

REUTILIZAÇÃO DE SENSORES MECÂNICOS EM PAINÉIS ELÉTRICOS PARA SINALIZAÇÃO DE QUADROS ABERTOS ATRAVÉS DA IHM

REUSE OF MECHANICAL SENSORS IN ELECTRICAL PANELS FOR OPEN PANEL SIGNALING THROUGH THE HMI

REUTILIZACIÓN DE SENSORES MECÁNICOS EN CUADROS ELÉCTRICOS PARA SEÑALIZACIÓN DE CUADRO ABIERTO A TRAVÉS DEL HMI

Yasmim Silva Blard da Costa¹

Gabriel Santos Piveti²

Kaio de Oliveira Ermida da Silva³

Rodrigo de Sousa Campista Ferraz⁴

RESUMO: Este artigo buscou propor uma solução que aborda uma lacuna relacionada à deficiência nos procedimentos de manutenção em painéis elétricos. Deficiência essa, causada principalmente pelo monitoramento ineficiente de painéis elétricos, podendo resultar no descuido em relação a portas abertas e à vedação inadequada, gerando consequências graves ao processo. O estudo colheu dados relacionados a um significativo impacto financeiro registrado em uma mineradora, que por conta da deficiência citada, teve sua produção interrompida por mais de 34 horas. Sendo assim, o projeto apresentou uma solução que buscou envolver equipamentos e componentes de automação e controle já existentes nos painéis desta mineradora como CLP, IHM e sensores mecânicos. Além disso, foram detalhados os procedimentos necessários para que essa implantação seja bem-sucedida, já que com os resultados positivos nos testes realizados, houve uma previsão de que a solução agregaria uma significativa mitigação do impacto financeiro e operacional para todo o processo da mineradora, além da adequação à norma NR-12 que se refere à segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.

2910

Palavras-chave: Painel Elétrico. CLP. IHM. Manutenção. Monitoramento. Ladder.

ABSTRACT: This article sought to propose a solution that addresses a gap related to deficiency in maintenance procedures in electrical panels. This deficiency, caused mainly by inefficient monitoring of electrical panels, can result in carelessness regarding open doors and inadequate sealing, generating serious consequences for the process. The study collected data related to a significant financial impact recorded in a mining company, which, due to the aforementioned deficiency, had its production interrupted for more than 34 hours. Therefore, the project presented a solution that sought to involve automation and control equipment and components already existing in the panels of this mining company, such as PLC, HMI and mechanical sensors. Furthermore, the necessary procedures for this implementation to be successful were detailed, since with the positive results in the tests carried out, it was predicted that the solution would add a significant mitigation of the financial and operational impact to the entire mining company's process, in addition to compliance with the NR-12 standard, which refers to work safety in machines and equipment.

Keywords: Electrical Panel. PLC. HMI. Maintenance. Monitoring. Ladder.

¹Graduanda em Engenharia Elétrica pela Universidade de Vassouras (Univassouras). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6240405664541872>.

²Graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade de Vassouras (Univassouras). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9075829833100858>.

³Graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade de Vassouras (Univassouras). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2828730218088157>.

⁴Orientador e Professor em Engenharia Elétrica pela Universidade de Vassouras (Univassouras). Graduado em Engenharia Elétrica. Universidade Severino Sombra.. Mestrado em Engenharia Química. UFRRJ. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3226140776086758>.

RESUMEN: Este artículo buscó proponer una solución que aborde una brecha relacionada con la deficiencia en los procedimientos de mantenimiento en paneles eléctricos. Esta deficiencia, causada principalmente por un monitoreo ineficiente de los paneles eléctricos, puede resultar en descuidos en la apertura de puertas y sellado inadecuado, generando graves consecuencias para el proceso. El estudio recopiló datos relacionados con un importante impacto financiero registrado en una empresa minera, que debido a la deficiencia antes mencionada, vio interrumpida su producción por más de 34 horas. Por lo tanto, el proyecto presentó una solución que buscó involucrar equipos y componentes de automatización y control ya existentes en los paneles de esta minera, como PLC, HMI y sensores mecánicos. Además, se detallaron los procedimientos necesarios para que esta implementación sea exitosa, ya que con los resultados positivos en las pruebas realizadas, se previó que la solución agregaría una importante mitigación del impacto financiero y operativo a todo el proceso de la empresa minera, en además del cumplimiento de la norma NR-12, que hace referencia a la seguridad laboral en máquinas y equipos.

Palabras clave: Panel electrico. CLP. IHM. Mantenimiento. Supervisión. Ladder.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de painéis elétricos de comando é muito comum e essencial em ambientes industriais, visto a necessidade de proteger os elementos de controle de um processo, como os componentes de automação. São elementos internos de um painel: relés, contadores, controladores e dispositivos de comunicação industriais.

Esse estudo foi realizado com o objetivo de solucionar o problema de uma mineradora que é contemplada por um total de 50 painéis elétricos de comando em suas dependências. Nesse estudo, foi possível analisar a deficiência na execução dos procedimentos de manutenção desses painéis. Essas deficiências de execução dos procedimentos de manutenção propiciam problemas, a exemplo, o não fechamento adequado das portas e travas destes equipamentos. Além da falha humana já citada, outros fatores que levam ao não fechamento podem incluir maresia (que gera corrosão nos componentes) e problemas mecânicos nas peças de travamento.

Segundo Vilela (2013), acidentes como o de Chernobyl, Bhopal e os apagões no Brasil destacaram a importância de se mitigar as falhas humanas em sistemas complexos. Fazendo uma ligação entre esses fatos e as manutenções dos painéis, é evidente que as principais falhas encontradas no que se refere ao não fechamento dos painéis elétricos ou fechamento inadequado, são as falhas humanas. Os responsáveis por essas manutenções podem utilizar ferramentas inadequadas ou até mesmo não seguir as instruções do fabricante corretamente.

Devido aos erros nos procedimentos de manutenção e a falta de supervisão do serviço executado, os painéis abertos viabilizam a entrada de impurezas, acarretando problemas que vão surgindo gradualmente sem que os operadores percebam. Falhas graves podem ocorrer devido

ao acúmulo de poeira e sujeira em painéis elétricos, trazendo não só falhas, mas também a ineficiência do sistema. Essas falhas podem gerar consequências que vão desde a diminuição da vida útil dos equipamentos presentes nos painéis, até o desligamento parcial ou total de um sistema.

No dia 18 de janeiro de 2023, o Centro de controle (CCT) da mineradora estudada sinalizou para a manutenção uma falha em um Controlador Lógico Programável (CLP) responsável pelo maquinário que abastece um dos navios com minério. Neste dia uma forte chuva atingiu as instalações da mineradora e por deficiência no processo de manutenção, a porta de um dos painéis foi encontrada aberta encharcando todos os componentes internos, o que resultou no comprometimento do CLP em questão. Este CLP só foi liberado para operação no dia seguinte, gerando perda de produção e conseqüentemente um considerável impacto financeiro para a exploradora de minério.

Todo o tempo de parada do CLP para manutenção, totalizou 34,76 horas de interrupção na operação, que podem ser observadas na tabela 1, a partir do somatório da coluna de “Duração (h)”.

Tabela 1 - Tempo de paradas.

Tipo Equipamento	Data Hora Início	Data Hora Término	Duração (h)
Carregador de navio	18/01/2023 09:36	18/01/2023 20:34	10,97
Carregador de navio	18/01/2023 10:25	18/01/2023 10:46	0,35
Carregador de navio	18/01/2023 11:36	18/01/2023 15:20	3,73
Carregador de navio	18/01/2023 18:10	18/01/2023 18:50	0,67
Carregador de navio	19/01/2023 01:50	19/01/2023 07:05	5,25
Carregador de navio	19/01/2023 01:50	19/01/2023 06:00	4,17
Carregador de navio	19/01/2023 07:05	19/01/2023 12:00	4,92
Carregador de navio	19/01/2023 11:30	19/01/2023 11:47	0,28
Carregador de navio	19/01/2023 12:00	19/01/2023 14:48	2,80
Carregador de navio	19/01/2023 12:48	19/01/2023 13:30	0,70
Carregador de navio	19/01/2023 15:00	19/01/2023 15:55	0,92

Fonte - PIVETI, SILVA, COSTA E FERRAZ, 2023.

As informações referentes ao impacto financeiro deste período de interrupção podem ser encontradas na tabela 2, que apresenta: o valor monetário referente ao preço da tonelada de minério e a capacidade de embarque de minério da mineradora por: hora, dia e mês

Tabela 2 - Médias de produção e valor do minério de ferro.

MFe 2020	EMBARQUE (TON)	IMPACTO FINANCEIRO (U\$)
Média Mensal	2.871.041,58	U\$ 312.709.064,19
Média Diária	95.701,39	U\$ 10423635,47
Média por Hora	3.987,49	U\$ 434.318,14
	Cotação MFe 2020	U\$ 108.92 / ton

Fonte - PIVETI, SILVA, COSTA E FERRAZ, 2023.

Extraindo os dados da tabela conclui-se que o valor da tonelada de minério é U\$108,92, e a quantidade de minério embarcado por hora é equivalente a 3987,49 toneladas. Multiplicando o valor em dólar da tonelada de minério pela quantidade de toneladas que são embarcadas por hora obtêm-se o valor de U\$434.325,03 que representa o impacto financeiro de perda monetária por hora. Para que se obtenha o impacto financeiro total deve-se realizar o produto entre o valor total da tonelada embarcada por hora em dólar e o número de horas de operação paralisada, totalizando U\$15.097.138,04.

Frente a magnitude do impacto financeiro exposto, este projeto buscou trazer um protótipo que torne a monitoração destes painéis elétricos mais eficiente, neutralizando as consequências geradas (financeiras e operacionais), utilizando equipamentos e recursos já presentes na mineradora, tais como: sensores mecânicos, CLP, Interface Homem Máquina (IHM) e o próprio painel elétrico, e consequentemente resultando na adequação correta à Norma Regulamentadora 12 (NR-12) no item 12.3.5 que se refere a obrigatoriedade do fechamento permanente da porta de acesso dos painéis, exceto nas situações de manutenção, pesquisa de defeitos, e outras intervenções.

2913

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Em primeira instância, é fundamental que se entenda a composição de certos equipamentos utilizados na situação estudada, sua lógica de funcionamento, classificações e principais utilizações. Para tanto, este projeto trará uma breve descrição sobre os aspectos mencionados anteriormente. Dentre os equipamentos de maior relevância neste trabalho, destaca-se principalmente o painel elétrico (barreira), o sensor mecânico, o CLP e a IHM.

É essencial que se entenda também as classificações de níveis de tensão adotados pela Norma Regulamentar 10 e alguns dos principais termos utilizados em seu texto. Estes conceitos serão utilizados para entendimento mais profundo sobre os painéis elétricos utilizados.

2.1 NÍVEIS DE TENSÃO E ASPECTOS IMPORTANTES DA NR 10

Segundo a Norma Regulamentadora 10 (NR10), existem 3 classificações para níveis de tensão, são eles: Extra-Baixa Tensão (EBT), Baixa Tensão (BT) e Alta Tensão (AT).

O nível de tensão EBT é definido entre valores não superiores a 50 V para corrente alternada ou 120 V em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra.

Já o nível BT é fixado em valores de tensão superiores a 50 V ou 120 V em corrente contínua e igual ou inferior a 1000V em corrente alternada ou 1500 V em corrente contínua entre fases ou entre fase e terra.

E o nível AT é estabelecido para valores de tensão superiores a 1000V em corrente alternada ou 1500V em corrente contínua entre fases ou entre fase e terra.

Vale destacar que existe ainda a classificação denominada Média tensão. Porém, seus detalhes não são abordados na NR 10 e também não se fazem importantes para o entendimento deste trabalho.

Outra definição importante contida na norma é a definição de barreiras e invólucros. Segundo a NR 10, “um invólucro é dispositivo que impede qualquer contato com partes energizadas das instalações elétricas”. Já uma barreira é, segundo a mesma norma, “um envoltório de partes energizadas destinado a impedir qualquer contato com partes internas”

2914

Diante de tal definição este estudo classificará o painel elétrico como uma barreira. [OBJ]

2.2 PAINEL ELÉTRICO

O painel elétrico deve ser construído de acordo com a NBR 5410, regulamentação para instalações elétricas em baixa tensão e conforme estabelecido pela NR-10, Norma Regulamentadora para instalações e serviços em eletricidade, cujo requisito é proteger e garantir não somente a segurança dos trabalhadores habilitados, mas também de pessoas comuns e animais, prevenindo à exposição aos riscos elétricos.

Existem diversos tipos de montagens para painel elétrico no qual as NR's 10 e 12 abordam, como: a montagem armário, na qual a estrutura é baseada em uma coluna fechada com soleiras para contato com o piso. A montagem multicolunas, envolve a combinação de vários painéis em uma estrutura de armários unidos. A montagem mesa, associa-se com púlpitos de operação e o painel elétrico com montagem fixada, tem sua estrutura fixada em paredes, outros equipamentos ou coluna. O painel é composto por amarração, fixação, isolamento, proteção e identificação, são

usados em áreas industriais, em seu interior podem possuir relés, contadores, fusíveis, disjuntores, CLP's, entre outros componentes.

A principal função do painel elétrico é evitar curto-circuito que possam comprometer os componentes do sistema, garantindo a integridade e operação segura dos equipamentos elétricos. Ao isolar a área de risco, o painel desempenha um papel crucial na redução de acidentes, pois proporciona um ambiente controlado para manutenção e inspeção, prevenindo a ocorrência de falhas elétricas, que podem resultar na interrupção na produção, danos nos componentes e prejuízos financeiros para a empresa.

Na figura 1, pode-se observar exemplos de painéis elétricos abertos e fechados. É importante ressaltar que dada a definição de barreira a porta do painel exerce grande importância em sua estrutura.

Figura 1 - Um exemplo de painel elétrico fechado e aberto.



Fonte - PIVETI, SILVA, COSTA E FERRAZ, 2023.

2.3 SENSOR MECÂNICO

O conceito de sensor é “dispositivos destinados à detecção de grandezas, como presença, temperatura, velocidade, pressão etc”. Os sensores podem ter inúmeras aplicações e classificações e “dentro de um projeto de automação, usando técnicas digitais, o sensor, ao detectar a grandeza, sensibiliza o controlador, que, por meio de um contato seco que corresponde

a um sinal digital, disponibiliza na rede de comunicação essa informação, utilizada para os mais diversos fins”. (MAMEDE FILHO, 2018)

Os sensores mecânicos possuem níveis de tensão que devem ser respeitados. Por exemplo, um sensor alimentado com 24V pode possuir um limite de tensão de 220V e caso esse valor limite seja ultrapassado pode ocasionar a queima do sensor ou até a queima do componente por ele alimentado. Importante destacar que a tensão de entrada em um terminal de um sensor será a mesma no terminal de saída

2.4 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Os controladores lógicos programáveis vêm sendo cada vez mais utilizados em ambientes industriais no mundo atual, já que permite um controle eficaz dos processos. Foram implementados com a necessidade de formalizar controles lógicos que antes eram realizados por relés de baixa confiabilidade e difícil manutenção. Na figura 2, podemos visualizar alguns exemplos dos diferentes tipos de CLP presentes nas indústrias, sendo o primeiro um CLP da Schneider e o segundo da Siemens.

Figura 2 - Diferentes tipos de CLP.



Fonte - PIVETI, SILVA, COSTA E FERRAZ, 2023.

Para Leandro Roggia (2016), CPL se trata de um aparelho eletrônico digital que pode ser programado através de uma linguagem de programação de maneira a executar funções aritméticas, lógicas, de temporização, de contagem, entre outras. Possui entradas para aquisição de dados e saídas para acionar diversos tipos de dispositivos ou processos.

Já Marco Ribeiro (2001), entende CLP como um computador eletrônico amigável ao usuário que executa funções de controle de vários tipos e níveis de complexidade. Ele pode ser programado, controlado e operado por uma pessoa que não sabe operar computador digital.

2.4.1 Funcionamento e vantagens do CLP

Como visto, os CLP's podem ser utilizados de maneiras distintas, a depender da programação implementada. É capaz de receber e enviar informações de um processo/sistema através de sinais, que podem ser da ordem dos sinais analógicos ou sinais digitais. Em seu estudo comparativo de sistemas dedicados, Marco Antonio (2004) define sinais digitais como aqueles que possuem a função de indicar qualquer ocorrência no processo através de sinais definidos como ligados ou desligados. Já os analógicos, são aquelas que por meio de um sinal de tensão (o a 10Vcc; -5V a +5V; -10V a +10V), ou de corrente (o a 20mA; 4 a 20mA), pode-se comandar elementos servo-operados, como os inversores de frequência, que através desses sinais lógicos, pode-se controlar a velocidade ou o torque de um motor elétrico.

Camargo e Franchi (2013) explica a existência de dois tipos de CLP: compacto e modular. O CLP compacto possui todos os módulos necessários (CPU, fonte de alimentação e módulos de entrada/saída) em uma única unidade, necessitando apenas da programação e a alimentação, mas têm como limitação as portas de entrada e saída, que já são determinadas pelo fabricante, esse tipo de CLP é normalmente empregado para CLPs de pequeno porte. Já o modular, possui uma base (rack) e nela pode-se inserir os módulos (entradas/saídas, CPU, fonte de alimentação e memórias), o modular tem como vantagem, uma maior disponibilidade de portas de entrada e saída, já que se pode inserir, de acordo com a base, mais unidades, normalmente é empregado em CLPs de grande porte, que podem tratar de centenas de pontos de entrada/saída.

2917

As lógicas incrementadas nos CLP's são criadas a partir de programação, sendo padronizada pela norma IEC (International Electrotechnical Commission) 61131-3, que define quais as linguagens que podem ser utilizadas, sendo que todo CLP deve possuir pelo menos duas linguagens disponíveis. As linguagens padronizadas são divididas em gráficas e textuais, sendo elas: Diagrama de blocos de funções (FBD- Function Block Diagram); Linguagem Ladder (LD- Ladder Diagram); Sequenciamento Gráfico de Funções (SFC- System Function Chart); e as linguagens textuais, que são: Lista de Instruções (IL- Instruction List); Texto Estruturado (ST- Structured Text).

A utilização dos CLP's nas indústrias trouxe diversos benefícios, como eficiência, segurança, diminuição de custos, maior produção, etc. São equipamentos relativamente pequenos, ocupando menos espaços. Sua possibilidade de reprogramação permite alterar os parâmetros de controle sem necessidade de interromper o processo produtivo.

A redução de custos se dá pela diminuição do número de pessoas envolvidas na produção, pelo aumento da produtividade, pela otimização do uso de matéria-prima e por serem equipamentos de baixa manutenção. A melhoria das condições de trabalho do ser humano se verifica ao se eliminar atividades insalubres ou perigosas, já que permite ser manipulado de forma remota. Por fim, a monitoração de milhares de itens por segundo, enviando informações detalhadas a todo momento e de forma constante, verifica em um ganho considerável de confiabilidade de um sistema, reduzindo tempo de parada de maquinários, aumento da segurança nos espaços de trabalho, etc.

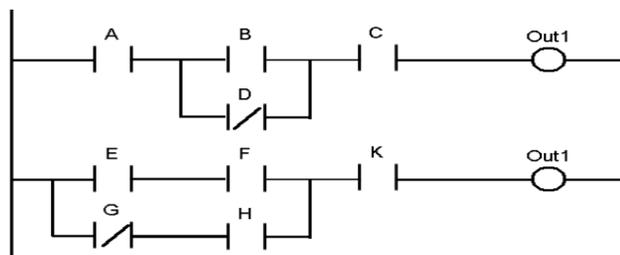
Como entendido, seu alto nível de controle e possibilidade de comunicação através de programação, permite a implementação de lógicas que facilitem o objetivo do projeto.

2.5 PROGRAMAÇÃO EM LINGUAGEM LADDER

A linguagem de programação em Ladder, originada na automação industrial, é conhecida por sua abordagem gráfica e intuitiva. Utilizando elementos visuais como diagramas de relés e bobinas, o Ladder simplifica a lógica de controle em sistemas elétricos. Na figura 3 é apresentado um diagrama básico em linguagem Ladder com a utilização de contatos normais abertos e fechados e bobinas.

2918

Figura 3 - Diagrama básico de Ladder com contatos e bobinas.



Fonte - BERTULUCCI, Cristiano, 2016.

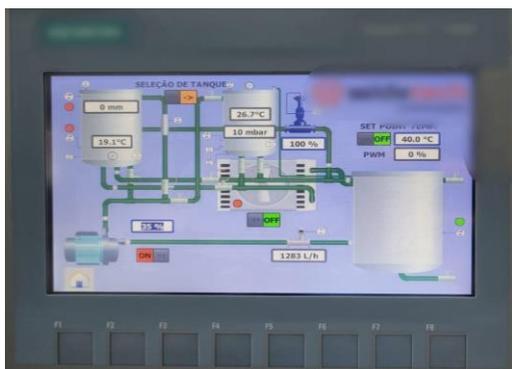
Os programas são estruturados em "rungs" (travessias), onde cada rung representa uma condição de controle. Símbolos como relés, contatos e bobinas são arranjados horizontalmente na rung para definir a lógica do sistema. Os contatos representam condições (por exemplo, sensores), os relés indicam operações lógicas (como liga/desliga), e as bobinas representam saídas (como motores ou válvulas). A execução do programa ocorre de cima para baixo, avaliando cada rung sequencialmente. A simplicidade visual e a semelhança com diagramas elétricos tornam a programação Ladder eficaz para controle de processos industriais e automação.

2.6 INTERFACE HOMEM MÁQUINA (IHM)

Com o objetivo de eliminar as interações laboriosas e a força braçal para comandar as máquinas, a busca por meios de comunicação mais eficientes e práticas entre os homens e as máquinas tornou-se cada vez mais essencial com a evolução tecnológica, expansão da automação e a indústria 4.0.

Para Ricardo Quesada (2017), Interface Homem Máquina (IHM) pode ser encontrado como HMI, que, em inglês significa human-machine interface, é uma forma de visualização simplificada do processo da máquina que visa à interação entre o homem e a máquina. Dessa forma, o IHM é um componente da máquina, podendo ser composto de visor, painéis de botoeiras, tela, entre outros, que facilita a interação do operador com a máquina a ser operada. Geralmente as mais utilizadas são do modelo de telas LCD touchscreen, com tamanhos que variam de 4,3” a 15” como na figura 4.

Figura 4 - IHM do modelo touch LCD.



Fonte - PIVETI, SILVA, COSTA E FERRAZ, 2023.

2.6.1 Os tipos de IHM

Há três principais tipos de IHM utilizadas nos dias atuais, são eles: IHM para substituir botoeiras e LED's (Operator Interface Terminal - OIT), IHM para tratativas de dados (Embedded) e IHM para supervisão (Baseada em PC).

IHM do tipo OIT utilizam a representação visual e virtual de todos os dispositivos eletromecânicos que exercem função de controle em uma única tela, agregando a função de cada um desses dispositivos em um único local. Geralmente as IHM's do tipo OIT possuem apenas botões, textos e números. São mais simples e limitadas, porém seu custo-benefício e fácil programação, além de uma manutenção descomplicada tornam as IHM do tipo OIT uma boa opção.

As IHM Embedded são utilizadas em aplicações que requerem monitoramento e feedback constante e frequentemente elas vêm equipadas com memórias de grande capacidade e cartões SD. Possuem combinações ilimitadas de gráficos e recursos touch, além de poderem rodar sistemas supervisórios.

Para sistemas complexos e grandes, as IHM's baseadas em PC fornecem o melhor em conectividade, acesso remoto, gráficos e flexibilidade, sendo que muitas vezes pode-se observar uma linha tênue entre este tipo e as Embedded por apresentarem algumas características semelhantes. Por possuir uma aplicação baseada em PC usualmente é desenvolvida separadamente com licença própria e o PC é somente o hospedeiro que executa a aplicação, fornecendo muito mais recursos do que as Embedded.

3 METODOLOGIA

O procedimento foi realizado em caráter simulatório, ou seja, foi confeccionado um protótipo em laboratório com a intenção de averiguar a viabilidade do projeto em campo. Para tal, utilizou-se de equipamentos similares aos encontrados na mineradora em questão. De forma específica os equipamentos e softwares utilizados diretamente foram:

- 01 CLP SIEMENS S7-1200 1214C AC/DC/RLY: utilizado para comunicação entre o sinal recebido pelo sinaleiro e a IHM;
- 01 IHM SIEMENS SIMATIC PANEL KP300: componente atuante na indicação do painel aberto na simulação;
- Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) Versão 13: software utilizado para implementação da lógica de programação por trás do funcionamento do CLP;
- Sinaleiro: componente utilizado para indicar a continuidade de um painel elétrico aberto;
- Cabos de ligação: componentes usados para interligação entre os componentes citados;
- Cabo de Rede (Terminal RJ45): componente utilizado para a conexão entre computador e CLP, e de forma semelhante realizar também a conexão entre IHM e computador;
- Switch Intelbras 8 portas: componente usado para conexão entre os equipamentos.

De forma preliminar, para construção do protótipo simulado, foi necessário estabelecer a conexão entre CLP, IHM e computador. Para tal, o cabo de rede foi conectado à porta RJ45 do CLP e a uma das portas de um switch, o computador foi conectado através de outro cabo a outra

porta do switch e a IHM conectada a outra porta. A conexão citada pode ser observada na figura 5.

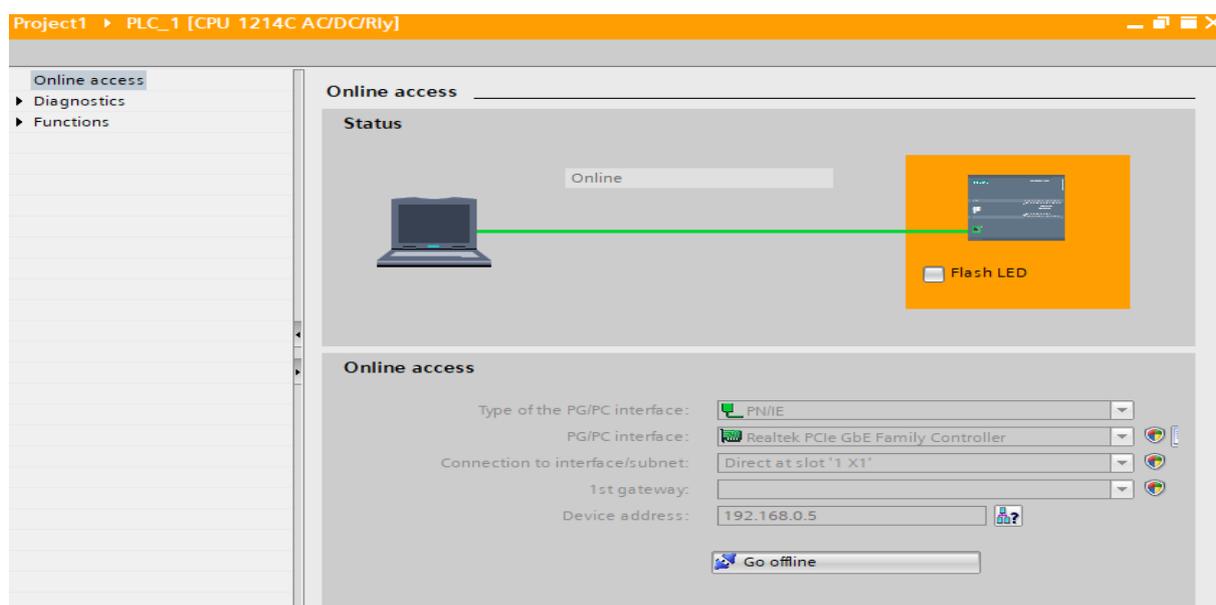
Figura 5- Conexão entre CLP, IHM e Switch



Fonte - PIVETI, SILVA, COSTA E FERRAZ, 2023.

Para a parte lógica da conexão utilizou-se o TIA PORTAL como ponte entre CLP e computador. Foi necessário que se atribuísse um novo endereçamento de IP (Internet Protocol) para o CLP assim estabelecendo a conexão plena. A tela de conexão bem-sucedida do software pode ser visualizada na figura 6. 2921

Figura 6-Tela de conexão CLP computador.



Fonte - PIVETI, SILVA, COSTA E FERRAZ, 2023.

Após a conexão ser estabelecida corretamente, foi necessário que esta fosse brevemente interrompida para a transferência do código elaborado no TIA PORTAL.

É importante destacar que para o correto upload dos dados no TIA PORTAL, é necessário que as telas estejam em sincronia com o equipamento que se quer transferir o código, ou seja, para enviar dados referentes a configuração do CLP, deve-se estar na tela referente a CLP no TIA PORTAL e só então acionar a função de upload de dados.

3.1 DESCRIÇÃO DE FUNCIONAMENTO E CODIFICAÇÃO

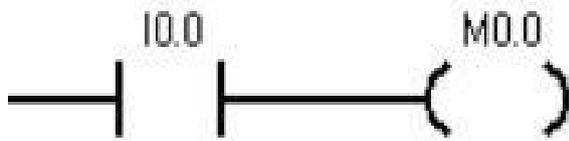
Para a configuração do código a ser executado no CLP foi utilizada a linguagem ladder, muito usada em circuitos de automação. De maneira breve, ao abrir a porta do painel elétrico deve-se enviar um sinal para o CLP indicando que a porta está aberta. Ao receber esse sinal, a lógica programada no CLP inicia um temporizador, que ao fim da contagem envia dois sinais: um destinado a ativar uma tela de advertência na IHM; e um destinado a acionar o sinaleiro conectado ao painel elétrico.

Para que o funcionamento ocorra como o descrito, foram estabelecidos 3 momentos: comunicação sensor mecânico com o CLP, ativação do temporizador e comunicação sinaleiro/IHM. Estes momentos serão descritos nas próximas seções deste trabalho.

3.1.1 Comunicação do sensor mecânico com o CLP

O primeiro momento se inicia com o estabelecimento da comunicação entre o sinal enviado pelo sensor mecânico (simulado por uma tensão de 24v) através da abertura da porta do painel elétrico, e o CLP. Na conexão física do CLP, foi selecionada a entrada Io.o que é responsável por receber o sinal enviado pelo sensor mecânico. Na lógica de programação em Ladder criada no TIA PORTAL, foi definida uma entrada do tipo Normal Aberta (NA) que faz referência à porta Io.o, para identificar o recebimento do sinal enviado pelo sensor. Com o sinal da entrada Io.o acionado, um sinal alto é enviado para uma memória Mo.o, que permanecerá ativa até que o sinal seja interrompido. A programação Ladder referente a este momento pode ser observada na figura 7.

Figura 7 - Entrada NA Io.o conectada à memória Mo.o.



Fonte - PIVETI, SILVA, COSTA E FERRAZ, 2023.

3.1.2 Ativação do temporizador

Esta etapa é fundamentalmente lógica, ou seja, não possui representação física. No momento que a memória Mo.o é acionada, é disparada a contagem em um temporizador do tipo time on delay (TON) onde estipulou-se o tempo de 16 horas para o fim da contagem, representado na figura 8. Após este tempo, um sinal lógico alto é enviado para uma memória Mo.I, conforme representado na figura 9.

Figura 8 - Ativação do temporizador por meio da memória Mo.o.



Fonte - PIVETI, SILVA, COSTA E FERRAZ, 2023.

Figura 9 - Ativação da memória Mo.I por meio do fim da contagem do temporizador



Fonte - PIVETI, SILVA, COSTA E FERRAZ, 2023.

3.1.3 Comunicação sinaleiro e IHM

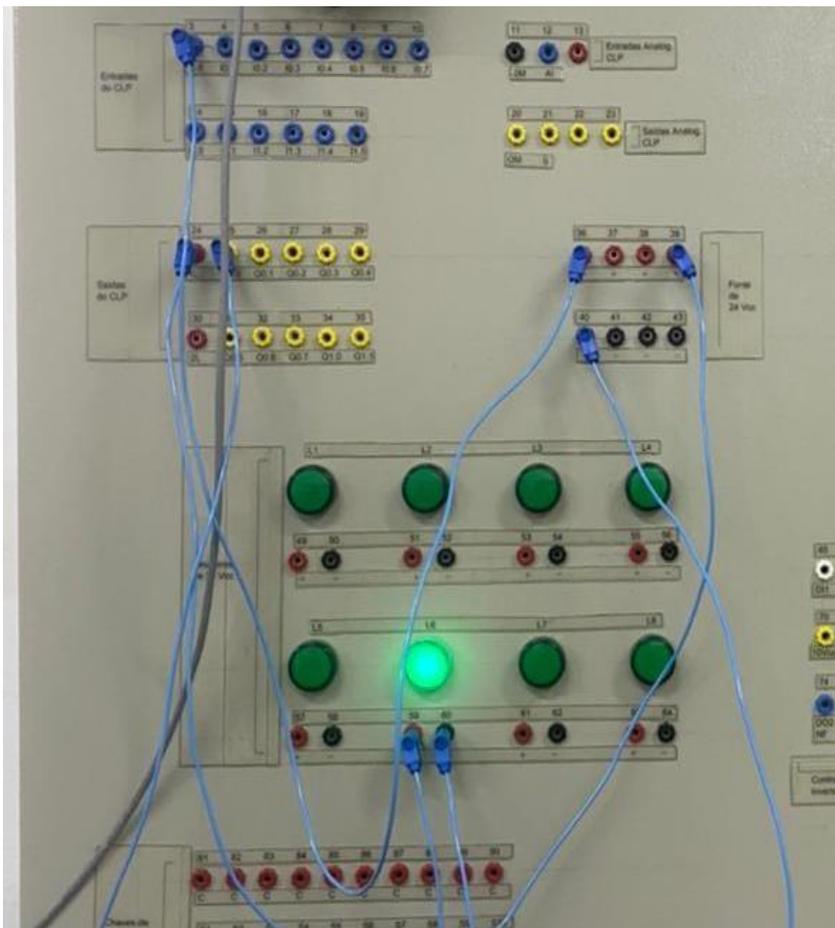
No processo final, a ativação da memória Mo.I estabelece um indicativo de sinal alto para a saída física Qo.o do CLP, que é responsável por fazer o acionamento do sinaleiro. É importante destacar que a utilização deste sinaleiro tem a função básica de indicar visualmente que o alerta foi ativado na IHM. Esta etapa pode ser observada pelo diagrama representado na figura 10 e, na figura 11 observa-se o acionamento físico do sinaleiro.

Figura 10 - Acionamento do sinaleiro através da saída Q0.0.



Fonte - PIVETI, SILVA, COSTA E FERRAZ, 2023.

Figura 11 - Acionamento físico do sinaleiro

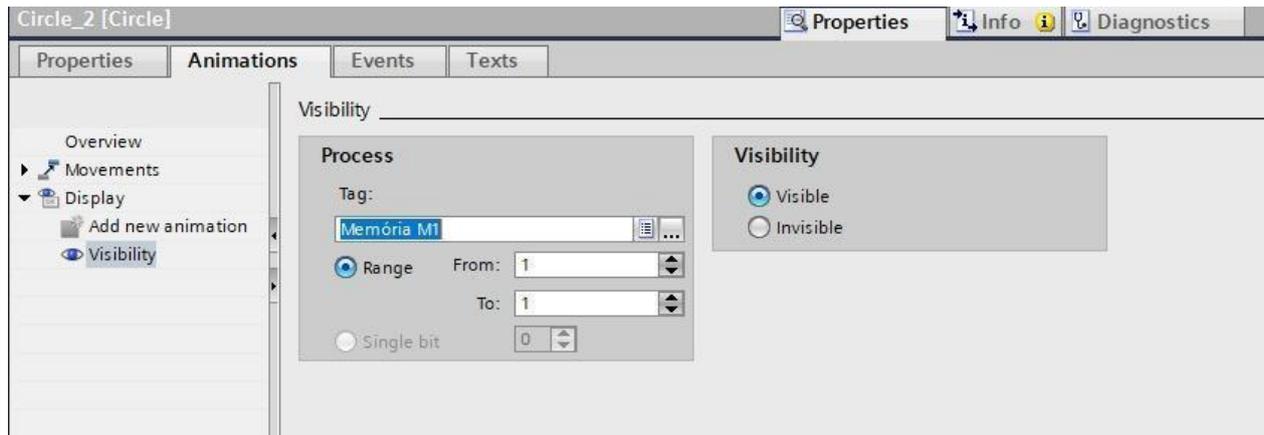


Fonte - PIVETI, SILVA, COSTA E FERRAZ, 2023.

Juntamente com o acionamento do sinaleiro, a ativação da memória Mo.1 também indica o sinal alto para que a IHM realize a animação de mudança para a tela de alerta. Por fim, sinalizando que a porta do painel elétrico está aberta a um tempo maior que o programado. Vale ressaltar que assim que a porta é fechada, o sistema é resetado, zerando o temporizador e retornando para tela inicial da IHM.

Para que a IHM realize a animação de mudança de tela é necessário que um símbolo (neste caso, a memória Mo.1) seja utilizado como referência. Na figura 12, observa-se a tela de animações referentes a IHM com as devidas referências.

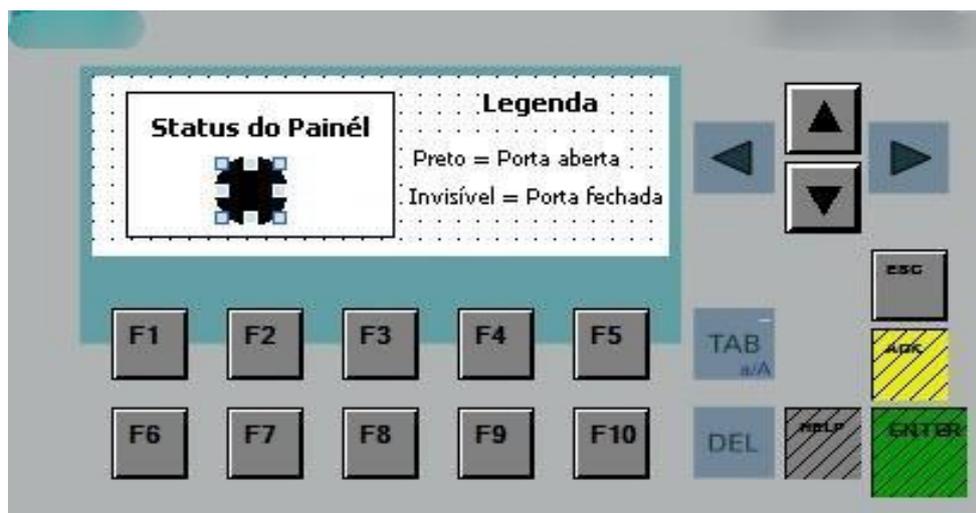
Figura 12 - Tela de animações referente a IHM



Fonte - PIVETI, SILVA, COSTA E FERRAZ, 2023.

Foi inserido também uma figura geométrica que indica a abertura ou fechamento do painel, que é referenciada na memória Mo.1 (Memória M1) como observada na figura 13. Caso a porta do painel esteja aberta por mais tempo que o estabelecido, a IHM representa esta situação com o círculo evidenciado se tornando visível. 2925

Figura 13 - Tela da IHM que representa o status do painel



Fonte - PIVETI, SILVA, COSTA E FERRAZ, 2023.

A tabela que faz a conexão da variável lógica com as animações da IHM pode ser vista na figura 14. Vale destacar que esta seção só pode ser visualizada caso alguma figura como a evidenciada na figura 13 esteja selecionada.

Figura 14 - Tabela de conexões entre variáveis lógicas e animações

Name	Data type	Address	Comment
None			
Memória M0	Bool	%M0.0	
Memória M1	Bool	%M0.1	
Saída Sinaleiro	Bool	%Q0.0	
Sensor	Bool	%I0.0	

Fonte - PIVETI, SILVA, COSTA E FERRAZ, 2023.

2926

No desfecho do processo, a ativação da memória Mo.1 dispara o sinaleiro e a animação de alerta na IHM, indicando que a porta do painel elétrico está aberta por mais tempo do que o programado. A representação visual do status da porta permite identificar facilmente essa condição. Além disso, a conexão entre variáveis lógicas e animações é detalhada para facilitar a compreensão do sistema.

4 PLANEJAMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO E CONSIDERAÇÕES FUTURAS

O escopo deste trabalho se limitou a demonstrar a execução e montagem da solução formulada, por isso, é importante salientar que a implementação futura da solução precisa levar em consideração alguns quatro aspectos: avaliação de compatibilidade, testes pré-implantação, treinamento de equipe e avaliação contínua. Estes aspectos serão descritos nas próximas seções.

4.1 AVALIAÇÃO DE COMPATIBILIDADE

É importante destacar que os recursos e equipamentos usados nesta solução são similares aos disponíveis pela mineradora. Logo, a análise de compatibilidade dos elementos de controle dispostos deve ser levada em consideração (comunicação CLP e IHM), bem como os níveis de tensão permitidos em cada componente. Por exemplo, a ligação do sensor mecânico com a porta de entrada do CLP. O nível de tensão que alimenta o sensor deve ser compatível com a porta de entrada do CLP, caso contrário, os níveis incompatíveis podem ocasionar danos ao equipamento.

4.2 TESTES PRÉ-IMPLEMENTAÇÃO

Para que a implementação em larga escala seja feita, é necessário que as simulações em ambientes controlados operem conforme programado. Os testes realizados em laboratório foram concluídos com êxito, demonstrando eficácia total da solução proposta, tanto no recebimento do sinal do sensor mecânico, quanto na sinalização disposta na IHM.

4.3 TREINAMENTO DE EQUIPE

As equipes responsáveis pela manutenção e operação do novo sistema, devem ser capazes de reconhecer -através de treinamentos- cada sinalização apresentada pela IHM e a simbologia de alarmes utilizada, bem como cada uma das funcionalidades da solução. Além disso, a criação de procedimentos operacionais padronizados em caso de detecção de falhas no processo é crucial para sua implementação.

2927

É fundamental que os responsáveis pela equipe mantenham um fluxo positivo de comunicação com a equipe que lida diretamente com a manutenção de forma a ser possível que a equipe apresente um feedback tanto do processo como um todo como de elementos individuais da operação.

4.4 AVALIAÇÃO CONTÍNUA

Após a implementação há a fase de operação assistida, ou seja, momento em que a solução é acompanhada durante um período de tempo para verificar sua efetividade. Essa etapa é necessária para que possíveis melhorias possam ser realizadas para implementações futuras, assim como, averiguar se a solução é eficaz e se o impacto financeiro mencionado é, de fato, reduzido. Neste momento, é possível observar também, falhas vindas do processo que, em um

instante anterior à implementação da solução, não eram visualizadas com clareza. O processo de implementação permite uma facilitação ao adquirir dados sobre as falhas do processo de manutenção já que está intimamente ligado a ele.

5 CONCLUSÃO

Diante à problemática exposta e a solução apresentada, destaca-se o possível ganho operacional e financeiro com a aplicação do novo processo apresentado. Sua estrutura básica e a reutilização de componentes já presentes nos painéis exemplificam a vantagem econômica na implementação da solução. Além disso, é possível destacar a flexibilidade da solução, já que, dada a estrutura básica mencionada ela se torna passível de adaptação para integrar suas funcionalidades em um sistema supervisor controlado pelo supervisor da área, monitorando as atividades simultaneamente, e permitindo o levantamento de dados no decorrer do processo, possibilitando com esses dados, análises do andamento do processo como um todo. A nova solução possibilita uma maior segurança operacional, a redução nas falhas dos equipamentos que podem causar um impacto financeiro significativo e consequentemente a adequação com as diretrizes da Norma Regulamentadora 12.

2928

5 REFERÊNCIAS

ANTONIO, Marco. Estudo comparativo entre a aplicação de sistemas dedicados e a utilização de controladores lógicos programáveis na automação de sistemas prediais. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-26052004-154102/publico/MarcoAntonioDissertacaoVersaocomCorrecoes.pdf>. Acesso em: 28 maio 2023.

BERTULUCCI, Cristiano. IHM: Saiba quais os Tipos e como Selecionar. Citisystems, 2016. Disponível em: [https://www.citisystems.com.br/ihm/#:~:text=IHM%20para%20substituir%20obotoeiras%20e%20LEDs%20\(OIT\)&text=Também%20é%20chamada%20de%20OIT,ser%20programados%2C%20mas%20bem%20limitados](https://www.citisystems.com.br/ihm/#:~:text=IHM%20para%20substituir%20obotoeiras%20e%20LEDs%20(OIT)&text=Também%20é%20chamada%20de%20OIT,ser%20programados%2C%20mas%20bem%20limitados). Acesso em: 13 julho 2023.

DRUMOND B.. Painel elétrico: o que é, seu objetivo, e tipos de função e montagem. Engenharia Adequada, 2021. Disponível em: <https://adequada.eng.br/painel-eletrico/>. Acesso em: 10 de novembro de 2023.

FRANCHI CM, CAMARGO V. Controladores lógicos programáveis: Sistemas Discretos. 2. ed. São Paulo: Érica, 2013.

MAMEDE J . Instalações Elétricas Industriais. 9nd ed. Rio de Janeiro : LTC, 2018.

NACARATTI, PR. Automação industrial: CLP e robótica industrial. Revista de Trabalhos Acadêmicos - Universo Belo Horizonte Disponível em:

<http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=3universobelohorizonte3&page=article&op=view&path%5B%5D=3813>. Acesso em: 28 maio 2023.

NR 10 - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE. (1978). Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-10-nr-10>. Acesso em: 20 de maio de 2023.

NR 12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. (1978). Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf>. Acesso em: 23 de maio de 2023.

QUESADA R. Controle e automação de processos industriais. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017; 59p.

RIBEIRO, Marco. Automação Industrial. 4nd ed. Salvador - BA: Tek Treinamento & Consultoria Ltda, 2001; 190p.

ROGGIA L, FUENTES R. Automação Industrial. Santa Maria - RS: e-Tec Brasil, 2016; 21p.

VILELA RFT. New taxonomy and model of error sequence process for human error assesment in hydroelectric power systems, PE. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Pesquisa Operacional. Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2013; 5 p.