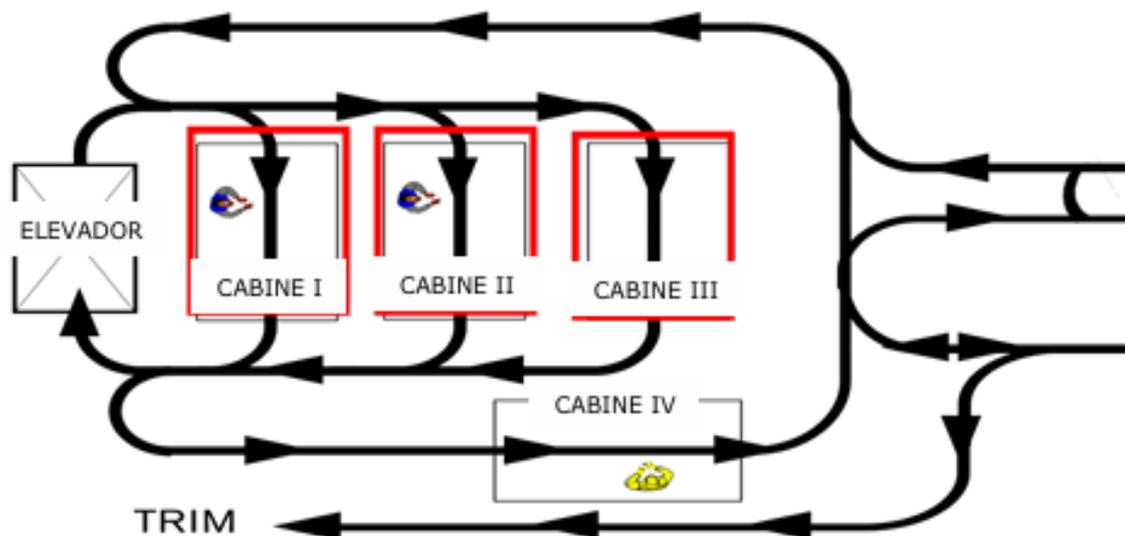
Figura 1 - Recorte superior *Spot Repair*

Fonte: People Team (2023)

O fluxo das carrocerias dentro desta área começa ao receber um veículo ruim, o carro deve ser deslocado até a cabine de reparo, junto aos equipamentos, onde será efetuado o retrabalho. Concluída a atividade, a carroceria segue para a cabine de inspeção da qualidade e, enfim, é enviado à montagem.

Com uma capacidade total de 22 carrocerias, 8 no *buffer 1*, 5 no *buffer 2*, 2 em cada cabine de reparo e 2 em área de espera, o *Spot Repair* gira em sentido anti-horário e conta com três cabines, sendo 2 para reparos (cabines I e II) e uma para movimentação das carrocerias (cabine III). A Figura 2 mostra resumidamente o fluxo da carroceria dentro do Spot.

Figura 2 - Fluxo de movimentação da carroceria dentro do *Spot Repair*



Fonte: People Team (2023)

Para inspeção dos veículos pós-reparo, é deslocado temporariamente um inspetor de qualidade para avaliação da carroceria no *Spot*. Para o processo de repintura, o *Spot Repair* entra em ação com a preparação da carroceria para receber uma nova camada de tinta, a carroceria passa novamente pelo processo de aplicação *primer*, *flash off*, base (coloração), verniz e secagem na estufa. Esses processos se encontram no segundo andar, e anexado ao *Spot*, é disposto um elevador para encaminhar a carroceria para esse processo.

2.2 AUTOMAÇÃO NOS SISTEMAS PRODUTIVOS

A implementação da Automação Industrial nos processos produtivos das empresas ao longo dos últimos séculos vem transformando completamente o cenário do ambiente fabril e a forma de trabalho empregado nestas localidades. As indústrias sofreram quatro grandes revoluções, conhecidas como Revolução Industrial.

A Primeira Revolução, que gerou a Indústria 1.0, foi marcada por importantes invenções, como a máquina a vapor e a utilização do carvão como fonte de energia, tais descobertas e utilizações puderam acelerar o crescimento e fortalecimento das indústrias da época.

O modelo de produção criado por Henry Ford no século XIX marca a Indústria 2.0 onde já era possível visualizar marcas da Automação Industrial, conhecido como semi-automatização, devido a implementação de esteiras que fazem o automóvel ir

até o operário, aumentando assim a produtividade dos empregados. (MARTINS, SILVA, 2020).

A Terceira Revolução Industrial, iniciada no século XX, também é conhecida como Revolução Tecnológica por abranger descobertas de cunhos tecnológicos como informática, *softwares*, robótica, tecnologia computadorizada, telecomunicações, etc. (CUOGO, 2012). A Indústria 3.0 intensifica a troca da mão-de-obra humana por máquinas devido aos efeitos da “eletrônica substituir a eletromecânica como base da automação, de tal forma que microprocessadores dedicados ou computadores dedicados passaram a guiar o sistema de máquina ou partes deste.” (COUTINHO, 2016, p.72)

O movimento da Indústria 4.0 é bem recente e atual, com a sua primeira citação em 2011 na Alemanha durante uma feira em Hannover em que foi abordado uma nova proposta de aumentar a competitividade da indústria alemã. O novo modelo de processo proposto nesta Quarta Revolução diz muito sobre a capacidade de aquisição e tratamento de dados em tempo real, virtualização da fábrica para rastreabilidade e monitoramento virtual, comunicação por meio de Internet das Coisas e Internet de sistemas cyber-físicos por humanos e fabricas inteligentes, capacidade de produção de acordo com a demanda podendo acoplar ou desacoplar os módulos de produção, etc. (SAKURAI, ZUCH, apud SILVEIRA, 2017).

[...] a Quarta Revolução Industrial pode ser melhor descrita como uma mudança na lógica de fabricação para uma abordagem de valor cada vez mais descentralizada e autorreguladora, habilitada por conceitos e tecnologias como CPS, IoT, IOS, computação em nuvem ou manufatura aditiva e fábricas inteligentes, de modo a ajudar as empresas a atender a produção futura requisitos. (HOFMANN; RUSCH, 2017, p.25).

Um dos impactos mais significativos que a Automação gerou dentro do processo produtivo das empresas é a transformação do trabalho. Atividades que anteriormente eram exercidas com o auxílio de mão-de-obra humana foram substituídas por máquinas que são totalmente automatizadas como, as prensas mecânicas, máquinas de corte e robôs em linhas de montagem. “A automação está redefinindo a natureza do trabalho e das tarefas realizadas pelos trabalhadores, gerando transformações profundas nos mercados de emprego e nas habilidades exigidas.” (VUALA, *et al.*, 2023, p.8)

2.3 TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE EM LINHAS DE PRODUÇÃO

As modernas indústrias da atualidade contam com diversos tipos de modalidade de transporte em sua linha de produção para ganho de agilidade, controle e segurança na produção dos produtos oferecidos ao mercado. A correta implementação e integração das principais tecnologias existentes como, esteiras transportadoras, AGVs (*Automated Guided Vehicles*), sistemas de guias aéreos e *Skids* nos processos produtivos, gera uma redução no tempo dos processos, o que leva a diminuir os custos operacionais de sua operação. (TOTVS, 2023)

As esteiras transportadoras são comumente utilizadas em diversos processos de fabricação da atualidade. Com a sua criação na metade do século XVIII na Inglaterra, estas possuem como principal característica a capacidade de mover de pequenos a grandes objetos em uma determinada distância com uma construção relativamente simples de polias e motores (RAMOS, *et. al.*, 2016).

A escolha da esteira para o transporte de cargas na indústria é uma decisão técnica e econômica. É técnica porque envolve conhecimento de sistemas de transporte, características operacionais, capacidades e velocidades. É econômica, pois envolve tempo, capacidades, custos operacionais, custos de manutenção, entre outros. (CNI,2008, p.27)

O AGV é um tipo de veículo que tem ganhado espaço dentro do ambiente industrial por se tratar de uma alternativa mais viável do que a empilhadeira, que exige de um funcionário em tempo integral para operá-la, este veículo móvel é programado para transportar matérias em uma rota previamente definida dentro do espaço desejado. António Moreira (2017, p.17) coloca as vantagens de uma empresa adotar os AGVs da seguinte maneira:

Usar veículos autônomos, para o transporte desde matérias primas até produtos acabados, é uma solução que tende a reduzir, significativamente, os acidentes de trabalho, reduzindo assim os custos associados a material danificado, infraestruturas e trabalhadores.

Também existe os transportadores aéreos para movimentação de peças, equipamentos ou itens fabricados dentro de uma indústria, esta tem a vantagem de regular o funcionamento conforme demanda do processo. Já os *skids* são transportadores de arraste por atrito de estrutura robusta que são projetados para

sustentação e içamento dos conjuntos de equipamentos que serão montados sobre eles.

De maneira geral, os meios de transporte e movimentação adotado em um processo produtivo é muito importante, pois garante a conectividade das diferentes etapas da produção para que ocorra de forma harmônica e eficiente. A proposta do presente trabalho de implementar a IHM possibilitará o acompanhamento das carrocerias sob os *skids* em tempo real dentro do *Spot Repair*, permitindo identificar qualquer desvio ou falha.

2.4 INTERFACE HOMEM-MÁQUINA (IHM)

2.4.1 Conceitos e definições

A IHM (Interface Homem-Máquina) é muito utilizada em processos automatizados e consiste em um dispositivo que permite interação dos operadores com o sistema ou dispositivos atuantes nas plantas de atuação.

Com o surgimento dos CLPs na década 1960, surge a necessidade de um meio que possibilitasse que os operadores visualizassem e interagissem com os controladores, com isso passou a ser utilizado painéis de controle fixos com botões, luzes e chaves que sinalizam de forma limitada os status do processo e possibilita o envio de um certo comando do operador ao controlador. Com os processos industriais se sofisticando ao longo das últimas décadas, demandando a implementação de controles mais complexos, essas interfaces foram evoluindo até chegar às atuais e modernas IHMs que são mais amigáveis, eficientes e ergonômicas ao usuário final. A Figura 3 ilustra um operador em parte do processo de fabricação interagindo com uma IHM.

Figura 3 - Interação de um operador com uma IHM em um processo produtivo



Fonte: Makiyama (2023)

2.4.2 Importância e integração das IHM's nos processos automatizados

As aplicações das IHMs são flexíveis, ou seja, podem ser adaptadas conforme a utilização que está sendo empregada dentro do processo produtivo. Os principais usos de uma IHM são em:

- **Processos Contínuos:** processos que precisam ocorrer de forma contínua sem interrupção como a indústria petroquímica e farmacêutica, nestas elas monitoram de forma contínua as principais variáveis, permite controle remoto de diversas unidades do processo e são interligadas a sistemas supervisórios como o SCADA.
- **Processos Discretos:** processos que operam em diversas etapas, como indústrias automobilísticas, a IHM é usada para controlar a produção, rastreabilidade de componentes, sistemas de visão, controle de qualidade, desempenho de máquinas individuais, entre outros.
- **Máquinas e Equipamentos Individuais:** utilização da IHM em máquinas, como tornos, prensas e injetoras, para facilitar a interação do operador e o controle do equipamento.
- **Controle de Qualidade e Inspeção:** uso da IHM para auxílio da conformidade e padrão de qualidade dos produtos através de visualização

dos dados de inspeção, identificação de defeitos, integração com sistemas de análise de qualidade, entre outros.

- Sistemas Robóticos: visualização de movimentação dos robôs, ajuste de coordenadas, emissão de alertas ou falhas através das IHMs.
- Processos de Manutenção: auxílio da IHM para fornecer dados e status das máquinas e equipamentos em tempo real, como vibração, temperatura e desgaste, alertar necessidades de manutenção preventiva, fornecer relatório de falhas, instruções para reparos, etc.

Através das informações atualizadas que a IHM fornece, ela se torna uma grande aliada dentro dos processos automatizados, auxiliando na análise e na tomada de decisões.

2.4.3 Elementos de *design* de uma IHM

A IHM possui uma interface gráfica que possibilita a visualização de dados do processo industrial inserido, como status dos equipamentos, parâmetros de produção, alarmes e outras variáveis de controle. O equipamento pode ser bem simples com utilizações de botoeiras em painéis ou sofisticados com telas sensíveis ao toque e *software* de interface avançados que viabilizam a representação visual do processo, monitoramento em tempo real com gráficos interativos (GUIMARÃES, 2024).

Desta maneira, o desenvolvimento do *design* de uma IHM é muito importante, pois é a janela do operador para com o estado e controle da planta. Os dados e informações que são tratados devem ser organizadas para que o usuário se sinta seguro e confiante para a interação com a máquina (GONZAGA, 2002). Para orientar os responsáveis de criações das telas IHMs foi criada a ISA-101, que consiste em uma norma elaborada pela ISA (*International Society of Automation*) que reúne diretrizes e boas práticas para o design de IHMs mais seguras, eficazes e que proporcionam um controle mais eficiente de processos.

A ISA-101 aborda princípios de hierarquia de informação, organização de tela, seleção adequada de ícones, cores e formas, estratégia de apresentação de informações em tempo real, como alarmes.

2.5 PIRÂMIDE DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Dentro de um processo produtivo que faz uso de diferentes tecnologias para manipular e comandar o processo, existe uma distinção clara entre esses recursos usados e o papel que cada uma desempenha. Em um mesmo controle existe o uso de dispositivos de campo para recolherem dados da produção e existem *softwares* que tratam e refinam estes dados para tomadas de decisões estratégicas para a empresa. Neste contexto, surge a Pirâmide da Automação que auxilia visualizar esses diferentes níveis de automação empregadas em um único processo.

A Pirâmide da Automação Industrial consiste em um diagrama que representa a hierarquia dos diferentes níveis de controle e automação em um processo. (KUSTRO, 2012). A Figura 4 ilustra a Pirâmide de Automação com os cinco níveis hierárquicos existentes.

Figura 4 - Níveis da Pirâmide da Automação



Fonte: Guimarães (2024)

Como pode ser observado na Figura 4, a pirâmide se divide em cinco níveis bem definidas, sendo elas:

- Nível 1: onde está concentrada os dispositivos de campo, como os sensores e atuadores que interagem diretamente com o processo físico que servem para aquisição de dados.
- Nível 2: concentra os equipamentos que realizam o controle do processo da planta, como os CLP's e PACs (Controlador de Automação Programável).
- Nível 3: supervisão dos processos executados em uma determinada área em uma planta, atividade que é utilizada IHM, SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), entre outros.
- Nível 4: programação e planejamento da produção utilizando MES (*Manufacturing Execution Systems*) ou PIMS (*Process Information Management Systems*) como ferramentas.
- Nível 5: gerenciamento corporativo que se encarrega da administração dos recursos da empresa, são utilizados *softwares* como ERP (*Enterprise Resource Planning*).

Analisando os cinco níveis da pirâmide, Guimarães (p.17, 2024) conclui que a “Pirâmide da Automação é fundamental para entender a integração e interação dos diferentes sistemas em uma planta industrial”, desta forma, auxilia a garantir que os níveis de gestão e produção estão alinhados e conectados, permitindo uma eficiência dentro da planta industrial e nas tomadas de decisões da organização. É proposto a implementação do nível 3 dentro do contexto do processo automobilístico do presente trabalho que possui apenas o nível 1 e 2 de automação implementado.

2.6 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP)

Segundo Vitor Souza (2013, p.12), Controlador Lógico Programável (CLP), ou do inglês, *Programmable Logic Controller (PLC)*, “é o equipamento que agrega recursos de entrada e saída, dentre outros, em que desta forma podemos através de um computador PC programar seu funcionamento.”

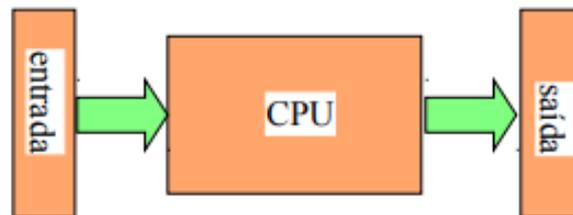
O primeiro CLP foi criado na década de 60 para substituir os quadros de relés que até então eram utilizados para realizarem acionamentos e controles dentro das indústrias e necessitavam de um alto investimento de custo e tempo para ser feito as adequações dos processos (SOUZA, 2013). A sua criação foi de grande importância para o crescimento da produção das indústrias nos últimos anos, uma vez que estes

são compactos, versáteis, com alta capacidade de armazenamento, executam as programações com precisão, confiabilidade e rapidez.

Inicialmente, o planejamento era feito através de grandes painéis de controle feitos com relés eletromagnéticos, porém, com o aumento da produção surgiu a necessidade de elevar o grau de automação. Foi a partir desta constatação que surgiram os primeiros CLPs. (AGOSTINI, 2014, p.2)

O CLP tem seu modelo de funcionamento dividido em três partes essenciais: entrada, Unidade Central de Processamento (CPU) e saída, como é exemplificado na Figura 5. (BOECHAT, 2010).

Figura 5 - Modelo do CLP



Fonte: Boechat (2010)

A unidade da entrada recolhe os dados capturados pelos sensores e fornece a unidade CPU, que é responsável pelo processamento destes dados de acordo com as instruções programadas em sua memória e, em seguida, gera resultados a unidade de saída alterando os estados de atuação dos atuadores.

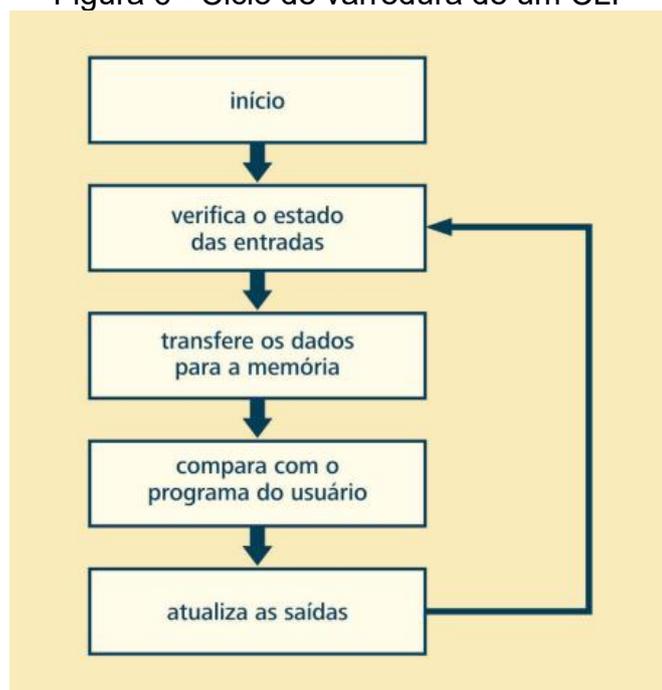
As unidades de entrada e saída são as que possibilitam a interação entre o homem e a máquina, sendo assim, é o caminho para que seja introduzida informação do mundo externo à máquina ou a máquina leve informações ao meio externo. Os módulos de entrada são constituídos de cartões eletrônicos que servem de interface entre os sensores no campo e a programação do CLP, cada cartão tem capacidade de suportar um determinado número de variáveis, o que vai variar de acordo com o modelo de cada fabricante a fim de atender as demandas do mercado. Os módulos de saída são similares, porém é a interface entre o processador e os elementos atuadores do processo. (AGOSTINI, 2014)

O tratamento e o processamento das informações em uma CPU podem ser executados nas seguintes estruturas (AGOSTINI, 2014):

- Processamento cíclico: conhecido como ciclo de varredura, é a forma mais comum de execução da CPU, em que as instruções do programa são lidas de forma sequencial, do início ao fim.
- Processamento por interrupção: quando é necessário interromper o ciclo normal de varredura para executar um outro programa, chamado de rotina de interrupção. A rotina de interrupção é muito utilizada em emergências onde se faz necessário executar alguma programação específica.
- Processamento comandado por tempo: também é conhecido por um tipo de rotina de interrupção, porém este tem como característica principal a repetição de uma rotina em certos intervalos de tempo estabelecido.

O processamento cíclico, como citado anteriormente, é o processamento mais comum de se encontrar dentro da programação de um CLP com sua forma sequencial, este processo é denominado ciclo de varredura ou ciclo de *scan* em que, ao ligar o CLP é feito uma verificação geral do estado das memórias e CPU, verificação do estado das entradas, transferência dos dados da entrada para a memória, comparação da memória de entrada com o programa do usuário para atualizar a memória de saída e atualização das interfaces de saídas conforme é ilustrado na Figura 6 (ZANCAN, 2011).

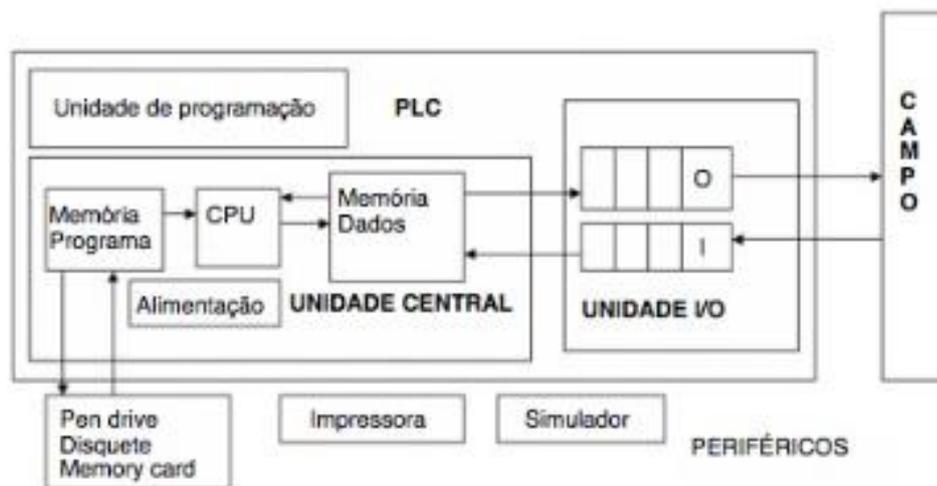
Figura 6 - Ciclo de varredura de um CLP



Fonte: CTISM(

Francesco Prudente (2011), explica que além dessas três unidades essenciais, existem os módulos periféricos que expandem e potencializam a execução do PLC. Os principais periféricos são: simulador de entradas, que permite a edição instantânea da programação através das simulações prévias que é possível fazer nos sensores, impressora, que permite imprimir o programa e dispositivos de grande memorização que permite conservar o programa do CLP devido a sua alta memória. A Figura 7 é a representação de todo o *hardware* de um PLC, bem como o fluxo de informações.

Figura 7 - Diagrama do *hardware* e fluxo de um PLC



Fonte: Prudente (2011)

No mercado atual existem diversas marcas consolidadas de CLPs que podem ser adotadas para implementação do controle dos processos, como a Siemens, Rockwell, Schneider, ABB, Mitsubishi Eletric, entre outros. No atual trabalho está sendo utilizado o CLP da marca Mitsubish Eletric para o controle da automação das carrocerias na área de reparo de pintura, uma vez que a marca já é utilizada em outros processos para realizar o controle e gerenciamento dentro da fábrica.

2.7 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS

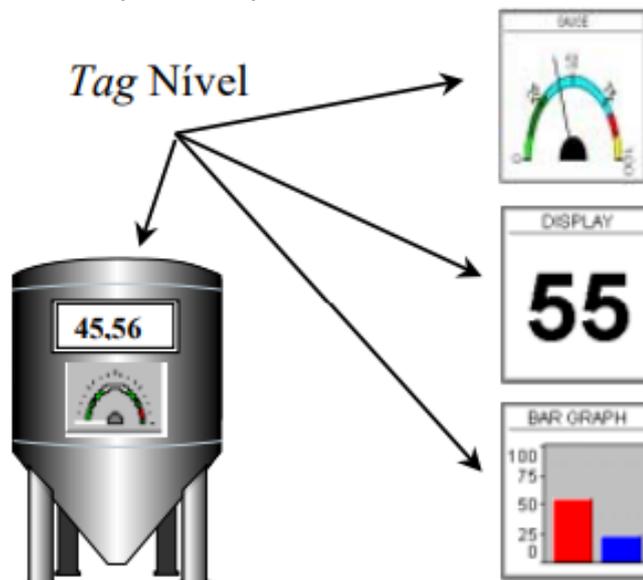
Os sistemas supervisórios ou, comumente chamado, SCADA (*Supervisory Control and Data Aquisition*) são supervisórios instalados em um determinado processo produtivo e que possibilitam a monitoração e rastreamento das informações deste processo (SALVADOR, SILVA, 2005).

São considerados sistemas supervisórios aqueles sistemas computacionais que apresentam uma estrutura de comunicação entre computadores e equipamentos de aquisição de dados, seguida da manipulação e análise destes dados e consequente apresentação ao usuário, em um formato previamente definido. (TIBOLA, 2000, p.1)

Os dados capturados por um sistema supervisório podem estar localizados em ambientes complexos dentro do chão de fábrica e até dispersos geograficamente, sendo que a visualização do tratamento destes dados fica disponível para todas as hierarquias da organização. Outra aplicabilidade possível é as ações executadas pelo programa baseado nos parâmetros pré-estabelecidos. (TIBOLA, 2000)

A implementação do SCADA dentro de um processo precisa transmitir ao usuário os dados de forma simples e objetiva, para isso é utilizado recursos visuais na tela de interface, como gráficos, botões e ícones coloridos. Conforme os valores do processo são sendo alterados, a representação gráfica também é alterada de acordo com a variação através da utilização de *tags*, como é exemplificado na Figura 8 que traz a representação de um processo que realiza o controle de nível em um determinado tanque e o sistema supervisório permite a visualização do status das principais variáveis deste controle.

Figura 8 - Exemplo de supervisório de um controle de nível.



Fonte: Tibola (2000)

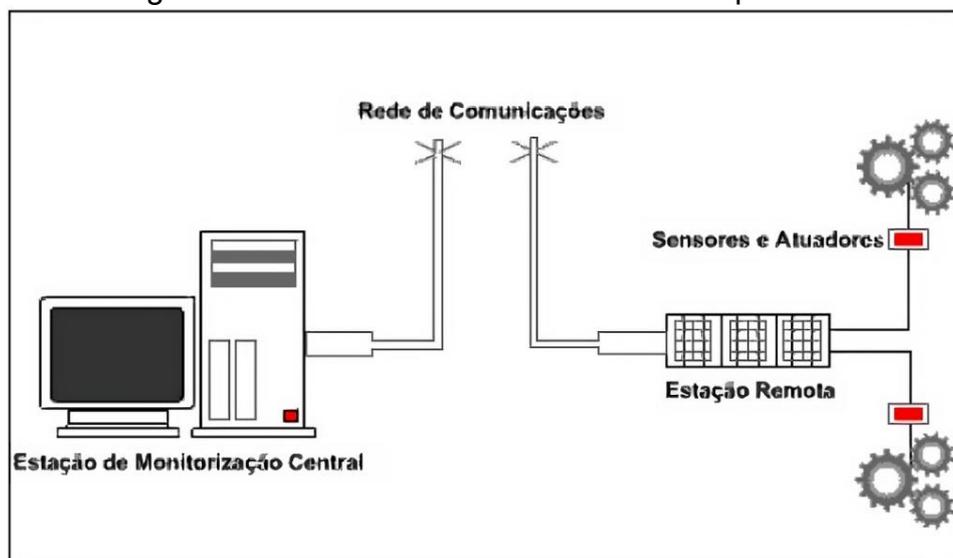
As *tags* são os componentes que armazenam as variáveis numéricas ou alfanuméricas, servindo para comunicação entre o controlador e o sistema. A apresentação dos valores das variáveis do processo ao usuário é com base nos

valores armazenados dentro das *tags* (TIBOLA, 2000). Desta forma, o sistema SCADA consegue identificar condições de alarme ou anomalia e tomar alguma ação, conforme programada, como ativação do som, mudança de cores, gravação de registro em banco de dados, etc (SALVADOR, SILVA, 2005).

De maneira geral, um sistema supervisório funciona da seguinte maneira pontuada e que pode ser visualizada na Figura 9 (SALVADOR, SILVA, 2005):

- Os dispositivos de campo, sensores e atuadores, colhem os dados das variáveis da planta instalada em que é desejado aplicar o controle e monitoramento com o sistema SCADA.
- A estação remota é o conjunto dos CLPs que recebe os dados coletados pelos dispositivos de campo e realizam o controle e programação destes dados conforme as funções programadas gravadas na memória do aparelho.
- A rede de comunicação é o meio pelo qual as informações do sistema SCADA são transmitidas da estação central para as estações remotas espelhadas pelo processo de produção ou qualquer máquina que esteja conectada à mesma rede. Essa comunicação pode ocorrer por *internet*, cabos ópticos seriais, *Ethernet*, entre outros.
- A estação de monitoramento central é a unidade que coleta, armazena e processa os dados transmitidos pelas estações remotas e coloca disponíveis para os usuários através da IHM.

Figura 9 - Elementos de um Sistema de Supervisório



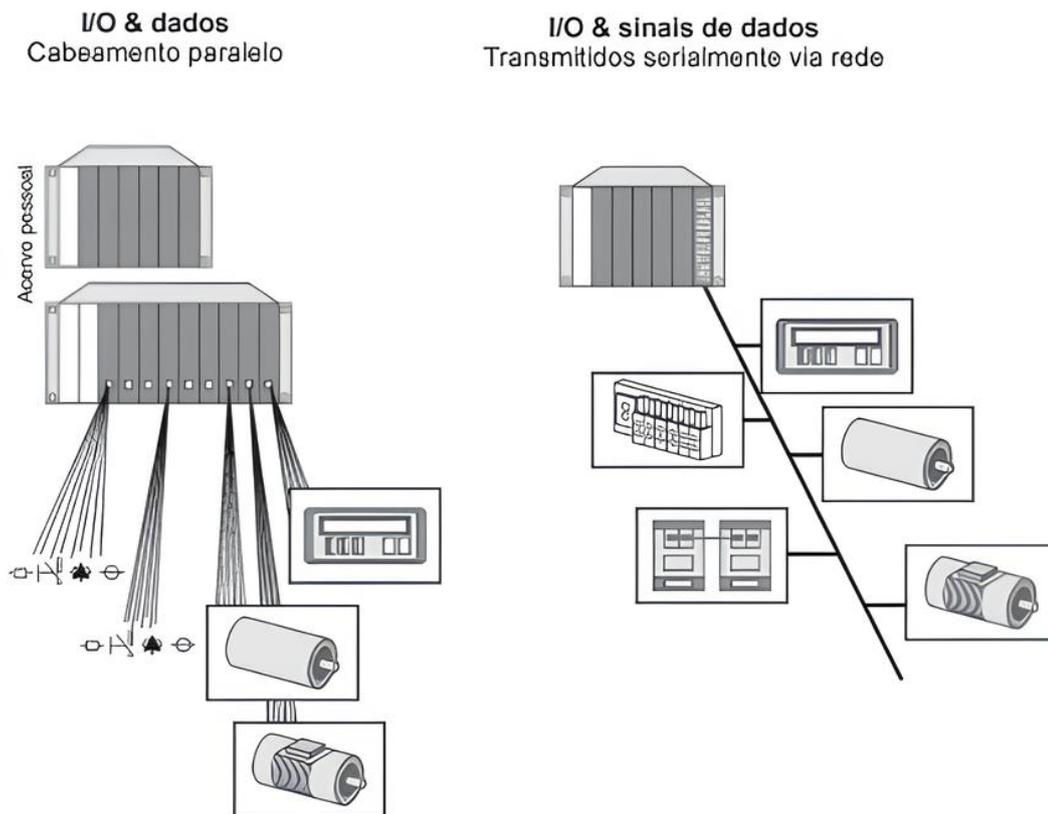
Fonte: Salvador, Silva (2005)

2.8 REDES INDUSTRIAIS

Na implementação do CLP dentro processo, que muitas vezes são processos complexos com diversas variáveis sendo monitoradas, é necessária uma rede industrial que garanta a comunicação entre os dispositivos e a utilização de mecanismos padronizados (CASSIOLATO, 2012).

As redes industriais surgiram com o propósito de substituir a forma de ligação que era feita ponto a ponto da entrada e saída dos dispositivos no CLP e demandava um alto custo de implementação devido a grande quantidade de cabos e da dificuldade de encontrar problemas no sistema (LUGLI, SANTOS, 2019). A Figura 10 ilustra a diferença da ligação do sistema feito ponto a ponto e a ligação de um sistema em uma arquitetura de rede.

Figura 10 - Comparativo entre ligação ponto a ponto e rede industrial



Fonte: Lugli, Santos (2019)

A rede industrial possibilita a supervisão e o controle dos processos dentro da fábrica através do uso de seus protocolos de comunicação, garantindo assim a troca

de informação entre sensores, controladores, CLPs, entre outros dispositivos instalados.

Não resta dúvida que hoje não é somente a condição de controle que importa. A gestão da informação, a inteligência da instrumentação, a tecnologia verdadeiramente e não proprietária, os benefícios da tecnologia digital são o que agregam valores ao usuário. (CASSIOLATO, 2012, p.24)

Podem ser destacados os protocolos *Fieldbus* abaixo que são utilizados na interconexão da rede no “chão de fábrica” (CRAVOS, 2024):

- *Profibus*: rede mais utilizada no meio industrial devido sua alta velocidade na transmissão de dados e ampla variedade de aplicações que englobam controles a sistemas de acionamento.
- *Profinet*: rede com funcionalidades da *Ethernet*, atua com grande volume de dados, alta velocidade, alta precisão e indicado em ambientes agressivos.
- *AS-Interface*: rede popular que se destaca entre as ligações dos dispositivos de campo devido baixo custo e alta eficiência.
- *Interbus*: protocolo que oferece recursos avançados de diagnósticos e indicado para sistemas complexos, por isso bastante utilizado em controladores.

2.8.1 Rede CC-Link

A rede *fieldbus* CC-Link (Link de Controle e Comunicações) é um tipo de protocolo criado pela empresa de CLP Mitsubishi em 1996 para a troca de informações entre os dispositivos de campo e controladores, com uma taxa de transmissão de dados de aproximadamente 100Mbits. (BALLUFF, 2019)

Existem quatro tipos principais de redes CC-Link com aplicações e características diferentes que pode ser visto no Quadro 1:

No presente trabalho realizado é utilizado a rede *CC-Link IE Field* para fazer a integração do CLP com os dispositivos de campo, como os sensores de RFID, além de conectar a IHM no sistema. Sua característica principal de gerenciar grande quantidade de dados e de comunicação em tempo real permite o rastreamento das carrocerias de forma eficiente e sincronizada.

Quadro 1 - Tipos de rede CC-Link e suas características

Tipo de CC-Link	Classificação	Meio de Transmissão	Velocidade	Topologia	Aplicação
CC-Link (padrão)	<i>Fieldbus</i>	Cabo de par trançado (RS-485)	Até 10Mbps	Barramento ou Estrela	Transmissão de dados de controle e informações.
CC-Link IE Control	<i>Ethernet Industrial</i>	Ethernet Gigabit (1 Gbps)	1 Gbps	Anel	Implementação dentro da produção para troca de dados em todos os níveis da planta de forma contínua.
CC-Link Safety	<i>Fieldbus</i>	Cabo de par trançado (RS-485)	Até 10Mbps	Barramento ou Estrela	Semelhante ao CC-Link padrão, porém com um nível adicional de segurança que permite detectar erros de comunicação.
CC-Link LT	<i>Fieldbus</i>	Cabo de 3 fios (RS-485)	2,5 Mbps	Linha	Rede orientada a bits para implementação de atuadores e sensores. Sistema com número fixo de dados para transmissão
CC - Link IE Field	<i>Ethernet Industrial</i>	Ethernet Gigabit (1 Gbps)	1 Gbps	Anel, Estrela ou Linha	Comunicação de alto desempenho em tempo real no nível de dispositivos de campo.

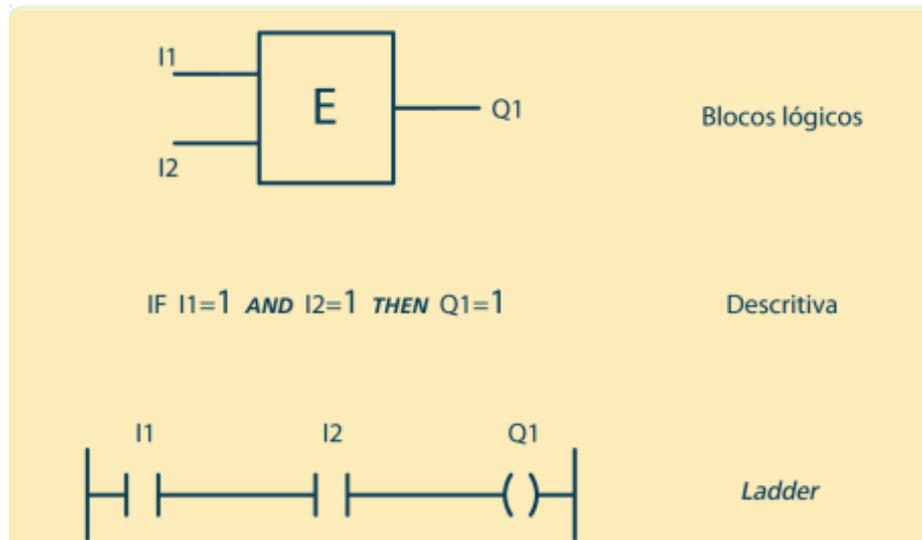
Fonte: Tarragô (2022)

2.9 LINGUAGEM LADDER

As instruções programadas dentro da memória do CLP são realizadas através de linguagens de programação. “Existem diversas linguagens de programação para CLP, as quais, utilizando um conjunto de símbolos, blocos, figuras, comandos, etc, permitem ao programador manifestar as relações entre as entradas e saídas do CLP”. (ZANCAN, 2011)

As linguagens utilizadas atualmente são todas de alto nível, ou seja, são programações pré-definidas que facilitam na hora da programação. (ZANCAN, 2011) A Figura 11 mostra a estrutura das três principais linguagens de alto nível utilizadas: blocos lógicos, descritiva e Ladder.

Figura 11 - Estrutura de diferentes linguagens de programação.



Fonte: CTISM

A Linguagem *Ladder* é a mais utilizada entre os programadores devido a sua familiaridade com a lógica de relés, o que facilita a sua compreensão. A escrita do diagrama *Ladder* reproduz um diagrama elétrico com a combinação de contatos abertos, que corresponde às entradas, que energiza uma determinada carga, que corresponde a saída (ZANCAN, 2011).

Conforme é explicado por Abel Santos (2022), o CLP não faz a leitura de chaves e de relés, por exemplo, mas interpreta as simbologias de entrada e saída citadas anteriormente. As principais simbologias utilizadas na linguagem *Ladder* são:

- Contato Aberto (NA): em seu estado de repouso não permite a condução de energia.
- Contato Fechado (NF): em seu estado de repouso permite a condução de energia.
- Bobina: é ativada quando a combinação de contatos na entrada permite
- Bobina (*SET*): após ativada não pode ser ativada, a não ser com um comando de *RESET*.
- Bobina (*RESET*): desativa uma bobina *SET* que foi anteriormente ativada.

A Figura 12 relaciona o nome destas principais simbologias e suas respectivas representação gráfica.

Figura 12 - Principais simbologias da linguagem *Ladder* e suas representações gráficas

Símbolo	Nome
	Contato aberto (NA)
	Contato Fechado (NF)
 	Bobina
	Bobina (SET)
	Bobina (RESET)

Fonte: Santos (2022)

Outro importante elemento de programação são os blocos de funções, estes são blocos que podem ser pré-programados ou programados conforme a necessidade (encapsulamento), são utilizados na programação de forma similar a circuitos elétricos (MENDES, 2021). Em grande parte, a função é executada quando é solicitado em algum momento na programação, os principais blocos de função são:

- Bloco *Count Up* (CTU): contabiliza em mais um o número de pulsos toda vez que certa condição é atendida.
- Bloco *Count Down* (CTD): contabiliza em menos um o número de pulsos toda vez que certa condição é atendida.
- Bloco *Timer On Delay* (TON): com a condição de entrada ativa, se inicia a contagem regressiva do tempo definido para acionar a saída.
- Bloco *Timer Off Delay* (TOF): saída permanece ativada enquanto ocorre a contagem regressiva com a saída desativada.
- Bloco *Move* (MOV): utilizado para mover determinados dados de um destino para outro.

Toda a programação da automatização dos trilhos de transporte da carroceria do presente trabalho foi feita na linguagem *Ladder*, uma vez que é a linguagem utilizada pelo CLP do processo, permite rápida adaptação da programação conforme execução e testes que vão sendo realizados durante o processo, facilita a manutenção e depuração do *software* por causa da sua fácil visualização e compreensão, além de ser um sistema com símbolos padronizados entre os diferentes fabricantes.

2.10 TECNOLOGIA RFID E AQUISIÇÃO DE DADOS

A *Radio Frequency Identification* (RFID) é uma tecnologia utilizada para identificação de dados através da radiofrequência. Henrique Pulhmann (2015) destaca que a RFID é “uma poderosa e versátil tecnologia para identificar, rastrear e gerenciar uma enorme gama de produtos, documentos, animais ou pessoas”. O sistema RFID é composto por três principais elementos: leitor com antena, *Transponder* (*tag*, *RF tag*, etiqueta eletrônica) e computador. A Figura 13 ilustra estes elementos citados e o fluxo de funcionamento da tecnologia.

Figura 13 - Ilustração de um sistema RFID genérico



Fonte: AFIXCODE (2024)

A comunicação por RFID se inicia com a aproximação de um transponder a um leitor com antena, esta aproximação “acorda” o campo de radiofrequências do leitor e possibilita que o transponder responda o dispositivo de leitura com os conteúdos de sua memória, estes conteúdos são como uma carteira de identidade que carregam dados sobre o objeto que está sendo controlado, e são transmitidos para o computador do sistema para realizar o processamento estabelecido da aplicação. O

uso do RFID é muito variado e é encontrado em identificação de animais, controle de acessos, sistema financeiro com cartões, controle de bagagens em aeroportos, entre outros.

2.11 NORMAS DE SEGURANÇA E QUALIDADE

O setor automobilístico possui um processo de fabricação com alta complexidade e diversas interações humanas ao longo do processo, desta forma a atenção para a segurança do trabalho deste ambiente é muito importante. No Brasil e no mundo existem normas legislativas, como as NRs (Normas Regulamentadoras), e normas técnicas, como as ISO (*International Organization for Standardization*) que exigem ou orientam práticas para as empresas assegurar a segurança dos colaboradores.

O presente trabalho vai de encontro com algumas normas exigidas pelas NRs colaborando com a implementação e melhoria da segurança no ambiente trabalhado. Normas como a NR-17 está relacionada a Ergonomia dos colaboradores e determina obrigatoriedades que a empresa deve seguir para proporcionar conforto, segurança, saúde e desempenho eficiente no trabalho.

17.4.2 Nas atividades que exijam sobrecarga muscular estática ou dinâmica do tronco, do pescoço, da cabeça, dos membros superiores e dos membros inferiores, **devem ser adotadas medidas técnicas de engenharia**, organizacionais e/ou administrativas, com o objetivo de eliminar ou reduzir essas sobrecargas. (Brasil, 2022, grifo nosso)

A NBR ISO 13849 provém de uma norma técnica internacional, adaptada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e que estabelece de maneira geral requisitos para a segurança de sistemas de controle de máquinas. Esta norma é amplamente utilizada pelas montadoras para implementação da NR12 em seus processos, uma vez que se trata de um documento técnico que trata de forma objetiva práticas e recomendações para reduzir acidentes e falhas em máquinas, como esteiras transportadoras e robôs industriais, além de orientar sobre a projeção de sistemas de controle de segurança incluindo componentes seguros, implementação da redundância e dispositivos de segurança ao longo da linha.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os materiais utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram fornecidos internamente pela empresa que está sendo aplicado a automatização, seguindo os padrões da marca e as especificações das instalações da própria empresa.

3.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

O CLP utilizado no projeto é da marca Mitsubishi, modelo IQ-R, conhecido por sua alta performance e modularidade, o que permite sua adaptação a diferentes necessidades de automação. A escolha desse modelo se deu pela sua capacidade de processamento rápido e integração eficiente com redes de comunicação industrial, garantindo uma operação robusta e precisa. A Figura 14 mostra propriamente o CLP utilizado neste projeto.

Figura 14 – CLP Mitsubishi modelo IQ-R



A CPU utilizada no sistema é a R04CPU, que possui um processador de 64 bits de alta velocidade. Esta CPU é responsável por executar todas as instruções de controle do processo, monitorar os sinais de entrada e saída, além de comunicar-se com a IHM e outros dispositivos da rede. Com uma memória de programa de até

1200kB, ela suporta programas complexos, essenciais para a gestão dos diversos transportadores e atuadores envolvidos no projeto.

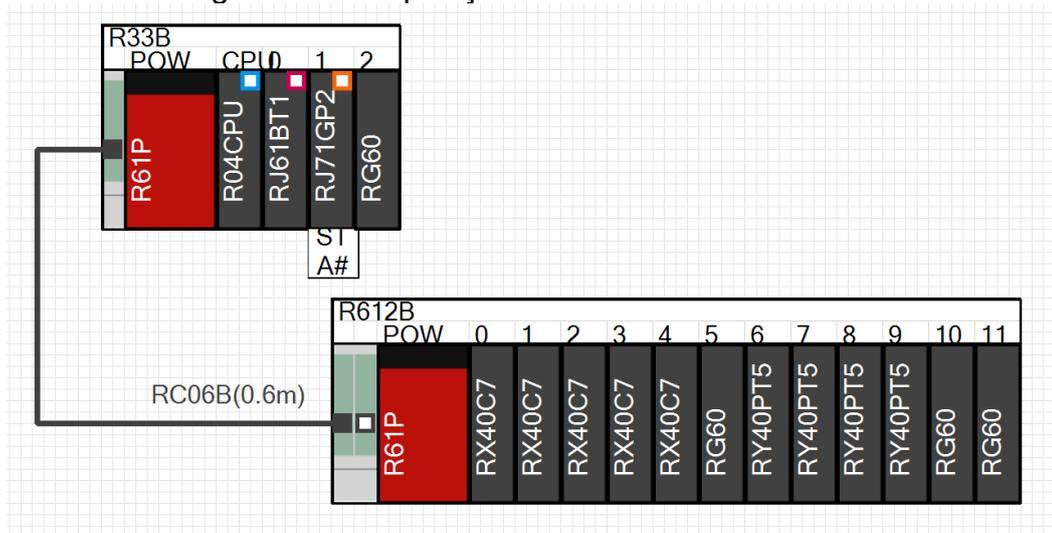
A comunicação serial entre o CLP e as remotas foi realizada por meio do cartão de rede CC-Link, modelo RJ61BT11, que possibilita uma troca de dados eficiente e confiável, garantindo o monitoramento e controle em tempo real da linha de produção. Além desse cartão, foi utilizado o RJ71GP21-SX, que suporta a rede CC-Link IE *Control*. Esta rede, baseada em fibra óptica, foi escolhida pela sua alta taxa de transferência de dados e pela capacidade de integrar dispositivos em diferentes níveis de automação.

Dividido em dois *racks*, além dos cartões de rede, o CLP foi equipado com módulos específicos para a gestão dos sinais de entrada e saída do sistema. O módulo de entrada digital (R16DI) é responsável pela captura dos sinais de sensores de posição e *limit switches*, assegurando a precisão no monitoramento da linha de produção. O módulo de saída digital (R16DO), por sua vez, envia comandos para os atuadores, como motores e válvulas pneumáticas, que controlam a movimentação das carrocerias. O quadro 2 mostra a lista completa com todos os componentes e a Figura 15 esquematiza a disposição destes componentes no rack do CLP.

Quadro 2 - Lista dos componentes utilizados para ligação dos CLPs nos *racks*

Quantidade	Modelo	Função
2	R61P	Fonte 220VAC / 5VDC
1	R04ENCPU	CPU
2	RJ61BT11	Cartão de rede para comunicação serial
1	RJ71GP21-SX	Cartão de rede para comunicação via fibra óptica
5	R16DI	Módulo de entrada digital
4	R16DO	Módulo de saída digital
4	RG60	Módulo <i>spare</i>
1	RG33B	Rack para 4 módulos
1	R612B	Rack de extensão para 12 módulos

Figura 15 – Disposição dos módulos nos racks do CLP



3.2 MODELO DE IHM

Para este projeto será utilizada a IHM da Mitsubishi Series GOT2000 modelo GT2712-STBA de 12" polegadas, LCD (*Liquid Crystal Display*) colorido TFT (*Thin-Film Transistor*), exibida na Figura 16.

Figura 16 – IHM Mitsubishi GOT2000

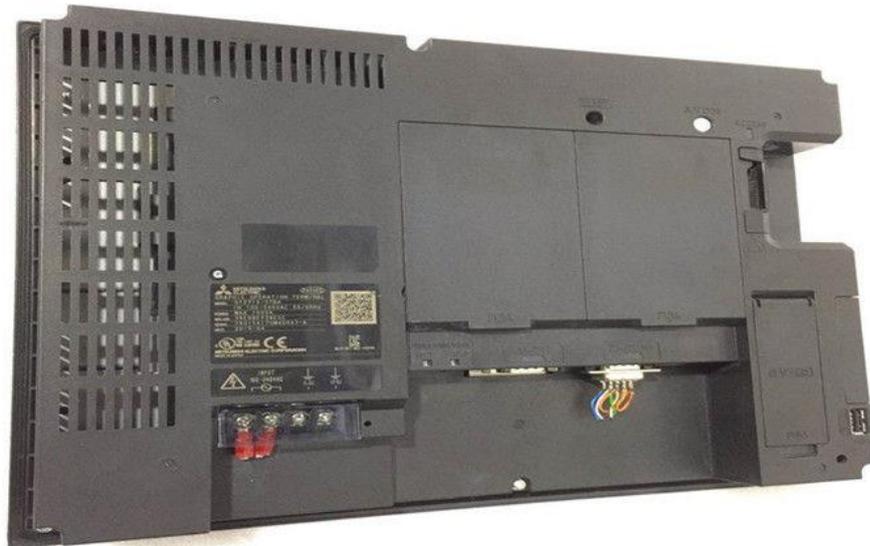


Fonte: EMEA MITSUBISHI

Com resolução SVGA (*Super Video Graphics Array*) de 800 x 600 pixels e 65.536 cores, permite uma visualização clara e precisa de gráficos e dados operacionais. Essa IHM suporta uma variedade de interfaces de comunicação, como *Ethernet* para comunicação em rede, conexão RS-232 e RS-422/485 para conexões

seriais, possui entrada USB para conexão direta com dispositivos e transferência de dados e Cartão SD para armazenamento e *backup* de dados, como é exemplificado na Figura 17. (MITSUBISHI, s.d.).

Figura 17 – Conexões de interface da IHM



Fonte: Industrial Servo Motor

Um aspecto importante desta IHM é a capacidade de criar gráficos dinâmicos e animações em tempo real. A Mitsubishi destaca que "as representações visuais em tempo real ajudam na identificação rápida de tendências e anomalias que podem afetar a produção" (Mitsubishi Electric, 2024). Para a realização de projetos na IHM é utilizado o programa *GT Designer 3*, possibilitando desenvolver todas as definições de endereços, bem como configurar a comunicação da interface, elementos gráficos e dinâmica de acesso e operação.

3.3 PERIFÉRICOS E COMUNICAÇÃO RFID

No presente projeto, os periféricos RFID utilizados incluem a antena e a *tag*. A antena é posicionada em locais estratégicos ao longo da linha para garantir a coleta eficiente de informações das carrocerias. Ela tem a função de coletar dados, como os pontos que a carroceria já passou e aqueles que ainda precisam atravessar, além captar informações sobre o horário em que a carroceria passou por cada estação e o tempo que permaneceu em cada posto de trabalho. Neste projeto utilizaremos a informação de antenas RFID que estarão na entrada e saída do *Spot Repair*.

A antena utilizada nesse projeto é a BALLUFF BIS VM-301-001-S4 como mostra na Figura 18. A BALLUFF BIS VM-301-001-S4, também chamada de cabeça de leitura e escrita, é um dispositivo projetado para leitura de *tags* RFID, operando na frequência de 13,56 MHz.

Figura 18 – Antena BALLUF BIS VM-301-001-S4



Fonte: BALLUFF

Já a *tag* utilizada é a BIS M-136-03/L-HT, que é padrão na fábrica da implementação do projeto, como é mostrado na Figura 19. Esta *tag* RFID é projetada para operar em alta frequência e é ideal para aplicações industriais.

Figura 19 – *Tag* BIS M-136-03/L-HT



Fonte: BALLUFF

Como a gravação e coleta de dados através do RFID já utilizado na fábrica em questão, as *tags* BIS M-136-03/L-HT são fixadas em pontos estratégicos das *dollies*, que são as estruturas de transporte das carrocerias. Essa localização otimizada permite uma leitura eficiente das informações pelas cabeças de leitura RFID.

Conectado diretamente à cabeça de leitura e gravação e ao CLP, alimentado com 24V, temos o processador BALLUFF BIS V-6111-073-C003 exibido na Figura 20. Este dispositivo é um controlador RFID que desempenha um papel na comunicação e processamento de dados entre as *tags* RFID e o sistema de controle do projeto, o CLP. Esse modelo de processador em questão é de uso exclusivo em redes com protocolo CC-Link, conectado diretamente a rede serial CC-Link, declarado no *software* com versão 2, ele suporta a conexão de até 16 cabeças de leitura e gravação, possibilitando a captura de dados de múltiplos pontos ao mesmo tempo.

Figura 20 - Processador BALLUFF BIS V-6111-073-C003



Fonte: BALLUFF

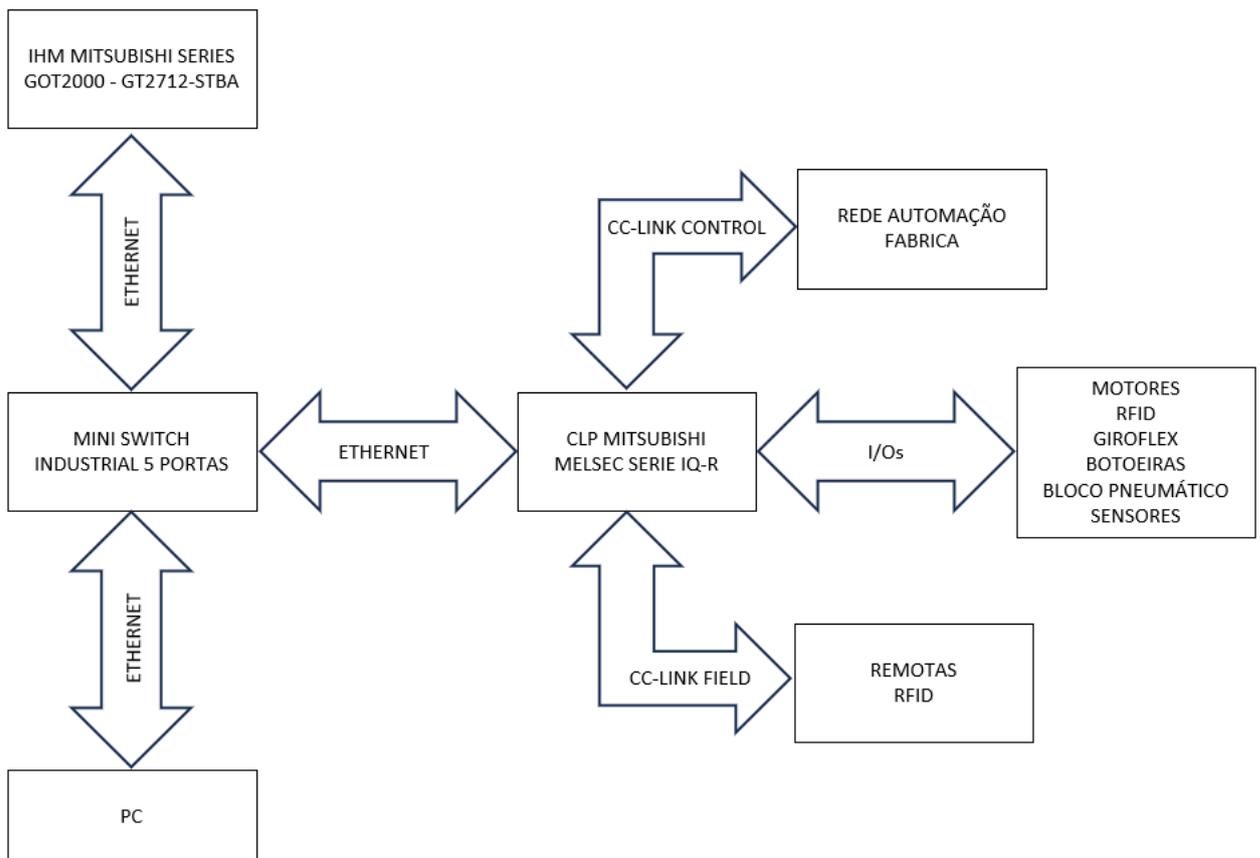
3.4 ARQUITETURA DE AUTOMAÇÃO

Para o projeto foi elaborada uma arquitetura de automação que utiliza as redes CC-Link e *Ethernet* para concentrar informações relacionadas à carroceria, como localização, horário de entrada e saída na linha e defeitos imputados em outras etapas do processo. Além disso, também se busca concentrar informações relacionadas à linha, incluindo status de equipamentos, sinais de entrada e saída dos dispositivos, tempo de ciclo dos motores, alarmes de sobrecarga em motores, entre outros. Todas

essas informações são centralizadas em um único ponto: a IHM. Em conformidade com o padrão de instalação da fábrica, será utilizado um processador dedicado para cada cabeça de leitura e gravação de RFID. Adicionalmente, o cartão RJ61BT11 será responsável por gerenciar uma rede serial dedicada aos processadores RFID.

O cartão RJ71GP21-SX no rack desempenhará um papel fundamental ao conectar o painel do *Spot Repair* à rede de automação do edifício, integrando-o com outros controladores e sistemas de supervisão. Por meio desses componentes, é possível captar informações de diversos leitores RFID distribuídos ao longo da linha, permitindo o rastreamento das carrocerias, que é uma das propostas centrais deste projeto. Na Figura 21 mostra um diagrama esquematizado que representa visualmente a arquitetura proposta, ilustrando a interconexão entre os diferentes componentes e redes.

Figura 21 – Arquitetura de automação do sistema.



A IHM, um computador (PC) e o CLP são ligados em um mini *switch* de 5 portas através da rede *ethernet*. O CLP é conectado a rede de automação já existente da fábrica utilizando o protocolo *CC-Link Control*, também aos dispositivos de campo

(motores, RFID, giroflex, botoeiras, bloco pneumático e sensores) diretamente aos cartões de entrada e saída anexados no rack do CLP e as remotas e o RFID, para aquisição e atuação dos dados, através do protocolo *CC-Link Field*.

Após obter as características individuais dos equipamentos, foram efetuadas configurações com os respectivos testes para posterior comunicação. As configurações foram executadas via *software* Melsec *GT Designer 3* e *GX Works 3*.

3.5 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

A implementação de uma IHM eficiente em um sistema de reparo automotivo, como o *Spot Repair*, exige um levantamento abrangente de requisitos que considere as necessidades operacionais e de manutenção da linha. O objetivo principal desse levantamento é garantir que a IHM atenda tanto ao monitoramento do processo quanto ao controle de falhas, possibilitando uma operação mais eficiente e segura. O levantamento de requisitos começou com a identificação das necessidades da operação, sendo o controle de tempo uma das principais demandas no *Spot Repair*. O sistema precisava registrar quanto tempo a carroceria permanece em cada etapa do processo de reparo, independentemente da fase. Isso inclui o tempo de espera para retrabalho, o tempo de execução dentro da cabine, o tempo pós-reparo e o tempo aguardando liberação para retornar à linha principal. Esse monitoramento é essencial para aumentar a eficiência do processo, permitindo maior visibilidade do fluxo de trabalho e dos tempos de ciclo. Além do controle de tempo, também foi identificada a necessidade de digitalizar informações críticas sobre cada carroceria, que atualmente são registradas na "folha viageira", um documento físico anexado à carroceria. Nessa folha constam dados como o modelo do carro, o código VIN, a cor da carroceria, defeitos identificados em outros postos de trabalho e a justificativa para a presença da carroceria no *Spot Repair*. Essa transição de um sistema físico para um digital é fundamental para garantir a integridade dos dados e facilitar o acesso em tempo real pelos operadores.

Além das informações relacionadas às carrocerias, o levantamento apontou a necessidade de monitorar e controlar dados importantes da linha de produção. Isso inclui o posicionamento do carro na linha, o comando remoto das chaves pneumáticas dos direcionadores, alarmes de sobrecarga dos motores, o tempo de ciclo dos motores e o monitoramento da pressão de ar comprimido. Outras informações

relevantes incluem o acionamento de botões de emergência, falhas de memória no sistema, status do ciclo de operação e alertas de colisão. No âmbito da manutenção, foi solicitada uma janela de status da linha, que exibisse um histórico de falhas e monitoramento de falhas em tempo real. Além disso, foi exigido que algumas informações tivessem acesso restrito, disponível apenas mediante *login* e senha, garantindo segurança e controle no acesso aos dados críticos. Como o *Spot Repair* pode receber carrocerias de diferentes pontos da linha, incluindo desvio do *buffer* e elevadores, tornou-se necessário permitir a inserção manual de dados no sistema para manter a conformidade e precisão das informações.

O levantamento de requisitos para a IHM no *Spot Repair* foi conduzido de forma a cobrir tanto as necessidades operacionais quanto de manutenção da linha de reparo. Com foco no monitoramento de tempo, controle de dados críticos e a integração de informações sobre falhas e segurança, a IHM proposta oferece uma solução robusta e eficiente para otimizar o desempenho e a gestão da linha de reparo.

3.6 ETAPAS DA IMPLEMENTAÇÃO

Para a implementação do projeto deste trabalho de conclusão de curso, foram utilizados os equipamentos descritos na seção 3 de métodos e materiais para o desenvolvimento dos objetivos especificados na seção 1 da Introdução.

Foi realizado um estudo detalhado e a execução da instalação física e elétrica da IHM no painel da linha de produção, atendendo aos requisitos específicos de *layout* e segurança da instalação. A estrutura de montagem foi planejada para assegurar o fácil acesso, ventilação adequada e proteção contra interferências externas, proporcionando um ambiente estável para o funcionamento contínuo da IHM.

Para a configuração do CLP, foi utilizado o *software* MELSEC GX Works 3, direcionado à programação e configuração de controladores da Série MELSEC IQ-R. Este *software* permitiu tanto a configuração de *hardware* quanto a elaboração da lógica *ladder* para realizar as funcionalidades de controle, incluindo a comunicação via CC-Link com os periféricos e via *Ethernet* com a IHM. Além disso, foi criada uma tabela de entradas e saídas para o pareamento de equipamentos integrados ao sistema.

Foram realizadas modificações nas lógicas de controle previamente estabelecidas, adicionando novas instruções ao programa do CLP para permitir a troca de comandos e dados entre o CLP e a IHM de forma eficiente. Também foram

inseridas rotinas específicas para implementar a gravação e leitura de dados via RFID na linha de produção, garantindo a captura e atualização de informações essenciais sobre o fluxo de produção em tempo real.

Para a programação da IHM, foi utilizado o *software MELSEC GT Designer 3* para o desenvolvimento gráfico de telas.

4 DESENVOLVIMENTO

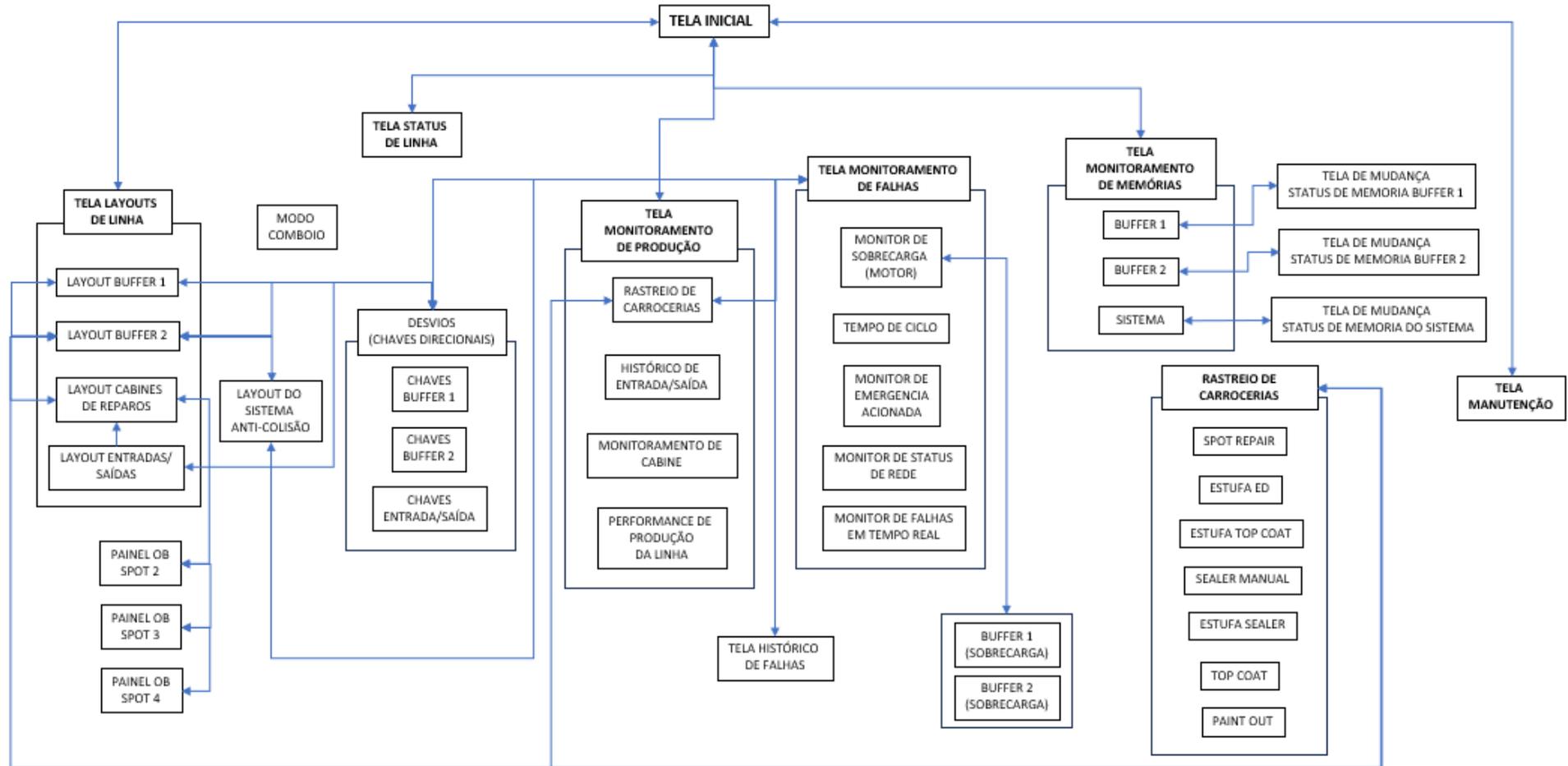
No capítulo de desenvolvimento, serão abordadas as etapas de implementação do sistema de automação da linha de produção, com foco na integração do CLP e da IHM. Serão apresentadas as telas construídas, suas funcionalidades e a forma que cada uma atende às necessidades da operação. Também será discutida a integração da IHM com os comandos da linha via CLP, incluindo a aquisição e exibição de dados em tempo real e as adaptações lógicas realizadas para garantir que as informações da tela reflitam com precisão o estado dos processos e equipamentos, seguindo os padrões operacionais da fábrica.

4.1 STANDARD DE NAVEGAÇÃO DA IHM

Para o desenvolvimento de telas de IHM, é essencial seguir padrões que promovam consistência, funcionalidade e segurança no uso, seja por meio de normas reconhecidas, como as regulamentações internacionais de *design* de interfaces, ou de padrões internos específicos ao ambiente onde a IHM será implantada. No presente projeto, a IHM está sendo implementada em uma fábrica automotiva localizada no Sul Fluminense, há uma padronização definida para a marca, modelo e normas de navegação que devem ser seguidas.

O padrão de navegação define como as telas devem ser organizadas e exibidas para garantir uma experiência de uso intuitiva e orientada para as tarefas do operador, permitindo que ele visualize cada processo em uma sequência lógica. Essa sequência é especialmente importante em processos complexos, onde o operador precisa ter uma visão organizada e clara das etapas, facilitando a resposta rápida e eficaz. Além disso, o standard de navegação exige que as telas incluam menus com diferentes níveis de acesso, garantindo que operadores de diferentes permissões possam interagir com o sistema de acordo com suas responsabilidades, promovendo tanto a usabilidade quanto a segurança operacional. A Figura 22 exibe o *standard* de navegação como um mapa, que foi criado para a IHM do projeto onde pode ser observado como as telas são sequenciadas nesse projeto e a maneira como as informações foram divididas.

Figura 22 – Standard de navegação da IHM



De maneira geral, a navegação pelas funcionalidades da IHM inicia-se pela tela inicial, como é ilustrado na Figura 22. A partir desta tela, o usuário pode acessar as telas de *Layouts* de linha, tela de monitoramento de produção, tela de monitoramento de memórias, tela de manutenção e a tela de status. Durante a navegação pelas cinco funcionalidades principais, outras opções de navegação vão sendo apresentadas e nessas seguintes telas temos botões que servem como atalho para uma outra tela secundária diretamente, sem a necessidade de voltar para a tela inicial. Por exemplo, a tela de monitoramento de produção dá acesso a tela de histórico de falhas e a tela de monitoramento de falhas através da tela secundária de rastreamento de carrocerias. Na subseção a seguir, são explorados em detalhes as telas criadas, os dados que elas apresentam e como essas informações estão divididas em cada tela.

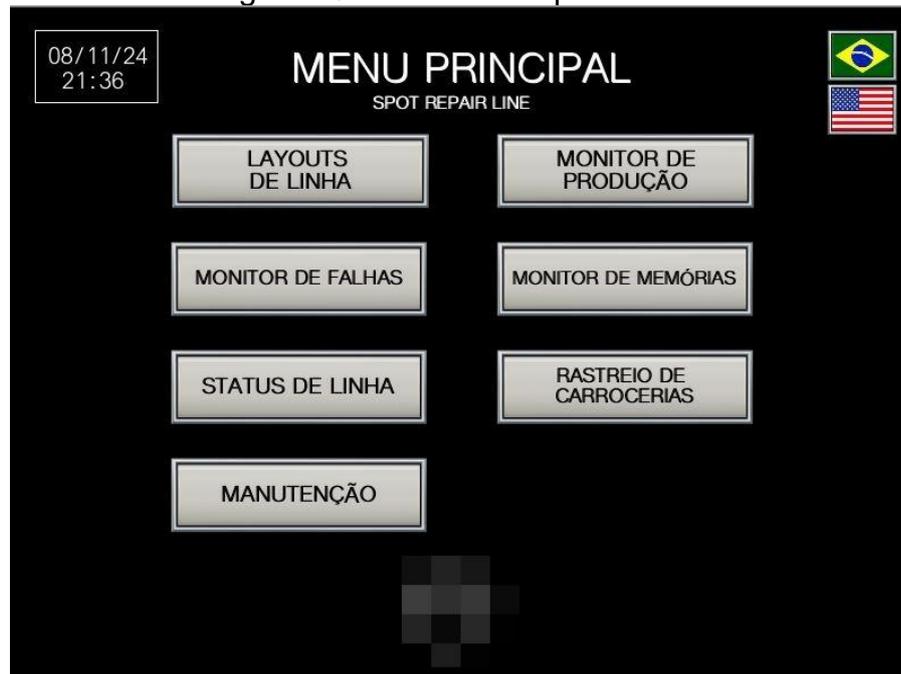
4.2 TELAS DA IHM

As telas da IHM foram projetadas com base nos padrões visuais já estabelecidos na fábrica, integrando princípios da norma ISA-101. Os tópicos abaixo apresentam as principais telas de acesso da IHM e sua respectiva funcionalidade.

- Tela Inicial

Desenvolvida com base nas telas padrão já implementadas em outras IHMs da fábrica, a tela inicial deste projeto apresenta um design funcional, mantendo um visual sóbrio e organizado. Como mostra na Figura 23, esta tela exibe informações essenciais, incluindo a data e o horário atual, a opção de alternância de idioma para facilitar a leitura, o nome da linha a que pertence, e um menu com acesso rápido às principais funcionalidades. No menu, o operador pode selecionar opções como status da linha, produção, monitoramento de falhas, monitor de memórias e manutenção, permitindo uma navegação simplificada e centralizando as principais ferramentas para acompanhamento e operação da linha.

Figura 23 – Menu Principal da IHM

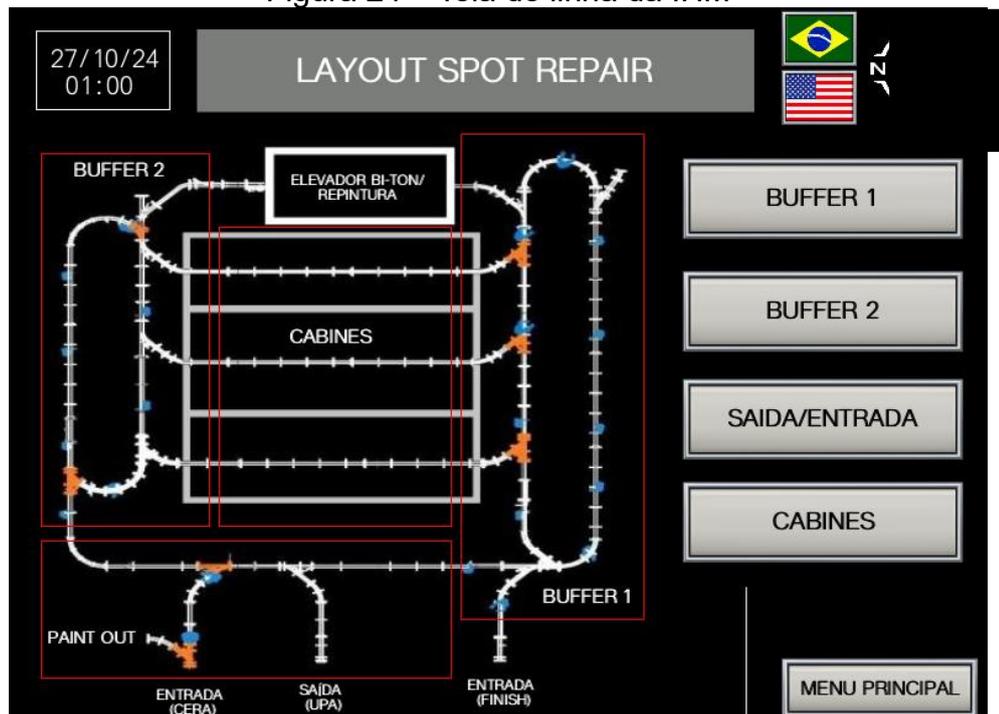


A tela inicial foi desenvolvida seguindo um padrão estabelecido para ser o ponto de partida principal na navegação do sistema. O objetivo dessa tela é proporcionar ao operador uma visão clara e objetiva das funcionalidades disponíveis, garantindo que ele compreenda rapidamente a usabilidade e as limitações da interface. Esse layout facilita o acesso às principais opções de operação, permitindo que o operador tenha controle direto sobre os processos da linha e encontre com facilidade informações e ferramentas de monitoramento e gestão.

- Tela de Linha

A tela de linha foi projetada para exibir uma visão geral da linha de produção, destacando suas divisões e setores principais. Essa funcionalidade permite ao operador da IHM ter uma percepção macro da linha, facilitando a seleção da região específica que ele deseja operar. A interface gráfica, ilustrada na Figura 24, representa cada seção de forma clara e organizada.

Figura 24 – Tela de linha da IHM



As divisões em vermelho da Figura 24 marcam a divisão da linha de produção em quatro setores, permitindo ao operador uma navegação detalhada e intuitiva entre as áreas de atuação. Essa divisão facilita o acompanhamento das operações específicas de cada setor, além de manter o acesso rápido ao menu principal. Em cada setor, o operador pode explorar as telas de visualização, onde são exibidas informações e status relevantes, conforme demonstrado na sequência das telas das Figuras 25, 26 e 27.

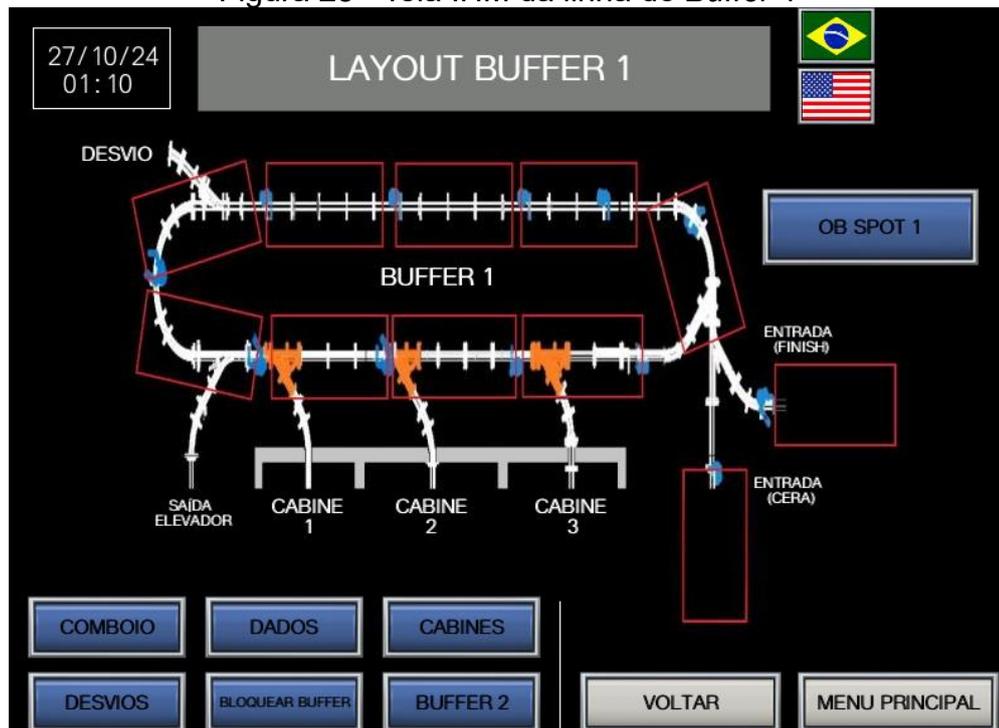
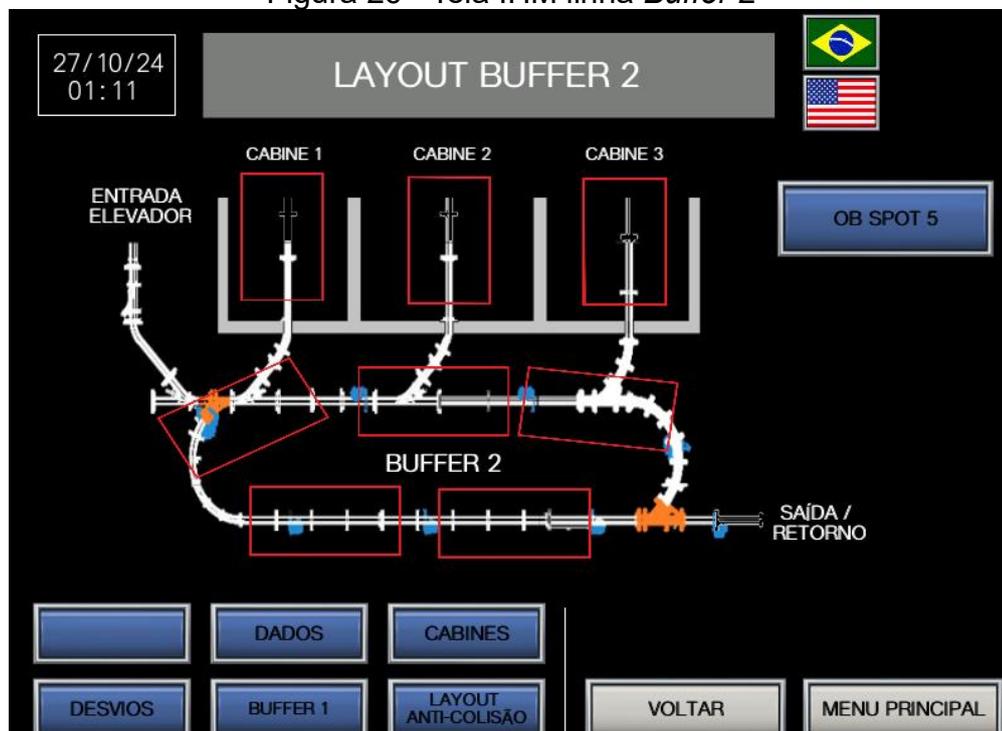
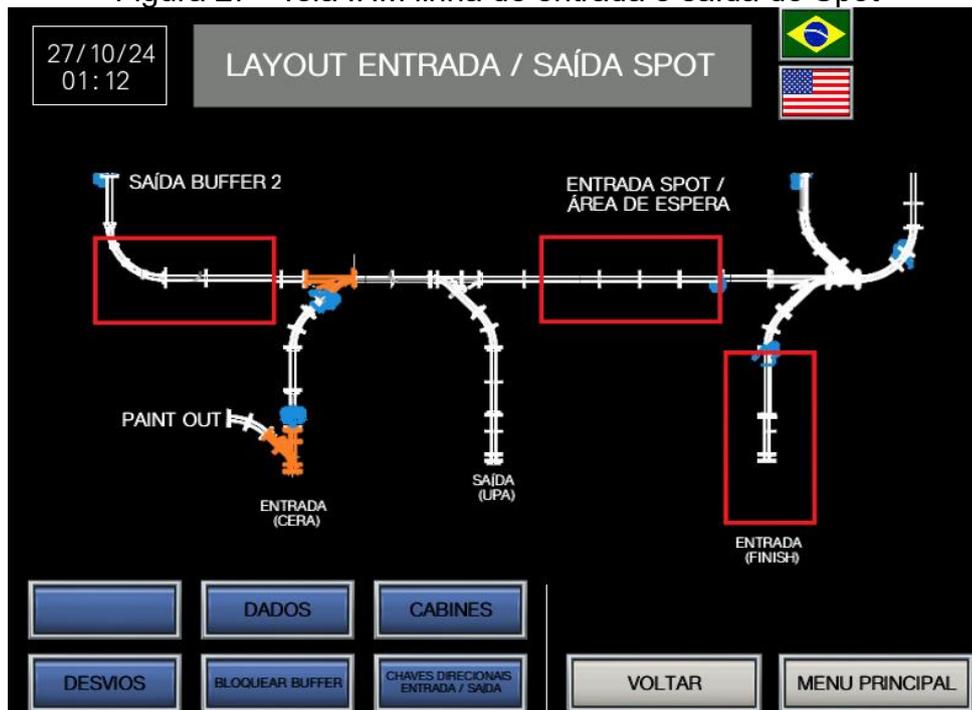
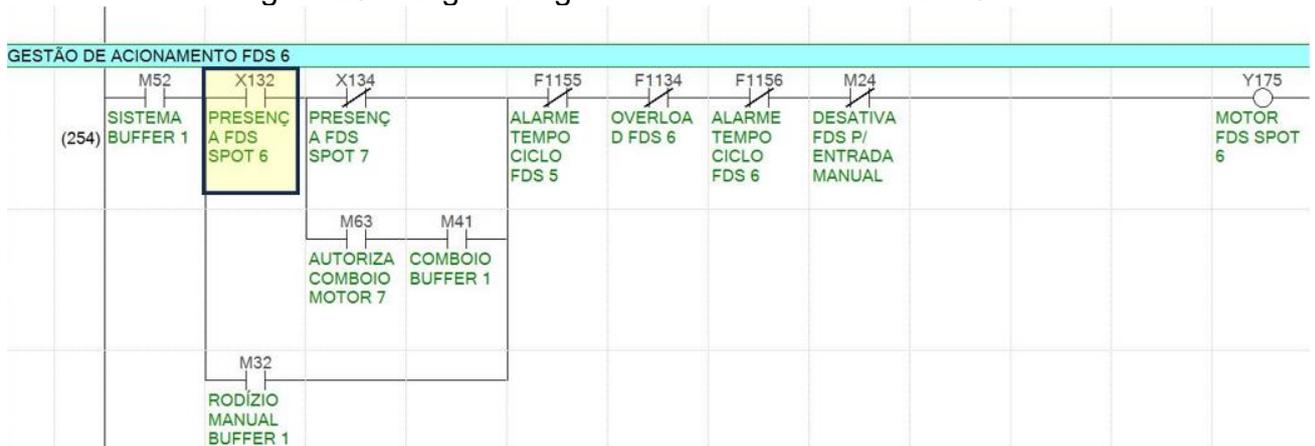
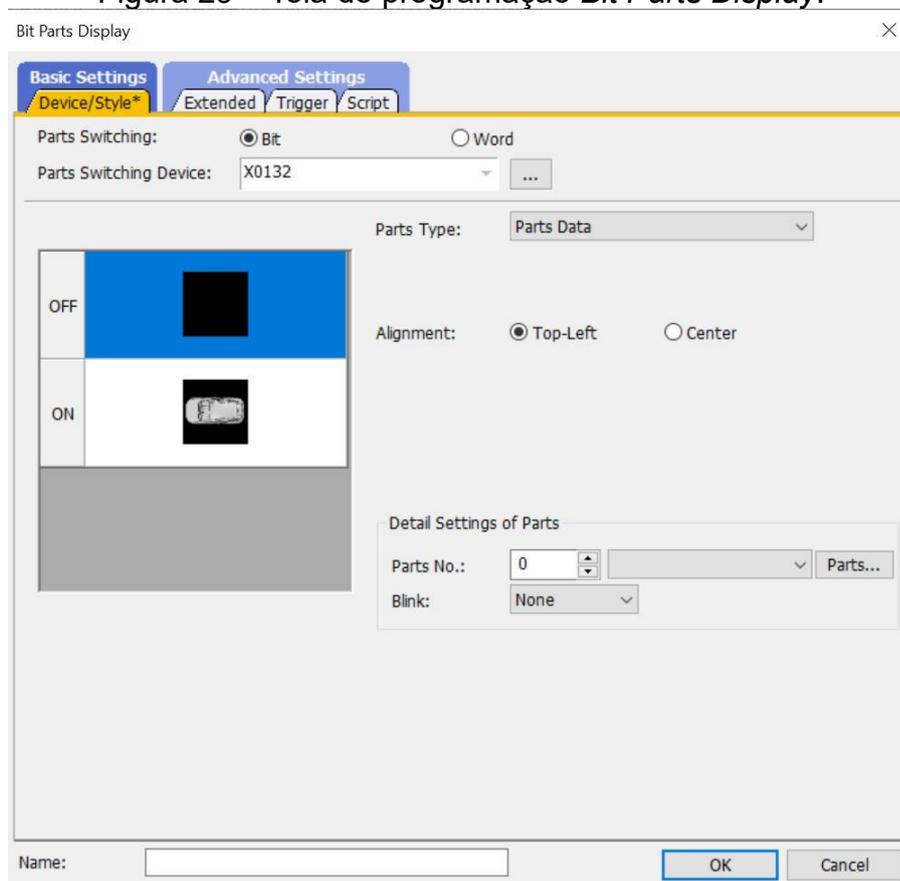
Figura 25 - Tela IHM da linha do *Buffer 1*Figura 26 - Tela IHM linha *Buffer 2*

Figura 27 - Tela IHM linha de entrada e saída do Spot



Uma das principais funções da tela de *layout* é possibilitar o monitoramento remoto do status de ocupação da linha, exibindo o posicionamento das carrocerias ao longo dos trilhos, assim como o estado das chaves direcionais. As telas de *layout* foram desenvolvidas de maneira que a visualização das carrocerias na IHM fosse representada por “lâmpadas”. O controle dessas lâmpadas é realizado por meio de um sinal digital externo, proveniente de um sensor de presença instalado no transportador, o qual é captado pelo CLP. Este sinal possui um endereço digital previamente configurado no CLP. A Figura 28 ilustra o exemplo do endereço digital X132 que é referente a presença de carroceria no transportador 6 do *Spot Repair*. Na programação, o valor desse endereço é refletido na IHM, onde a 'lâmpada' associada à imagem de uma carroceria fica 'acesa' ou 'apagada', ou seja, ela se torna visível ou invisível, conforme demonstrado na Figura 29.

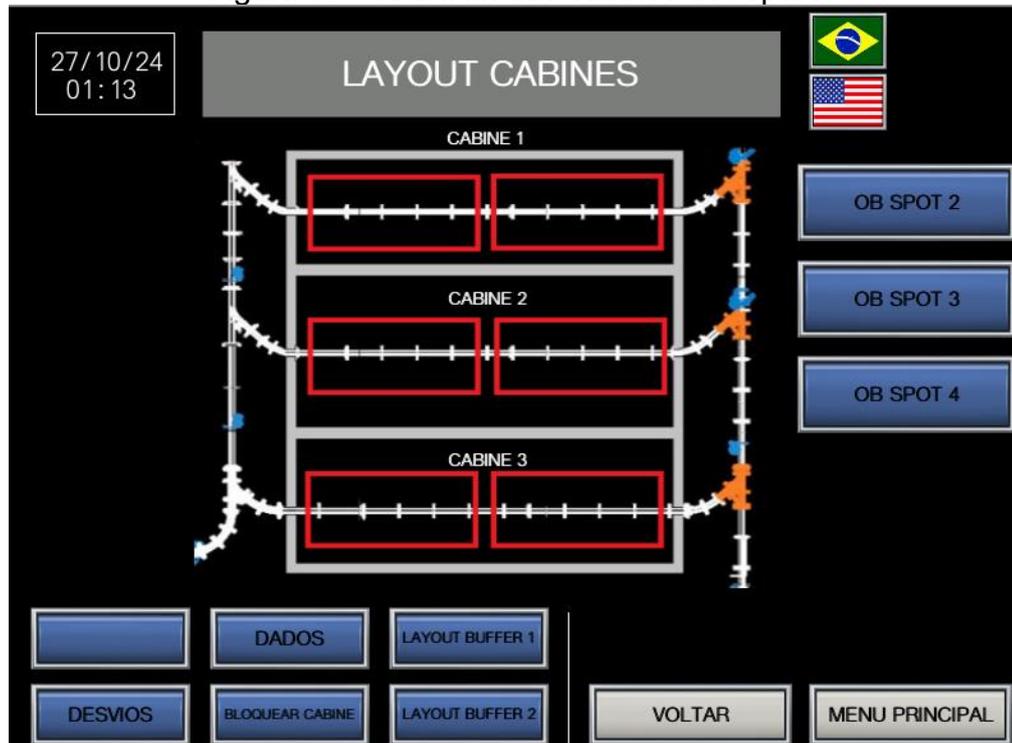
Figura 28 – Lógica de gestão de acionamento FDS 6.

Figura 29 – Tela de programação *Bit Parts Display*.

Nessa visualização das telas de *layout*, os retângulos vermelhos representam vagas de carrocerias distribuídas pela linha, facilitando o acompanhamento da taxa de ocupação da linha. Além disso, a tela conta com botões de acesso rápido em azul, que possibilitam a navegação para outras telas diretamente, sem a necessidade de retornar ao menu principal, otimizando a eficiência operacional para o operador da

IHM. Como é exibido na Figura 30, nas telas de *layout* das cabines, o operador conta com botões de acesso rápido para a tela de comando remoto do painel, essa funcionalidade garante que o operador possa dar comandos de para movimentar a carroceria diretamente da interface.

Figura 30 - Tela IHM das cabines de reparo



- Tela de Monitoramento de Falhas

A tela de monitoramento de falhas foi projetada para apresentar de forma clara e direta as falhas e defeitos em tempo real, proporcionando à equipe operacional visibilidade imediata dos eventos ocorridos na linha. Como mostra a Figura 31, a tela possibilita manter um acompanhamento constante do status dos equipamentos e processos, possibilitando intervenções rápidas.

Figura 31 - Tela IHM de monitoramento de falhas



Conforme ilustrado na Figura 31, a tabela centralizada na tela tem como função exibir as falhas presentes na linha em tempo real. A primeira coluna, intitulada 'Falha', exibe o nome da falha detectada. A segunda coluna, 'Ocorrência', indica a data em que a falha foi registrada, e a terceira coluna, 'Tempo', informa o período em que a falha permanece ativa.

Essa tabela respeita uma receita de falhas pré-cadastrados na programação da IHM, atrelado a um endereço digital do CLP, como mostra a Figura 32.

Figura 32 – Receita de falhas pré-cadastradas.

User Alarm Observation

Basic Device File Save Extended External Output

Watch Cycle: 20 (x100ms) Device Type: Bit

Alarm Points: 67 Device Setting: Random

Comment

Basic Alarm Comment

Comment Group No.: 3 ALARMES Comment No.: Continuous Random

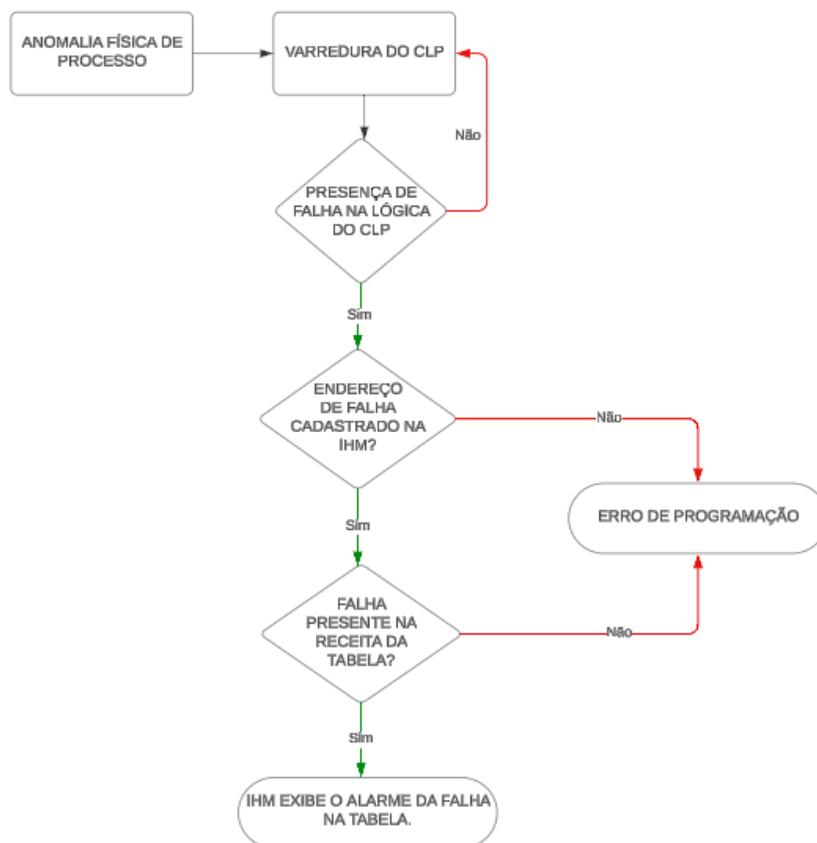
Preview Column No.: 1

Alarm Hierarchy Setting... Additional Setting... Copy... Im Ex

	Device	Alarm Range	Basic Alarm Comment No.	Reset
46	F1174	ON	46 FDS 28 COM TEMPO...	YES 0
47	X0200	ON	47 EMERGÊNCIA NO OB...	YES 0
48	X0209	ON	48 EMERGÊNCIA NO OB...	YES 0
49	X022A	ON	49 EMERGÊNCIA NO OB...	YES 0
50	X0225	ON	50 EMERGÊNCIA NO OB...	YES 0
51	X0242	ON	51 EMERGÊNCIA NO OB...	YES 0
52	M28	OFF	52 LINHA SEM CONDIÇ...	YES 0
53	X011A	ON	53 SENSOR DE ANTI-C...	YES 0
54	X011C	ON	54 SENSOR DE ANTI-C...	YES 0
55	X011E	ON	55 SENSOR DE ANTI-C...	YES 0
56	X0100	OFF	56 COMANDO DO PAIN...	YES 0
57	X0118	OFF	57 POTÊNCIA DO BUFF...	YES 0

De acordo com a Figura 33, a dinâmica de funcionamento da tabela de falha em tempo real funciona da seguinte maneira.

Figura 33 - Fluxograma de funcionamento de exibição falhas na IHM



Além da sinalização instantânea de alarmes, a tela possui uma seção de histórico onde são registradas data e hora de cada ocorrência conforme mostra a Figura 34, auxiliando no acompanhamento de problemas anteriores e na identificação de padrões de falhas.

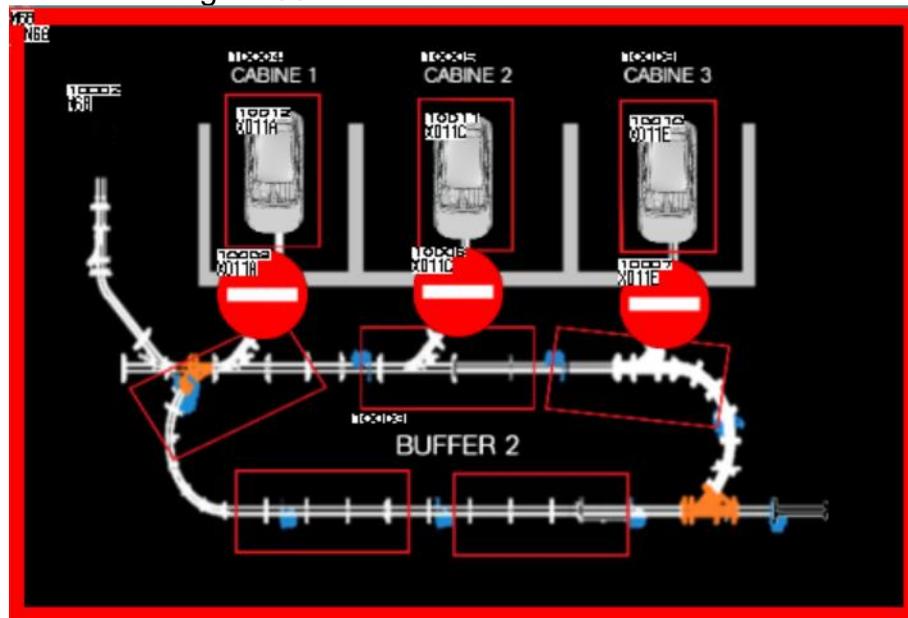
Figura 34 - Tela IHM de histórico de falhas



É possível visualizar na tela as sobrecargas dos motores através de uma animação. O botão tempo, posto na tela de monitoramento de falhas, passa para a tela em que o operador tem acesso à informação de qual motor está em funcionamento e a sua temporização de funcionamento, seu tempo de ciclo. Quando esse acesso é feito por algum profissional da manutenção, este pode realizar a mudança de tempo limite de ciclo para ajuste de proteção do equipamento.

A tela de monitoramento de falhas também permite acesso ao layout anticolisão. Essa ferramenta tem como principal objetivo alertar o operador sobre qualquer avanço involuntário de uma carroceria da cabine na linha do *buffer*, indicando o risco de colisão de carrocerias. Esse sistema, como ilustrado na Figura 35, auxilia no monitoramento preventivo, proporcionando uma visão em tempo real que reduz o risco de impactos na linha.

Figura 35 - Tela IHM de alerta anticolisão



A tela anticolisão se comporta como um *pop-up* quando esse movimento involuntário acontece durante qualquer operação. A tela de monitoramento de emergência dentro do sistema de falhas é projetada para identificar rapidamente se uma botoeira de emergência física foi acionada na linha e se o relé de segurança do sistema está ativado. Essa funcionalidade é essencial para garantir uma resposta imediata a eventos críticos, sinalizando à equipe operativa e de manutenção qualquer interrupção no funcionamento padrão da linha, facilitando assim a rápida tomada de ações corretivas

A tela de monitoramento de falhas oferece acesso direto ao posicionamento das chaves direcionais da linha, além de telas de controle dos ciclos automáticos e de monitoramento de rede do sistema. Esses recursos permitem ao operador uma visualização detalhada e integrada do status da linha, facilitando intervenções rápidas e seguras quando necessário. O monitoramento de rede auxilia na detecção de problemas de comunicação, enquanto o acesso aos ciclos automáticos e chaves direcionais permite ajustes na operação da linha conforme a necessidade operacional ou de manutenção.

- Tela de Monitoramento de Memórias

A tela de monitoramento de memórias auxilia no acompanhamento em tempo real das memórias ativas no programa do CLP, mostrando os estados que influenciam o intertravamento da linha, comandos de outros sistemas e modos de funcionamento específicos, como pode ser visto na Figura 36.

Figura 36 – Tela IHM de monitoramento de memórias do *Buffer 1*



Além disso, a tela permite que, conforme o nível de acesso do operador, seja possível ajustar ou alterar diretamente os estados de algumas dessas memórias, viabilizando uma maior flexibilidade para ajustes rápidos no funcionamento da linha, quando necessário.

- Tela de Sinóptico de Linha

A tela de sinóptico de linha fornece informações em tempo real sobre o status dos equipamentos essenciais para o funcionamento da linha, além de elementos de suporte, como a presença de ar comprimido e energia elétrica.

Ela possibilita identificar se há erros ou falhas no CLP, falhas de comunicação ou problemas de atualização na IHM. Além disso, a tela exibe o *status* dos *Buffers* e permite visualizar o status de rede, alimentação do painel entre outras informações.

Com o auxílio de indicadores visuais em LED, que mudam de cor para indicar os estados de "ligado", "desligado" a tela fornece *feedback* visual claro sobre o status operacional como mostra na Figura 37.

Figura 37 – Tela com o painel de sinópticos da linha.



- Tela de Manutenção

A tela de manutenção da IHM oferece dois níveis de acesso: o nível 1 operacional e o nível 2 de manutenção. O nível 1, apresentado na Figura 38, permite a visualização de informações relacionadas ao arquivo de *software* do CLP, ao *firmware* da IHM, aos testes de lâmpadas da linha e aos históricos de login.

Figura 38 – Tela de manutenção com nível 1 de acesso.



No nível 1, algumas funções ficam habilitadas, enquanto as demais permanecem desabilitadas, sendo exibidas na cor preta. Esse sistema visual facilita a identificação das opções disponíveis ao usuário, proporcionando uma interface mais intuitiva e clara.

Já o nível 2, mostrado na Figura 39, além de possibilitar a visualização das informações, oferece recursos adicionais, como a possibilidade de simulação de sensores, o que permite testar o sistema mesmo quando sensores no campo apresentam falhas ou estão fora de operação. Além disso, é possível forçar sinais para o CLP, o que facilita a execução de testes e a verificação do comportamento do sistema em diferentes condições de operação. Outra funcionalidade importante é a modificação da sequência do FIFO, permitindo ajustes dinâmicos no processo para otimizar o fluxo de produção ou testar diferentes cenários operacionais.

Figura 39 - Tela de manutenção com nível 2 de acesso.



No contexto de manutenção, a tela disponibiliza dois botões essenciais para a realização de tarefas corretivas. O primeiro é o botão de modo programação, que envia um comando ao CLP para interromper todo o seu processo e entrar em modo de programação através de um computador conectado. O segundo é o botão de manutenção do transportador, que permite parar e desligar individualmente o transportador selecionado. Essas funcionalidades são essenciais para realizar intervenções em equipamentos, como transportadores e chaves direcionais.

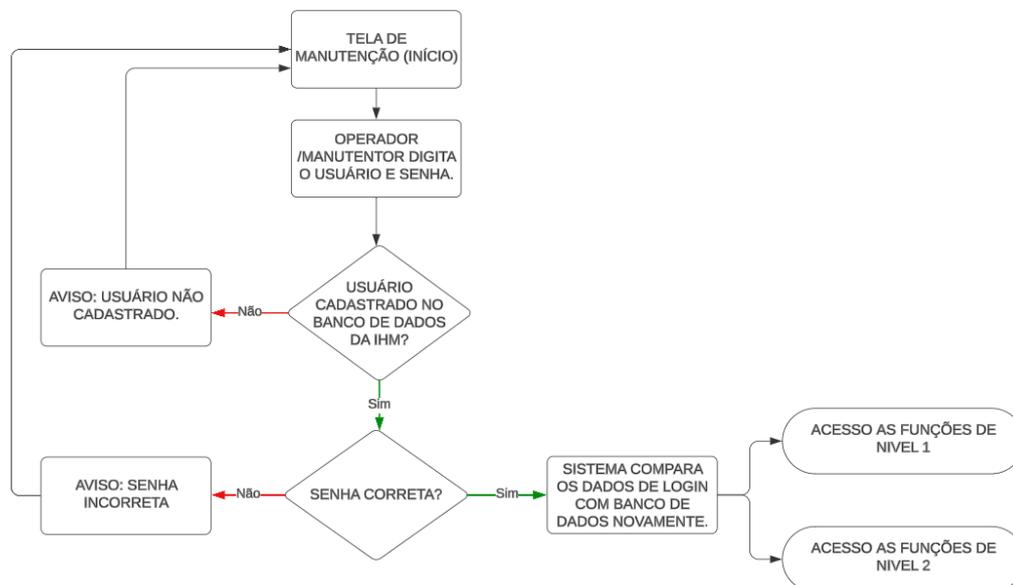
O sistema de segurança da tela de manutenção é gerido por um banco de dados contendo os usuários cadastrados. Quando o usuário acessa através da tela de login, mostrado na Figura 40, ele deve inserir suas credenciais para obter acesso às funcionalidades da interface. Esse controle de acesso assegura que apenas usuários autorizados possam utilizar as funções específicas de cada nível, garantindo a integridade e a segurança do sistema.

Figura 40 – Tela de manutenção com acesso ao login.



A Figura 41 ilustra como o sistema da IHM realiza o controle de acesso aos usuários. Esse gerenciamento é feito de forma totalmente local na IHM, uma vez que é nela que ocorre a inibição e a liberação das funções disponíveis para os usuários.

Figura 41 - Fluxograma de funcionamento de autenticação de usuário para acesso.



- Tela de Monitoramento de Produção

A tela de Monitoramento de Produção permite que o operador da IHM tenha acesso ao histórico de entrada e saídas de carrocerias dentro do *Spot Repair* e ao monitoramento das cabines de reparo, com informações das carrocerias. A tela permite rastrear as carrocerias dentro do *Spot Repair* e, também, em outras áreas através das requisições de rede que o sistema faz como mostra nas Figuras 42 e 43.

Figura 42 – Tela de dados das carrocerias presentes no *buffer 1*.

09/11/24 02:21

DADOS - BUFFER 1



VIN	MODELO	COR	DOUKI	HORA ENTRADA BUFFER 1	DATA	POSICÃO (FDS)
7C2756387RR01	P02F	K23	9923	08:12	09/11/2024	1 (FDS 9)
7A8926354RR03	P02F	QAC	9892	08:44	09/11/2024	2 (FDS 8)
7C2744987RQ01	P02F	KH3	8235	09:36	09/11/2024	3 (FDS 7)
						4 (FDS 6)
						5 (FDS 5)
						6 (FDS 3)
						FRENTE CABINE 1
7BB238763RR01	P02F	QAC	9999	01:24	09/11/2024	FRENTE CABINE 2
						FRENTE CABINE 3

DADOS CABINES BUFFER 2

VOLTAR MENU PRINCIPAL

Figura 43 – Tela histórico de rastreamento de carrocerias.

09/11/24 04:00

HISTÓRICO RASTREIO DE CARROCERIAS



VIN	MODELO	COR	DOUKI	ÁREA DE ESPERA SPOT	BUFFER 1	CABINE	BUFFER 2	SADA SPOT	DATA
7C2756387RR01	P02F	KH3	9923	08:12	08:44	09:36	09:54	10:05	09/11/2024
7C2872634BR01	P02F	QAC	9874	08:40	08:51	09:22	10:31	10:34	09/11/2024
7C2796387RR01	P02F	KYT	9567	09:38	10:07	10:13			09/11/2024
7C2756387RR01	P02F	KM6	3453	10:19	10:23				09/11/2024
7C2756387RR01	P02F	CVF	9988	10:20	10:25				09/11/2024
7C2756387RR01	P02F	QAC	9003	11:15					09/11/2024

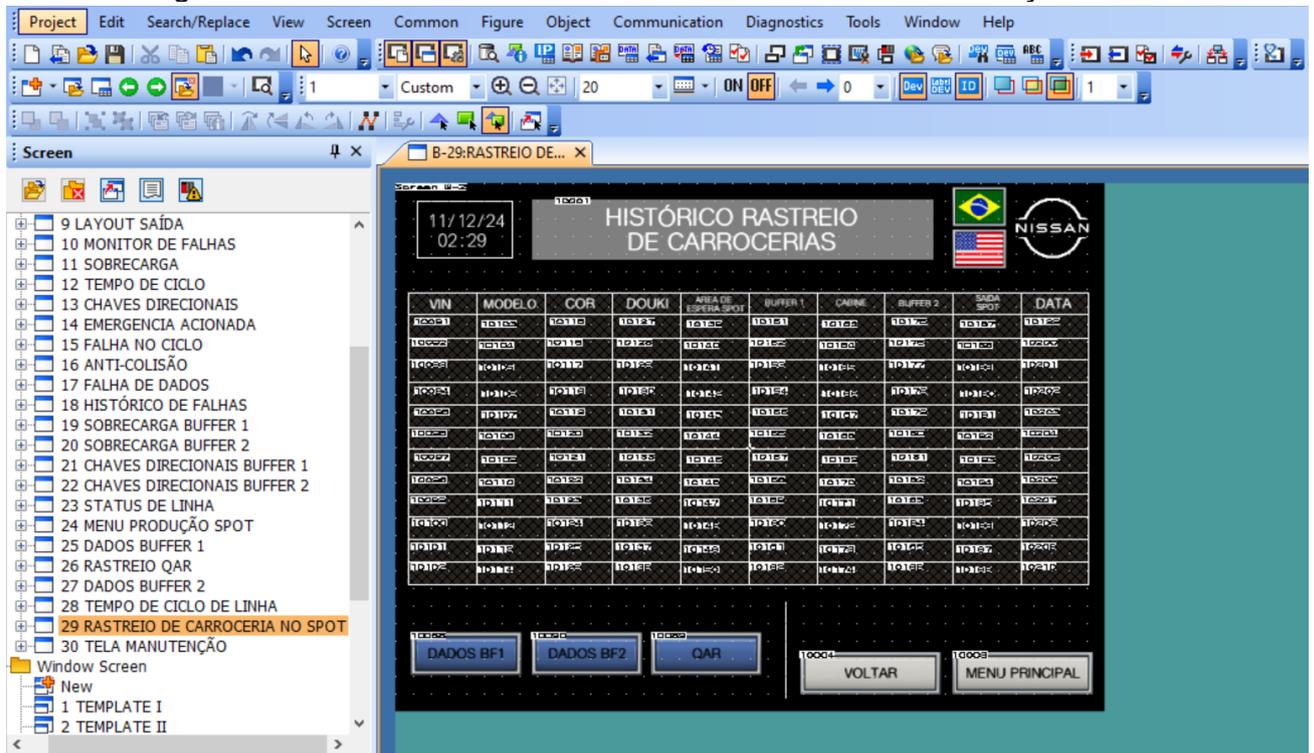
DADOS BF1 DADOS BF2 QAR

VOLTAR MENU PRINCIPAL

As telas de monitoramento de produção foram projetadas como tabelas fixas, desenhadas manualmente de acordo com as necessidades de informação que cada tela deve apresentar. Cada célula dessas tabelas está associada a um endereço refletido do CLP. Cada célula possui um endereço de dados específico, e, conforme a lógica de programação, quando um dado é transferido para esse endereço, a IHM

exibe automaticamente o valor correspondente na célula da tabela. A Figura 43 apresenta a tela de histórico de rastreamento das carrocerias em modo de edição, na qual é possível visualizar os endereços correspondentes.

Figura 44 - Tela histórico rastreio de carrocerias em modo edição.



- Tela de Produção Hora-hora

A tela de produção permite o monitoramento de performance da linha em tempo real, fornecendo informações detalhadas sobre a produtividade hora-hora. Esta tela utiliza dados de tempo e registros de reparos que foram realizados a cada hora durante o turno de produção e gera um gráfico de barras que aumenta de acordo com a quantidade de carrocerias reparadas, que ajuda na análise visual do desempenho da linha e auxiliam na identificação de possíveis gargalos como é exibido na Figura 45.

Figura 45 – Pop-up produção hora-hora.



5 DISCUSSÕES E RESULTADOS

Neste capítulo será analisado o funcionamento e os resultados da implementação do sistema de supervisão proposto, com a integração das telas da IHM e do CLP. O foco está em verificar como cada elemento do sistema — monitoramento de falhas, controle de produção e rastreabilidade de carrocerias por RFID — contribuiu para atender às necessidades operacionais e garantir maior eficiência, controle e segurança da linha do *Spot Repair*.

Com base nas funcionalidades projetadas para a interface IHM e nas modificações na lógica do CLP, é discutido o impacto na usabilidade para os operadores, no diagnóstico e resolução de falhas e na coleta de dados em tempo real. Essas discussões se fundamentam nas melhorias operacionais obtidas e nos desafios enfrentados, com uma análise sobre como o sistema atendeu aos objetivos de rastreabilidade, controle eficiente e adaptação ao ambiente local.

5.1 MONITORAMENTO DE PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA OPERACIONAL

O sistema de monitoramento contínuo pela IHM, gerou resultados significativos na análise do tempo de ciclo e identificação de pontos de melhoria de performance do *Spot Repair*. Com o acompanhamento desde a entrada da carroceria no *buffer* 1 até o término dos reparos, foram obtidos dados detalhados sobre o tempo de permanência nas diferentes etapas e tipos de defeitos.

- Tempo de ciclo e identificação de gargalos

Como mostra a Figura 46, o gráfico de tempo de ciclo, gerado automaticamente conforme o carro se movimenta na linha, mostrou padrões que indicam gargalos específicos, sobretudo nas cabines de reparo, onde o tempo de ciclo variou conforme o tipo de modelo e cor da carroceria. Esse dado evidencia a necessidade de ajustes operacionais para reduzir o tempo total de ciclo. Por exemplo, a Figura 47 ilustra um gráfico de barras onde na vertical, mostra a graduação em minutos e na horizontal as informações de modelo e cor, onde essas informações são carregadas de acordo com uma memória que contém informações coletadas pelo RFID.

Figura 46 – Tela tempo de ciclo.



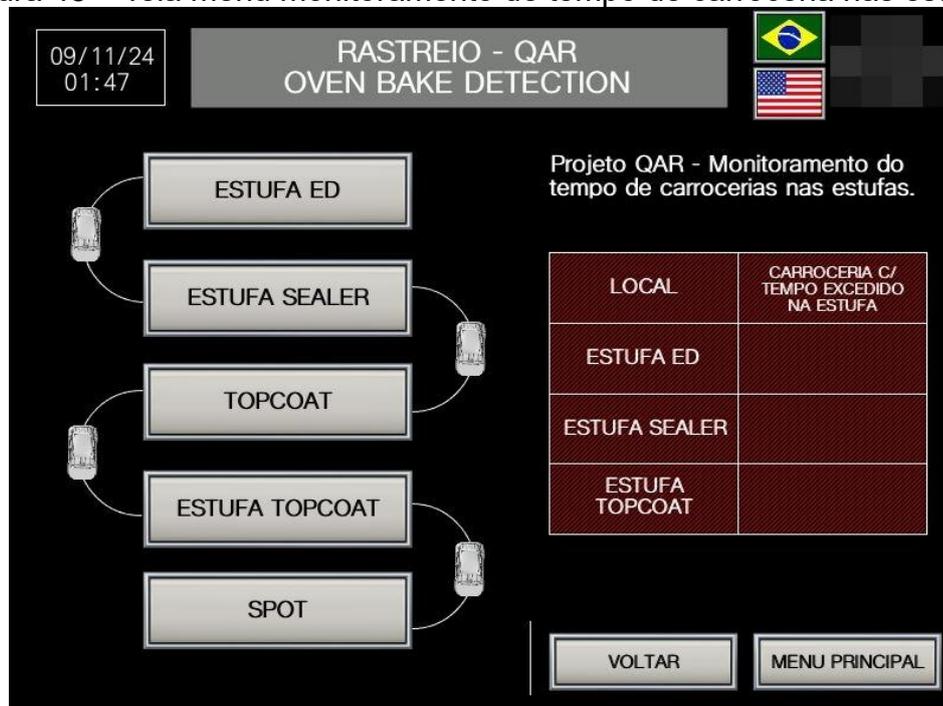
Figura 47 - Tela de média de tempo de ciclo de reparo da cabine 1



- Impacto do tempo nas estufas e defeitos correlacionados

A centralização de informações na IHM com a implementação do sistema RFID na linha de *Spot Repair* permitiu uma visualização completa do tempo de permanência das carrocerias nas estufas de outras etapas do processo de outras linhas, como é destacado na Figura 48. Com essa funcionalidade, a IHM tornou-se essencial para identificar falhas recorrentes, correlacionando-as a etapas específicas do processo. Isso revelou oportunidades para ajustes na parametrização de temperatura e umidade, beneficiando a qualidade e reduzindo a ocorrência de defeitos, além de fornecer uma ferramenta estratégica para o controle e monitoramento em tempo real.

Figura 48 – Tela menu monitoramento de tempo de carroceria nas estufas.



5.2 MONITORAMENTO E DIAGNÓSTICO DE FALHAS

No que se diz em monitoramento e diagnóstico de falhas na linha do *Spot Repair*, o sistema desenvolvido e implementado no presente projeto demonstrou resultados significativos ao melhorar a resposta da operação e facilitar as atividades de manutenção.

- Identificação rápida de falhas e redução de tempo de inatividade.

O sistema desenvolvido possibilitou a detecção e visualização em tempo real de falhas críticas, como sobrecargas em motores e acionamentos de emergências, o que resultou em uma significativa redução no tempo de resposta da equipe de

manutenção. Esse monitoramento imediato permite uma identificação precisa da origem das falhas, agilizando o processo de diagnóstico e correção. A Figura 49 apresenta a tela de monitoramento de emergência, que destaca o local específico da botoeira acionada, enquanto a Figura 50 ilustra a tela de monitoramento de sobrecarga dos transportadores, facilitando a rápida visualização e aumentando o tempo de resposta de atendimento aos equipamentos.

Figura 49 – Tela com indicação de emergência acionada.



Figura 50 – Tela com indicação de transportador em sobrecarga.



A presença de dados históricos, como registro de datas e horários das falhas, possibilitou uma análise mais profunda, permitindo que a equipe identificasse padrões recorrentes e áreas que necessitavam de atenção, com base em dados factuais. Esse tipo de monitoramento preventivo contribuiu diretamente para a redução do tempo de inatividade da linha.

- Apoio à manutenção preventiva e diagnóstico antecipado.

A função de monitoramento de sobrecarga dos motores revelou-se especialmente útil, pois permitiu identificar e ajustar o limite de ciclo dos motores através da tela de tempo de ciclo. A possibilidade de fazer esses ajustes diretamente na tela de monitoramento facilitou a manutenção preventiva, promovendo uma vida útil mais longa dos equipamentos como mostrado na Figura 51. Além disso, a tela de monitoramento de falhas, ao permitir a análise contínua do estado de componentes como sensores e relés de segurança, antecipou eventuais intervenções e evitou que pequenos problemas se agravassem e impactassem a linha.

Figura 51 – Tela de monitoramento de tempo de ciclo dos transportadores.



- Facilidade de diagnóstico para diferentes níveis de usuários

Outro aspecto importante discutido foi a acessibilidade das informações. O sistema desenvolvido possibilitou que operadores, técnicos e engenheiros tivessem diferentes níveis de acesso, permitindo que cada nível de usuário obtivesse as informações necessárias para tomada de decisão e diagnóstico de falhas. Essa segmentação de acesso contribuiu para um processo de diagnóstico mais ágil e preciso, ao mesmo tempo em que garantiu a segurança do sistema.

Em termos de resultados, a integração da tela de monitoramento de falhas com outros módulos de monitoramento de linha e de status de equipamentos resultou em um fluxo de informações contínuo e centralizado. Essa funcionalidade permitiu uma visão geral do sistema, facilitando a correção de falhas e a rápida navegação entre telas relacionadas, como o layout de anticolisão e o monitoramento de memórias, fortalecendo o suporte a uma operação mais segura e eficiente.

5.3 INTEGRAÇÃO DO SISTEMA RFID, IHM E A RASTREABILIDADE

A integração entre a IHM, o RFID e os dados de rastreabilidade do sistema trouxeram ganhos relevantes em termos de visibilidade, controle e eficiência do processo produtivo. Essa integração favoreceu o acompanhamento em tempo real

das carrocerias acompanhada dos seus dados.

O sistema de RFID possibilitou o acompanhamento detalhado do percurso das carrocerias no *Spot Repair*, registrando informações de entrada e saída de cada seção do processo e facilitando o controle sobre o ciclo de produção. Essa rastreabilidade não apenas assegura que as carrocerias estejam no local certo, mas também oferece dados precisos sobre o tempo de permanência em cada ponto, permitindo otimizações pontuais.

A Figura 52 e 53 ilustram estes resultados, pois a primeira permite visualizar as carrocerias dispostas fisicamente dentro do *Spot Repair* para passarem pelo retrabalho dentro das cabines, e a segunda mostra a tela da IHM que traz a representação digital da ocupação da área.

Figura 52 - Ocupação das carrocerias no *buffer* 1.

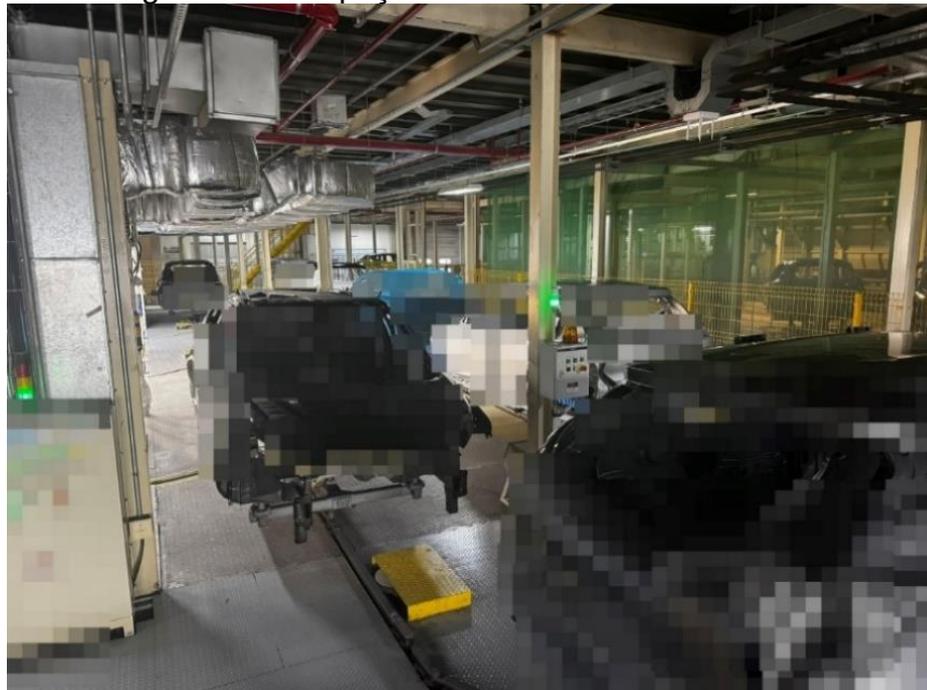
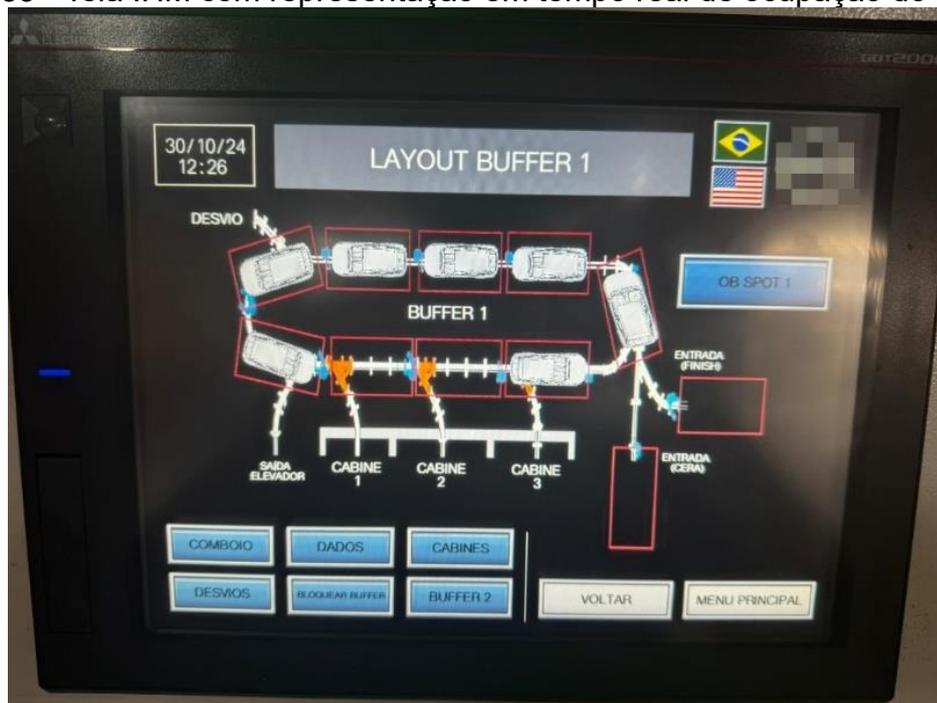


Figura 53 - Tela IHM com representação em tempo real de ocupação do *Buffer 1*.



De maneira geral, o monitoramento contínuo proporcionado pela IHM contribuiu para a melhoria da qualidade do processo e a redução de custos operacionais. Com a possibilidade de rastrear falhas e manter um histórico detalhado dos ciclos produtivos, a equipe pode tomar medidas preventivas para evitar defeitos recorrentes mostrados por ela, otimizando o uso de recursos e minimizando retrabalhos. Esse processo contínuo de ajuste e monitoramento torna a produção mais robusta e com menor variabilidade, atendendo às exigências de qualidade estabelecidas pela fábrica.

6 CONCLUSÃO

Através da pesquisa para realização deste trabalho foi constatado que soluções de automação industrial em processos automotivos causavam um impacto significativo na rotina de trabalho das montadoras, desde a segurança ocupacional até o aumento da produtividade e eficiência na fabricação. Com isso, foi proposto implementar uma IHM na área de retrabalho de pintura de uma empresa automobilística.

Foi identificado como problema dentro da empresa a sobrecarga ergonômica e operacional dos operadores nas atividades desempenhadas juntamente as carrocerias dos veículos, o que impactava negativamente a segurança e a eficiência da operação. A hipótese deste trabalho, de que a implementação de uma IHM integrada ao CLP permitiria centralizar o monitoramento e controle dos dados em tempo real, otimizando a segurança e a produtividade dos operadores, foi confirmada através dos resultados obtidos.

Para desenvolver essa hipótese, foi utilizado como metodologia o estudo teórico, a integração prática da IHM com o CLP, aplicando-se testes de monitoramento e controle no ambiente real de trabalho. Foram realizadas etapas de levantamento de requisitos, configuração dos sistemas, desenvolvimento e testes, visando a avaliação do desempenho e da eficácia da IHM implementada.

O objetivo geral do trabalho foi alcançado, com a integração dos dados gerados e monitorados pelo CLP à IHM, permitindo a visualização em tempo real para os operadores da área do *Spot Repair*. A IHM desenvolvida oferece telas de monitoramento contínuo das carrocerias, permitindo uma análise precisa das condições e etapas do retrabalho e facilitando a tomada de decisões.

Conclui-se, portanto, que a automação implementada com o uso da IHM trouxe melhorias significativas para a área de retrabalho de pintura, validando a hipótese inicial e demonstrando a importância das tecnologias de automação industrial na otimização de processos complexos e críticos na indústria automobilística.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Com base no presente trabalho, destacam-se as seguintes propostas para continuidade ou para o desenvolvimento de novos projetos relacionados:

- **Automatização Avançada da Linha:** Desenvolver a programação da lógica da linha e da IHM visando aumentar a movimentação autônoma. Isso permitirá que o operador realize as seleções de movimentação de carrocerias diretamente na IHM, eliminando a necessidade de operações em campo por meio dos painéis de borda de linha.
- **Sistema Supervisório Integrado:** Desenvolvimento de um sistema supervisório utilizando os dados fornecidos pela IHM. Esse supervisório poderá integrar o setor de Spot Repair ao sistema de informações gerais da fábrica, otimizando o monitoramento e a gestão dos processos produtivos.
- **Integração com o Gerenciamento de Qualidade:** Conectar a IHM ao sistema de gerenciamento de qualidade da fábrica, possibilitando a análise e a correlação de tempos e gargalos identificados automaticamente pela IHM, sem a necessidade de interação direta do operador.

Essas iniciativas têm o potencial de ampliar as capacidades de automação do *Spot Repair*, monitoramento e gestão, contribuindo para maior eficiência operacional e integração dos processos da linha as demais linhas.

7 REFERÊNCIAS

AGOSTINI, Nestor. **Controladores Lógicos Programáveis**. Sibratec, 2014, p. 2. Disponível em: < <https://abre.ai/siratec>>. Acesso em: 03 out. 2024

BALLUFF. BIS00T0. Disponível em: <https://www.balluff.com/pt-br/products/BIS00T0>. Acesso em: 29 out. 2024.

BALLUFF. BIS00Y1. Disponível em: <https://www.balluff.com/pt-br/products/BIS00Y1>. Acesso em: 29 out. 2024.

BALLUFF. BIS0187. Disponível em: <https://www.balluff.com/pt-br/products/BIS0187>. Acesso em: 29 out. 2024.

BOECHAT, Vitor. **Redes ZigBee e Programas Java Aplicados à Padronização e Melhoria da Qualidade dos Testes de Automação em Gasodutos**. 2010. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Eletrônica e Computação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-17: Ergonomia**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2012.

CASSIOLATO, César. **Redes industriais – parte 1**. Revista Saber Eletrônica, n. 461, p. 24–32, 2012.

CNI; IEL; ELETROBRÁS. **Correias transportadoras guia básico**. PROCEL INÚSTRIA Edição Seriada, 2008.

COUTINHO, Luciano. **A terceira revolução industrial e tecnológica**. As grandes tendências das mudanças. Economia e Sociedade, Campinas, SP, v. 1, n. 1, p. 69–87, 2016. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ecos/article/view/8643306>. Acesso em: 31 ago. 2024.

CRAVO, Edilson. **Fieldbus: o que é, importância e aplicações.** Kalatec Automação, 2024. Disponível em: <https://blog.kalatec.com.br/fieldbus/>. Acesso em: 08 out. 2024

CRAVO, Edilson. **Protocolo CLP: Quais são, quais os principais e suas aplicações.** Kalatec Automação, 2024. Disponível em: <https://blog.kalatec.com.br/protocolo-clp/>. Acesso em: 29 set. 2024

CUOGO, Francisco. **O REFLEXO DA TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL NA SOCIEDADE INFORMACIONAL E SUA RELAÇÃO COM A EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA.** 2012. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em História) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, 2012.

FORD Choreographs Robots to Help People – and Each Other – on the Fiesta Assembly Line. FORD, 2019. Disponível em: <https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/en/news/2019/09/26/ford-choreographs-robots-to-help-people--and-each-other--on-the-.html>. Acesso em: 26 out. 2024

GONZAGA, Adilson. **Interface Homem-Máquina para supervisão de um CLP em controle de processos através da WWW.** 2002. 83f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo – 2000.

GUIMARÃES, João. **AUTOMAÇÃO DOS PROCESSOS DE BRITAGEM E TRANSPORTE NA PRODUÇÃO DE CIMENTO COM PAC MODICON M580 E IHM.** 2024. 84f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Instituto Federal do Espírito Santos – 2024.

HOFMANN, E.; RÜSCH, M. **Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics.** Computers in Industry, v. 89, p. 23-34, 2017. Disponível em: <https://sci-hub.se/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361517301902>. Acesso em: 31 ago. 2024.

INDUSTRIAL SERVO MOTOR. Mitsubishi GT2712-STBA HMI Touch Screen

Series GOT 2000 HMI 12.1". Disponível em:

<https://www.industrialservomotor.com/sale-11973987-mitsubishi-gt2712-stba-hmi-touch-screen-series-got-2000-hmi-12-1.html>. Acesso em: 29 out. 2024.

KUSTRO, Guilherme. **A pirâmide da Automação Industrial**. Automação Industrial, 2021. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/a-piramide-da-automacao-industrial/>. Acesso em: 28 set. 2024

LOGÍSTICA interna: como otimizar as atividades da cadeia de suprimentos dentro da sua empresa. TOTVS, 2023. Disponível em: <https://n9.cl/430h7>. Acesso em: 06/09/2023

LUGLI, Alexandre; SANTOS, Max. **REDES INDUSTRIAIS PARA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL - AS-I, PROFIBUS E PROFINET**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Érica, 2019.

MAKIYAMA, Marcio. **IHM: o que é, para que serve e principais tipos**. Victor Vision, 2023. Disponível em: <https://victorvision.com.br/blog/ihm/>. Acesso em: 19 out. 2024

MARTINS, Eric; SILVA, Miriã. **Evolução da Automação nas Indústrias**

Automobilísticas no Brasil. Infosolda, 2020. Disponível em:

<https://infosolda.com.br/wp-content/uploads/2020/04/Evolu%C3%A7%C3%A3o-da-Automa%C3%A7%C3%A3o-nas-Ind%C3%BAstrias-Automobil%C3%ADsticas-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2024

MENDES, R. **Programação de CLPs Métodos e Técnicas**. 1ª ed. São Carlos: Editora Scienza, 2021.

MITSUBISHI electric. GT2712-STBD-GF. Disponível em:

<https://emea.mitsubishielectric.com/fa/products/hmi/got/got2000/gt27/gt2712-stbd-gf.html>. Acesso em: 29 out. 2024.

MOREIRA, António. **Estudo e simulação de sistemas de logística interna baseados em AGVs**. 2017. 117f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto – FEUP, 2017.

O QUE é e para que serve um leitor de RFID. AFIXCODE, 2024. Disponível em: <https://www.afixcode.com.br/blog/leitor-de-rfid/>. Acesso em: 09 out. 2024

PERONI, Jany. **Indústria automotiva tem o maior nível de emprego desde Janeiro de 2023**. Auto Esporte, 2024. Disponível em: <https://autoesporte.globo.com/setor-automotivo/industria-automotiva/noticia/2024/05/industria-automotiva-tem-o-maior-nivel-de-emprego-desde-janeiro-de-2023.ghtml>. Acesso em: 26 out 2024.

PRINCIPAIS causas de acidentes de trabalho em montadoras: como evitar?. Bernartt, 2024. Disponível em: <https://bernartt.adv.br/principais-causas-de-acidentes-de-trabalho-em-montadoras-como-evitar/>. Acesso em: 26 out. 2024.

PRUDENTE, Francesco. **Automação Industrial PLC: teoria e aplicações**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2011.

PUHLMANN, Henrique. **Introdução à tecnologia de identificação RFDI**. Blog do engenheiro Puhmann, 2020. Disponível em: <https://consulteengenheiroeletronico.wordpress.com/2015/04/10/introducao-a-tecnologia-de-identificacao-rfid/>. Acesso em: 09 out. 2024

RAMOS, Paulo et al. **Esteira Transportadora**. 2016. 45f. Trabalho Integrador (Graduação em Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG, 2016.

SANTOS, Abel. **Linguagem ladder: principais fundamentos**. ABB, 2022. Disponível em: <https://loja.br.abb.com/blog/post/linguagem-ladder-principais-fundamentos>. Acesso em: 18 ago. 2024

SILVA, Ana Paula; SALVADOR, Marcelo. **O que são sistemas supervisórios?**. São Paulo, 2005.

SOUZA, Vitor. **Princípios de Automação Industrial com CLP**. 1ª ed. Clube de Autores, 2013.

TARRAGÔ, Rebeca. **O que é o CC-Link?**. Blogs Igus, 2022. Disponível em: <https://blog.igus.com.br/o-que-e-o-cc-link/>. Acesso em: 08 out. 2024

TIBOLA, Leandro. **Geração de Sistemas Supervisórios a partir de Modelos Orientados a Objetos**. 2000. 62f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul– 2000.

VUALA, Albertino et al. **AUTOMATIZAÇÃO E SEU IMPACTO NO MERCADO DE TRABALHO**. VISTACIEM, v. 1, n. 2, p. 94–108, 2023. Disponível em: <https://vistacien.com.br/wp-content/uploads/2023/08/7-AUTOMATIZACAO-E-SEU-IMPACTO-NO-MERCADO-DE-TRABALHO.pdf> Acesso em: 31 ago. 2024.

ZANCAN, Marcos. **Controladores Programáveis**. 3ª ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2011.