

**FATEC SBC – FATEC SÃO BERNARDO DO CAMPO
“ADIB MOISÉS DIB”**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**DANILO SILVA DE FREITAS
GABRIEL PACCO MEDEIROS
GABRIEL SILVA DOS SANTOS
THIAGO SOUZA TEIXEIRA**

ORIENTADOR: PROF. ME. MARCO ANTONIO BAPTISTA DE SOUSA

TÍTULO: SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE PRODUÇÃO

**SÃO BERNARDO DO CAMPO
2024**

Sumário

1. Introdução	4
2. Fundamentação teórica	5
2.1 Lean Manufacturing	5
2.2 PCP (Planejamento e Controle da Produção)	6
2.3 OEE (Overall Equipment Effectiveness)	7
2.4 Takt Time	8
2.5 Downtime	8
2.6 CLP (Controladores Lógicos Programáveis)	9
2.7 SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)	10
2.8 Comunicação Serial RS-232	11
3. Metodologia	11
4. Desenvolvimento do projeto	13
5. Testes e resultados	17
6. Considerações finais	20
7. Referências	21

SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE PRODUÇÃO

Danilo S. de Freitas¹, Gabriel P. Medeiros², Gabriel S. dos Santos³, Thiago S. Teixeira⁴,
Prof. Me. Marco Antônio B. de Sousa⁵

Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo
{ danilo.freitas2@fatec.sp.gov.br, gabriel.medeiros5@fatec.sp.gov.br, gabriel.santos335@fatec.sp.gov.br,
thiago.teixeira6@fatec.sp.gov.br, marco.sousa@fatec.sp.gov.br }

RESUMO:

Neste trabalho, foi abordada a importância do Planejamento e Controle da Produção (PCP) na indústria, destacando os benefícios da implementação de tecnologias como o OEE (Overall Equipment Effectiveness) para melhorar a eficiência operacional. Foi proposto o desenvolvimento de um Sistema de Gerenciamento de Produção com foco na metodologia OEE, visando proporcionar uma visão integrada e em tempo real do desempenho dos processos industriais. Foram discutidos conceitos como Lean Manufacturing, PCP, OEE, Takt Time, DownTime e CLP, além da importância da comunicação para troca de dados em tempo real. Foi realizada uma pesquisa qualitativa exploratória, com análise de dados secundários e estudo de casos em uma empresa de embalagens. O projeto consistiu na montagem de um protótipo de simulação de prensas excêntricas, utilizando um CLP OMRON SYSMAC CP1E e sensores para coleta de dados. Foi desenvolvido um sistema supervisorio no Eclipse E3 para monitoramento e análise em tempo real, com telas para configurações, gráficos, relatórios, controle manual, alarmes e indicadores de desempenho. Os testes realizados confirmaram a eficácia da implementação do sistema supervisorio na otimização dos processos produtivos. As considerações finais destacam a importância da tecnologia na indústria, recomendando a integração de soluções de armazenamento em nuvem e sensores avançados para uma manutenção proativa.

Palavras-chave: Sistema supervisorio, *OEE*, *PCP*, *Down Time*, *Takt Time*.

ABSTRACT: In this work, the importance of Production Planning and Control (PCP) in the industry was addressed, highlighting the benefits of implementing technologies such as OEE (Overall Equipment Effectiveness) to improve operational efficiency. It was proposed the development of a Production Management System focusing on the OEE methodology, aiming to provide an integrated and real-time view of the performance of industrial processes. Concepts such as Lean Manufacturing, PCP, OEE, Takt Time, DownTime and PLC were discussed, in addition to the importance of communication for exchanging data in real time. An exploratory

qualitative research was carried out, with secondary data analysis and case studies in a packaging company. The project consisted of assembling a simulation prototype of eccentric presses, using an OMRON SYSMAC CP1E PLC and sensors for data collection. A supervisory system was developed in Elipse E3 for real-time monitoring and analysis, with screens for configurations, graphs, reports, manual control, alarms and performance indicators. The tests carried out confirmed the effectiveness of implementing the supervisory system in optimizing production processes. Final considerations highlight the importance of technology in the industry, recommending the integration of cloud storage solutions and advanced sensors for proactive maintenance.

Keywords: *Supervisory system, OEE, PCP, Down Time, Takt Time.*

1. Introdução

No cenário atual da indústria, onde a competitividade e a busca pela excelência operacional se intensificam, o PCP (Planejamento e Controle da Produção) assume um papel fundamental para o sucesso das empresas. Nesse contexto, a Indústria 4.0 surge como um paradigma transformador, impulsionando a adoção de tecnologias inovadoras em processos produtivos.

No entanto, observa-se que em muitas empresas, a realidade ainda se distancia dessa idealização, a falta de monitoramento em tempo real da produção e a persistência do apontamento manual de dados se tornam obstáculos persistentes à otimização da eficiência e à eficácia operacional.

A ausência de monitoramento em tempo real impede que gestores identifiquem e respondam prontamente a eventuais desvios no processo produtivo, resultando em atrasos, aumento de rejeitos e desperdícios. A tomada de decisão, baseando-se em dados desatualizados ou incorretos torna-se reativa, o que pode levar a falhas na coordenação de atividades e na alocação de recursos. Além disso, os apontamentos manuais de produção são propensos a erros humanos, que podem gerar informações imprecisas sobre a quantidade de produtos fabricados, tempo de produção e utilização de materiais. Esses erros comprometem a confiabilidade dos dados, dificultando a análise de desempenho e a implementação de melhorias contínuas.

Os processos de produção geram um volume alto de dados que precisam ser gerenciados e analisados para tomada de decisões. Os sistemas supervisorios permitem a coleta dos dados e monitoramento em tempo real em uma instalação. As informações obtidas são tratadas e analisadas, fornecendo gráficos de tendência personalizados para o usuário.

Portanto, o objetivo deste trabalho é desenvolver um Sistema de Gerenciamento de Produção capaz de implementar a metodologia *OEE (Overall Equipment Effectiveness)* e fornece uma visão integral e em tempo real do desempenho dos processos industriais, permitindo identificar desperdícios, oportunidades de melhoria e aprimorar a eficiência operacional, além de auxiliar nas tomadas de decisões estratégicas. O sistema permitirá implementar os princípios da manufatura enxuta, aprimorando significativamente a visibilidade e o controle sobre os processos produtivos, a partir da coleta e análise de dados operacionais, como: status de operação de máquinas, motivos de paradas e tempo de ciclo para criação de alertas e elaboração de KPI (*Key Performance Indicators*).

Nesse presente trabalho, propõe-se criar uma aplicação em supervisorio focado no gerenciamento da produção, onde a operação será simulada tendo como base uma produção de estampagem. Utilizando um CLP (Controlador Lógico Programável) para recepção dos sinais coletados pelos sensores localizados nos equipamentos (prensas excêntricas). Sendo possível, perceber os movimentos dos motores, o estado de funcionamento das máquinas e a contagem de ciclos de maneira independente do sistema de operação do maquinário.

É importante destacar a flexibilidade do sistema que será implementado, pois tem a capacidade de ser aplicado a diversos equipamentos que possuem movimentos cíclicos, por exemplo, injetoras, torno revolver etc, não se limitando apenas ao processo modelo. Isso se deve à aplicabilidade geral da metodologia empregada. Além disso, possui a vantagem de não interferir na estrutura e sistema próprio do equipamento a ser aplicado.

2. Fundamentação teórica

2.1 Lean Manufacturing: Segundo Liker (2004, p. 28), "*Lean* é uma maneira de pensar e não um conjunto de ferramentas. É sobre a criação de uma cultura em que todos na organização continuamente melhoram as operações e o próprio processo de melhoria. A chave para o sucesso no *Lean* é o respeito pelas pessoas e a busca incessante pela melhoria contínua”.

A filosofia *Lean Manufacturing* foca na melhoria contínua dos processos, identificando e eliminando desperdícios como tempo improdutivo, superprodução, uso inadequado de matéria prima, falhas logísticas, defeitos nos produtos, retrabalhos, excesso de estoque e atividades desnecessárias ou mal planejadas.

A crescente demanda por competitividade leva as indústrias a buscar constantemente o aprimoramento de seus métodos produtivos. Nesse contexto, torna-se essencial adotar novas filosofias e práticas de gestão, como o *Lean Manufacturing*, que promove a otimização dos processos e a entrega de maior valor aos clientes, garantindo sua satisfação.

2.2 PCP (Planejamento e Controle da Produção): De acordo com Slack (2018, p. 348), "O Planejamento e Controle da Produção é a atividade de planejar e controlar todos os aspectos da produção, desde o planejamento de longo prazo até o controle do andamento da produção no curto prazo. Ele envolve a coordenação de recursos e operações para garantir que os produtos e serviços sejam produzidos conforme planejado, de maneira eficiente e eficaz."

O PCP é uma metodologia essencial para garantir que os processos produtivos sejam conduzidos com máxima eficiência, qualidade e baixo custo. Ele organiza e gerencia o fluxo de trabalho, as etapas de produção e a demanda, garantindo que cada fase seja coordenada de maneira integrada e eficaz.

Na indústria, o PCP desempenha diversas funções, incluindo o controle de estoques de matéria prima, a programação e manutenção de máquinas, além da inspeção de qualidade dos produtos. É um processo contínuo que utiliza ferramentas específicas para auxiliar na gestão e na tomada de decisões, como:

MPS (*Master Production Schedule*): Define o que, quanto e quando produzir em um determinado período.

Programação da Produção: Detalha as etapas de produção, especificando recursos necessários (mão de obra, máquinas, materiais) e o tempo de cada etapa.

Controle de Estoques: Assegura que os materiais corretos estejam disponíveis nas quantidades certas e no momento adequado para a produção.

Controle de Qualidade: Garante que os produtos atendam aos padrões exigidos pelos clientes.

Controle de Manutenção: Prevê e executa manutenções preventivas, evitando falhas e paradas inesperadas.

Sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*): Integram áreas da empresa, fornecendo dados precisos para o PCP.

KPIs (*Key Performance Indicators*): Monitoram o desempenho da produção, identificando oportunidades de melhoria.

No planejamento da produção, os apontamentos registram informações detalhadas sobre o ritmo e a eficiência da operação. Esses dados são vitais para o bom funcionamento do processo produtivo, permitindo que gestores e operadores identifiquem gargalos, otimizem processos e aumentem a produtividade.

As informações coletadas variam conforme as necessidades da empresa e incluem:

Tempo gasto em cada etapa da produção;

Avaliação do desempenho individual e identificação de gargalos;

Monitoramento da produção por turno, linha ou produto;
Identificação de falhas nos processos e oportunidades de melhoria;
Detecção de problemas de manutenção;
Otimização do tempo ocioso e controle de insumos;
Redução de desperdícios.

Embora o PCP foque na organização e otimização do fluxo de trabalho e dos recursos em longo prazo, uma análise mais detalhada da eficiência individual dos equipamentos pode fornecer *insights* valiosos para aprimorar o desempenho produtivo. Para isso, é amplamente utilizada a metodologia *OEE (Overall Equipment Effectiveness)*.

2.3 OEE (Overall Equipment Effectiveness): É uma metodologia desenvolvida pelo autor japonês Seiichi Nakajima, que se destaca como um importante indicador de efetividade global de um equipamento. Ele é essencial para avaliar o desempenho de equipamentos e é um dos principais pilares do TPM (*Total Productive Maintenance*). A metodologia permite calcular a diferença entre a capacidade teórica de produção de um equipamento e o desempenho real que ele entrega, proporcionando uma análise detalhada do tempo efetivamente utilizado na fabricação de peças.

De acordo com Periard (2018, p. 70), "*OEE* é uma metodologia que visa medir a eficácia global dos equipamentos, considerando três componentes principais: Disponibilidade, Desempenho e Qualidade. Através dessa abordagem, o *OEE* ajuda as empresas a identificar perdas operacionais e implementar melhorias contínuas para aumentar a produtividade e reduzir custos com manutenção."

O principal objetivo do *OEE* é aumentar a produtividade e reduzir custos e investimentos com manutenção, através do cálculo de desempenho da operação. Para isso, a metodologia se baseia em três fatores essenciais:

Disponibilidade: Refere-se ao tempo em que o equipamento ou conjunto de equipamentos esteve disponível para a produção, considerando tanto as paradas planejadas e não planejadas, tanto quanto downtime, quanto a taxa de falhas.

Performance: Mede o ritmo de produção do equipamento, comparando a velocidade de fabricação real com o nível de desempenho esperado.

Qualidade: Avalia a quantidade de itens produzidos dentro dos padrões de qualidade, levando em conta os defeitos e produtos não conformes que não podem ser entregues ao cliente.

O cálculo do índice *OEE* é realizado a partir desses três componentes, conforme as seguintes fórmulas:

Disponibilidade (%) = (Tempo de Produção / Tempo Programado para Produzir) * 100%

Performance (%) = (Quantidade Produzida Real / Quantidade Produzida Teoricamente) * 100%

Qualidade (%) = (Quantidade de Itens Bons / Quantidade Total Produzida) * 100%

OEE (%) = Disponibilidade (%) * Performance (%) * Qualidade (%)

Esses índices fornecem uma visão clara e precisa da eficiência dos equipamentos, ajudando as empresas a identificar áreas de melhoria e otimizar seus processos produtivos.

2.4 Takt Time: É um indicador essencial no gerenciamento da produção, pois determina o ritmo necessário para atender à demanda do cliente. De acordo com Slack (2018, p. 123), "O *Takt Time* é a taxa de produção necessária para atender à demanda do cliente. É calculado dividindo o tempo disponível para produção pela quantidade de unidades exigidas pelos clientes nesse período. Ele estabelece o ritmo que a produção deve seguir para equilibrar o fluxo de trabalho com a demanda do cliente."

Este indicador define o tempo ideal para cada ciclo de produção, levando em consideração as paradas planejadas, a fim de evitar tanto o excesso quanto a escassez de produção. O *Takt Time* permite um controle rigoroso sobre a produção, ajustando-a conforme as necessidades do cliente e garantindo que não se produza além do necessário. Além disso, contribui para a preservação da vida útil dos equipamentos e a redução de custos relacionados ao estoque.

O cálculo do *Takt Time* é feito dividindo o tempo total disponível para produção pela demanda do cliente no período:

$$\text{Takt Time} = \text{Tempo disponível para produção} / \text{Demanda do cliente}$$

Para garantir a precisão desse cálculo, é necessário realizar uma cronoanálise detalhada, que envolve o estudo dos tempos e movimentos no processo produtivo. Quanto mais precisa for a coleta de dados, maior será a eficácia do cálculo do *Takt Time*, possibilitando a identificação de ineficiências e a implementação de melhorias nos processos.

2.5 Downtime: De acordo com Michael R. Beauregard (*Process Downtime Reduction*, 2023) "*Downtime* é qualquer período em que a produção é interrompida devido a vários fatores, como falhas de equipamentos, mudanças de configuração, problemas na cadeia de suprimentos ou problemas de pessoal. Pode originar-se de muitas pequenas fontes que, coletivamente, impactam a produtividade e a eficiência geral. O *Downtime* se torna normalizado dentro da força de trabalho e da gestão, muitas vezes passando despercebido e não resolvido, o que pode ter implicações financeiras significativas".

Downtime é o termo utilizado para descrever o tempo em que uma máquina, sistema ou equipamento fica temporariamente inativo. Normalmente ocorre quando é feita uma atualização ou manutenção de um ativo. Também, podendo acontecer paradas emergenciais.

Paradas emergenciais ou não planejadas, trazem grandes prejuízos para a indústria. Portanto, evitar que aconteçam *downtimes* inesperados é de extrema importância para a produtividade de uma empresa. Para reduzir o efeito *downtime* pode ser aplicados alguns cuidados como:

- Controle de infraestrutura: Ter um controle sob a edificação garantirá um ambiente de trabalho seguro, agradável e livre de acidentes.
- Manutenção preventiva: Fazer um plano de manutenção tem como objetivo prevenir paralisações, reduzindo falhas nos equipamentos.
- Treinamento e capacitação: Investir na capacitação de operadores evita o efeito *downtime*, uma vez que deixa os operadores mais preparados para manusear os equipamentos.

2.6 CLP (Controladores Lógicos Programáveis): Petruzella (2014,p.1) "Controlador Lógico Programável é um computador digital especializado, projetado para operar em ambientes industriais e realizar funções de controle, como lógica, temporização, contagem, sequenciamento e controle aritmético. O CLP substitui sistemas de controle tradicionais, como relés, proporcionando maior flexibilidade, confiabilidade e facilidade de manutenção."

A estrutura básica de um CLP inclui:

- Unidade Central de Processamento (CPU): responsável por executar o programa de controle armazenado na memória.
- Memória: armazena o programa do usuário e os dados necessários para a operação.
- Módulos de Entrada/Saída (I/O): permitem a interface com dispositivos externos, como sensores e atuadores.
- Fonte de Alimentação: fornece energia para o funcionamento do CLP e seus módulos.
- Interface de Programação: utilizada para inserir, editar e monitorar o programa de controle.

A construção do CLP é orientada para robustez, modularidade e eficiência em ambientes industriais exigentes. Sua arquitetura permite flexibilidade para diferentes aplicações, sendo um dos pilares da automação.

O CLP utilizado no projeto é de modelo OMRON SYSMAC CP1E (conforme figura 1).



Figura 1 – CLP OMRON SYSMAC CP1E

Fonte: OMRON Corporation. Manual do usuário: CP1E-E14SDR-A. Manualslib. Disponível em: <https://www.manualslib.com/manual/1374849/Omron-Cp1e-E14sdr-A.html?page=108>. Acesso em: 13 ago. 2024.

2.7 SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition): De acordo com William T. Shaw (2014), "SCADA é um sistema de controle utilizado para monitorar e supervisionar processos industriais em tempo real. Ele coleta dados de dispositivos de campo (como sensores e atuadores), transmite esses dados para um centro de controle e permite que os operadores monitorem, controlem e analisem os processos, garantindo eficiência e segurança. O sistema SCADA também oferece funcionalidades de registro de dados, alarmes e relatórios."

Os principais componentes de um sistema SCADA são:

Dispositivos de Campo (Field Devices): São os sensores, atuadores e dispositivos de medição diretamente conectados aos processos. Eles coletam dados em tempo real e os enviam ao sistema SCADA.

Unidade Terminal Remota (RTU - Remote Terminal Unit): A RTU coleta os dados dos dispositivos de campo e os transmite ao sistema central. Em alguns casos, pode realizar o controle local, conforme a configuração do sistema.

Controlador Lógico Programável (CLP): Em sistemas SCADA modernos, os PLCs são essenciais para executar a lógica de controle localmente e transmitir informações para supervisão centralizada.

Sistema de Comunicação: Responsável pela transmissão dos dados coletados da RTU ou CLP ao centro de controle, utilizando redes de comunicação com protocolos como Modbus, entre outros.

Estação de Controle (*Control Station*): Onde os operadores monitoram e interagem com o processo, geralmente através de uma interface gráfica (Interface Homem-Máquina - IHM). Essa estação central também gera alarmes, relatórios e realiza controle remoto dos dispositivos.

Software SCADA: O *software* é o núcleo do sistema, permitindo a visualização dos dados, controle dos processos e integração dos componentes. Ele também gerencia funções como análise de dados históricos, alarmes e registros de eventos.

2.8 Comunicação Serial RS-232: A comunicação serial RS-232 é um padrão amplamente utilizado para a transferência de dados entre dispositivos, como computadores e periféricos, de forma sequencial, *bit a bit*.

A RS-232 opera em modo *full duplex*, o que significa que os dados podem ser transmitidos e recebidos simultaneamente entre os dispositivos conectados. Esse tipo de comunicação é frequentemente utilizado para conectar dispositivos como computadores e equipamentos industriais, permitindo uma troca de informações eficiente e em tempo real. A RS-232 é um dos padrões mais comuns de comunicação serial devido à sua simplicidade e capacidade de interligar dispositivos a distâncias relativamente curtas, com a vantagem de ser amplamente compatível com sistemas existentes

3. Metodologia

A metodologia aplicada no estudo é qualitativa exploratória, com a análise de dados secundários provenientes de livros, artigos acadêmicos e fontes especializadas. A pesquisa foi desenvolvida por meio das seguintes etapas:

Levantamento Teórico: Coleta de informações dos autores mencionados, analisando a aplicabilidade de conceitos de PCP, *OEE*, *Takt Time*, *Downtime*, *SCADA*, CLP e Comunicação Serial em diferentes indústrias. O levantamento será focado em identificar as melhores práticas para a implementação de cada conceito no projeto, analisando os benefícios e desafios encontrados.

Estudo de Casos: A metodologia adotada para esta pesquisa foi baseada em entrevistas e pesquisas realizadas através de formulários, com os supervisores de produção, manutenção e equipe de melhoria contínua de uma empresa que atua no ramo de embalagens plásticas, cujo a divulgação do nome não foi autorizada, utilizando em sua produção injetoras e ferramentas

de aplicação de selo (máquinas cíclicas). O objetivo principal das entrevistas foi analisar as dificuldades e desafios enfrentados pelas empresas devido à falta de um sistema supervisório de produção em tempo real. Durante as conversas, buscou-se entender como a ausência de monitoramento afeta a eficiência operacional, a tomada de decisões e o gerenciamento de processos.

Foram abordados aspectos como, a detecção de falhas, a gestão de paradas não programadas e a necessidade de dados em tempo real para otimizar a produção e reduzir custos operacionais.

As entrevistas (conforme figuras 2 e 3) permitiram identificar em geral dificuldades das empresas que não utilizam um sistema supervisório no processo de produção, como a ineficiência na comunicação entre as equipes de produção e manutenção. Também foram levantadas as implicações da falta de dados precisos e atualizados para a tomada de decisões rápidas e eficazes, o que frequentemente leva a desperdícios de tempo e recursos.

Para a elaboração deste projeto de pesquisa referente ao estudo de caso em questão:

- Recebimento do CLP e fonte de alimentação por meio da doação
- Aquisição dos equipamentos elétricos para protótipo
- Fabricação das peças para a simulação de prensas
- Aquisição dos cabos de comunicação
- Montagem do protótipo
- Programação em *Ladder*
- Testes e correções de montagem
- Elaboração do Sistema Supervisório (telas)
- Comunicação entre *Software/Hardware* via RS-232
- Elaboração do Sistema Supervisório (*scripts*)
- Finalização do Sistema Supervisório (estética)
- Teste de validação



Figura 2 – Entrevista

Fonte: Autorial, 2024



Figura 3 – Entrevista 2

Fonte: Autorial, 2024

4. Desenvolvimento do projeto

O projeto se iniciou com a escolha do processo a ser aplicado, sendo definido como planta de prensas excêntricas, com o recebimento por doação do CLP OMRON SYSMAC CP1E, uma fonte de alimentação 12V e relés de interface, seguido da aquisição dos materiais elétricos e a fabricação das peças utilizadas na montagem do protótipo de simulação de prensas.

Assim, se iniciou a montagem do protótipo, tendo sua base em madeira MDF (*Medium Density Fiberboard*) e canos de PVC (policloreto de vinila) pintados em preto.

Para a simulação das prensas foi utilizado motores de vidro elétrico automotivo (12V) e peças de *nylon* usinadas, acopladas em seu eixo para a realização de movimentos excêntricos. (conforme a figura 4)



Figura 4 – Motor de vidro elétrico e peças usinadas

Fonte: Autorial, 2024

O acionamento dos motores é realizado através de um relé de interface Metaltex que possui uma bobina (24V), pois não foi possível realizar a compra de um relé com bobina (12V) que seria o ideal. Com isso, foi necessário a utilização de uma segunda fonte de (24V). (conforme figura 5).

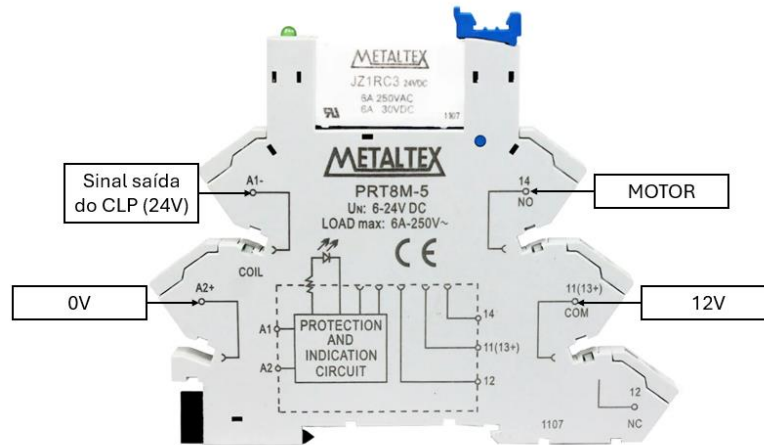


Figura 5 – Esquema elétrico de acionamento do motor elétrico

Fonte: METALTEX. Relé de interface com 1 REV 24VCC/24VCA PRZ-1R-24. Resispar. Disponível em: <https://www.resispar.com.br/autom-industrial/reles-industriais/rele-de-interface-com-1-rev-24vcc-prz-1r-24-metaltex>. Acesso em: 13 ago. 2024.

A coleta de dados é realizada através de sensores magnéticos (MC-38) que consiste em dois componentes que estabelecem continuidade elétrica em sua aproximação. Sendo que, um dos componentes é fixo no guia da prensa, enquanto o outro componente é fixo na haste móvel. Com isso é possível identificar o estado de operação da máquina, detectando possíveis paradas do equipamento, sendo acionado o sinaleiro sonoro/luminoso, de acordo com a programação estabelecida no CLP (conforme a figura 6).

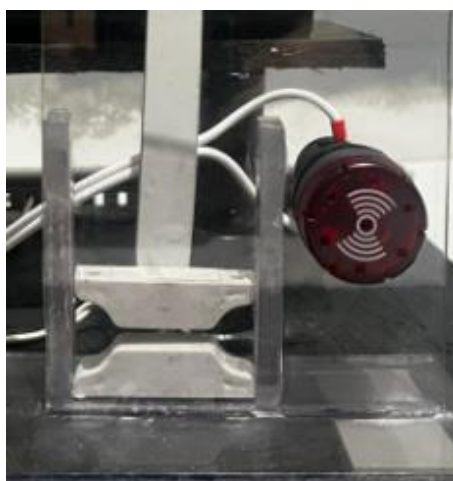


Figura 6 – Sensores e sinaleiro de alarme

Fonte: Autoral, 2024

O CLP é alimentado por tensão alternada 127V e, em suas entradas e saídas o terminal comum é alimentado pela fonte 24V (conforme figura 7). Nele é abrigado o programa realizado em linguagem *Ladder* no *software* CX-PROGRAMMER, onde recepcionará os sinais dos sensores que, de acordo com temporizadores (*TON/TOFF*) presentes na programação, interpretará o estado de parada conforme limites de tempo pré-definidos e é emitido alertas nos sinalizadores, além de utilizar contadores para a contagem de ciclos. O controlador é comunicado com o *software* Elipse E3, através de comunicação serial RS-232 enviando e recebendo dados.



Figura 7 – Montagem do painel elétrico

Fonte: Autoral, 2024

A comunicação entre o *software* e o *hardware* é realizada através de um cabo conversor de via USB (*Universal Serial Bus*) para RS232, em 9600bps. A princípio houve problemas na comunicação por não utilizar o cabo que estabelecia a porta COM correta, isso foi solucionado com a utilização do cabo conversor, que permite a conexão direta com a porta do CLP.

Para a elaboração do Supervisório foi escolhido o Elipse E3, tendo em vista que durante o semestre letivo seria utilizado nas aulas de Sistemas Supervisórios, sendo ministrada pelo nosso orientador Prof. Me. Marco Antônio Baptista de Sousa. Nele foram criadas telas (conforme figura 8) individuais para cada função como:

- *Home*: Tela inicial do Sistema Supervisório;
- Configurações: Configuração de usuários, predefinição de tempo de acionamento de alarme, meta, turno e verificação do *status* da comunicação entre CLP/Supervisório;

- Gráficos: Visualização dos gráficos dos indicadores;
- Automático: Visualização do *status* de operação das máquinas;
- Relatórios: Extração de relatórios de eventos e indicadores
- OP: Geração de Ordens de Produção;
- Manual: Controle manual das máquinas e alarmes;
- Alarmes: Visualização do histórico de acionamentos dos alarmes;
- Históricos: Visualização do histórico de indicadores;
- Eventos: Visualização do histórico de eventos;
- Indicadores: Visualização dos indicadores de cada máquina.



Figura 8 – Tela Home

Fonte: Autoral, 2024

O sistema (conforme a figura 9 e 10) funciona recebendo os dados dos sensores por meio do CLP e executando rotinas de *scripts* desenvolvidas diretamente no Eclipse E3, utilizando a linguagem VBScript. Essas rotinas realizam conversões, cálculos, geração de alertas, cálculo de indicadores e registro de eventos.

Quando uma máquina é identificada como parada, um alarme sonoro é acionado, obrigando o operador a registrar o motivo da parada para que o alarme seja silenciado. Esse evento é registrado em um relatório, permitindo a identificação do operador por meio do usuário informado. Essas informações auxiliam a gerência na análise de dados e na tomada de decisões estratégicas.



Figura 9 – Sistema supervisorío e protótipo

Fonte: Autoral, 2024

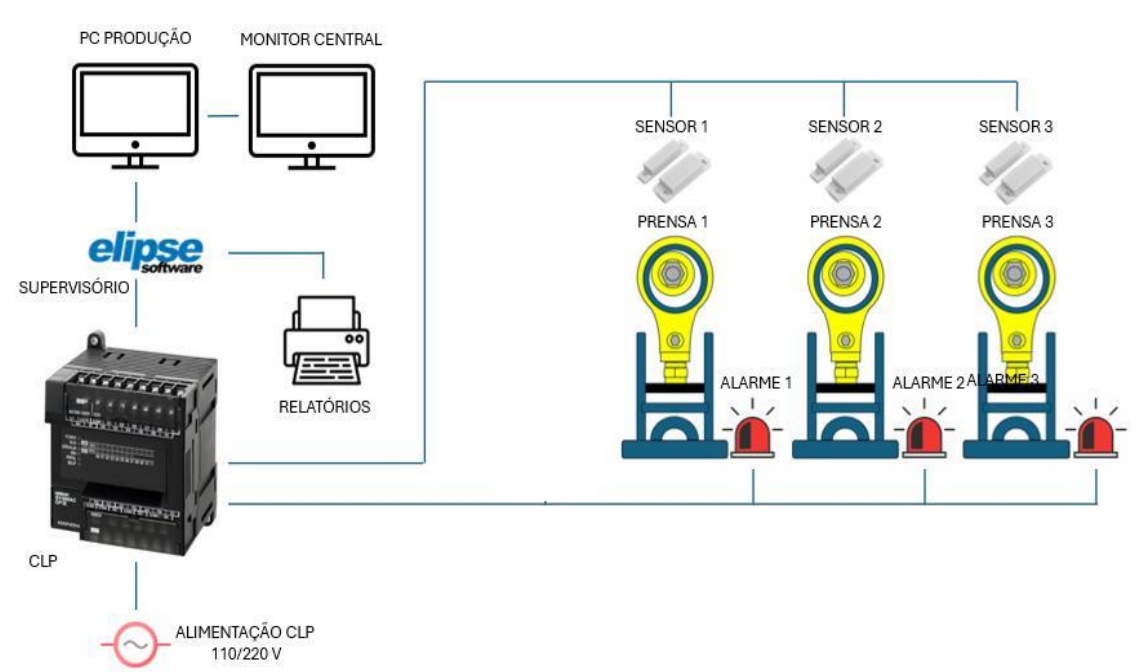


Figura 10 – Arquitetura

Fonte: Autoral, 2024

5. Testes e resultados

Com base nas entrevistas e formulários (conforme figuras 11, 12, 13 14, 15) realizadas com os supervisores de produção e manutenção da empresa mencionada, foi possível identificar os principais desafios enfrentados pela falta de um sistema supervisorío de produção em tempo real.

Um ambiente experimental foi desenvolvido utilizando um Controlador Lógico Programável (CLP), sensores e atuadores integrados a um sistema supervisório. O objetivo foi avaliar a aplicabilidade da coleta e análise de dados em tempo real.

Os testes comprovaram que a implementação de um sistema supervisório pode solucionar grande parte dos desafios relatados pelos supervisores entrevistados, incluindo a dificuldade de monitoramento em tempo real e a ineficiência na comunicação de falhas. Além disso, a aplicação dos indicadores de desempenho reforça a viabilidade de ferramentas como *OEE* e *Takt Time* para aprimorar a gestão da produção.

Esses resultados confirmam as informações obtidas durante as entrevistas e demonstram que a adoção de tecnologias como CLP e sistemas supervisórios é essencial para otimizar processos produtivos em indústrias de pequeno e médio porte.

Cargo na empresa

13 respostas

Técnico de automação
Engenheiro Mecânico
Tec. Automação
Gerente industrial
Supervisor industrial
Coord PCP
Analista de PCP
Supervisor de Manutenção
Líder

Figura 11 – Formulário de pesquisa

Fonte: Google Forms, 2024

Em uma escala de 1 a 10, o quanto o apontamento manual interfere no gerenciamento da produção? (sendo 1, pouca interferência, e 10 muita interferência)

 Copiar gráfico

14 respostas

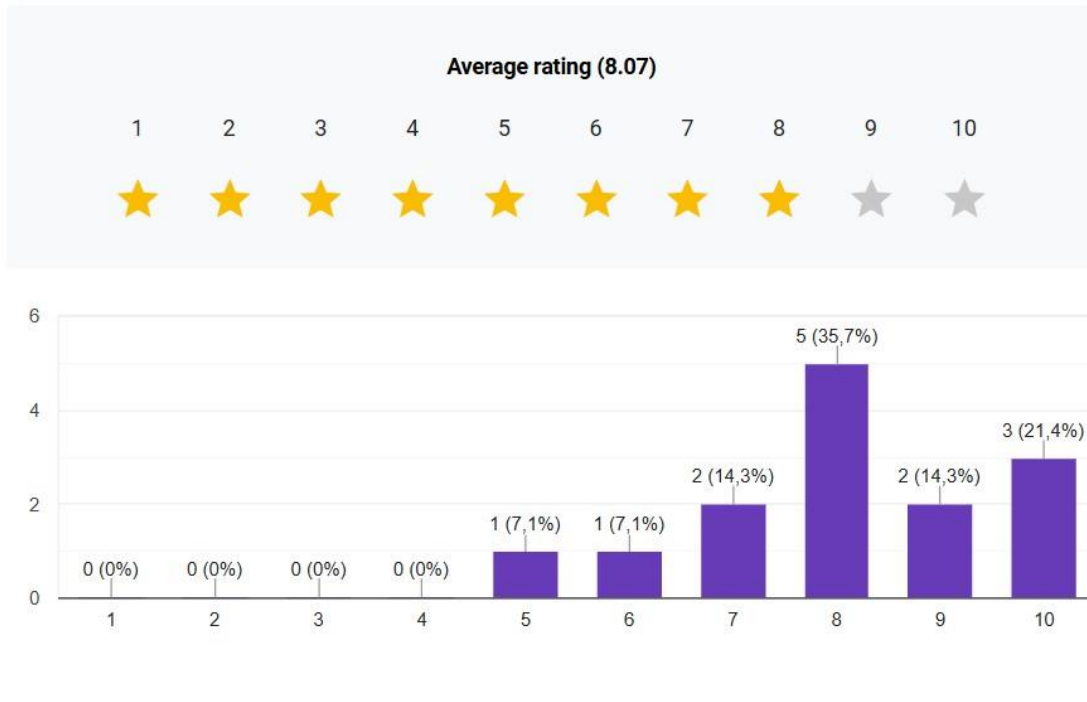


Figura 12 – Formulário de pesquisa

Fonte: Google Forms, 2024

Com a implementação do Sistema supervisor, é possível solucionar a dificuldade de monitoramento em tempo real da produção na indústria?

 Copiar gráfico

14 respostas

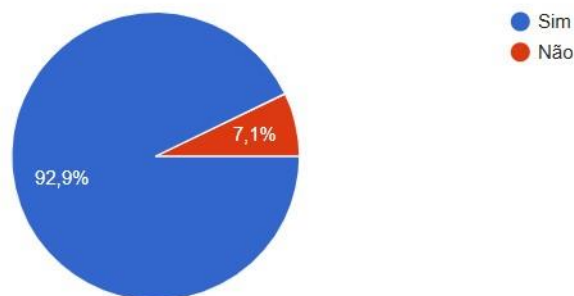


Figura 13 – Formulário de pesquisa

Fonte: Google Forms, 2024

A aplicação dos indicadores no Sistema supervisório como OEE, Takt Time, Down Time, entre outros, reforça a viabilidade para aprimorar a gestão da produção?

 Copiar gráfico

14 respostas

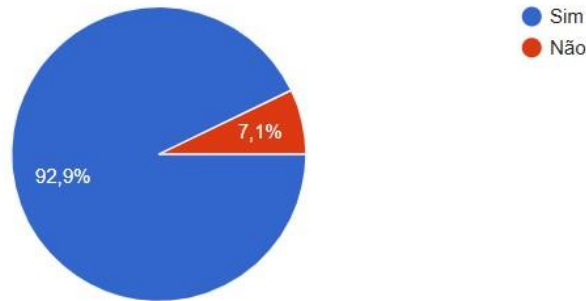


Figura 14 – Formulário de pesquisa

Fonte: Google Forms, 2024

Com suas palavras, descreva a importância da implementação do Sistema supervisório na indústria.

14 respostas

Atuar de forma precisa e eficaz em todos os processos, minimizando os impactos na produtividade, gerando melhor desempenho produtivo e aumentando a confiabilidade dos clientes finais.

A importância seria facilidade da equipe de campo verificar cada equipamento, suas medições, que hoje em dia fazemos manuais.

Melhor acompanhamento e decisões pra melhoria no processo em geral

Importante para indústria não ter tantas perdas dos seus produtos. Melhoraria a produção e com mais qualidade.

A utilização de sistema na indústria facilita a coleta de dados assim como a acuracidade dos mesmos. Acesso a dados com mais rapidez faz com que seja possível tomar decisões com mais eficiência e mais assertivas, melhorando o OEE operacional.

Melhoria na produtividade. Agilidade na resolução do problema

A implementação do Sistema supervisório na industrialização é otimização de tempo e recursos financeiros. funções mais humanizadas. entre outros.

Figura 15 – Formulário de pesquisa

Fonte: Google Forms, 2024

6. Considerações finais

O objeto de estudo analisou a aplicabilidade de sistemas supervisórios de produção em tempo real na indústria, considerando os desafios enfrentados pela ausência de ferramentas tecnológicas integradas à gestão da produção.

Os testes realizados confirmaram a viabilidade e os benefícios da implementação de sistemas supervisórios baseados em *SCADA* e *CLP*, com suporte de indicadores como *OEE*, *Takt Time* e *Down Time*. Esses sistemas se mostraram eficazes na redução de paradas não planejadas, aumento da eficiência produtiva e alinhamento do ritmo de produção com as demandas dos clientes.

Com base nos resultados obtidos, é evidente que a adoção de tecnologias de automação e supervisão industrial é indispensável para empresas que buscam aumentar a competitividade e a sustentabilidade de suas operações.

Recomenda-se, ainda, a integração de soluções de armazenamento em nuvem para centralizar e proteger os dados gerados, promovendo maior acessibilidade e confiabilidade nas análises. Além disso, a adoção de sensores avançados que mensurem informações como vibração, temperatura e pressão pode contribuir para uma manutenção mais proativa, auxiliando na coleta de dados para indicadores como *MTBF* (*Mean Time Between Failures*) e *MTTR* (*Mean Time to Repair*). Essas práticas potencializam a previsão e a resolução de falhas, garantindo maior disponibilidade e eficiência dos equipamentos.

Por fim, sugere-se a continuidade deste estudo com a aplicação prática das soluções propostas em ambiente industrial real, ampliando a análise para outros setores produtivos e explorando novas tecnologias emergentes na área de automação industrial.

7. Referências

- ADV Tecnologia. **PCP: O que é e como funciona?** Disponível em: <https://www.advtecnologia.com.br/pcp/>. Acesso em: 28 mai. 2024.
- ALTUS SISTEMAS. **Sistema Supervisorio: Aumente a Produtividade da sua Empresa.** Disponível em: <https://www.altus.com.br/post/528/sistema-supervisorio-produtividade-empresa>. Acesso em: 21 mai. 2024.
- ANTUNES, Junico. **Sistemas de produção.** São Paulo: Editora ABC, 2018.
- BEAUREGARD, Michael R. **Process Downtime Reduction: How to Minimize Waste from Breakdowns, Set-Ups...** Nova York: Editora ABC, 2019.
- ELETROGATE. **Sensor Magnético MC-38.** Disponível em: <https://www.eletrogate.com/sensor-magnetico-mc-38>. Acesso em: 25 mai. 2024.
- EPR Consultoria. **Takt Time: O que é e como calcular.** 2024. Disponível em: <https://eprconsultoria.com.br/takttime/#:~:text=Takt%20Time%20%C3%A9%20o%20tempo,ao%20longo%20da%20sua%20produ%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 28 mai. 2024.
- ELIPSE SOFTWARE. **Elipse E3.** Disponível em: <https://www.elipse.com.br/produto/elipse-e3/>. Acesso em: 27 mar. 2024.
- Lean Manufacturing: **Manufatura Enxuta.** Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/lean-manufacturing-manufatura-enxuta/>. Acesso em: 14 mai. 2024.

LIKER, Jeffrey K. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

Material Nomus. **Apresentação PCP**. Disponível em:

https://material.nomus.com.br/apresentacaopcp?utm_source=google&utm_medium=ppc&utm_campaign=campanha-auto&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw3ZayBhDRARIsAPWzx8ras8Fhmr-VMh-qRT8EIRneXa333c1Wcze12bdBE8fqkjtRl53cGkaAsk0EALw_wcB. Acesso em: 28 mai. 2024.

OEE Brasil. **Como calcular o OEE**. Disponível em: <https://oe.com.br/como-calcular-o-oe/>. Acesso em: 28 mai. 2024.

OEE Brasil. **O que é OEE?** Disponível em: <https://www.oe.com.br/o-que-e-oe/>. Acesso em: 28 mai. 2024.

O que é Downtime. Disponível em: <https://keepfy.com/blog/o-que-e-downtime/>. Acesso em: 06 jun. 2024.

O que é Takt Time. Disponível em: <https://businessmap.io/pt/fluxo-contínuo/o-que-e-takt-time>. Acesso em: 28 mai. 2024.

OMRON. **CP1E**. Disponível em: <https://industrial.omron.pt/pt/products/cp1e>. Acesso em: 02 abr. 2024.

PERIARD, José Braga. **OEE Aplicado**. São Paulo: Editora Érica, 2018.

PETRUZELLA, Frank D. **Controladores lógicos programáveis**. AMGH; 4ª edição (1 jan. 2014)

Produção enxuta. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/blog/producao-enxuta>. Acesso em: 14 mai. 2024.

SILVA, Edilson Alfredo da. **Introdução às linguagens de programação para CLP**. São Paulo: Editora ABC, 2020.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

Sydle. **Planejamento e controle da produção**. Disponível em:

<https://www.sydle.com/br/blog/planejamento-e-controle-da-producao-618d56762c9828380c0f398f>. Acesso em: 28 mai. 20

Shaw T. William **Cybersecurity for SCADA Systems**, PennWell Corporation, 2014.