

ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS EMPRESARIAIS
Instituto Politécnico de Viana do Castelo

**Análise da Aplicação de um Sistema de Execução da Produção (MES) – em
uma Empresa do sector Automóvel**

Bruno Miguel Gonçalves de Matos

Abril, 2024

ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS EMPRESARIAIS

Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Análise da Aplicação de um Sistema de Execução da Produção (MES)

– em uma Empresa do setor Automóvel

Bruno Miguel Gonçalves de Matos

Relatório Final, realizado no âmbito do mestrado de Logística APNOR

Orientador Interno: Professor Doutor Wellington Alves

Agradecimentos

Em primeiro lugar um agradecimento especial à minha família que me apoiou ao longo da execução do mestrado e por todos os valores que me inculcaram ao longo da minha vida. Quero agradecer à minha mãe pela força e confiança que depositou em mim numa fase menos boa da minha vida, agradecer ao meu pai pelo exemplo de determinação, profissionalismo e proteção, o qual tento seguir com orgulho. Agradecer ao meu irmão por todos os bons momentos que temos partilhado juntos, com a esperança que continuem a repetir-se eternamente, também agradecer à minha namorada por toda a paciência, apoio e carinho durante toda esta fase de resolução do mestrado e que este seja mais um objetivo cumprido dos tantos que temos planeados juntos. De seguida agradecer aos meus avós maternos e à minha madrinha e respetiva família, que desde sempre têm acompanhado o meu percurso de vida, académico e profissional, pelo apoio e afeto que têm demonstrado por mim.

Por fim agradecer a toda a estrutura do IPVC, mais propriamente da Escola Superior de Ciências Empresariais (ESCE) pelas condições oferecidas que me permitiram atingir o grau de mestre e também a todo o corpo docente que se cruzou comigo nesta caminhada da minha vida, mais individualmente ao professor Wellington que me acompanhou até ao fim do processo do mestrado.

Resumo

Nos últimos anos, a necessidade da digitalização dos processos, tem sido um ponto fortemente discutido nas agendas das organizações a nível global, isto deve-se a capacidade computacional e diferentes configurações no relacionamento entre pessoas e máquinas está associado ao paradigma da Indústria 4.0.

Num mercado tão dinâmico e veloz como o mercado do setor automóvel um sistema MES é “obrigatório” nas empresas do setor. Estes sistemas permitem uma visão detalhada sobre todo o processo de fabrico das empresas, permitindo assim que perante as alterações fora do planeamento, os gestores possam tomar medidas de modo a corrigir ou alterar o processo de fabrico para melhorar o desempenho e assim atingir os objetivos predefinidos.

Tendo em conta a importância da digitalização dos processos para a competitividade e eficiência dos diversos setores industriais, e em um mercado que cada vez se apresenta mais exigente, competitivo e revolucionário a existência de um sistema *Manufacturing Execution System* - MES eleva o nível operacional da empresa, bem como a deteção de defeitos a melhorar e posteriormente a aplicação de ações corretivas. O MES é um software que permite ao gestor de produção ter uma visão ampla do chão de fábrica em tempo real e a obtenção e análise de dados automaticamente, também possibilita o rápido e fácil fluxo de informações com o chão de fábrica, tornando mais ágeis as atuações da gestão e operacionais, a fim de reduzir as perdas durante os processos produtivos.

Posto isto, o objetivo deste projeto é analisar o impacto da aplicação de um sistema MES recolhidos numa empresa de produção de componentes industriais para a indústria automóvel, também como identificar as barreiras e dificuldades à implementação, ações corretivas e objetivos a alcançar com esta implementação.

Quanto às principais dificuldades de implementação de um sistema MES destacam-se o investimento monetário, criação de um modelo padrão para aplicar no chão de fábrica, consolidação das ligações de transferência de dados entre sistemas e formação dos operadores de produção face aos novos procedimentos.

Palavras-chave: *Manufacturing Execution System*; Indústria 4.0; *Lean Manufacturing*; Cadeia de abastecimento.

Abstract

In recent years, the need to digitize processes has been a hot topic on the agendas of organizations worldwide. This is because computing power and different configurations in the relationship between people and machines are associated with the industry 4.0 paradigm.

In a market as dynamic and fast-paced as the automotive sector, an MES system is a "must" for companies in the sector. These systems provide a detailed overview of the company's entire manufacturing process, allowing managers to take measures to correct or alter the manufacturing process to improve performance and achieve predefined objectives when changes occur outside of planning.

Given the importance of digitizing processes for the competitiveness and efficiency of the various industrial sectors, and in a market that is increasingly demanding, competitive, and revolutionary, the existence of a Manufacturing Execution System (MES) raises the company's operational level, as well as detecting defects for improvement and subsequently applying corrective actions. MES is software that allows the production manager to have a broad view of the shop floor in real time and to obtain and analyze data automatically. It also allows for the quick and easy flow of information with the shop floor, making management and operational actions more agile to reduce losses during production processes.

That said, the aim of this project is to analyze the impact of implementing an MES system in a company producing industrial components for the automotive industry, as well as to identify the barriers and difficulties to implementation, corrective actions, and objectives to be achieved with this implementation.

The main difficulties in implementing an MES system include monetary investment, creating a standard model to apply on the shop floor, consolidating data transfer links between systems and training production operators in the new procedures.

Keywords: Manufacturing Execution System; Industry 4.0; Lean Manufacturing; Supply Chain.

Índice

AGRADECIMENTOS	3
RESUMO.....	4
ABSTRACT	5
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 ENQUADRAMENTO	11
1.2 OBJETIVOS	12
1.3 ESTRUTURA	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 LOGÍSTICA E GESTÃO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO	13
2.2 A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E A INDÚSTRIA 4.0	13
2.3 LEAN MANUFACTURING	14
2.4 TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NAS CADEIAS DE ABASTECIMENTO	17
2.5 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO NAS CADEIAS DE ABASTECIMENTO	17
3. ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL	19
3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	19
3.2 ANÁLISE PRÉ-IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA MES	19
3.3 ANÁLISE PÓS-IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA MES	23
4. PROPOSTA DE MELHORIA	32
4.1 ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DA DISPONIBILIDADE DAS MÁQUINAS	32
4.2 ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DOS DADOS DAS PARAGENS	33
4.3 ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DO FLUXO DE INFORMAÇÃO DA PRODUÇÃO	38
4.4 FERRAMENTA 5W2H COMO PROPOSTA DE MELHORIA	40
5. CONCLUSÕES	42
5.1 CONCLUSÕES FINAIS	42
5.2 PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	43

REFERÊNCIAS.....	44
APÊNDICE.....	46
MODELO 5W2H – DIFICULDADES/PROBLEMAS DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA MES	46

Lista de Figuras

Figura 1 - Fluxo de dados produtivos em pré-implementação do sistema MES	20
Figura 2 - Visualização das justificações de paragens no monitor	24
Figura 3 - Fluxo de dados produtivos pós-implementação do sistema MES	27
Figura 4 - Equipamento de leitura de códigos	28
Figura 5 - Etiqueta informativa da produção	28
Figura 6 - Visualização de um monitor instalado no chão de fábrica	29
Figura 7 - Análise comparativa entre o pré e o pós implementação do MES	37
Figura 8 - Visualização dos estados das máquinas	38

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Modelo 5W2H	15
Tabela 2 - Dados disponibilidade das máquinas em 2022	21
Tabela 3 - Dados das paragens por motivo de paragem de 2022	22
Tabela 4 - Dados gerais das paragens em 2022	22
Tabela 5 - Comparação entre os dados da folha de produção e o MES	24
Tabela 6 - Quantidade e percentagem por tipo de erro do MES	25
Tabela 7 - Legenda da codificação por tipo de erro	26
Tabela 8 - Dados disponibilidade das máquinas em 2023	29
Tabela 9 - Dados das paragens por motivo de paragem de 2023	30
Tabela 10 - Dados totais das paragens em 2023	30
Tabela 11 - Dados disponibilidade das máquinas de 2022 vs 2023	32
Tabela 12 - Nº de paragens por motivo de paragem de 2022 vs 2023	33
Tabela 13 - Tempos de paragem por motivo de paragem de 2022 vs 2023	35
Tabela 14 - Média da Duração por Paragem por Motivo de Paragem	36
Tabela 15 - Dados comparativos de 2022 vs 2023	37
Tabela 16 - Resultados do modelo 5W2H	40
Tabela 17 - Duração média da resolução por tipo de erro	41

Lista de Abreviaturas e Símbolos

ERP	Enterprise Resource Planning - Planeamento de recursos empresariais
ESCE	Escola Superior de Ciências Empresariais
GDL	Gestão da Distribuição e Logística
JIT	Just-in-time
MES	Manufacturing Execution Systems - Sistema de Execução da Produção
SCM	<i>Supply Chain Management</i>
TD	Transformação digital
TPS	Toyota Production System

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado o tema do projeto “Análise da Aplicação de um Sistema de Execução da Produção – em uma Empresa do setor Automóvel” no âmbito do 2ºano do mestrado APNOR em Logística da Escola Superior de Ciências Empresariais do Instituto Politécnico de Viana do Castelo.

Em primeiro lugar é feito um enquadramento ao projeto sobre a implementação de um sistema MES¹ numa empresa da indústria automóvel, seguido dos objetivos e a estrutura do mesmo.

A metodologia utilizada neste relatório é totalmente quantitativa, uma vez que a maioria dos dados analisados e retirados são quantificáveis, permitindo análises numéricas e cálculo de indicadores.

Posto isto, o objetivo deste projeto é analisar o impacto da aplicação de um sistema MES recolhidos numa empresa de produção de componentes industriais para a indústria automóvel, também como identificar as barreiras e dificuldades à implementação, ações corretivas e objetivos a alcançar com esta implementação.

1.1 Enquadramento

A globalização e evolução da tecnologia transformaram acentuadamente o procedimento de como são feitas as compras, fabricação e comercialização de produtos e com estes fenómenos a competitividade passou a ser mundial (CHIAVENATO, 2020).

Paralelamente à evolução da indústria evolui a tecnologia, transformando e digitalizando toda a cadeia de abastecimento das empresas para que evoluam e se mantenham competitivos quanto aos concorrentes. A competitividade cria assim pressão nas empresas para que otimizem ao máximo todos os seus recursos e continuem à procura de evoluir com o objetivo de oferecer o melhor produto/serviço ao consumidor final (Pinto, 2008).

O *Lean Manufacturing* surge do conceito de pensamento *lean* (melhoria contínua) aplicado à indústria, onde é considerado um sistema de gestão que ao envolver ferramentas de gestão, produção e qualidade elimina desperdícios cria valor no produto final (Pinto, 2008).

Neste sentido, as empresas procuram formar e especializar os seus colaboradores na cultura de *Lean Manufacturing* que tem como objetivo maximizar o desempenho das empresas. Este tem um papel de “antídoto para o desperdício”, desperdício este considerado um recurso usado

¹ MES - *Manufacturing Execution Systems* - Sistema de Execução da Produção.

indevidamente como o aumento de custos, desaproveitamento do tempo útil e a diminuição do valor para o cliente (J. P. Womack & Jones, 1997).

Tendo em conta a necessidade de digitalizar o fluxo de informação e o fluxo de materiais dentro do processo de fabrico, este projeto foi desenvolvido numa empresa que se dedica à produção de componentes industriais para a indústria automóvel. Pelo facto de a empresa produzir mais de 50 referências de produto final em mais de 30 máquinas e estar em constante crescimento e evolução, surge a necessidade de implementação de um sistema MES.

1.2 Objetivos

Este projeto tem como objetivo a implementação de um sistema MES numa empresa da indústria automóvel, com vista à automatização de processos e redução de desperdícios. De forma específica, para que se consiga dar resposta ao objetivo principal, os seguintes objetivos foram o analisar o atual cenário da empresa; perceber as principais dificuldades de implementação do sistema MES, como também os principais erros gerados pelo sistema MES; propor um conjunto de melhorias no processo de fabrico de modo a rentabilizar os recursos e reduzir desperdícios.

1.3 Estrutura

Este relatório está dividido em 5 capítulos: o capítulo 1 apresenta Introdução e enquadramento ao tema do projeto e relação com a realidade da empresa em questão. O capítulo 2 Referencial Teórico - enquadramento teórico referente à indústria 4.0 e sistemas MES. No capítulo 3 – Análise da Situação Atual - análise à implementação do sistema MES da empresa em estudo, tendo foco nos objetivos, barreiras à entrada, dificuldades e requisitos; apresentação dos cenários pré e pós-implementação do sistema MES, com dados complementares. O capítulo 4 - Proposta de Melhoria - análise aos resultados apresentados no ponto anterior sobre a evolução da empresa e vantagens da implementação de um sistema MES. Por fim o capítulo 5 – Conclusões - conclusão final do projeto e apresentação de trabalhos futuros e melhorias a implementar para maximizar a eficiência de um sistema MES.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentado o enquadramento teórico relativamente aos temas da logística e cadeia de abastecimento; as revoluções industriais e a indústria 4.0; *lean manufacturing*; sistemas de informação na cadeia de abastecimento.

2.1 Logística e Gestão da Cadeia de abastecimento

O conceito de logística é definido como um processo de planeamento, implementação e controlo dos fluxos de materiais/produtos, serviços e informação relacionada, desde o ponto de origem ao ponto de consumo (Crespo de Carvalho, J. et al., 2010). Ainda segundo o autor a gestão da cadeia de abastecimento é descrita como a gestão de atividades que acrescentam valor ao produto desde a origem da cadeia de abastecimento (fornecedor) até ao fim da mesma (cliente), eliminando tudo o que não adiciona valor ao produto.

Segundo o *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP) a logística define-se como parte integrante da cadeia de abastecimento responsável por planear, implementar e controlar o eficiente e eficaz fluxo direto e inverso e as operações de armazenagem de bens, serviços e informação relacionada entre o ponto de origem e o ponto de consumo do cliente (CSCMP 2011).

A cadeia de abastecimento representa todas as atividades que acrescentam valor ao produto como medida macro comparativamente á logística, sendo esta última definida pelos fluxos de materiais e informação entre as atividades/processos da cadeia de abastecimento.

2.2 A Revolução Industrial e a Indústria 4.0

As revoluções industriais, desde já constatadas, iniciaram-se com a primeira revolução industrial em 1780, tendo durado quase 200 anos. Esta contribuiu com a máquina a vapor inicialmente utilizada na produção de tecidos (DRATH & HORCH, 2014).

Antes de todas as revoluções industriais as organizações produziam os seus produtos manualmente. O artesanato era uma das principais atividades que consistia na produção de um artigo trabalhado com técnicas artesanais e manuais. Entretanto, uma das dificuldades deste tipo de produção é garantir a padronização da produção, pois nunca são produzidos dois produtos iguais. Para além disso deste tipo de produção resultam custos de produção elevados, baixa produtividade e a consistência da qualidade do produto final (Womack et al., 1992).

A segunda revolução industrial iniciou-se 100 anos depois, contribuindo com a ideia do processo de linha de produção contínua (DRATH & HORCH, 2014). Ainda segundo o autor a terceira revolução industrial surge em 1960 e revelou o controlador lógico programável que permitiu desde então a programação digital de sistemas de automação. Por fim a quarta revolução industrial surge em 2011 na Alemanha, apresentando o termo “Indústria 4.0”.

A transformação da indústria 4.0, contribuiu para a construção de redes inteligentes, focada na criação de produtos, procedimentos e processos inteligentes. Este processo de transformação tem contribuído para transformação das cadeias de abastecimento tradicionais e surgimento de fábricas inteligentes (KAGERMANN et al, 2013).

Após as revoluções industriais e consecutivamente alterações nas cadeias de abastecimento, surge a necessidade de as empresas evoluírem constantemente e aplicarem melhorias sempre que estas mesmas justifiquem uma valorização para a empresa.

2.3 Lean Manufacturing

Por volta de 1950, Taiichi Ohno engenheiro da Toyota, desenvolveu um sistema capaz de transmitir para a organização a necessidade do mercado e acima de tudo mais económico. Este sistema tinha como objetivo responder à situação económica japonesa na altura e à concorrência dos mercados externos (Monden, 1983; Ohno, 1988). Para ser possível a abordagem ao tema do *Lean Manufacturing* é essencial a apresentação dos conceitos de *Toyota Production System* (TPS²).

As ferramentas Lean tem como objetivo eliminar desperdícios, para agregar mais valor para o cliente (Hodge, Goforth Ross, Joines, & Thoney, 2011). De acordo com Monden (2011), esta abordagem foca-se na redução e eliminação de desperdícios, adaptando-se à procura do mercado assentando assim em 4 principais pilares:

- *Just-in-time* (JIT³) – consiste num planeamento de produção com base nas encomendas dos clientes, em termos de prazos e quantidades.
- *Jidoka* – tem como objetivo impedir que produtos com defeito cheguem ao cliente, sendo identificados ao longo do processo produtivos pelas máquinas ou pelo operador.

² TPS – *Toyota Production System* – Sistema de Produção Toyota.

³ JIT – *Just-in-Time* – Planeamento a partir do momento da encomenda.

- *Shojinka* – procura incitar as empresas a adaptarem o número de trabalhadores mediante as encomendas por parte dos clientes e distribuir as funções dos trabalhadores mediante as necessidades da produção.
- Pensamento criativo – possibilita que os operadores participem em iniciativas de melhoria do processo produtivo, partilhando com sua experiência de que modo é que esta iniciativa pode ser implementada.

Entre as diversas ferramentas *lean manufacturing*, a ferramenta 5W2H foi utilizada neste relatório como ferramenta de análise no capítulo 4. Esta ferramenta caracteriza-se por permitir planear a implementação de ações de melhoria, além de poder ser usado em qualquer processo de decisão. A sua aplicação permite obter resposta a 7 perguntas como indica na tabela 1 abaixo: quem (who), onde (where), o quê (what), quando (when), porquê (why), como (how) e quanto (how much). Posto isto o problema é identificado, planeia-se a sua resolução e é apresentada uma solução.

Tabela 1 - Modelo 5W2H (fonte:(Velichkovska & Jovanoski, 2021.))

Método 5W2H	Questão	Resposta
O quê?	O que é o problema/oportunidade?	- O problema é uma disposição ineficiente das máquinas que impõe um transporte desnecessário do produto e expõe os trabalhadores a situações de risco durante a execução das tarefas de trabalho. - Existe uma oportunidade para melhorar a eficiência do processo de embalagem, alterando a disposição das máquinas.
Porquê?	Porque é que este problema ocorre?	-Devido à disposição das máquinas necessárias para efetuar as tarefas
Onde?	Onde o problema?	-- O problema surge durante o transporte do produto para embalagem, medição e marcação.
Quem?	Quem é afetado por este problema?	- Os empregados envolvidos no processo, que coletivamente despendem muito tempo e distância, são afectados. - Outro processo e funcionários que utilizam parte do mesmo equipamento. - A organização devido ao potencial não utilizado.
Quando?	Quando é que este problema ocorre?	-Ao transportar o produto de uma posição de trabalho para outra.
Como?	Como é que se define este problema? (com que parâmetros)	Analisando o processo através da aplicação: - Gráfico para operações standard - Matrizes de/para - Ferramenta CRAFT para melhorar a apresentação - Tempo, distância e custos de execução das actividades
Como (quanto, por quanto tempo)?	Quão comum é este problema?	-Com cada entrega do produto, uma esponja em rolo

- **O quê? (What)**

Apresenta detalhadamente em que consiste o projeto em questão, para que todos os envolvidos possam perceber exatamente qual é o assunto/tema do projeto.

- **Porquê? (Why)**

A esta pergunta é respondido e apresentado o propósito do projeto em questão, percebendo qual o motivo pelo qual as pessoas envolvidas e a empresa devem investir o seu tempo e valores monetários, respetivamente.

- **Onde? (Where)**

Neste ponto é identificado onde deve ser o ponto de ação do projeto, no caso de um projeto de melhoria qual o foco de origem de um problema. Após identificado esse local seja ele físico ou virtual é nele que vai incidir a estratégia optada.

- **Quando? (When?)**

No caso da implementação de um projeto este ponto permite definir datas por etapas para que estas sejam cumpridas. Na identificação de um problema esta pergunta solicita resposta a quando é que o problema foi identificado.

- **Quem? (Who?)**

São definidos nesta etapa quais os profissionais envolvidos responsáveis por cada uma das etapas do projeto.

- **Como? (How?)**

Neste ponto é apresentado o método de resolução do problema para que os intervenientes possam trabalhar em equipa nas etapas que assim o solicitarem.

- **Quanto? (How much?)**

No caso de projetos é quantificado os custos e investimentos necessários para a execução, não são necessariamente monetários, podem ser apresentados como o nº de horas gasto por cada interveniente.

2.4 Transformação Digital nas Cadeias de Abastecimento

A Transformação Digital pode ser definida como a soma de tecnologias que transformam os processos anteriormente físicos em processos parciais ou totalmente tecnológicos. A TD⁴ ocorre quando novas estruturas de negócio podem ser consolidadas por várias inovações digitais (KRIMPMANN, 2015).

Segundo Vial (2019) a TD é o processo que tem como objetivo melhorar as atividades nas organizações com foco na combinação de tecnologias de informação, computação, comunicação e conectividade, permitindo assim novas formas de colaboração entre os diversos intervenientes. A TD apresenta-se assim como potencializadora de inovação e desempenho das organizações, transformando intervenientes, organizações e sociedade (VIAL, 2019). Ainda dentro da TD surge a capacidade de rastreabilidade dentro da cadeia de abastecimento, podendo este processo de implementação ser demorado e dificultado devido aos vários intervenientes envolvidos no processo (Bosona e Gebresenbet, 2013).

Existem barreiras de valor quando uma inovação não consegue ser percecionada de uma forma positiva em que crie valor acrescentado perante tecnologias já estabelecidas, não acreditando que uma inovação possa vir a ter potencial. Por outro lado, as barreiras relacionadas com o risco inerente de uma inovação de um produto estão ligadas à incerteza de que a mesma possa vir a comprometer a segurança e a fiabilidade da cadeia de abastecimento como um todo (Thompson e Rust, 2023).

Na maioria das transformações digitais, as mesmas exigem sistemas de informação aplicados às cadeias de abastecimento, com o objetivo de acompanhar todo o processo de fabrico desde o fornecedor até ao cliente final.

2.5 Sistemas de informação nas cadeias de abastecimento

Tendo em conta o aumento de competitividade no mundo empresarial, as empresas sentem necessidade de evoluírem, investindo em tecnologias digitais e informatização da informação (Felsberger et al., 2020).

Esta evolução está fortemente relacionada com a digitalização de processos, forte capacidade computacional e diferentes configurações no relacionamento entre pessoas e máquinas está associado à Indústria 4.0 (Girão, 2016; Jaskó et al., 2020).

⁴ TD – Transformação Digital

A implementação de sistemas da informação e comunicação nas empresas busca maximizar os desempenhos de produtividade, qualidade, velocidade, flexibilidade e gestão das operações (Ricky & Kadono, 2020; Vargas & Sellitto, 2016).

Uma das soluções capazes de oferecer este tipo de características, gerir, monitorizar e sincronizar todo o fluxo produtivo de uma empresa é um Sistema MES (Jaskó et al., 2020; Negri et al., 2020).

No que se refere ao sistema MES, que será o foco deste relatório, o objetivo é permitir um acompanhamento digital de um processo de transformação de matéria-prima em produto acabado com funcionalidades de recolha de dados, distribuição de informações, realização de análises de acordo com as necessidades da gestão e por fim a apresentação de resultados para a tomada de decisão (D'Antonio et al., 2017).

A adesão à implementação de um sistema MES pode contribuir para resolver tal lacuna de comunicação entre a administração e o chão de fábrica (Mantravadi & Møller, 2019). Ainda segundo Mantravadi & Møller (2019) como o MES é um sistema de apoio à fabricação, o mesmo permite um rápido acesso aos dados de operações do processo produtivo através do uso de tecnologia de informação, tornando-se assim uma ferramenta de tomada de decisões.

O MES potencializa o retorno do sistema ERP⁵ para uma empresa, uma vez que acrescenta dados para a execução do planeamento (Neuhaus et al., 2014; Souza et al., 2021). Também permite um rápido e fácil acesso ao chão de fábrica, tornando mais ágeis as atuações de gestão e operacionais, a fim de reduzir as perdas durante os processos produtivos (Jaskó et al., 2020).

Com a utilização de um sistema MES a gestão visualiza as informações necessárias em tempo real para gestão do planeamento de produção, com atribuição dos recursos, simultaneamente à execução das atividades produtivas (Wang et al., 2018). Neste sentido, a implementação contribui para reduzir custos provenientes das operações, atingir alto nível de qualidade e sustentar sólidas decisões, através da troca de informação em tempo real (Neuhaus et al., 2014).

Toda a informação recolhida e que circulam pelo sistema MES em tempo real, de acordo com o estado atual do processo e da qualidade do produto, possibilitam que tomadas de decisão sejam aplicadas com rapidez para evitar descontrolos na produção (D'Antonio et al., 2017).

⁵ ERP- Enterprise Resource Planning - Planeamento de recursos empresariais.

3. ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

3.1 Apresentação da empresa

A empresa em questão dedica-se à produção de componentes industriais para o setor automóvel. Foi fundada em 2017 e situa-se no distrito de Viana do Castelo.

Neste momento, a empresa já conta com mais de cem colaboradores, distribuídos pelos mais variados departamentos.

Devido ao seu crescimento e evolução ao longo dos anos, surgiu a necessidade da implementação de um sistema MES com o objetivo de auxiliar a produção. Este sistema permite à empresa a partilha de dados entre as máquinas e os órgãos de gestão em tempo real.

3.2 Análise Pré-implementação do sistema MES

Desde a sua origem a empresa em questão contava com várias máquinas de produção, em menor volume inicialmente, crescendo gradualmente ao longo dos anos.

O registo de produção no período pré-implementação era realizado manualmente através de um documento em formato papel designado como “folha de produção” pelos operadores de produção, como demonstra a figura 3, onde continha as seguintes informações registadas: designação da máquina, número da ordem de fabrico, tabela das paragens e tabela de peças rejeitadas.

Pelo operador na linha da máquina em questão era preenchido: o dia, o turno, quantidade de peças produzidas, quantidade de peças rejeitadas, motivo da rejeição, tempo de paragens e motivo das paragens.

No final de cada turno cada operário fazia os registos finais de cada uma das suas máquinas e colocava numa caixa fixada à entrada do departamento de produção, como indicado na figura 2. O responsável de produção tinha como função a inserção da produção no sistema ERP, através dos dados apresentados nas folhas de produção, no dia seguinte à data da produção.

Esta operação dá origem a tempo de espera entre o momento de produção e a inserção dos dados, visto que a produção era inserida no dia seguinte ao da produção, gerando também um maior tempo entre a produção e a análise dos órgãos de gestão. Estes tempos exagerados para a transmissão de dados até ao ERP provoca uma falsa noção da realidade do chão de fábrica.

Quanto aos estados de funcionamento das máquinas, eram extremamente visuais, sempre que o responsável de produção ou outro membro administrativo necessitava de perceber e analisar o estado da máquina teria que estar no seu campo de visão.

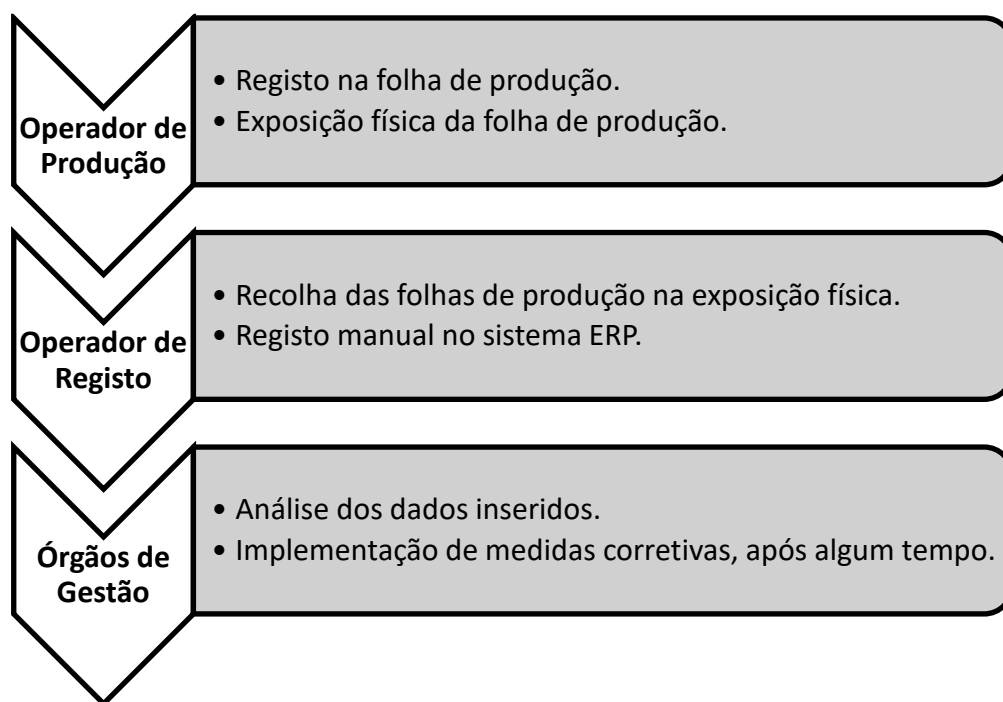


Figura 1- Fluxo de dados produtivos em pré-implementação do sistema MES

Em suma, a dificuldade de analisar indicadores em tempo real e perceber quais as máquinas que precisavam de intervenção por não estarem a desempenhar o seu papel a 100% não era possível, uma vez que a recolha de dados não era feita em tempo real. Neste sentido, seria necessário sempre tempo para análise dos dados, para que depois se pudessem tomar medidas, o que resultava num maior tempo de ineficiência por parte das máquinas entre a origem de um problema e a implementação de medidas corretivas a esse problema.

Com o objetivo de calcular os recursos disponíveis, foi feito um levantamento de dados referente ao tempo disponível no ano de 2022. A tabela 2, apresenta os dados do ano de 2022, que foi escolhido pela falta de implementação do sistema MES no período desse ano. Foi verificado que no total dos dias úteis, assumindo 3 turnos por dia e 8h por turno, resultam 6 048h para cada máquina. Visto que em 2022 a empresa continha 49 máquinas, o tempo total verificado foi de 296 352h, que face a 37 659h do total de tempo registado de paragens resulta numa disponibilidade de tempo das máquinas de 87,29%.

Tabela 2- Dados disponibilidade das máquinas em 2022.

Turnos de Trabalho	2022
Nº dias úteis	252
Nº turnos/dia	3
Nº horas/turno	8
Nº horas disponíveis	6048
Nº máquinas	49
Nº horas totais	296 352
Tempo paragem total (horas)	37 659
Tempo útil total (horas)	258 693
Disponibilidade Máquinas	87,29%

Conforme os dados apresentados na Tabela 3, pode se perceber que no total de paragens foram relatadas 13 364 paragens no ano de 2022 e 37 659 horas em que as máquinas estiveram paradas.

Relativamente aos dados por motivos de paragens foram retirados o número de paragens e as horas de paragem. Conforme apresentado na Tabela 3 foi verificado que os 3 motivos com mais número de paragens são: troca de ferramenta (7 797), avaria (2 698) e manutenção preventiva (586), quanto às horas de paragem os motivos com mais frequência são: troca de ferramenta (19 482h), avaria (8 201h) e manutenção preventiva (1 727h).

No que se refere à duração (horas) por paragem foi possível perceber que os motivos em que as paragens são mais longas em média são: intervenção técnica (5,21h), pico corrente (5,06h) e ensaios/testes (4,92h).

Estes resultados implicam um menor tempo no estado de produção por parte das máquinas, mas para além disso, no período pré-implementação do sistema MES, as análises aos estados das máquinas e consecutivas ações corretivas face às paragens acima apresentadas, só eram definidas após algum tempo. Isto contribuía para uma pior eficiência no contexto individual e coletivo do chão de fábrica.

Quanto aos totais do número de paragens, foi apurado um total de 13 364 paragens, que corresponde a um total de 37 659h de paragem e uma média de 3,64h por paragem, todos eles dados retirados em 2022 e sem implementação do sistema MES, como é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Dados das paragens por motivo de paragem de 2022.

	Nº Paragens	Horas Paragem	Duração (horas)/Paragem
PARAGEM INDETERMINADA	1	2	2,00
FALTA MATÉRIA	37	181	4,90
FALTA PEÇAS	53	226	4,26
INTERVENÇÃO TÉCNICA	61	318	5,21
ENSAIOS/TESTES	68	335	4,92
LANÇAMENTO	130	395	3,03
PROBLEMA INFRAESTRUTURAS	164	551	3,36
MONTAGEM	220	717	3,26
FALTA FERRAMENTAS	251	963	3,83
PICO CORRENTE	283	1 431	5,06
FALTA OPERADOR	437	1 513	3,46
ESPERA DE OF	578	1 620	2,80
MANUTENÇÃO PREVENTIVA	586	1 727	2,95
AVARIA	2 698	8 201	3,04
TROCA FERRAMENTA	7 797	19 482	2,50
TOTAL	13 364	37 659	3,64

No que se refere aos dados gerais das paragens em 2022, a Tabela 4 apresenta por turno 19 paragens, aproximadamente 52h de paragem por turno e uma média de 2,82h por paragem.

Tabela 4- Dados gerais das paragens em 2022.

Valor médio:	2022
Paragens / turno	19
Horas de paragem / turno	52,16 h
Horas / paragem	2,82 h

Em suma, ao analisar os resultados e face à carga produtiva já bastante elevada, foi possível analisar que os recursos não estavam a ser utilizados na totalidade de forma a maximizar o rendimento. A disponibilidade total ao longo de 2022 foi de 87,29% e algo teria de ser mudado para melhorar este resultado. Foi neste sentido que foi proposto a implementação de um sistema MES de apoio à produção, com o objetivo de melhorar o desempenho global da organização.

3.3 Análise Pós-implementação do sistema MES

Com o objetivo de aumentar o rendimento do fluxo produtivo a empresa optou pela implementação do sistema MES no início do ano de 2023, tendo adquirido todos os equipamentos necessários num período de preparação no ano anterior.

Inicialmente foi instalado o sistema MES em duas das três secções de máquinas: secção A e secção B. Em cada uma das máquinas da secção B foi instalado um *LOGO*⁶, com a finalidade de se poder analisar também em tempo real alguns indicadores das máquinas.

Posto isto, existem quatro estados automáticos emitidos pelas máquinas:

- **Produção:** a máquina encontra-se em produção.
- **Pronta a produzir:** a máquina não apresenta nenhum erro nem problema e está pronta para produzir.
- **Carregamento de matéria:** a máquina encontra-se a introduzir matéria-prima no carregador.
- **Paragem indeterminada:** a máquina apresenta um erro e por algum motivo para de produzir.

Quanto às máquinas da secção A, o LOGO já estava presente na própria máquina. Sempre que a paragem considerada “paragem indeterminada” ultrapassa os 3 minutos de duração, o sistema exige a justificação ao operador, quando no início da paragem o estado da máquina não é alterado.

Posto isto, o operador dispõe de uma lista definida de justificações (figura 3), para que selecione a justificação que mais se adequa à paragem em causa. Para além das 4 paragens automáticas anteriormente apresentadas, estão disponíveis as seguintes paragens:

- **Troca ferram/afinação:** Troca ou afinação de ferramentas.
- **Aquecimento/Secagem:** Aquecimento e secagem no arranque da máquina.
- **Avaria:** Avaria da máquina.
- **Fecho:** Fim de semana.
- **Falta Ferram/Material:** Falta de ferramentas ou matéria-prima.
- **Problema Infra:** Problema de infraestruturas.

⁶ LOGO - Dispositivo que recebe os dados produtivos e estados da máquina e envia para o MES.

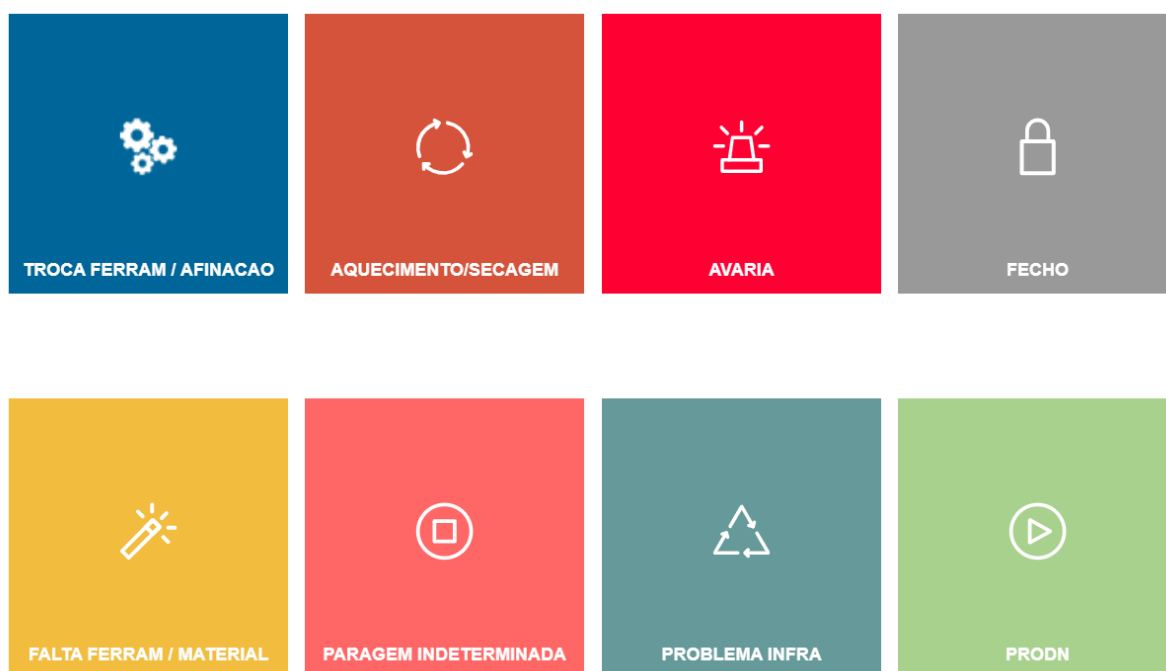


Figura 2 - Visualização das justificações de paragens no monitor.

Posto isto, o responsável pela inserção da produção no ERP começou a comparar a produção introduzida automaticamente pelo MES e a produção registada na folha de produção. Considerando o registo da folha de produção 100% correto, retiraram-se os seguintes resultados:

Tabela 5 - Comparação entre os dados da folha de produção e o MES.

	EFICIÊNCIA (%)		EFICIÊNCIA QUANT. (%)	
	PROD	REJ	PROD	REJ
MES	83,05%	60,99%	87,65%	37,95%

Com o objetivo de calcular a eficiência foram analisados dois indicadores quanto à introdução correta da produção com a utilização do sistema MES. A eficiência refere-se a percentagem exata de quantidade inserida pelo MES em comparação com a folha de produção no mesmo turno, no mesmo dia e pelo mesmo operador. A eficiência quantidade, no intervalo de tempo do ano de 2023, compara a quantidade total inserida pelo MES com a quantidade total da folha de produção.

O objetivo de analisar estes dois indicadores, foi perceber se havia dados que eram registados na folha de produção comparativamente ao declarado pelo sistema MES ao longo do período experimental, para que fossem tomadas decisões corretivas perante este cenário. Como a eficiência

quantidade não se apresenta a 100%, podemos analisar que existiu quantidade que foi declarada na folha de produção e não foi transmitida para o MES pelo operador.

Como se pode analisar na tabela 5, em termos de eficiência o total de produção apresenta um valor de 83,05% e a rejeição apresenta um valor de 60,99%, o que significa que do total da produção 83,05% foi inserida pelo MES corretamente quanto a todos os critérios que a constituem (dia, turno, operário, etc.). Quanto à quantidade da rejeição os resultados mostraram que 60,99% dos dados foram inseridos automaticamente pelo MES 1 cumprindo todos os critérios que caracterizam a produção (dia, turno, operário, etc.).

Quanto à eficiência quantidade apresenta na totalidade da produção um valor de 87,65%. Quanto à rejeição, o valor total da quantidade rejeitada no MES sobre a quantidade total rejeitada nas folhas de produção, apresenta um valor de 37,95%.

Com o objetivo de analisar as frequências relativa e absoluta pelo tipo de erro do sistema MES neste relatório foi apresentada a Tabela 6. Desde a implementação do MES, foi analisado diariamente todos os registos de produção, sempre que algo foi detetado como erro ou problema do MES foi reportado pelo responsável de produção ao responsável do *supply* e este último reportava ao centro IT da central do grupo ao qual a empresa pertence. Este processo de comunicação é fundamental para que os dados estivessem a ser introduzidos corretamente e dentro na normalidade temporal, sendo que por vezes o motivo exigia uma resolução mais demorada pelo departamento de IT da central do grupo. Aquando deste acontecimento as análises aos dados tinham de ter em conta estes erros.

Tabela 6 - Quantidade e percentagem por tipo de erro do MES

Tipo de erros	Nº erros	Percentagem
RIP	5	11%
AEP	3	7%
IPSOE	3	7%
ELE	2	5%
RSE	1	2%
CEM	5	11%
ETD	25	57%
TOTAL	44	100%

Após análise da existência de erros durante o funcionamento diário foi realizado um levantamento do registo das ocorrências. Os resultados são apresentados na Tabela 6, onde pode-se verificar que existiam 44 erros de vários tipos que comprometeram o bom funcionamento de algumas operações do MES.

Tabela 7 - Legenda da codificação por tipo de erro.

Codificação	Descrição do tipo de erro
RIP	Registo Incorreto Produção
AEP	Apresentação errada da produção
IPSOF	Início produção sem OF
ELE	Erro leitura de etiquetas
RSE	Registo stock errado
CEM	Contagem errada monitor
ETD	Errada transferência de dados

A análise por tipo de erro possibilitou também verificar que de forma individual o erro com mais frequência ao longo do período de utilização do MES a “Errada transferência de dados”, com uma frequência absoluta igual a 25, que representam 57% da totalidade dos erros. Este tipo de erro ETD representa todas as transferências de dados entre o sistema MES e o ERP ou no sentido inverso. Dentro deste tipo de erro, o motivo com mais presença são os erros de inserção de produção em que estão registados no MES, mas não se apresentam nos registos do ERP.

Em segundo lugar, apresentam-se os seguintes erros com mais frequência: “Registo Incorreto Produção” e “Contagem errada monitor”, ambos com 5 registos que representam 11% da totalidade de erros individualmente.

Os erros RIP surgem da errada transferência da quantidade da produção do MES para o ERP, estes apresentam-se com 5 ocorrências ao longo do período de análise. Os erros CEM representam todos os erros em que a quantidade apresentada no monitor MES não reflete a quantidade real produzida. Este erro da contagem errada no monitor também foi identificado algumas vezes aquando da introdução da ordem de fabrico no respetivo monitor da máquina, apresentando uma quantidade bastante superior à quantidade real.

Em terceiro lugar da ordem decrescente de percentagem de ocorrências, apresentam-se os erros: “Apresentação errada da produção” e “Início de produção sem OF”, ambos com 3 ocorrências no período analisado, representando 7% do total cada um.

Os erros AEP surgem da apresentação de uma quantidade negativa na quantidade de peças produzidas, totalmente distante do real, devido a algum erro do software. Os erros IPSOF incluem todos os erros de transferência do número da OF do sistema ERP onde são geradas, para o sistema MES, em que não existe neste último qualquer visualização da OF gerada, como se não existisse.

Em quarto lugar apresenta-se o erro “Erro leitura de etiquetas” com 2 ocorrências, que representam 5% da totalidade das ocorrências. Este erro designado de ELE é constituído pelos erros de leitura do *Qr Code* das etiquetas sejam elas originadas pela impressora ou pelo software.

Por último foi analisado na tabela 5, o erro com menos incidências designadas de “Registo stock errado”, foi identificado uma vez representando 2% do total. O erro RSE representa os erros da transferência da quantidade produzida para stock.

Com a implementação do sistema MES no processo produtivo da empresa, o fluxo de dados sofreu uma melhoria significativa, como por exemplo a digitalização do processo de registo de produção e facilitando o acesso dos colaboradores envolvidos aos acontecimentos produtivos em tempo real, tal como refere na figura 4.

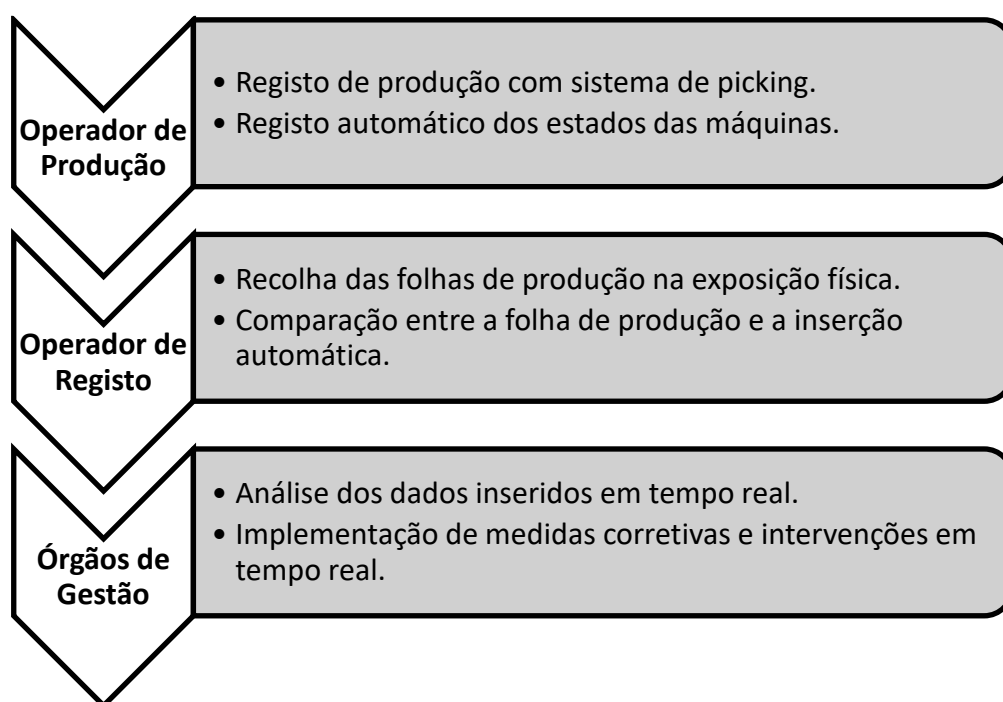


Figura 3- Fluxo de dados produtivos pós-implementação do sistema MES.

No que se refere ao processo de *picking* do registo de produção, este depende da utilização de um equipamento de leitura de códigos (figura 5), no caso um código QR, para efetuar a leitura das etiquetas informativas da produção (figura 6).

Este procedimento permite que no momento seguinte ao *picking*, seja registado no sistema MES, com a informação da quantidade produzida, data e hora de produção, operário, máquina, ordem de fabrico, referência e número da etiqueta de produção.



Figura 4 - Equipamento de leitura de códigos

21/07/22 15:51	Article : 151213 - -	Gamme :
	Désignation : 151213	Révision :
	Quantité théorique par lot : 365	OF n°: 1220008652
	Fiche de production n°: 22000079186	Date de lancement prévisionnelle : 04/04/2022

Figura 5 - Etiqueta informativa da produção.

Para além disso, para a realização da atividade de registo de produção o operador dispõe de um monitor junto à máquina que opera, para que consiga acompanhar em tempo real o estado da máquina, bem como as seguintes informações conforme apresentado na figura 7:

1. Máquinas disponíveis naquele monitor.
2. Turno.
3. Hora.
4. Operador.
5. Ordem de fabrico.
6. Ordem de fabrico fase.
7. Quantidade da ordem de fabrico.
8. Quantidade produzida (por turno/por OF).
9. Quantidade de peças boas (por turno/por OF).
10. Quantidade de peças rejeitadas (por turno/por OF).
11. Quantidade teórica por cesto.
12. Quantidade no cesto em curso.
13. Performance da máquina.
14. Disponibilidade da máquina.
15. Justificações máquinas.



Figura 6 - Visualização de um monitor instalado no chão de fábrica.

Neste relatório, os dados de disponibilidade de 2023 foram recolhidos, após a implementação do sistema MES, os resultados mostram uma disponibilidade de 94,36% das máquinas. Num ano em que houve 250 dias úteis e considerando os 3 turnos diariamente com 8h de trabalho cada, resultam em 6 000h totais. Quanto ao número de máquinas, mantiveram-se em 49, permitindo que no total do ano houvesse 294 000h de trabalho, constatando com 16 595h de tempo total de paragens, que resultaram 277 405h de tempo útil anual total considerando todas as máquinas.

Tabela 8 - Dados disponibilidade das máquinas em 2023.

	2023
Nº dias úteis	250
Nº turnos/dia	3
Nº horas/turno	8
Nº horas disponíveis	6000
Nº máquinas	49
Nº horas totais	294000
Tempo paragem total	16595
Tempo útil total	277405
Disponibilidade Máquinas	94,36%

Quanto aos dados dos motivos de paragem, conforme apresentado na tabela 10, foram apresentados os totais de 4 420 paragens ao longo do ano de 2023, 16 595h de paragem e uma média de 6,45h por paragem.

Tabela 9 - Dados das paragens por motivo de paragem de 2023.

	Nº Paragens	Horas Paragem	Duração (horas)/Paragem
PARAGEM INDETERMINADA	7	35	5,00
FALTA MATÉRIA	33	327	9,90
FALTA PEÇAS	53	229	4,32
INTERVENÇÃO TÉCNICA	12	117	9,75
ENSAIOS/TESTES	9	50	5,56
LANÇAMENTO	31	35	1,13
PROBLEMA INFRAESTRUTURAS	32	158	4,93
MONTAGEM	87	98	1,13
FALTA FERRAMENTAS	93	146	1,57
PICO CORRENTE	42	576	13,72
FALTA OPERADOR	75	573	7,65
ESPERA DE OF	20	451	22,53
MANUTENÇÃO PREVENTIVA	52	87	1,67
AVARIA	892	4 152	4,65
TROCA FERRAMENTA	2 982	9 561	3,21
TOTAL	4 420	16 595	6,45

Após a análise dos registos de paragens, pode-se verificar que as paragens com maior frequência foram: a troca de ferramenta (2 982), avaria (892) e falta de ferramentas (93). Quanto às horas de paragem o top 3 dos motivos com mais horas de paragem foram: troca de ferramenta (9 561h), avaria (4 152h) e pico corrente (576h), como indica a tabela 8. Este resultado pode ser justificado pelo desgaste excessivo de ferramentas, quanto às paragens de troca de ferramenta e falta de ferramentas, mas também cria um alerta para análise por parte da gestão para a redução do número de paragens e dos números de horas por paragem destes motivos.

Quanto à avaria e pico de corrente deve ser analisado pela equipa de manutenção que intervém nas máquinas e a procura de uma solução energética, respetivamente.

Tabela 10 - Dados totais das paragens em 2023.

	2023
Média paragens / turno	7
Média horas de paragem / turno	26,71
Média horas / paragem	3,75

Relativamente aos dados totais das paragens (Tabela 10) de 2023, foram apresentadas a média de paragens por turno (7), a média de horas de paragem por turno (26,71h) e a média de horas por paragem (3,75h).

4. PROPOSTA DE MELHORIA

Após a implementação do sistema MES, foram propostas melhorias ao processo e consequentemente a aprovação de todas as alterações ao processo, foram apresentadas as análises comparativas entre o ano de 2022 e 2023.

Posteriormente à recolha dos dados, foram analisados os temas da disponibilidade das máquinas, os motivos das paragens, os problemas identificados na implementação do MES e alteração do fluxo de informação dos dados de produção.

4.1 Análise das alterações da disponibilidade das máquinas

Em ponto de comparação entre 2022 (sem implementação do sistema MES) e o ano de 2023 (com implementação do sistema MES), foram analisados os dados, que estão apresentados de forma resumida na tabela 11. Em comparação dos dados entre os dois anos, os resultados mostraram uma diferença negativa em relação aos dias úteis de 2022 para 2023, o que reduz assim o número de horas totais de trabalho de 296 352h para 294 000h.

Tabela 11 - Dados disponibilidade das máquinas de 2022 vs 2023.

	2022	2023
Nº dias úteis	252	250
Nº turnos/dia	3	3
Nº horas/turno	8	8
Nº horas disponíveis	6 048	6 000
Nº máquinas	49	49
Nº horas totais	296 352	294 000
Tempo paragem total	37 659	16 595
Tempo útil total	258 693	277 405
Disponibilidade Máquinas	87,29%	94,36%

Adicionalmente, os resultados mostram que mesmo com menor nº horas totais de trabalho, o tempo útil total de 2023 (277 405h) foi superior ao tempo útil total de 2022 (258 693h), pelo facto de o tempo total de paragem de 2023 (16 595h) ter sido inferior ao tempo total de paragem de 2022 (37 659h). Este resultado pode ser justificado dado o aumento da capacidade de resposta dos intervenientes às adversidades diárias no processo de fabrico.

No que se refere ao tempo produtivo das máquinas, pode-se verificar que em termos de eficiência a disponibilidade das máquinas apresentaram uma evolução positiva ao longo do tempo, passando de 87,29% de 2022 para 94,36% de 2023, após a implementação do sistema MES. Esta melhoria contribuirá para um melhor aproveitamento dos recursos totais da empresa, nomeadamente o tempo total em produção em que as máquinas estão a produzir, e consequentemente numa maior capacidade produtiva.

4.2 Análise das alterações dos dados das paragens

Com o olhar sobre os motivos de paragem, foram recolhidos os dados dos anos de 2022 e 2023, e a seguir analisadas as evoluções quanto ao número de paragens e as horas de paragens entre os dois anos, conforme apresentado na tabela 12.

Tabela 12 - N° de paragens por motivo de paragem de 2022 vs 2023.

	2022	2023	Varição
PARAGEM INDETERMINADA	1	7	600%
FALTA MATÉRIA	37	33	-11%
FALTA PEÇAS	53	53	0%
INTERVENÇÃO TÉCNICA	61	12	-80%
ENSAIOS/TESTES	68	9	-87%
LANÇAMENTO	130	31	-76%
PROBLEMA INFRAESTRUTURAS	164	32	-80%
MONTAGEM	220	87	-60%
FALTA FERRAMENTAS	251	93	-63%
PICO CORRENTE	283	42	-85%
FALTA OPERADOR	437	75	-83%
ESPERA DE OF	578	20	-97%
MANUTENÇÃO PREVENTIVA	586	52	-91%
AVARIA	2698	892	-67%
TROCA FERRAMENTA	7797	2982	-62%
TOTAL	13 364	4 420	-66,93%

No que se refere à análise comparativa do número de paragens entre os dois anos de análise, os totais de 2022 para 2023 foram apresentados 13 364 paragens e 4 420 paragens respetivamente, com uma redução de 66,93% do nº de paragens em 2023 tendo por base o valor total de 2022, como

se verifica na tabela 12. Este resultado deve-se ao facto da implementação do sistema MES, e paralelamente a prevenção face às paragens analisadas no ano de 2022.

Em relação aos motivos de paragem, foi verificado que o único motivo que obteve resultado negativo, nomeadamente a paragem indeterminada (paragem que representa todos os tempos reduzidos de paragens em que não têm justificação), que aumentou a sua frequência quanto ao número de paragens de 1 (2022) para 7 (2023) ocorrências, aumentando em 700% a sua frequência. Este dado pode ser justificado pelo facto de ser um dos estados automáticos enviados pelas máquinas o que em 2022 não acontecia e que após implementação reflete as micro-paragens.

O motivo de falta de peças para máquinas manteve-se com a mesma frequência de 53 ocorrências, ao longo do tempo.

Quanto aos restantes motivos de paragem (espera de OF, manutenção preventiva e ensaios/testes) os resultados obtidos evidenciam que todos ocorreram com menor frequência em 2023, com base nos dados de 2022, tendo reduzido com maior escala o motivo de espera de OF (diminuiu 97%), seguido do motivo de manutenção preventiva (diminuiu 91%) e ensaios/testes (diminuiu 87%).

Conforme os dados apresentados na Tabela 2 e a Tabela 8, foi percebido quais os motivos com maior ocorrência nos diferentes anos. Os dois motivos em comum detetados nessas tabelas como os com maior ocorrência foram: avaria e troca de ferramenta que analisados apresentaram uma redução de ocorrências de 67% e 62%, respetivamente, como indica na tabela 11. Esta redução comprova que perante os dados analisados em 2022 foram aplicadas ações corretivas assertivas, mas que a implementação do MES também permitiu que o cenário das máquinas diariamente era acompanhado remotamente em tempo real, para que o número de paragens fosse o mínimo possível.

Relativamente aos dados dos tempos de paragem dos dois anos apresentados na tabela 12, foram apresentados os totais de 2022 (37 659h) e de 2023 (16 595h) que resultam numa diminuição de 55,93% dos tempos de paragem totais anuais.

Tabela 13 - Tempos de paragem por motivo de paragem de 2022 vs 2023.

	2022	2023	Varição
PARAGEM INDETERMINADA	2	35	1650%
FALTA PEÇAS	181	327	81%
FALTA MATÉRIA	226	229	1%
PROBLEMA INFRAESTRUTURAS	318	117	-63%
ENSAIOS/TESTES	335	50	-85%
INTERVENÇÃO TÉCNICA	395	35	-91%
LANÇAMENTO	551	158	-71%
PICO CORRENTE	717	98	-86%
MANUTENÇÃO PREVENTIVA	963	146	-85%
MONTAGEM	1431	576	-60%
FALTA FERRAMENTAS	1513	573	-62%
FALTA OPERADOR	1620	451	-72%
ESPERA DE OF	1727	87	-95%
AVARIA	8201	4152	-49%
TROCA FERRAMENTA	19482	9561	-51%
TOTAL	37 659	16 595	-55,93%

Segundo a análise aos tempos de paragem por motivo (Tabela 12) de paragem, foi verificado que alguns dos motivos apresentaram um valor superior em 2023 comparativamente aos resultados de 2022, sendo eles:

- Paragem Indeterminada: aumentou 1650%
- Falta peças: aumentou 81%
- Falta Matéria: aumentou 1%

Quanto aos restantes motivos obtiveram uma melhoria nos tempos de paragem em 2023 relativamente a 2022, com principal atenção para os que mais evoluíram:

- Espera de OF: diminuiu 95%
- Intervenção técnica: diminuiu 91%
- Pico corrente: diminuiu 86%

Os resultados apresentados nas Tabelas 2 e 8 também evidenciam o pico de corrente com uma evolução positiva de 86%, o que demonstra que a empresa efetuou uma análise nestas paragens e aplicou melhorias para que aquando deste acontecimento o tempo até a resolução seja mínimo.

Tabela 14 - Média da Duração por Paragem por Motivo de Paragem.

	2022	2023	Variação
PARAGEM INDETERMINADA	2,00	5,00	150%
FALTA PEÇAS	4,90	9,90	102%
FALTA MATÉRIA	4,26	4,32	1%
PROBLEMA INFRAESTRUTURAS	5,21	9,75	87%
ENSAIOS/TESTES	4,92	5,56	13%
INTERVENÇÃO TÉCNICA	3,03	1,13	-63%
LANÇAMENTO	3,36	4,93	47%
PICO CORRENTE	3,26	1,13	-65%
MANUTENÇÃO PREVENTIVA	3,83	1,57	-59%
MONTAGEM	5,06	13,72	171%
FALTA FERRAMENTAS	3,46	7,65	121%
FALTA OPERADOR	2,80	22,53	704%
ESPERA DE OF	2,95	1,67	-43%
AVARIA	3,04	4,65	53%
TROCA FERRAMENTA	2,50	3,21	28%
TOTAL	3,64	6,45	77,20%

No que se refere aos dados da média de duração de paragem por motivo de paragem foram analisados e apresentados pela tabela 14. Após a verificação dos resultados foi analisado que a maior parte dos motivos de paragem tiveram um aumento do número de horas por paragem. Dos quinze motivos analisados, só quatro deles é que diminuíram o número médio de horas por paragem:

- Intervenção técnica: diminuiu 63%
- Pico Corrente: diminuiu 65%
- Manutenção Preventiva: diminuiu 59%
- Espera de OF: diminuiu 43%

Na média total de horas de paragem por motivo de paragem foram apresentados 3,64h em 2022 e 6,45h em 2023, afirmando assim que o valor médio total por motivo de paragem aumentou 77,20% em 2023, com base aos dados de 2022.

Estes dados permitem à empresa perceber que à escala a duração das paragens piorou em 2023 face a 2022, este resultado apresenta-se apesar de em 2023 haver menor número de paragens e menor tempo total de paragens face aos resultados de 2022.

Neste sentido, existe a necessidade de a empresa ter em atenção quais os motivos pelo qual a resolução dos problemas está a aumentar (tabela 14), mesmo quando o número de paragens e o tempo total está a diminuir ao longo do tempo.

Tabela 15 - Dados comparativos de 2022 vs 2023.

Dados médios:	2022	2023	Varição
Paragens / turno	19	7	-63%
Horas de paragem / turno	52,16	26,71	-49%
Horas / paragem	3,64	6,45	+77%

Quanto aos dados gerais referentes a comparação entre o ano de 2022 e 2023 (Tabela 15), os resultados obtidos mostram que a média de paragens por turno diminuiu 63% em 2023, com base em 2022, a média de horas de paragem por turno diminuiu 49% ao longo dos dois anos. A média de horas por paragem, em contrapartida às anteriores, aumentou cerca de 77% em 2023, comparativamente ao resultado de 2022, logo a empresa deverá analisar em que pontos pode melhorar de modo a reduzir ao máximo os tempos em que a paragem se mantém ativa

4.3 Análise das alterações do fluxo de informação da produção

Com o objetivo de perceber as alterações face à implementação do sistema MES no que diz respeito ao fluxo de informação dos dados de produção, foram verificadas várias alterações ao procedimento, conforme resumido na Figura 8.

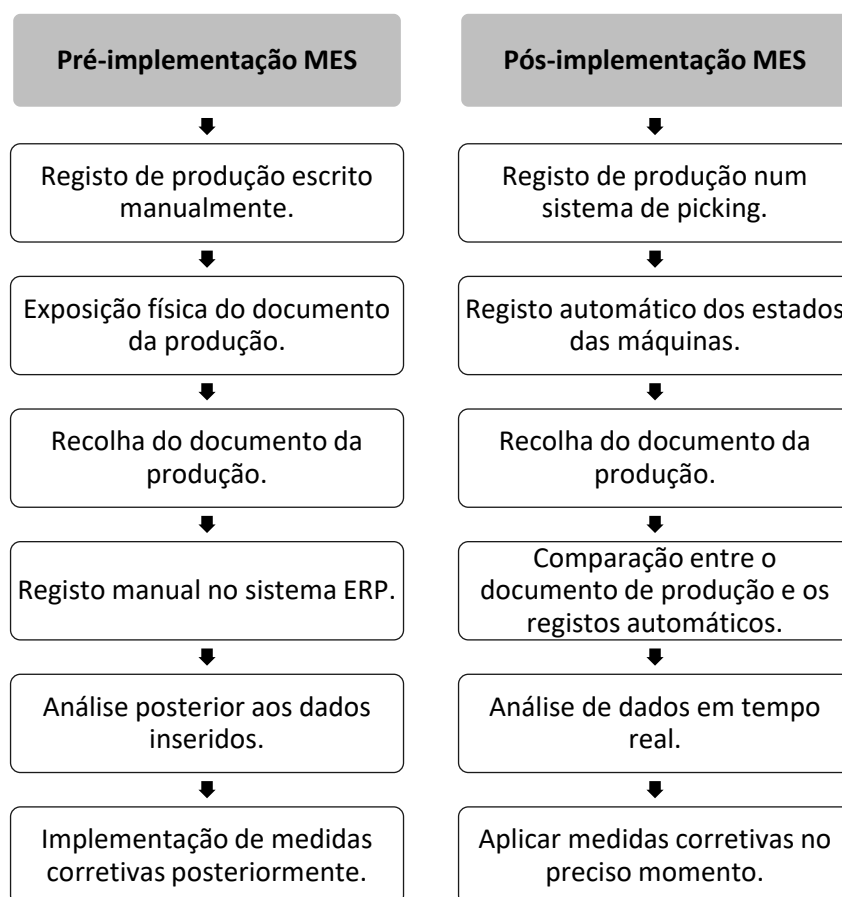


Figura 7 - Análise comparativa entre o pré e o pós implementação do MES.

Conforme resumido na figura 8, no período pré-implementação todos os passos dentro do procedimento era em demasiado responsabilizados pelos operadores, sejam eles de produção ou de registo de produção. Nesta fase, toda a inserção de produção era feita manualmente pelo operador responsável pela inserção de produção, o que poderia induzir em erro, pelo facto do número de máquinas por turno bem como o número de turnos diários.

A partir do momento em que o sistema MES foi implementado, cada operador das máquinas ficou responsável por declarar a produção das mesmas em determinado turno, bem como a justificação dos tempos em que a máquina não está em produção. Esta alteração permitiu que a

empresa reduza riscos de erros na inserção da produção, pois divide essa mesma responsabilidade pelos operadores de produção.

Adicionalmente, ainda que a produção seja inserida no momento exato em que é fechado um cesto de peças, o preenchimento da folha de produção manteve-se para que posteriormente fosse comparado com os dados inseridos automaticamente. Neste sentido, a implementação do sistema MES permite várias análises em tempo real, auxiliando os intervenientes a reagir ao sucedido. Por exemplo, os estados das máquinas pós-implementação do sistema MES são analisados em tempo real permitindo monitorizar ao longe todas as máquinas do chão de fábrica com uma vista alargada, como é possível de visualizar na figura 9.

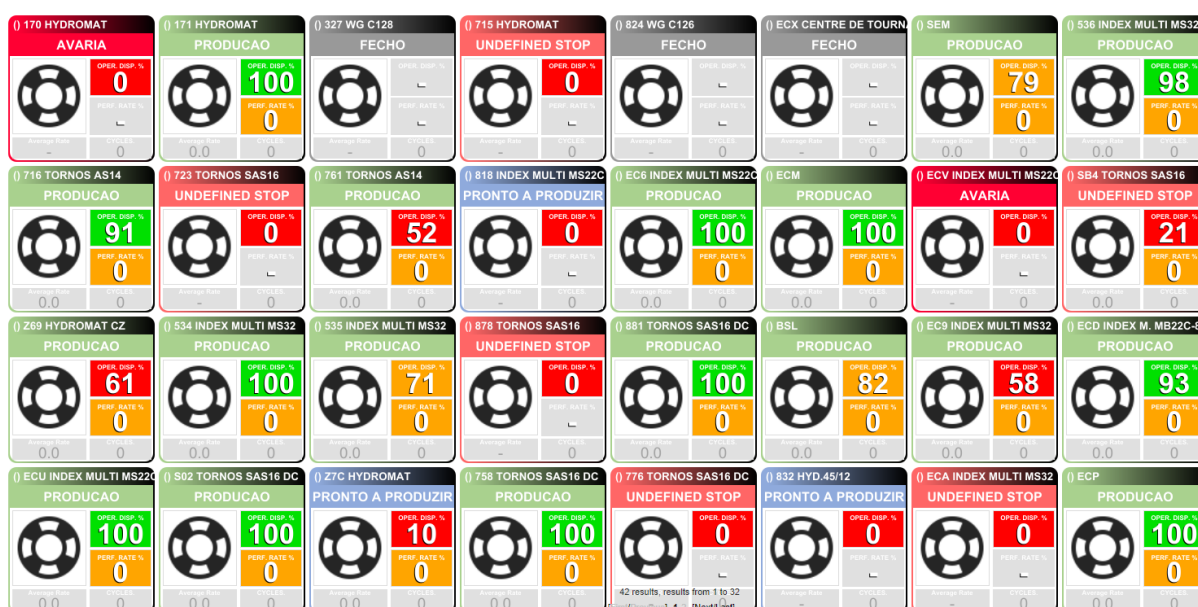


Figura 8 - Visualização dos estados das máquinas.

Esta implementação do MES também permite uma rastreabilidade quanto aos stocks nas várias zonas do processo de fabrico dos produtos, pois a etiqueta que serve como *picking* para o registo de produção deverá posteriormente acompanhar o cesto de peças até ao cliente. Esta etiqueta irá carregar toda a informação ao longo da cadeia de abastecimento como as máquinas de cada fase, fases do processo de fabrico, operadores de cada fase, data de cada fase e referência.

4.4 Ferramenta 5W2H como proposta de melhoria

Tendo em conta a duração em dias da resolução dos problemas que surgiram pós implementação do sistema MES, e com o objetivo de analisar e aplicar medidas corretivas foi proposto a utilização da ferramenta 5W2H.

A ferramenta 5W2H como evidenciado no ponto 2.3.1 é uma ferramenta de *Lean Manufacturing*, que permite observar individualmente cada um dos casos analisados, como pode ser analisado na Tabela 16. A tabela 16 apresenta uma ilustração daquilo que é a tabela completa que se encontra no apêndice deste relatório.

Tabela 16 - Resultados do modelo 5W2H.

Modelo 5W2H						
What?	Why?	Where?	When?	Who?	How?	How much?
Registo Incorreto Produção	Falha na transferência de dados	Sistema MES	24/01/2023	IT MES	Servidor	30 dias
Apresentação errada da produção	Falha na transferência de dados	Máquina	30/01/2023	IT MES	LOGO	25 dias
Apresentação errada da produção	Falha na transferência de dados	Máquina	02/02/2023	IT MES	LOGO	1 dias
Início produção sem OF	Falha na transferência de dados	Sistema MES	03/02/2023	IT MES	ERP	0 dias
Apresentação errada da produção	Falha na transferência de dados	Máquina	13/03/2023	IT MES	LOGO	0 dias
Erro leitura de etiquetas	Falha nos códigos QR das etiquetas	Sistema MES	13/03/2023	IT MES	Impressora	1 dias
Registo Incorreto Produção	Falha na transferência de dados	Sistema MES	16/03/2023	IT MES	Servidor	14 dias
Registo stock errado	Falha na transferência de dados	ERP	16/03/2023	IT ERP	ERP	41 dias
Contagem errada monitor	Quantidade inicial da produção errada	Sistema MES	03/05/2023	IT MES	Servidor	9 dias
Contagem errada monitor	Quantidade inicial da produção errada	Sistema MES	04/05/2023	IT MES	Servidor	8 dias
Registo Incorreto Produção	Falha na distinção dos dados	Sistema MES	08/05/2023	IT MES	Servidor	60 dias
Contagem errada monitor	Falha na transferência de dados	Máquina	10/05/2023	IT MES	LOGO	2 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	25/05/2023	IT MES	Servidor	27 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	25/05/2023	IT MES	Servidor	1 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	25/05/2023	IT MES	Servidor	1 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	25/05/2023	IT MES	Servidor	60 dias
Registo Incorreto Produção	Falha na distinção dos dados	Sistema MES	25/05/2023	IT MES	Servidor	56 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	29/05/2023	IT MES	Servidor	1 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	09/06/2023	IT MES	Servidor	22 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	09/06/2023	IT MES	Servidor	22 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	13/06/2023	IT MES	Servidor	47 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	13/06/2023	IT MES	Servidor	47 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	16/06/2023	IT MES	Servidor	32 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	26/06/2023	IT MES	Servidor	35 dias
Início produção sem OF	Falha na transferência de dados	Sistema MES	26/06/2023	IT MES	ERP	20 dias
Início produção sem OF	Falha na transferência de dados	Sistema MES	27/06/2023	IT MES	ERP	55 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	27/06/2023	IT MES	Servidor	55 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	04/07/2023	IT MES	Servidor	48 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	04/07/2023	IT MES	Servidor	48 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	10/07/2023	IT MES	Servidor	42 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	10/07/2023	IT MES	Servidor	42 dias
Erro leitura de etiquetas	Dupla impressão da mesma etiqueta	Sistema MES	10/07/2023	IT MES	Servidor	42 dias
Contagem errada monitor	Falha na transferência de dados	Sistema MES	18/07/2023	IT MES	Servidor	6 dias
Contagem errada monitor	Quantidade inicial da produção errada	Sistema MES	03/08/2023	IT MES	Servidor	23 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	07/08/2023	IT MES	Servidor	17 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	07/08/2023	IT MES	Servidor	17 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	30/08/2023	IT MES	Servidor	31 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	30/08/2023	IT MES	Servidor	38 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	30/08/2023	IT MES	Servidor	24 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	30/08/2023	IT MES	Servidor	42 dias
Registo Incorreto Produção	Falha na distinção dos dados	Sistema MES	30/08/2023	IT MES	Servidor	52 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	01/09/2023	IT MES	Servidor	31 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	14/09/2023	IT MES	Servidor	35 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados das etiquetas	Sistema MES	14/09/2023	IT MES	ERP	20 dias

Tendo em vista os problemas apresentados no ponto 3.3 (Registo Incorreto Produção, Apresentação errada da produção, Início produção sem OF, Erro leitura de etiquetas, etc.), após a implementação do sistema MES, foi utilizado a ferramenta 5W2H como proposta de melhoria para

analisar as características de cada erro. Através da ferramenta foi possível perceber a duração média da resolução de cada um dos tipos de erros, como indica a tabela 16.

Este tipo de análise permite perceber quais os motivos em que o seu tempo médio de duração até à resolução está elevado, para posteriormente aplicar medidas corretivas que possam aumentar o fluxo de resolução.

Tabela 17 - Duração média da resolução por tipo de erro.

	Duração resolução (dias)
Registo Incorreto Produção	42
Apresentação errada da produção	9
Início produção sem OF	25
Erro leitura de etiquetas	22
Registo stock errado	41
Contagem errada monitor	10
Errada transferência de dados	31
Média Total	26

A análise pode confirmar que a maioria dos erros apresentados na tabela 15 têm origem na “ligação” (conexão entre o MES e o ERP), ou a falta dela, entre o sistema MES implementado e o ERP da empresa. Como a empresa pertence a um grupo e o sistema adotado pela empresa foi adotado nas outras unidades do grupo, a resolução da maioria dos problemas descritos abaixo, terão de ser solucionados pelo departamento de IT MES na central do grupo.

5. CONCLUSÕES

Neste capítulo estarão presentes as conclusões finais do projeto em questão, bem como a análise aos objetivos referidos ao longo do mesmo. Será também apresentado as possibilidades para trabalhos futuros e propostas de melhoria a implementar.

5.1 Conclusões finais

Este projeto teve como objetivo a melhoria do processo de maquinação de toda a cadeia de abastecimento, quanto ao fluxo de informação e o fluxo de material, com a implementação de um sistema MES para apoiar a organização tanto ao nível do chão de fábrica como administrativo.

Numa fase inicial foi necessário perceber todos os procedimentos do registo de produção na primeira fase do processo de produção, no caso a maquinação da matéria-prima, para que pudesse ser analisado e comparado ao cenário pós-implementação.

Após a implementação foi possível perceber quais as vantagens das funcionalidades do sistema, a melhoria no processo de registo de produção e a melhoria no acompanhamento da produção por parte dos órgãos de gestão. Para além disso, foram detetados alguns erros no funcionamento do sistema MES, mais particularmente na transferência de dados entre o mesmo e o sistema ERP.

Como referido no referencial por Thompson e Rust (2023) e apresentado neste caso de estudo em questão, “... o risco inerente de uma inovação de um produto estão ligadas à incerteza da mesma comprometer a segurança e a fiabilidade da cadeia de abastecimento” como foi possível verificar no caso da empresa do relatório.

Relativamente à análise de resultados, foi ainda possível perceber que, no geral, houve uma evolução positiva quanto à implementação do sistema MES, face ao ano anterior em que o sistema ainda não estava implementado, como prova a redução do número de paragens, a redução da duração de paragens, aumento da disponibilidade das máquinas, entre outros resultados apresentados anteriormente neste relatório.

Este caso também contribui para reforçar o que Jaskó et al. (2020) já tinha referido, como está evidenciado no ponto 2.5 deste relatório, a capacidade de um sistema MES permitir “... um rápido e fácil acesso ao chão de fábrica, tornando mais ágeis as atuações de gestão e operacionais, a fim de reduzir as perdas durante os processos produtivos”.

Os objetivos para este relatório inicialmente apresentados no ponto 1.2, de automatizar os processos de produção foram atingidos, apesar de serem identificados vários erros principalmente na

transferência de dados, como também o objetivo de reduzir desperdícios de recursos pelas melhorias significativas do número total de paragens e número total de horas de paragens.

Em suma a empresa deverá continuar a implementar o sistema MES nas restantes fases do processo de fabrico, bem como tentar maximizar o rendimento do sistema, face ao processo de produção, nas fases em que este já se encontra instalado.

5.2 PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Após as análises aos dados recolhidos é possível perceber os pontos fracos da implementação do sistema MES e de que forma afeta a atividade da empresa.

Em primeiro lugar, o problema da média de duração das paragens provoca na produção tempos “mortos”, logo quanto menor for a sua frequência e a sua duração de resolução melhor para a empresa. A empresa, por isso, deve fazer uma análise individualmente por cada motivo para perceber quais as causas que levam a paragem de determinado motivo a ser tão duradoura.

Em relação ao novo procedimento implementado, pós-implementação do sistema MES, a empresa deverá analisar e verificar o que pode melhorar quanto à transferência de dados. A maioria dos dados falham, ao longo do processo de inserção da produção, na ligação entre o MES e o ERP.

Como esses problemas são resolvidos pelo departamento de IT da central do grupo, seria interessante haver um teste paralelo com outro sistema MES para que fosse possível perceber se com este os dados fluem bem ao longo do circuito de informação.

Após um funcionamento a 100% de um sistema MES na maioria do tempo de produção, a empresa poderia eliminar alguns dos passos do procedimento do registo de produção, reduzindo custos de operação humanos e redução do tempo do fluxo total desde o *picking* até à análise dos órgãos de gestão.

Em suma, os trabalhos e melhorias futuras deverão compreender a situação atual da empresa e de que forma se pode contornar (novo sistema MES) ou resolver (sistema MES atual) as situações que não permitem uma utilização maximizada de todas as vantagens que um sistema MES apresenta.

Referências

- Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2013). A rastreabilidade alimentar como parte integrante da gestão logística na cadeia alimentar e agrícola. *FoodControl*, 33 (1), 3248.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.02.004>
- CARVALHO, J. & et al. (2020) Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento, 1ª Edição. Lisboa Edições CHIAVENATO, Idalberto, Recursos humanos: o capital humano das organizações. São Paulo: Atlas.
- D'Antonio, G., Bedolla, J. S., & Chiabert, P. (2017). A novel methodology to integrate Manufacturing Execution Systems with the lean manufacturing approach. *Procedia Manufacturing*, 11, 2243–2251. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.372>
- DRATH, R. & HORCH, A. (2014) Industrie 4.0: Hit or hype? *IEEE industrial electronics magazine*, v. 8, n.2, p. 56-58.
- Felsberger, A., Qaiser, F. H., Choudhary, A., & Reiner, G. (2020). The impact of Industry 4.0 on the reconciliation of dynamic capabilities: evidence from the European manufacturing industries. *Production Planning and Control*.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1810765>
- Girão, L. A. (2016). Levantamento de requisitos por operação para a implementação de um Sistema de Execução da Produção. Universidade do Porto.
- Hodge, G. L., Goforth Ross, K., Joines, J. A., & Thoney, K. (2011). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning and Control*, 22(3), 237–247.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2010.498577>
- Jaskó, S., Skrop, A., Holczinger, T., Chován, T., & Abonyi, J. (2020). Development of manufacturing execution systems in accordance with Industry 4.0 requirements: A review of standard- and ontology-based methodologies and tools. *Computers in Industry*, 123, 103300.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103300>
- KAGERMANN, H. & WAHLSTER, W. & HELBIG, J. (2013). Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0. Frankfurt.
- KRIMPMANN, D. (2015). Organisation Design in the Digital Age – A Literature Review. *International Journal of Computer and Information Engineering*, Vol:9, No:4.
- Mantravadi, S., & Møller, C. (2019). An overview of next-generation manufacturing execution systems: How important is MES for industry 4.0? *Procedia Manufacturing*, 30, 588–595.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.083>

- Negri, E., Berardi, S., Fumagalli, L., & Macchi, M. (2020). MES-integrated digital twin frameworks. *Journal of Manufacturing Systems*, 56, 58–71.
<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.05.007>
- Neuhaus, C. A., Da Silva, M. G., & Pacheco, D. A. de J. (2014). Implicações de manufacturing execution systems na gestão da qualidade industrial. *Revista GEINTEC*, 4(5), 1489–1500
<https://doi.org/10.7198/s2237-0722201400050016>
- Ricky, C., & Kadono, Y. (2020). A Case Study of E-Kanban Implementation in Indonesian Automotive Manufacture. 2020 8th International Conference on Cyber and IT Service Management, CITSM.
<https://doi.org/10.1109/CITSM50537.2020.9268867>
- SHAUGHNESSY, H. (2018). Creating digital transformation: Strategies and steps. *Strategy and Leadership*.
- Souza, K. de L., Nascimento, I. B. do, Keine, S., & Fleig, R. (2021). Development of a manufacturing execution system (MES) in production planning and control: na application of Industry 4.0 in the steel pipe manufacturing process. *Produto & Produção*, 22(1), 25–44.
<https://doi.org/10.22456/1983-8026.102371>
- Thompson, B.S., & Rust, S. (2023). Bloqueando Blockchain: Examinando os fatores sociais, culturais e institucionais que causam resistência à inovação à tecnologia digital nas cadeias de abastecimento de frutos do mar. *Technology in Society*, 73, 102235.
<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102235>
- Velichkovska A, Jovanoski B. PRODUCTIVITY IMPROVEMENT THROUGH IMPLEMENTATION OF LEAN TOOLS(2021).
https://www.researchgate.net/publication/308171328_Tools_and_methods_of_Lean_Manufacturing_-_a_literature_review
- VIAL, Gregory (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of strategic information systems*, v. 28, n. 2.
- Wang, C., Chen, X., Soliman, A. H. A., & Zhu, Z. (2018). RFID Based manufacturing process of cloud MES. *Future Internet*, 10(11), 104.
<https://doi.org/10.3390/fi10110104>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society*.
<https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>

Apêndice

Modelo 5W2H – Dificuldades/Problemas da implementação do sistema MES

What?	Why?	Where?	When?	Who?	How?	How much?
Registo Incorreto Produção	Falha na transferência de dados	Sistema MES	24/01/2023	IT MES	Servidor	30 dias
Apresentação errada da produção	Falha na transferência de dados	Máquina	30/01/2023	IT MES	LOGO	25 dias
Apresentação errada da produção	Falha na transferência de dados	Máquina	02/02/2023	IT MES	LOGO	1 dias
Início produção sem OF	Falha na transferência de dados	Sistema MES	03/02/2023	IT MES	ERP	0 dias
Apresentação errada da produção	Falha na transferência de dados	Máquina	13/03/2023	IT MES	LOGO	0 dias
Erro leitura de etiquetas	Falha nos códigos QR das etiquetas	Sistema MES	13/03/2023	IT MES	Impressora	1 dias
Registo Incorreto Produção	Falha na transferência de dados	Sistema MES	16/03/2023	IT MES	Servidor	14 dias
Registo stock errado	Falha na transferência de dados	ERP	16/03/2023	IT ERP	ERP	41 dias
Contagem errada monitor	Quantidade inicial da produção errada	Sistema MES	03/05/2023	IT MES	Servidor	9 dias
Contagem errada monitor	Quantidade inicial da produção errada	Sistema MES	04/05/2023	IT MES	Servidor	8 dias
Registo Incorreto Produção	Falha na distinção dos dados	Sistema MES	08/05/2023	IT MES	Servidor	60 dias
Contagem errada monitor	Falha na transferência de dados	Máquina	10/05/2023	IT MES	LOGO	2 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	25/05/2023	IT MES	Servidor	27 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	25/05/2023	IT MES	Servidor	1 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	25/05/2023	IT MES	Servidor	1 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	25/05/2023	IT MES	Servidor	60 dias
Registo Incorreto Produção	Falha na distinção dos dados	Sistema MES	25/05/2023	IT MES	Servidor	56 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	29/05/2023	IT MES	Servidor	1 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	09/06/2023	IT MES	Servidor	22 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	09/06/2023	IT MES	Servidor	22 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	13/06/2023	IT MES	Servidor	47 dias

Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	13/06/2023	IT MES	Servidor	47 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	16/06/2023	IT MES	Servidor	32 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	26/06/2023	IT MES	Servidor	35 dias
Início produção sem OF	Falha na transferência de dados	Sistema MES	26/06/2023	IT MES	ERP	20 dias
Início produção sem OF	Falha na transferência de dados	Sistema MES	27/06/2023	IT MES	ERP	55 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	27/06/2023	IT MES	Servidor	55 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	04/07/2023	IT MES	Servidor	48 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	04/07/2023	IT MES	Servidor	48 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	10/07/2023	IT MES	Servidor	42 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	10/07/2023	IT MES	Servidor	42 dias
Erro leitura de etiquetas	Dupla impressão da mesma etiqueta	Sistema MES	10/07/2023	IT MES	Servidor	42 dias
Contagem errada monitor	Falha na transferência de dados	Sistema MES	18/07/2023	IT MES	Servidor	6 dias
Contagem errada monitor	Quantidade inicial da produção errada	Sistema MES	03/08/2023	IT MES	Servidor	23 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	07/08/2023	IT MES	Servidor	17 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	07/08/2023	IT MES	Servidor	17 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	30/08/2023	IT MES	Servidor	31 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	30/08/2023	IT MES	Servidor	38 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	30/08/2023	IT MES	Servidor	24 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	30/08/2023	IT MES	Servidor	42 dias
Registro Incorreto Produção	Falha na distinção dos dados	Sistema MES	30/08/2023	IT MES	Servidor	52 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	01/09/2023	IT MES	Servidor	31 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados	Sistema MES	14/09/2023	IT MES	Servidor	35 dias
Errada transferência de dados	Falha na transferência de dados das etiquetas	Sistema MES	14/09/2023	IT MES	ERP	20 dias