

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA

FELIPE GABRIEL MENEGON

ANÁLISE DOS RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
CONTROLE DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO EM UMA INDÚSTRIA
METALMECÂNICA

Joinville

2023

FELIPE GABRIEL MENEGON

ANÁLISE DOS RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
CONTROLE DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO EM UMA INDÚSTRIA
METALMECÂNICA

Trabalho apresentado como requisito para
obtenção do título de bacharel no Curso de
Graduação em Engenharia Automotiva do
Centro Tecnológico de Joinville da
Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientadora: Dra. Janaína Renata Garcia

Joinville

2023

FELIPE GABRIEL MENEGON

ANÁLISE DOS RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
CONTROLE DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO EM UMA INDÚSTRIA
METALMECÂNICA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Automotiva, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC), 28 de junho de 2023.

Banca Examinadora:

Orientadora: Dra. Janaína Renata Garcia
Orientadora
Presidente

Prof. Dr. Modesto Hurtado Ferrer
Membro

Eng. Guilherme Venturi
Membro

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a minha família que me apoiou durante esta fase de estudos, minha irmã Letícia que me influenciou a entrar na Universidade e meus pais Gilmar e Adriana que fizeram o possível para manter meus estudos.

Agradeço também a minha orientadora Janaína Renata Garcia pelo excelente planejamento deste trabalho, o qual foi fundamental para sua conclusão. Também agradeço por diversas vezes que leu este trabalho com muita atenção para efetuar as correções necessárias e torna-lo o melhor possível.

Agradeço também aos amigos, Lucas Kuehl, Lucas Moreira, Lucas Mensor, Carolaini Assis, Laura Scarpato, que por diversas vezes me ajudaram no andamento das matérias.

Agradeço também a meus colegas e amigos que adquiri durante minha jornada profissional Juliano Gallo, Elenilson Nascimento, Daniele Cypriano, Diego Fernandes, Jefferson Schimagalski, Mateus de Assis, Alexandre Rouver e Leonardo Nassib que me deram oportunidade e me passaram conhecimento neste caminho profissional.

Ao Luís Gustavo e Jean Macorin que foram profunda fonte de motivação.

E por fim minha namorada Mariana que foi fonte de inspiração e motivação que me manteve comprometido e dedicado aos estudos durante este período difícil.

E assim esses homens do Hindustão discutiram por muito tempo, cada um com sua opinião, excessivamente rígida e forte. Embora cada um estivesse, em parte certo. Todos estavam errados! (SAXE, J.G. 1816-1887).

RESUMO

Atualmente para as indústrias se manterem competitivas e preparadas para sobrevivência no longo prazo, elas necessitam de métodos inovadores e estarem abertas a melhorias para otimizar sua produção e layout. Nas empresas em geral existe um setor de apoio chamado planejamento e controle da produção (PCP) que está ligado diretamente com a eficiência e eficácia do processo produtivo, suas principais tarefas são planejar a produção de modo a evitar falta de insumos, gargalos produtivos, excesso de estoque e atrasos de entrega do produto. Visto a complexidade da produção são necessários controles, pois mesmo que o planejamento esteja elaborado, o processo produtivo é variável e sempre haverá desvios. A justificativa deste trabalho tem como base desvios, falhas e problemas encontrados no cotidiano de uma empresa multinacional causados por um controle de produção ineficaz, nesta empresa está em fase de testes de implementação um sistema de controle produtivo automatizado chamado de Manufacturing Execution System (MES) que proporciona aos gestores possibilidade de verificar o andamento da produção de maneira online em tempo real, gera relatórios de eficiência de máquinas, registros de produção entre outros dados. Este trabalho tem como objetivo elaborar análises sobre os resultados obtidos após a implementação do MES. Para o desenvolvimento do trabalho foi necessário mapear os desvios produtivos, definir máquinas para servir como base de estudo e coletar os dados para efetuar a análise comparativa dos resultados antes e após a implementação MES. Após a análise foi encontrado falta de confiabilidade nos dados fornecidos pelo MES nesta fase de testes principalmente em questão de quantidade de produção diária, porém notou se aumento produtivo nas máquinas onde foi instalado o sistema.

Palavras-chave: Planejamento. Manufacturing Execution System. Controle de Produção.

ABSTRACT

Currently, for industries to remain competitive and prepared for long-term survival, they need innovative methods and be open to improvements to optimize their production and layout. In companies in general there is a support sector called production planning and control which is directly linked to the efficiency and effectiveness of the production process, its main tasks are to plan production in order to avoid lack of inputs, production bottlenecks, excess inventory and product delivery delays. Given the complexity of production, controls are necessary, because even if the planning is elaborate, the production process is variable and there will always be deviations. The justification of this work is based on deviations, failures and problems found in the daily life of a multinational company caused by an ineffective production control, in this company is in the implementation test phase of an automated production control system called Manufacturing Execution System (MES) which gives managers the possibility to check the progress of production online in real time, generates machine efficiency reports, production records and other data. This work aims to elaborate analyzes on the results obtained after the implementation of the MES. For the development of the work, it was necessary to map the productive deviations, define machines to serve as a study base and collect data to carry out the comparative analysis of the results before and after of MES implementation. After the analysis, a lack of reliability was found in the data provided by the MES in this testing phase, mainly in terms of the amount of daily production, but a productive increase was noted in the machines where the system was installed.

Keywords: Planning. Word. Manufacturing-Execution-System. Control of production

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ficha de produção utilizada na empresa base do estudo de Bochi 2005 .	15
Figura 2 - Os sistemas produtivos e suas estratégias competitivas	19
Figura 3 - Cartão Kanban de produção	23
Figura 4 - Estrutura básica de um software ERP	24
Figura 5 – Exemplo de cartão roteiro de produção	41
Figura 6 - Exemplo de quadro heijunka.....	43
Figura 7 - Sistemática de produção de uma célula de usinagem	47
Figura 8 - Funcionamento simplificado do sistema	57
Figura 9 - Exemplo de linha do tempo apresentada pelo MES	58
Figura 10 – Setup do relatório desejado	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características básicas dos sistemas produtivos	21
Quadro 2 – Características básicas da produção puxada	22
Quadro 3 - Funcionalidades básicas do MES	28
Quadro 4 – Funcionalidades do MES e breve explicação.	29
Quadro 5 - Vantagens e desvantagens da implementação do MES em uma indústria de usinagem do setor aeronáutico	30
Quadro 6 – Resultados obtidos pela implementação do MES	33
Quadro 7 – Tomadas de decisões da ronda	42
Quadro 8 - Exemplo de lista de paradas de máquinas.....	44
Quadro 9 - Combinações possíveis na célula de usinagem.....	48
Quadro 10 - Exemplo de quadro hora/hora de produção	49
Quadro 11 - Exemplo de boletim de produção	52
Quadro 12 - Exemplo de produção por turno	53
Quadro 13 - Janela de diálogo para apontamento manual	53
Quadro 14 - Funcionalidades x aplicações na empresa foco	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição do tempo de uso de maquinário	31
Tabela 2 - Composição das paradas de máquinas apresentadas na tabela 1	32
Tabela 3 - Comparativo entre resultados obtidos pelo MES x boletins de papel	59
Tabela 4 - Tempo de parada de máquinas sumarizados mensalmente	59
Tabela 5 - Resultado obtidos com a implementação do MES	61
Tabela 6 - Percentual de erro comparando dados do MES com boletins de papel...	62
Tabela 7 - Apontamentos incorretos do mês de Outubro pelo sistema de produção automatizado.....	63
Tabela 8 – Apontamentos incorretos do mês de Novembro pelo sistema de produção automatizado.....	64

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 - Englobamento dos sistemas de TI	26
Fluxograma 2 - Resumo da metodologia de pesquisa	36
Fluxograma 3 - Responsabilidade sobre o tempo da parada de máquina	45
Fluxograma 4 - Fluxo de produção e reporte no sistema ERP.....	51
Fluxograma 5 - Sugestão de melhoria dos reportes manuais	61

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. JUSTIFICATIVA	14
1.2. OBJETIVOS	16
1.2.1. Objetivo Geral	16
1.2.2. Objetivos Específicos	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1. PLANEJAMENTO NO AMBIENTE CORPORATIVO	18
2.2. SISTEMAS PRODUTIVOS	20
2.3. UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES NO AMBIENTE INDÚSTRIAL	24
2.4. MES (MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM)	26
3. METODOLOGIA DE PESQUISA	34
3.1. FORMULAÇÕES DO PROBLEMA	36
3.2. DEFINIÇÃO DA UNIDADE DE CASO E NÚMERO DE CASOS	37
3.3. COLETA E ANÁLISE DE DADOS	38
4. PROBLEMATIZAÇÃO	39
5. IMPLEMENTAÇÃO DO MES	55
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	68

1. INTRODUÇÃO

Com a constante evolução da organização industrial, são necessárias estratégias que maximizem a produção e minimizem os custos de processo visando lucratividade e competitividade da indústria. O sistema responsável por traçar tais estratégias chama-se administração da produção, que para Corrêa et al. (2014), é o termo designado para caracterizar sistemas de apoio a tomada de decisões táticas e operacionais, referentes a questões básicas como as listadas na sequência (CORRÊA ET AL, 2014).

- Como produzir?
- O que produzir?
- Quanto produzir?
- E quem será o público alvo?

Inserido na administração da produção existe um setor chamado planejamento e controle da produção (PCP) que possui o objetivo de analisar informações e elaborar estratégias para atingir os objetivos traçados pela direção da indústria onde Tubino (2009), afirma que o PCP é um sistema de apoio e é separado com base em quatro níveis, planejamento estratégico da produção, planejamento-mestre da produção, programação da produção e acompanhamento e controle da produção (TUBINO, 2007).

No planejamento estratégico seu objetivo é estudar um horizonte de longo prazo, ou seja, juntamente com a diretoria da empresa elaborar objetivos a serem traçados visando o futuro da indústria no ambiente de mercado. No plano mestre é estudado horizonte de médio prazo implementando na indústria recursos necessários para atingir seus objetivos. Nos níveis operacionais de programação e controle da produção tem-se um horizonte de curto prazo, organizando e planejando a produção no chão de fábrica (BOLOGNESI, 2010).

Mesmo com um setor responsável pela organização do chão de fábrica sempre haverá desvios produtivos e para que sejam solucionados de maneira rápida e eficaz de modo a reduzir os impactos ocasionados por tal evento a equipe técnica deve ter capacidade de tomar decisões acuradas, e para isso é necessário que a tenham acesso a informações precisas e atualizadas (SCHULTZ, 2016).

Segundo Bristot (2018) o setor de PCP trabalha com um grande fluxo de informações, seu principal objetivo é promover melhorias no fluxo produtivo com o intuito de maximizar os lucros. Batista (2012), afirma que na época da informação digital onde o simples fato de apertar um botão pode levar um dispositivo computacional a desenvolver cálculos podendo sugerir decisões complexas e recuperar grandes quantidades de informação.

Porém muitas indústrias não vislumbram o planejamento e controle da produção como prioridade em seu ambiente industrial, trazendo diversos problemas como: manufatura de produtos em excesso, ociosidade de mão de obra e recursos, atraso na entrega dos pedidos, falta de recursos para produção, entre outros.

Com a intensão de analisar estes desvios produtivos e apresentar um sistema que possibilita a redução dos mesmos, este trabalho será desenvolvido em uma indústria de usinagem de grande porte onde o sistema produtivo de maior percentual utilizado é de lotes econômicos, e são processadas cerca de 7 mil peças por dia com faturamento médio de 1bilhão de reais por ano.

Nesta indústria o planejamento da produção é efetuado por planilhas eletrônicas e os controles produtivos ainda são efetuados de modo manual pelos operadores via boletins que são digitados manualmente em planilhas eletrônicas pelo setor de gestão da produção e disponibilizado para os demais setores. Os apontamentos ainda são feitos manualmente no sistema ERP (Enterprise Resource Planning) gerando alta vulnerabilidade para inventários incorretos.

Em função do cenário apresentado teve, o início dos testes para a implantação do MES (Manufacturing execution system) que automatiza controle produtivo e auxilia no planejamento da produção. Este trabalho tem o objetivo de elaborar análises dos resultados ocasionados pela implementação de um sistema de controle produtividade automatizados em uma indústria metalmeccânica, durante o andamento deste trabalho será evidenciado vantagens da implantação do sistema, e analisar os benefícios ocasionados pelo uso do sistema no planejamento e controle da produção.

1.1. JUSTIFICATIVA

Segundo Shendryk e Boiko (2015) o volume de informação gerada pelas indústrias cresce de forma exponencial, e tomar decisões precisas é um desafio cada vez maior. Portanto com a necessidade de alcançar a precisão nas tomadas de decisões a utilização de Sistemas de Informação (SI) é fundamental para atingir os objetivos e garantir a sobrevivência da indústria no longo prazo.

Conforme Schimdt et al, (2009) tratando-se de empresas do setor automotivo os administradores devem redobrar a atenção no fluxo de informação devido à grande versatilidade de itens e processos dentro da indústria, com isso são necessários sistemas de informação capazes de cobrir o fluxo produtivo por completo, desde recebimento do pedido até a distribuição do produto final para o cliente.

Vargas e Sellito (2016), afirmam que o MES trata-se de uma tecnologia providas do sistema de informação concebido em 1990 pela AMR (Advanced Manufacturing Research), com o objetivo de controlar os eventos entre administração e chão de fábrica. Essa ligação em tempo real permite a obtenção de dados e visualização das informações para tomada de decisão mais acurada.

Michelon (2022), cita um pouco de sua experiência em uma indústria manufatureira onde o controle das máquinas é feito manualmente pelos operadores, pois a empresa não possui coleta de dados automatizada para adquirir informações de produção como manutenção, setups e paradas em tempo real. A falta de informações sobre os eventos ocorridos no processo produtivo tem causado uma série de dificuldades relacionadas ao planejamento e controle da produção.

Na empresa foco deste trabalho os números de produção diária e paradas são efetuadas pelos operadores em boletins de papel, que contêm quantidade produzida e os motivos das paradas de máquina. Os boletins então são recolhidos pelos supervisores e disponibilizados para o setor responsável que lançara os números manualmente no sistema e escanear os boletins para disponibilizar a demais áreas.

Temóteo (2020), narra um problema semelhante onde na empresa de seu estudo os dados para realização de relatórios de produção eram apontados manualmente gerando incerteza de informação devido a falha humana e com a implementação do MES foi possível substituir os dados apontados de forma manual,

em apontamentos automatizados gerando respostas rápidas sobre os recursos aplicados no chão de fábrica e a confiabilidade nos dados apresentados.

Bochi (2008) cita em seu estudo, problemas ocasionados pela falta de um sistema automatizado para o controle da produção, ele destaca a dificuldade de planejamento de estoque intermediários e a inserção de dados manuais no sistema da empresa, onde o sistema de controle de produção utilizado na indústria é semelhante ao da empresa foco deste estudo em que o próprio operador preenche a ficha de produção diária e disponibiliza a equipe de PCP que efetua o lançamento no sistema ERP manualmente, segundo ele os seguintes problemas são evidenciados:

- Erro na descrição dos itens apontados
- Erro na quantidade apontada
- Letras ilegíveis
- Perde de fichas de apontamento
- Atraso de apontamentos de dados no sistema
- Tempo elevado de apontamento

Na **figura 1** é apresentada a ficha de produção utilizada na empresa onde ocorreu o estudo de caso de Bochi (2008).

Figura 1 - Ficha de produção utilizada na empresa base do estudo de Bochi 2005

CONTROLE DIÁRIO DA PRODUÇÃO JOGOS EMBALADOS DATA: 14, 09, 07

TIPO: REPORTE RETRABALHO TURNO I: TURNO II: TURNO III:

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	MATERIAL	QUANT. PROD.	LOTE/OP	PCS REFLUGADAS		
					F ou C	G ou L	
80-78-040	DC/332	DNA-78	417	147195			
80-78-040JA	DC/332	DNA-78	32	INDUBAC			
80-38-016	DM 588X	DNA88	326	137134			
80-38-175	DFW 986	DNA18	187	142227			
80-38-960	DFW 986	DNA38	239	142227			
80-38-1215	DC 1254	DNA38	118	142207			
80-08-868	DM 588X	DNA08	43	144215			
TOTAL PRODUZIDO>>>			1362	TOTAL REF>>>			
PARADAS DE MÁQUINA		Nº DE HORAS TRAB. NA MÁQUINA				Hr. TOTAL	
TEMPO DE SETUP	HI	HI	/ HI	HI	/ HI	HI	
MANUTENÇÃO	HI	HI	/ HI	HI	/ HI	HI	
FALTA DE MATERIAL	HI	HI	/ HI	HI	/ HI	HI	
OUTROS	HI	HI	/ HI	HI	/ HI	HI	
COMENTÁRIOS							
Nº DO FUNCIONÁRIO				EMBALAREN 2º TURNO			
				NOME DO FUNCIONÁRIO			

Fonte: Bochi (2005)

1.2. OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados os objetivos do estudo de caso sobre implementação do MES em uma grande empresa do ramo metalomecânico.

1.2.1. Objetivo Geral

Evidenciar os resultados obtidos após a implementação de um sistema de controle de produção automatizado chamado de MES em uma indústria metalmeccânica.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Relatar problemas e desvios produtivos ocasionados no cotidiano da produção;
- Identificar células de usinagem para serem utilizadas como piloto de estudo;
- Efetuar a análise dos dados obtidos após a implementação do sistema de controle de produção automatizado;
- Evidenciar os resultados ocasionados pelo sistema de controle produtivo automatizado na empresa base deste trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As organizações industriais estão a cada dia inovando e adquirindo maior complexidade de modo a se manterem competitivas, Corrêa et al. (2014) afirma que ser competitivo é ser capaz de superar a concorrência naqueles aspectos de desempenho que os nichos de mercado visados mais valorizam. Para isso a indústria necessita de um gerenciamento do processo produtivo de bens tangíveis com objetivo de atender à necessidade dos clientes como menores custos de produto, alta qualidade e menores prazos de entrega (CORRÊA ET AL, 2014).

O processamento de bens tangíveis também chamado por Tubino (2007) de manufatura de bens, é um processo de transformação de insumos em produto útil para o cliente. Esse insumo passa por processos até adquirir sua forma de produto final, dependendo do produto essa transformação é complexa e é preciso um gerenciamento produtivo eficaz (TUBINO, 2007).

O gerenciamento produtivo tem objetivo de manter a produção eficaz e eficiente, produzindo produtos com menor consumo de insumos e custo de processo sem afetar a qualidade e confiabilidade nos prazos de entrega, visto isso com o passar dos anos foram se aprimorando ferramentas como *KANBAN*, mapeamento de fluxo, MRP (Material Requirement Planning), lead time, sistema de controles de produção automatizados entre outras, a fim de gerir o processo produtivo.

Ribeiro (2004) afirma, que no ambiente competitivo não existe mais espaço para ineficiências no sistema de produção. O que nos traz o conceito de manufatura enxuta, onde tem-se estoques reduzidos, lead times apertados, grande fluxo de informação, entre outras dificuldades de gerir o processo produtivo e desta forma pequenos desvios na manufatura podem causar grande impactos para o seu cliente.

De maneira a controlar e manipular ferramentas de planejamento e controle produtivo, existe um setor de apoio chamado planejamento e controle da produção (PCP) que é responsável por traçar estratégias para atender a necessidade do cliente em níveis de curto, médio e longo prazo. O setor de PCP tem uma estrutura central

que se divide basicamente em 3 níveis que são o planejamento estratégico (longo prazo), planejamento mestre da produção (médio prazo), e o planejamento operacional (curto prazo), onde tais prazos variam com cada tipo de negócio (TUBINO, 2007).

2.1. PLANEJAMENTO NO AMBIENTE CORPORATIVO

O planejamento estratégico é uma análise de longo prazo do ambiente a qual a indústria está inserida, onde estuda-se investimentos, colaboradores e potenciais concorrentes. Embora a atenção da própria indústria seja essencial o estudo do seu concorrente pode ser crucial no sucesso da empresa, o que torna necessário que os gestores pratiquem constantemente contato com outras empresas visando as adquirir melhores práticas de trabalho (SCHUCH).

O planejamento estratégico visa atender a missão e a visão corporativa da empresa e que geralmente não são elaboradas logo em sua abertura, são vislumbradas durante o andamento da produção pela alta gestão, Tubino (2007), define missão e visão com uma série de perguntas nas quais respondidas expressam os elementos fundamentais do negócio (TUBINO, 2007).

No horizonte de longo prazo é difícil prever as constantes variações do mercado, sabendo disso, é crucial todas as informações coletadas serem assertivas, só assim será possível elaborar um planejamento estratégico confiável.

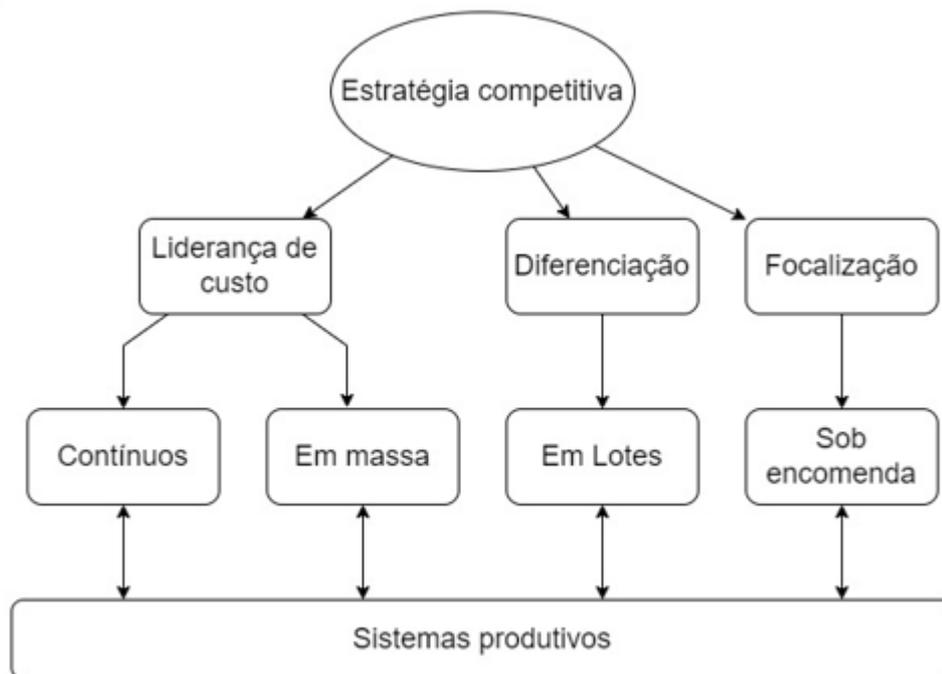
Carvalho e Laurindo (2010), propõem um planejamento estratégico constituído por uma série de etapas, sendo elas, iniciando pelo macro ambiente, no caso da indústria automobilística devido à globalização, pode ser considerado o ambiente nacional ou até mesmo internacional. Na próxima etapa é estudado o ambiente na qual a indústria está inserida, concorrentes, clientes, cadeia de suprimento, logística e assim finalmente conhecendo as vantagens e as fraquezas da indústria pode-se transformar informações e dados em estratégia competitiva.

A estratégia competitiva no ramo da manufatura é baseada de forma fundamental no volume de produção e margem de lucro no qual a indústria deseja, existem três estratégias genéricas que são liderança de custos, diferenciação e focalização. Para cada estratégia genérica citada existe um tipo de sistema de produtivo adequado que melhor atende a necessidade de produção (SILVA, 2013).

O que define o sistema produtivo a ser utilizado na manufatura do produto é o volume de demanda desejada pelo cliente, ou seja, para grandes lotes de um modelo padrão de produto, o sistema produtivo adequado é em massa ou contínuos, para demanda de grande variedade de produtos com volume médio de produção, onde não justifique recursos dedicados a algum item específico, é utilizado o sistema de produção por lotes.

Por final o sistema produtivo sob encomenda tem como objetivo atender uma necessidade específica do cliente, onde juntamente com o fornecedor elaboram um projeto para a confecção de um produto e ao término da produção o sistema é adaptado para novos produtos o que exige alto *lead time* do pedido até a entrega (SILVA, 2013). A **figura 2** evidencia a ligação entre estratégia genérica e tipo de produção.

Figura 2 - Os sistemas produtivos e suas estratégias competitivas



Fonte: Tubino (2007)

Após concluído o planejamento de longo prazo da empresa, os gerentes possuirão base suficiente para que o seja elaborado planejamento de médio prazo, onde seu objetivo é disponibilizar recursos suficientes para que o processo produtivo esteja preparado para atender os objetivos do planejamento estratégico.

O planejamento de curto prazo tem o objetivo de programar a produção, efetuando um sequenciamento de produtos baseado em prazo de entrega, demanda de pedidos, capacidade de recursos, otimização da produção, setups em maquinários entre outros (BARBOSA, 2017).

O planejamento da produção é o estabelecimento a priori daquilo que a empresa deverá produzir, tendo em vista, de um lado, a sua capacidade de produção e, de outro lado, a previsão de vendas que deve ser atendida. O PPCP envolve um conjunto de funções integradas que visam orientar o processo produtivo em função dos objetivos da empresa e dos recursos empresariais disponíveis (CHIAVENATO, 1990, p.116)

Para Choucair (2022) a programação da produção é um processo de tomada de decisão que consiste em alocar recursos de produção e transformá-los em tarefas para determinados períodos. Tais tomadas de decisão tem grande impacto na indústria, pois poderá afetar diretamente nos resultados produtivos tanto como atendimento ao cliente.

Barbosa (2017) afirma que a programação da produção trata da tomada de decisão antecipada da produção a curto prazo dos produtos a serem produzidos por uma empresa. Representa o que deve ser produzido em termos de quantidades e de datas.

Etcheverry e Anzanello (2014), afirmam que regularmente nas empresas manufatureiras, a programação da produção se constitui no processo de ordenamento de tarefas e escolha dos recursos mais adequados para atender a produção. O ordenamento dos produtos influencia em eficiência e eficácia do maquinário, números de setups, otimização dos recursos, entre outros.

2.2. SISTEMAS PRODUTIVOS

Atualmente na montagem de automóveis é optado pelo sistema de manufatura enxuta ou também conhecido como *just in time* (JIT), onde tem-se o fluxo de produção puxado pela demanda o que evita desperdícios, grandes estoques e produtos em fila de espera (RENSI 2006; GOMES 2021).

Este modelo de produção enxuta para a montagem de veículos é possível devido à terceirização de produtos e insumos, que mantém seus estoques distribuídos

em diversas indústrias e visto a necessidade de recurso pela montadora são requisitados através do sistema *KANBAN* a seus fornecedores.

O sistema produtivo adotado por uma empresa fornecedora de recursos para a montadora é puramente da escolha de seus administradores, visando os objetivos, premissas e estratégias competitivas. Porém muitas vezes o *mix* de produtos produzidos por um fornecedor pode ser vasto, podendo existir os três sistemas produtivos vistos no **quadro 1** em apenas uma única indústria.

Quadro 1 - Características básicas dos sistemas produtivos

Sistema produtivo	Capacidade produtiva	Característica de recursos	Custo de produção
Em massa	Alta produtividade	Requer maquinário dedicado com baixa versatilidade de produtos e processos, ocasiona grandes estoque.	Baixo custo de produção
Por lotes	Média produtividade	Maquinário flexível, com possibilidade de produzir diversos produtos efetuando apenas setups básicos chamados de TRF (Troca rápida de ferramentas).	Médio custo de produção
Sob encomenda	Baixa produtividade	Maquinário utilizado para projetos específicos e quando a produção é finalizada o recurso é obsoleto ou adaptado para novos projetos.	Alto custo de produção

Fonte Adaptado de Tubino (2007)

Para abastecimento de recursos produzidos externamente este Kanban está atrelado diretamente a uma carteira de pedidos, também chamada de EDI (Eletronic data interchange) efetuada pelo setor comercial da indústria juntamente com seu cliente que contém informações como: Número do documento de pedido, código do produto, quantidade do pedido e data de entrega (CAETANO, 2020).

Quando se trata de produção por carteira de pedidos ela se caracteriza como uma produção “puxada”, onde o planejador da produção vislumbra a necessidade de iniciar a manufatura do produto de acordo com quesitos baseados em premissas básicas como atender prazos de entrega do cliente, minimização de setups em maquinário e evitar gargalos ou recursos ociosos em processos posteriores (ZATTAR, 2008). No **quadro 2** nota-se a necessidade de manufatura baseada em entrega de pedidos dentro do prazo.

Quadro 2 – Características básicas da produção puxada

Manufatura puxada	
Dia do pedido do produto	01/01/2024
Tempo hábil combinado entre Fornecedor/cliente	30 dias corridos
Data máxima de entrega do produto	30/01/2024
Lead time da peça	15 dias corridos
Início máximo da puxada de produção	15/01/2024

Fonte: Adaptado Zattar (2008)

Para o produto ser incluído no sequenciamento da produção, o planejador deve se atentar a disponibilidade dos recursos necessários para sua manufatura, pois caso solicitado a produção de um determinado item para o chão de fábrica e os mesmos estão incapazes de produzir devida falta de materiais ou maquinário disponível, poderá então afetar a produtividade da indústria, onde o planejador perdera de credibilidade de informação e ocorrerá descontentamento entre as áreas de produção e planejamento.

Entretanto em diversas situações de criticidade haverá necessidade da inclusão no sequenciamento visando chegada de matérias ou disponibilidade de maquinário em um curto período de tempo, onde será possível através de alinhamento entre equipes e efetuar uma força tarefa para a possibilidade de produção (WOMACK ET AL, 2004; ZATTAR, 2008).

Como a maioria dos produtos no ramo metalmecânico passam por diversos tipos de processos por exemplo usinagem, pintura, tratamentos térmicos, lavações, prensagem, balanceamento, entre outros e cada um desses processos se comportam como setores separados, deve se levar em consideração o *mix* de produtos produzidos de modo que não ocasione mãos de obras ociosa em fluxos posteriores (WOMACK ET AL, 2004).

Após o item ser incluído no sequenciamento produtivo é gerado um cartão KANBAN e liberado para o chão de fábrica, autorizando a manufatura do item e contendo informações básicas como: área de atuação, centro de trabalho, recursos necessários, quantidade do lote, código e descrição do item, armazenagem após manufatura e/ou processo seguinte (TUBINO, 2007).

Segundo Araújo (2008) este cartão pode ser inserido em um quadro heijunka e serve como o nivelamento da produção ou o que será produzido, é uma gestão visual da programação e controle da produção reduzindo a dependência de um software para efetuar ordens de produção.

Neste cartão também é possível a criação de um código que possibilita a “compra” dos recursos necessários para a manufatura através de softwares logísticos, onde os supermercados internos ou almoxarifados receberão a demanda e após um certo tempo hábil, este material requisitado será disponibilizado para a operação, melhorando o fluxo internos logístico interno e reduzindo o índice de mão de obra ociosa aguardando insumos (PEREIRA JUNIOR, 2003). Na **figura 3** observa-se exemplo de um cartão kanban utilizado para a manufatura.

Figura 3 - Cartão Kanban de produção

Processo:		Centro de Trabalho:	
Cod. do item:		Nº prateleira de estocagem:	
Nome do item:			
Materiais necessários		Quantidade do lote:	Nº de emissão:
Código	locação		
 423647263451872000			

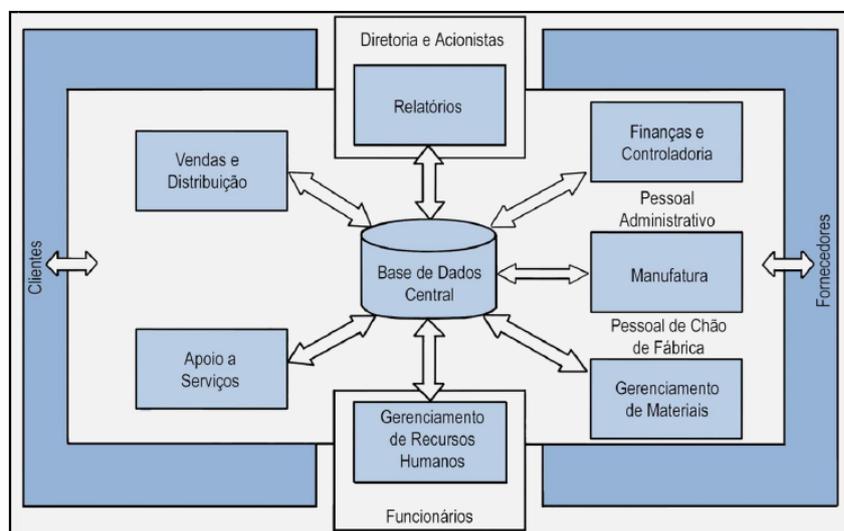
Fonte: Tubino (2007)

Nas indústrias devido ao alto fluxo de peças são utilizados diversos softwares de modo a planejar e controlar todo o fluxo produtivo, estoques, transformação de bens entre outros. Para planejamento e controle de produção usualmente são utilizados os softwares chamados ERP (Enterprise Resource Planing), e MES (Manufacturing Execution System).

2. 3. UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES NO AMBIENTE INDÚSTRIAL

Os softwares ERP's são utilizados em larga escala no ambiente empresarial e contam com genealogia do produto, inventários, processos, entre outros. Gomes (2003), afirma que os softwares ERP têm sido utilizados por empresas para fornecer a seus gerentes, informações que vão desde a produção, logística, distribuição, custos, recursos financeiros, demonstrações contábeis e orçamentos no sentido de tornar as organizações mais competitivas. Na **figura 4** é apresentado a estrutura básica de um software ERP.

Figura 4 - Estrutura básica de um software ERP



Fonte: Silva (2013) adaptado de Davenport 1998

Segundo Davenport (1998) em um ERP está um banco de dados que adquire dados e alimenta uma série de aplicativos que suportam diversas funções da indústria. O uso de um único banco de dados simplifica drasticamente o fluxo de informações em toda a empresa.

Conforme Silva (2013), o sistema ERP foi considerado a solução para a conexão dos gestores com o chão de fábrica, porém com o passar dos anos esta visão foi se tornando ultrapassada quando foi percebido que o software tinha funções limitadas para o controle de produção. E com isso surge o MES (Manufacturing Execution System) que para Boaria (2014) efetua a coleta de dados no chão de fábrica em tempo real por meio de sistemas de automação e garante a inserção de informações atualizadas sobre o que está ocorrendo na produção.

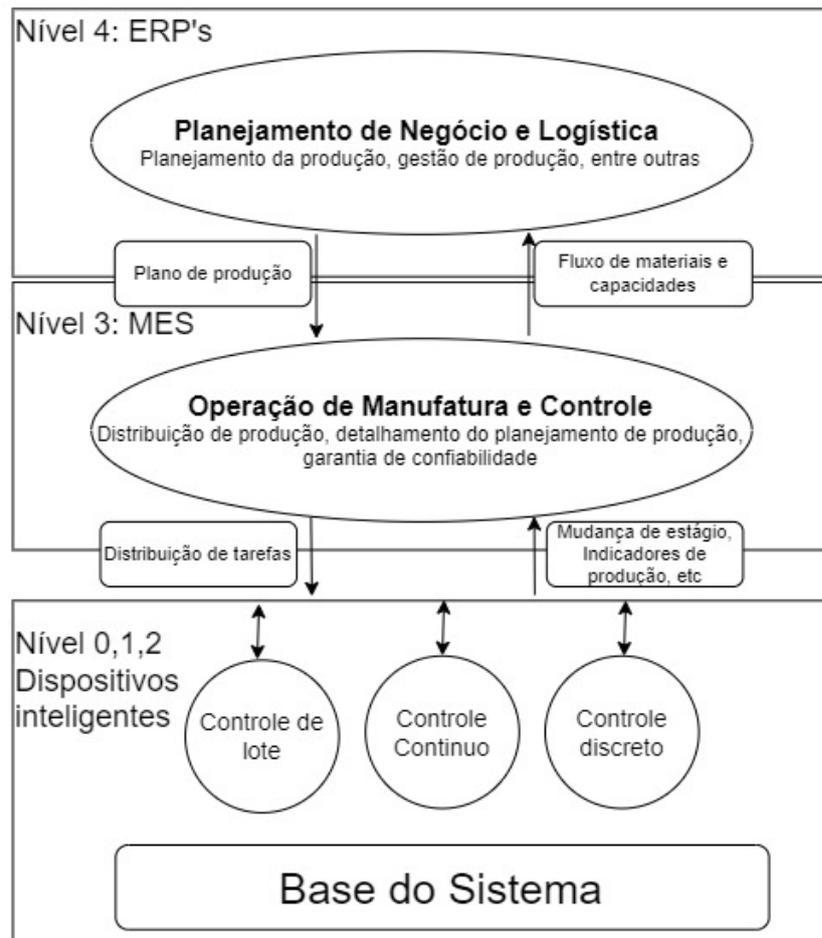
Vanderlei (2009) afirma que o MES foi concebido para ser utilizado no monitoramento da execução do processo em tempo real do chão de fábrica integrando o planejamento com o controle administrativo. E habilitando os administradores a tomar decisões assertivas com base em histórico de falhas e desvios produtivos, podendo evitar problemas precocemente. (VANDERLEI, 2009).

Segundo McGinnis (2019) a norma ISA-95 separa o domínio da manufatura em níveis 0, 1, 2, 3 e 4. Os níveis que serão utilizados para o desenvolvimento deste trabalho estarão focados principalmente no nível 3 e alguns complementos do nível 4.

- Nível 4: Planejamento de negócio e logística utiliza-se software ERP que implica em desenvolver um plano de produção, gerado através de algoritmos matemáticos visando atender o lead times de entrega e otimização dos recursos e materiais disponíveis para a produção (MCGINNIS, 2019).
- Nível 3: Operação de manufatura e controle com base na programação da produção gerada pelo nível 4 através do software MES e gerado um cronograma de produção levando em consideração tempo de produção, capacidade de recursos, quantidade de peças que serão produzidas e controla tudo em tempo real possibilitando o gestor visualização do seu recurso e operação online podendo tomar decisões remotamente (MCGINNIS, 2019).
- Nível 0,1,2 é tratada a produção do produto, controles de qualidade, controles em máquinas, dispositivos, manutenção e geração de históricos de produção no maquinário, que torna possível visualização de relatórios de eficiência do operador e da máquina para poder intervir de maneira precoce em caso de baixa produtividade (MCGINNIS, 2019).

No **fluxograma 1** pode-se notar as aplicações dos softwares para seus respectivos objetivos (MCGINNIS, 2019).

Fluxograma 1 - Englobamento dos sistemas de TI



Fonte: Adaptado de McGinnis 2019

2.4. MES (MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM)

Schmidt et al (2009) comenta que um dos maiores desafios das indústrias é possibilitar a implementação de sistema de tecnologias para controles produtivos, ainda mais quando trata-se de processos versáteis como é visto na indústria automotiva.

Boaria (2014) afirma que controlar o processo de fabricação da indústria é uma premissa para as empresas que desejam conquistar novos mercados e se manterem competitivas no longo prazo. Visto isso a utilização de sistemas que emitem

informações em tempo real pode trazer vantagem competitiva no ambiente organizacional.

MESA (1997), reitera que o MES fornece informações que permitem o controle da produção desde o lançamento do pedido até o produto acabado utilizando dados atualizados e precisos, extraídos diretamente do chão de fábrica em tempo real.

Segundo Witsch e Vogel-Heuser (2011) a transferência automatizada de dados entre o ERP e MES substitui operações manuais repetitivas, evita erros ocasionados por entrada de dados manual, gera relatórios de produção, e melhora a visualização de informações de produção.

Schmidt et al (2009), visualiza grande dificuldade em tal comunicação onde a empresa Aberdeen Group conduziu um estudo que contava com 440 empresas manufactureiras e revelou que as maiores dificuldades se encontram na sincronização entre do MES e sistema atual da empresa.

Nos estudos de Vargas (2016) uma funcionalidade do MES é a inserção automatizada de dados no ERP da empresa, que torna os dados mais precisos, porém foi notado dificuldade entre a sincronização entre o MES e o sistema atual da empresa base de estudo (Vargas, 2016).

Witsch e Vogel-Heuser (2011) citou benefícios com a comunicação dos sistemas ERP e MES porém Schmidt et al (2009) e Vargas (2016) visualizam dificuldade na comunicação entre o sistema os sistemas ERP e MES o que pode deixar os gestores receosos na implantação, pois caso não consigam estabelecer boa comunicação entre os sistemas, uma grande funcionalidade do MES pode ficar indisponível.

MESA (1997) declara que o MES exibe resposta rápida resultante à mudança condições no chão de fábrica com foco na redução de atividades que não agregam valor ao produto e também melhora o retorno operacional ativos, reduz o índice de entregas fora do prazo, controla estoques intermediários e controla suprimentos necessários para a produção.

Hanel e Felden (2011) relatam que o sistema ERP e o MES tem funções conectadas. No sistema ERP é lançado planejamento de pedidos e os recursos necessários para a produção, então é comunicado as quantidades desejadas ao MES, que deve executar a comparação de desempenho alvo e relatar os resultados de volta para o ERP. A comunicação é efetuada durante todo o processo de produção usando dados em tempo real.

A implantação do MES tem o objetivo de otimizar a produção e maior disposição de dados para as áreas de produção, logística, inventário, manutenção, qualidade entre outras, no **quadro 3** é apresentado algumas de suas funcionalidades para áreas de apoio da produção.

Quadro 3 - Funcionalidades básicas do MES

Funcionalidades	Descrição
Produção	Planejamento de produção
	Liberação do plano de produção para o chão de fábrica
	Controle planejado e realizado
	Apontamentos automáticos no sistema ERP
	Análise gerencial da operação
Qualidade	Construção da genealogia do produto
	Rastreabilidade de produtos semi-acabados e acabados
	Apontamentos de qualidade no sistema ERP
	Análise gerencial da qualidade
Inventário	Controle de movimentação
	Controle de níveis de estoque em processo
	Apontamentos automáticos de movimentações no ERP
	Análise gerencial do inventário
Manutenção	Registro de paradas não programadas
	Apontamentos automáticos de paradas no ERP
	Análise gerencial de manutenção
Tecnologias agregadas	Interface homem máquina
	Leitores de código de barra
	Impressoras de códigos de barra

Fonte: Adaptado de Silva 2013

Conforme Hanel e Felden (2011) o MES deve ser implementado considerando que cada processo produtivo é singular e nem todas as funcionalidades do sistema poderão ser aplicadas na indústria, pois o MES é um sistema adaptativo não padronizado.

MESA (1997), afirma que O MES tem função de apoiar, orientar e rastrear cada um dos principais processos de produção na indústria. MESA (1997) também identificou onze principais funcionalidades do MES, onde Hanel e Felden (2011) com base em MESA (1997) efetuaram uma tabela onde foram apresentadas as

funcionalidades e uma breve explicação. No **quadro 4** pode-se verificar as funcionalidades do MES e uma breve explicação sobre cada uma delas.

Quadro 4 – Funcionalidades do MES e breve explicação.

Coleta de dados	Todos os dados relacionados a materiais, operadores, máquinas e processos da empresa são reunidos e organizados em tempo real.
Geração de ordem de produção	As unidades de produção são gerenciadas com ordens de produção efetuadas pelo sistema ERP e enviadas diretamente ao chão de fábrica onde são recebidas pelo MES.
Controle de documentos	Todas as informações relevantes relacionadas a produtos, processos devem estar acessíveis ao chão de fábrica.
Gestão de mão de obra	O gerenciamento de mão de obra garante que cada turno seja devidamente registrado e organizado. Considerando as qualificações dos funcionários.
Gestão de manutenção	Máquinas e outros ativos operacionais devem ser mantidos em estado de funcionalidade. Falhas e avarias são documentadas gerando históricos para possíveis soluções futuras.
Análise de performance	Compara a eficiência alcançada da produção com o desejado pelos gestores. São fornecidas também informações sobre o processo e qualidade dos produtos produzidos.
Gestão de processos	O monitoramento do processo fornece informações aos operadores sobre o produto e procedimentos operacionais.
Rastreamento e genealogia do produto	Um histórico completo do produto é criado para células individuais, também é fornecido informações sobre todos os processos do item desde matéria prima até o produto final.
Gestão de qualidade	É gerado banco de dados sobre qualidade de produtos e processos e em caso de não conformidades é documentado e corrigido de modo a evitar a recorrência.
Alocação de recurso	Informações dos recursos disponíveis são fornecidas a fim de analisar se a planta está devidamente equipada para atender o cliente. Também é criado um histórico detalhado da produção em cada maquinário específico.
Programação de produção e sequenciamento	É efetuado o sequenciamento da produção levando em consideração os recursos disponíveis e capacidade produtiva, também é gerado histórico de dados de modo a otimizar a produção e reduzir tempo de setups de máquinas.

Fonte: Adaptado de Hanel e Felden (2011)

De acordo com Vanderlei (2009) após implementação do MES na empresa base de seu estudo ocorreu a melhora em concentração dos esforços da equipe para solucionar problemas, onde simplificou a análise de dados e ficaram mais evidentes as causas dos desvios produtivos.

Porém existem empecilhos para a implementação de sistemas em empresas já estruturadas, geralmente exige um alto investimento e a equipe deve passar por uma adaptação ao novo sistema. O sistema então passará por um período de testes de modo que não ocorram desvios durante o uso do sistema no cotidiano da empresa. No **quadro 5** será exposto vantagens e desvantagens da implementação do sistema MES em uma empresa de usinagem do ramo aeronáutico.

Quadro 5 - Vantagens e desvantagens da implementação do MES em uma indústria de usinagem do setor aeronáutico

Vantagens	Desvantagens
Identifica paradas e perdas de matéria-prima	Alto custo de implementação
Melhora a produtividade	Médio custo de operação
Permite excelente nível de detalhamento de informação	Requer equipe qualificada
Redução de paradas	Requer integração com ERP
Redução de retrabalhos	Requer investimento em TI
Visibilidade do sistema produtivo em tempo real	Necessário treinamento da equipe
Facilidade do resgate do histórico produtivo	Necessário apoio da alta gestão
Informações obtidas claras e objetivas	Necessárias adaptações para o processo produtivo
Fácil estabelecimento de metas produtivas	

Fonte: Adaptado de Vanderlei (2009)

Para Kurmanov (2023), durante a implementação do MES é necessário treinar todo o pessoal para trabalhar no âmbito das novas tecnologias, garantir que os equipamentos irão suportar a automatização e realizar constantes auditorias e monitoramentos para que o sistema mantenha confiabilidade das informações obtidas

No MES existe uma grande dificuldade em padronização do sistema devido a versatilidade dos processos produtivos em mais variados nichos de mercado o que gera em necessidade de alto investimento pois o sistema passará por adaptações para atender a necessidade específica de cada empresa (MESA, 1997).

Além do investimento no sistema existe também o tempo de implementação, testes, treinamento de pessoal e envolvimento de setores de apoio como PCP, qualidade e produção. Vargas (2016) afirma que para um resultado satisfatório do

MES foram necessários dois anos desde a implementação até o final dos testes na empresa estudada.

Vargas e Selitto (2016) apontaram resultados obtidos de 2011 a 2014 duas empresas com a implementação do MES. Em seus estudos ficam evidentes as principais funcionalidades do MES que é otimizar a produção, evitando desperdício de tempo, que atualmente é a chave para o sucesso de uma empresa no ambiente globalizado.

A empresa X trata-se de uma usinagem onde o MES atua sobre 66 células com variação de 350 peças por mês contando com o sistema produtivo por lotes, nessa empresa a variação em tempo de máquinas operando foi de 55,1% em 2011 para 72,8% em 2012 somando uma variação de 17,7 % de aumento de máquinas produzindo (VARGAS E SELLITO, 2016).

Na empresa Y trata se de uma empresa de prensagem de componentes e o MES monitora 15 equipamentos com variação de 200 produtos. Na implementação do MES houve o atraso do projeto devido a fator humano, pois os operadores ficaram desconfiados com o aumento do controle da gestão, caso que foi solucionado pela substituição dos operadores e intensificação de treinamentos (VARGAS E SELLITO, 2016).

Na empresa Y em questão os resultados obtidos entre 2011 e 2014 foram de tempo de máquina operando 56,5% em 2011 e 54,9% em 2014 resultando em uma queda de 1,6% e em questão da ociosidade foi de 9,6% em 2011 para 7,7% em 2014. (VARGAS E SELLITO, 2016). Na **tabela 1** é apresentado a composição do tempo de utilização do maquinário nas empresas estudadas por Vargas e Sellito (2016).

Tabela 1 - Composição do tempo de uso de maquinário

Empresa	Produtividade da máquina	2011	2014	Variação
Empresa X	Máquina operando	55,1%	72,8%	17,7%
	Ociosidade	31,7%	7,6%	-24,1%
	Paradas de máquina	13,2%	19,6%	6,4%
Empresa Y	Máquina operando	56,5%	54,9%	-1,6%
	Ociosidade	9,6%	7,7%	-1,9%
	Paradas de máquina	33,9%	37,4%	3,5%

Fonte: Adaptado de Vargas e Selitto (2016)

Pode-se notar que na empresa X a implementação do MES trouxe resultados significativamente positivos quanto na empresa Y os resultados obtidos não foram satisfatórios no quesito de produtividade. Na **tabela 2** é apresentado a composição dos motivos das paradas de máquinas associados a **tabela 1**

Tabela 2 - Composição das paradas de máquinas apresentadas na tabela 1

Empresa	Motivo da parada de máquina	2011	2014	Varição
Empresa X	Refeição	27,4%	28,7%	1,3%
	Falta de matéria-prima	22,1%	18,5%	-3,6%
	Paradas injustificadas	31,8%	24,7%	-7,1%
	Falta de operador	1,8%	6,7%	4,9%
	Manutenção de equipamentos	7,9%	4,0%	-3,9%
	Setup	4,4%	4,8%	0,4%
	Inspeção de peças	1,7%	4,7%	3,0%
	Falta de material	-	-	-
	Somatório de outras paradas	3,0%	8,0%	5,0%
Empresa Y	Refeição do colaborador	6,3%	14,6%	8,3%
	Falta de matéria-prima	-	-	-
	Paradas injustificadas	-	-	-
	Falta de operador	30,1%	41,0%	10,9%
	Manutenção de equipamentos	39,0%	17,5%	-21,5%
	Setup	15,9%	4,4%	-11,5%
	Inspeção de peças	-	-	-
	Falta de material	5,0%	4,1%	-0,9%
Somatório de outras paradas	3,0%	8,0%	5,0%	

Fonte: Adaptado de Vargas e Sellito (2016)

Pode-se notar na **tabela 2** similaridades no aumento das paradas de máquinas onde motivos que aparecem ocasionando perdas em ambas as empresas são refeição do colaborador, falta de operador e somatório de outras paradas, todos os motivos associados a fator humano.

Andrade et al. (2020) afirma que um dos maiores benefícios ocasionados pela implementação do MES na indústria é o controle sobre o chão de fábrica, devido ao fluxo em tempo real de dados obtidos pelo sistema e enviados aos gestores da produção. Andrade et al, (2020) apresenta também em seu estudo de caso uma gama de empresas que obtiveram resultados positivos com a implementação do MES.

No **quadro 6** é apresentado dados obtidos por Andrade et al (2015) em sua pesquisa sobre implementação do MES onde apresenta os benefícios estratégicos que as empresas buscavam com a implementação do sistema e os benefícios ocasionados após a implementação.

Quadro 6 – Resultados obtidos pela implementação do MES

Empresa	Principais desafios	Benefícios estratégicos	Benefícios operacionais alcançados
Black & Decker do Brasil	<ul style="list-style-type: none"> ● Reduzir as diferenças de inventário; ● Implantar sistema de controle de produção simples e confiável com base nos fundamentos do Lean Six Sigma; ● Melhorar OEE 	<ul style="list-style-type: none"> ● Redução de inventário; ● Aumento da produtividade; ● Melhoria na qualidade; ● Aumento do retorno sobre os ativos 	<ul style="list-style-type: none"> ● Redução em 32% na ocorrência de paradas; ● Redução de 12% das paradas planejadas; ● Redução de 70% das paradas não-planejadas; ● Redução de 76% do refugo;
Indab	<ul style="list-style-type: none"> ● Aumentar a confiabilidade das informações sobre o uso dos equipamentos e apontamento manual de produção; ● Assegurar maior eficiência na entrega e aprimorar controle de custos; ● Aumentar a capacidade produtiva; 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ganho de espaço para novos produtos; ● Aumento da capacidade produtiva; ● Aumento da produtividade; ● Total controle sobre a produção; ● Agilidade na tomada de decisões; ● Retorno após 6 meses de implantação 	<ul style="list-style-type: none"> ● Redução de 20% no maquinário com aumento de produtividade; ● Redução de custos fixos devido ao reaproveitamento da depreciação de equipamentos.
ThyssenKrupp Bilstein Brasil	<ul style="list-style-type: none"> ● Monitoramento on-line de produção e desempenho das células produtivas; ● Aumentar a agilidade de obtenção de informações relevantes para o ERP e a gestão; ● Implantar a geração de indicadores de desempenho. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Monitoramento on-line da produção; ● Confiabilidade das informações; ● Agilidade na obtenção de informações gerenciais e precisão para atualização de custos; ● Controle individual das máquinas através de integração do módulo de manutenção, possibilitando identificar e atacar o real problema da linha de produção 	<ul style="list-style-type: none"> ● Melhoria da disponibilidade, performance, qualidade e aumento do OEE; ● Redução de paradas operacionais; ● Aumento da produtividade; ● Redução do tempo médio de setup 16,8% em atuando em 6% do total de amostras.
Schaeffler	<ul style="list-style-type: none"> ● Melhorar a confiabilidade dos apontamentos no ERP; ● Monitoramento On-line da produção, paradas, refugo e retrabalho; ● Gerenciamento On-line do OEE; ● Agilizar a tomada de decisões. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Melhoria da qualidade da informação do chão de fábrica; ● Monitoramento de mais de 1200 máquinas; ● Controle real dos custos. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Redução do tempo de parada; ● Redução dos tempos perdidos por retrabalho e refugo.
Coca-Cola	<ul style="list-style-type: none"> ● Monitoramento on-line da produção; ● Obter informações do chão de fábrica de modo ágil e preciso; ● Automação da coleta de dados; 	<ul style="list-style-type: none"> ● Melhoria da qualidade da informação do chão de fábrica; ● Agilidade na identificação e ajustes de desvios no processo 	<ul style="list-style-type: none"> ● Redução de perdas de materiais e de diferenças de inventário; ● Aumento da produtividade; ● Melhoria de 13% do OEE.

Fonte: Adaptado de Andrade et al, (2020)

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Para Mendonça (2014), “A palavra método vem do grego *methodos* e é composta de *metá* (através de, por meio de) e de *hodós* (via, caminho)”. O que significa que para obter conhecimento os pesquisadores devem criar um caminho que os levarão para a resposta de suas perguntas.

O método é um aliado da Ciência, sendo, por isso, indispensável na produção do conhecimento científico. Todo pesquisador que se propõe a fazer pesquisa coloca-se, por analogia, na posição do alpinista que se pergunta qual o melhor caminho para escalar a montanha. Neste caso, o pesquisador se pergunta: qual o melhor método para investigar um determinado problema de pesquisa? (MENDONÇA, 2014. pg.11)

Neste capítulo será mostrado a metodologia de pesquisa utilizada para elaborar um estudo de caso em uma indústria do ramo metalmeccânica sobre a implementação de um sistema de controle produtivo e os métodos de pesquisa para obtenção de dados. Silva (2005) afirma que um estudo de caso envolve uma exaustiva obtenção de conhecimento sobre um objeto de interesse.

Gil (2002) afirma que o estudo de caso passou a ser considerado a maneira adequada para avaliação de fenômenos que ocorrem no dia a dia, onde podem ser encontradas dificuldades complexas que podem ser solucionadas a partir de elaboração de experimentos e obtenção de dados.

Pereira (2018), comenta sobre os tipos de conhecimento que podem ser adquiridos, onde dois tipos se destacam o conhecimento popular que se adquire de modo espontâneo com o convívio do ser humano com o meio ambiente no qual está situado e o conhecimento científico como o conhecimento factual que lida diretamente com fatos onde sua veracidade tem comprovação por meio de experimentação.

Lakatos e Marconi (1991), tem uma ideia semelhante sobre os conhecimentos popular e científico.

O conhecimento empírico, popular ou vulgar é transmitido de geração em geração por meio da educação informal e baseado na imitação e na

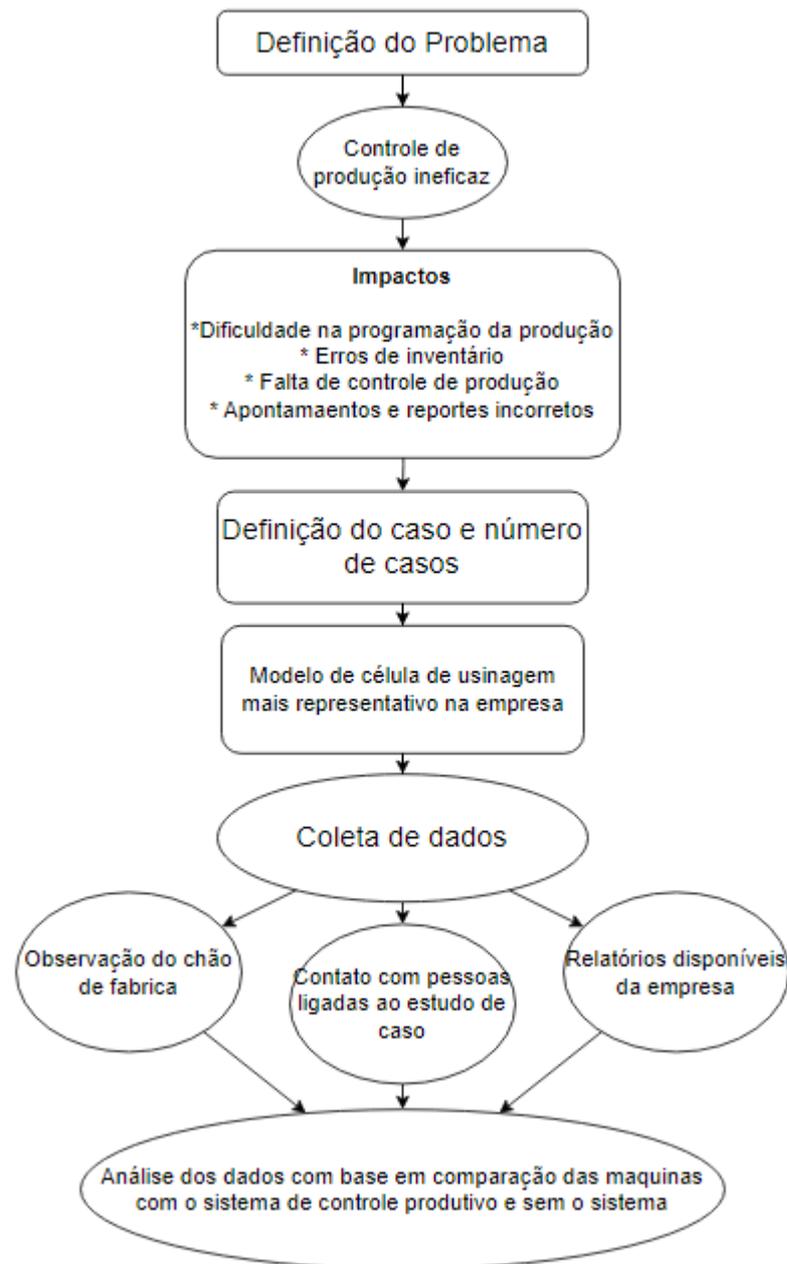
experiência pessoal. O conhecimento científico é aquele conhecimento obtido de modo racional, conduzido por meio de procedimentos científicos. Visa explicar "como" e a razão pela qual os fenômenos ocorrem. O conhecimento vulgar ou popular, também chamado de senso comum, não se distingue do conhecimento nem pela veracidade, nem pela natureza do objeto conhecido. O que diferencia é a forma, o modo ou o método e os instrumentos do conhecer. (LAKATOS e MARCONI, 1991, p.13)

Gil (2022) apresenta um conjunto de etapas que podem ser seguidas na utilização da metodologia de pesquisa para estudo de caso, que são elas:

- Formulação do problema
- Definição da unidade caso
- Determinação do número de casos
- Elaboração do protocolo
- Coleta de dados
- Avaliação e análise de dados
- Preparação do relatório

Desta maneira adaptando a sequência proposta por Gil (2022), será elaborado o estudo de caso presente neste trabalho; onde será seguido a metodologia vista nas próximas seções. No **fluxograma 2** é apresentado a metodologia de pesquisa resumida para elaboração deste trabalho.

Fluxograma 2 - Resumo da metodologia de pesquisa



Fonte: Autor (2023)

3.1. FORMULAÇÕES DO PROBLEMA

Segundo Silva (2005), um problema é a questão que a pesquisa deseja solucionar, onde geralmente pode ser resumida a um questionamento. E para ser vista a necessidade de pesquisa alguns questionamentos sobre o problema é fundamental, como por exemplo a relevância do problema, ou seja, “está pesquisa trará benefícios científicos?” “Tal conhecimento é importante para a sociedade?”

Outro fator importante na escolha do problema é a viabilidade da pesquisa, onde o pesquisador deve ter acesso a dados privilegiados ou benefícios para que ao transcorrer da pesquisa não tenha grandes dificuldades para a obtenção de dados desejados.

Neste presente trabalho a formulação do problema será efetuada através de convívio cotidiano do pesquisador com desvios produtivos ocasionados devido à falta de controle na linha de produção de uma empresa de grande porte.

Nesta etapa será apresentado motivos e os impactos ocasionados na linha de produção de uma indústria de usinagem devido à falta de controle produtivo eficaz. A obtenção dos dados será através de relatórios efetuados diariamente, em contato com membros do planejamento e da produção, diretamente no chão de fábrica e desafios do cotidiano do pesquisador.

Segundo Gil (2002) quando o pesquisador é um participante direto do ambiente no qual a pesquisa está sendo efetuada e o problema afeta diretamente no cotidiano do pesquisador o mesmo se torna um agente ativo da pesquisa.

3.2. DEFINIÇÃO DA UNIDADE DE CASO E NÚMERO DE CASOS

Gil (2002) afirma que a unidade de caso é um ponto inserido em um ambiente maior onde o pesquisador deseja dar foco pois o impacto do problema encontrado é mais significativo. Gil (2002), também destaca a importância de determinar o número de casos que serão explorados na pesquisa, onde para haver resultados significativos muitas vezes é necessário que sejam pesquisados diversos casos, e quando existe a similaridade pode ser utilizado apenas um caso que irá atender a problematização do ambiente.

No contexto da pesquisa como se trata de uma empresa que conta com um total de 100 células de usinagem será escolhido o modelo de células de usinagem chamadas neste trabalho de X devido a questões de sigilo de informação da empresa. A empresa conta com 45 células com o MES instalado recentemente sendo elas 7 do modelo X e nas outras 55 células já existe o projeto para a implementação a partir do segundo semestre de 2023. Este modelo X foi escolhido devido a ser o mais representativo em quantidade na empresa.

3.3. COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Conforme Gil (2002) dados em pesquisas de modalidade de estudo de caso podem ser obtidos tanto pela análise de documentos, contato com pessoas associadas ao caso e também com a observação ou participação do pesquisador.

Segundo Gil (2002) existe a falta da sistematização para análise de dados, isso ocorre pois existe grande mudança entre os estudos de caso, onde cada um tem uma particularidade tornando tanto a coleta como análise diferente para cada pesquisa.

Neste estudo de caso a coleta de dados será efetuada através de observações do chão de fábrica do pesquisador, entrevistas não estruturadas com supervisores, equipe de PCP e operadores, além da coleta de dados a partir de relatórios disponíveis no sistema da empresa.

Será efetuada a coleta de dados de um modelo X de células de usinagem onde a empresa foco deste trabalho conta com 20 equipamentos deste modelo sendo eles 7 com sistema de controle produtivo implementado e 13 sem o sistema de controle produtivo.

Foi escolhido esse modelo devido ao mesmo ter maior representatividade na empresa e também possuir um mix relativamente grande de produtos e dentre estas células existem itens que variam a demanda, ocasionando mais setups e também células de usinagem onde a produção é totalmente dedicada a apenas um item, tornando a pesquisa completa.

Após a coleta dos dados será efetuada a análise comparativa dos resultados obtidos nas células de usinagem baseado em históricos sem o sistema de controle produtivo e após a implementação do MES.

4. PROBLEMATIZAÇÃO

Neste capítulo será apresentado o estudo de caso em uma empresa fabricante de peças usinadas para a indústria automotiva, o fornecimento é diretamente para grandes montadoras situadas no mercado nacional e internacional.

Nesta empresa um dos seus maiores diferenciais no ambiente competitivo é a produção de peças prontas a para montagem no veículo, sem necessidade de um cliente intermediário entre a empresa e montadora. Ou seja, a montadora solicita o item e a empresa garante que a peça sairá da indústria pronta para ser utilizada pelo cliente.

Esse diferencial torna o produto mais lucrativo para a empresa, devido ao produto ter maior valor agregado e torna o produto mais acessível ao cliente final devido a não existir a necessidade de um terceiro onde irá adicionar sua margem de lucro e também custos logísticos.

A empresa conta com duas plantas, que são chamadas de unidade matriz e unidade dois. A matriz é composta por fundição, usinagem, pintura, área de montagem e lavação e a unidade dois é composta por área de usinagem, montagem e lavação. Este estudo de caso será com enfoque na unidade matriz.

Segundo o site oficial da empresa, a mesma conta com mais de três mil colaboradores, onde a produção ocorre em três turnos, 24 horas por dia. A unidade matriz atingiu no mês de março de 2023 produção de 204 mil peças usinadas em um mix de 330 produtos.

Como o objetivo estratégico da empresa é o fornecimento de peças acabadas para grandes montadoras que desfrutam do sistema de manufatura enxuta e evitam grandes estoques, a empresa optou para seu maior percentual do sistema produtivo em lotes econômicos. Porém essa sistemática torna o processo produtivo mais robusto e suscetível a ociosidade de equipamentos e mão de obra.

Embora maior percentual do sistema produtivo seja produzido por lotes econômicos também é fabricado cerca de 10 itens em massa utilizando recursos

dedicados 24 horas por dia. Também devido à necessidade contratual são efetuados lotes sob encomenda de peças de reposição que variam de 5 a 10 peças quando solicitadas.

Pode-se deduzir que para manter um fluxo de larga escala de produção onde o material é transformado de sucata de ferro para um produto com alto valor agregado, em um sistema de lotes econômicos ocasiona uma certa dificuldade de controle das etapas produtivas.

Nesta empresa o setor de planejamento é separado em três equipes que são: planejamento da fundição, planejamento da usinagem e planejamento de pintura. Prensas e lavadoras são agregadas ao planejamento da usinagem por não serem tão representativas e não necessitarem de planejamentos específicos.

Estas três equipes devem trabalhar em sintonia para obter a maximização dos resultados produtivos. Este trabalho tem enfoque no setor de usinagem que é tecnicamente intermediário entre os setores de fundição e pintura. Então a usinagem será abordada tanto como “cliente” de peças brutas da fundição como “fornecedor” de peças usinadas para pintura.

Nesta empresa o setor de planejamento e o setor de produção tem responsabilidades diferentes, onde a principal responsabilidade do planejamento é a entrega de produtos dentro do prazo e o setor de produção tem como responsabilidade principal a otimização dos recursos e resultados produtivos. Embora sejam responsabilidades diferentes estão interligadas diretamente, onde uma impacta na outra, podendo gerar tanto uma boa relação quanto descontentamento entre elas.

Na empresa o pesquisador é agente ativo e faz parte do setor de planejamento. O pesquisador tem o papel de controle de produção do PCP e tomada de decisões no início do 1º turno e muitas vezes se depara com o dilema entre afetar o prazo de entrega ou os resultados produtivos que é uma decisão difícil, porém, sempre visando o melhor para a empresa.

Embora a usinagem ser o intermédio entre a pintura e fundição é o setor onde o foco de atendimento é a carteira do cliente, onde o planejamento da usinagem das peças é elaborado pelo programador da produção da usinagem que efetua o sequenciamento de itens que entrarão nas células de usinagem.

O planejamento é elaborado 3 semanas a frente, tempo hábil para o PCP fundição entregar a MP (Matéria-prima) bruta. Após decorrer da semana é efetuado o sincronismo entre PCP fundição e PCP usinagem, onde os mesmos alinham suas

dificuldades de entregas e definirão melhores prazos para atendimento tanto para o cliente final tanto para a usinagem.

Este sequenciamento é efetuado através de planilhas eletrônicas e salvo na rede da empresa, para que demais profissionais tenham acesso caso necessitem. Embora a planilha estar disponível, as áreas de produção só irão produzir os itens que constarem cartões roteiro de produção no quadro heijunka, disponibilizados pela equipe de PCP usinagem. Na **figura 5** é apresentado o cartão roteiro de produção fornecido pela equipe de PCP usinagem para a produção

Figura 5 – Exemplo de cartão roteiro de produção

Data: xx/xx/xxx	
Item: XXXXXX Documento:xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	
Quantidade de peças: XX Peso do lote: XXX	
Fluxo Produtivo	
Operação	Máquina - Processo
Op1	MA01 - Usinagem
Op2	ECoat - Pintura
Op3	Montag - Prensagem

Fonte: Autor (2023)

Todos os dias durante a primeira hora da manhã (6:00h) é efetuada uma ronda do PCP usinagem com a supervisão chamado também de *genba*, onde Soares (2011) define o *genba* como estar no chão de fábrica da empresa e, para ele, é o método prático de prever problemas evitando antecipadamente desvios produtivos.

Nesta ronda é passado em todos os quadros heijunka da fábrica e são levados os cartões roteiros de produção que foram impressos por um funcionário conforme o sequenciamento do programador da produção para 2 dias a frente, ou seja, se a ronda ocorre na segunda feira os cartões distribuídos são os da produção de quarta-feira.

Essa impressão dos cartões é suscetível a falha humana devido a excesso de detalhes nos códigos dos produtos

Para a ronda são impressas informações relevantes como, data de entrega do item para o cliente, sequenciamento da produção e saldo da matéria-prima disponíveis para usar. E se for evidenciado risco de falta de matéria-prima, ações devem ser tomadas de modo que não ocorra a parada de máquina.

Na ronda são tomadas decisões que buscam equilibrar bons resultados de produção e datas de embarques. Exemplo de decisões são troca de itens da programação devido falta de bruto, efetuar o setup para outro item ou esticar o lote. O **quadro 7** são apresentadas algumas decisões que são tomadas na ronda da manhã.

Quadro 7 – Tomadas de decisões da ronda

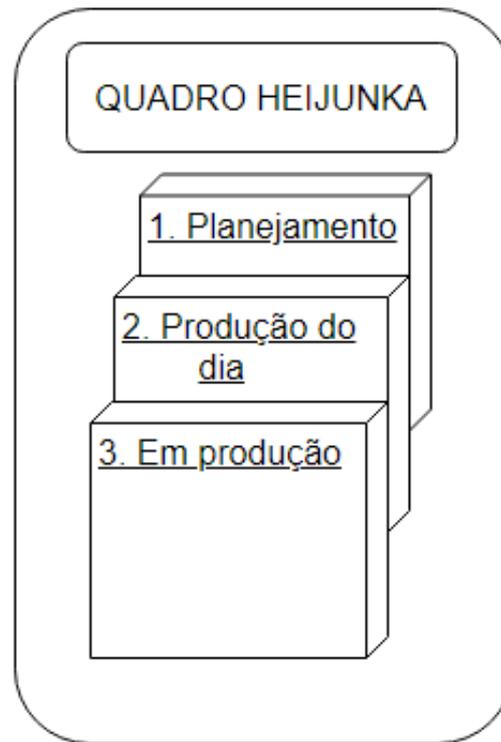
Decisão da ronda	Motivo
Troca de item	Embarque crítico
Troca de item	Falta de bruto
Troca de item	Atender o cliente
Troca de item	Manutenção de máquina
Esticar o lote	Chegada de bruto
Esticar o lote	Reduzir TRF

Fonte: Autor (2023)

Nesta ronda são efetuadas análises baseadas em informações imprecisas e com pouco tempo hábil para tomadas de decisões, onde o impacto desta ronda é crucial para o resultado da empresa. Estas tomadas de decisões se tornariam mais assertivas caso houvesse um sistema capaz de informar o horário da falta de matéria-prima, quantidade de peças produzidas por hora e outras informações relevantes sem a necessidade de ir até o equipamento.

O quadro heijunka tem três escaninhos para colocar cartões roteiro. No escaninho inferior se refere ao item que está em processo na máquina, o do meio é colocado os cartões do que irá ser produzido durante o dia, e o escaninho de cima são colocados cartões para o próximo dia. Quando existe a troca de item o cartão roteiro é colocado em uma pasta de cor diferente de modo ao operador visualizar que se trata de uma troca de dispositivo e ferramental. Na **figura 6** é apresentado um quadro heijunka.

Figura 6 - Exemplo de quadro heijunka



Fonte: Autor (2023)

Conforme visto na **figura 5** o cartão roteiro informa o item que será produzido, a máquina onde é efetuado a produção, seu fluxo de produção, quantidade de peças. Este cartão também tem a funcionalidade de efetuar a compra da matéria-prima por meio dos computadores distribuídos no chão de fábrica.

Este sistema de controle de produção embora robusto, ainda é suscetível a erros tanto de planejamento, extravio de cartões e má fé. Para o controle da produção o programador deve lembrar a quantidade de cartões que foram colocados no quadro e esperar que a quantidade seja realmente produzida.

Em casos de desvios produtivos o programador só irá perceber se o mesmo se deslocar até a célula durante o turno, onde muitas vezes o programador efetua diversas tarefas o que torna inviável estar no chão de fábrica acompanhando a produção constantemente.

Neste modelo de controle de produção é muitas vezes inviável planejar contando com os dados visualizados no sistema ERP da empresa, devido à falta de confiabilidade na informação, e em caso de necessidade do programador da produção, ter informação confiável de quantas peças estão realmente usinadas, ele é

obrigado a se deslocar até o chão de fábrica e efetuar o inventário visual das peças na célula de usinagem e processo posterior.

Na empresa existe um indicador de paradas de máquina, onde todos os dias é atualizado e passado para as áreas responsáveis pela parada de máquina sejam elas, manutenção, falta de matéria-prima, troca de ferramental, absenteísmo, entre outros. Então identificada a equipe responsável pela parada irá responder para a gerência o motivo da parada, nesta empresa existe uma grande rigidez em questão de paradas de máquina. No **quadro 8** é apresentado um exemplo de lista de códigos de paradas de máquinas utilizados na empresa.

Quadro 8 - Exemplo de lista de paradas de máquinas

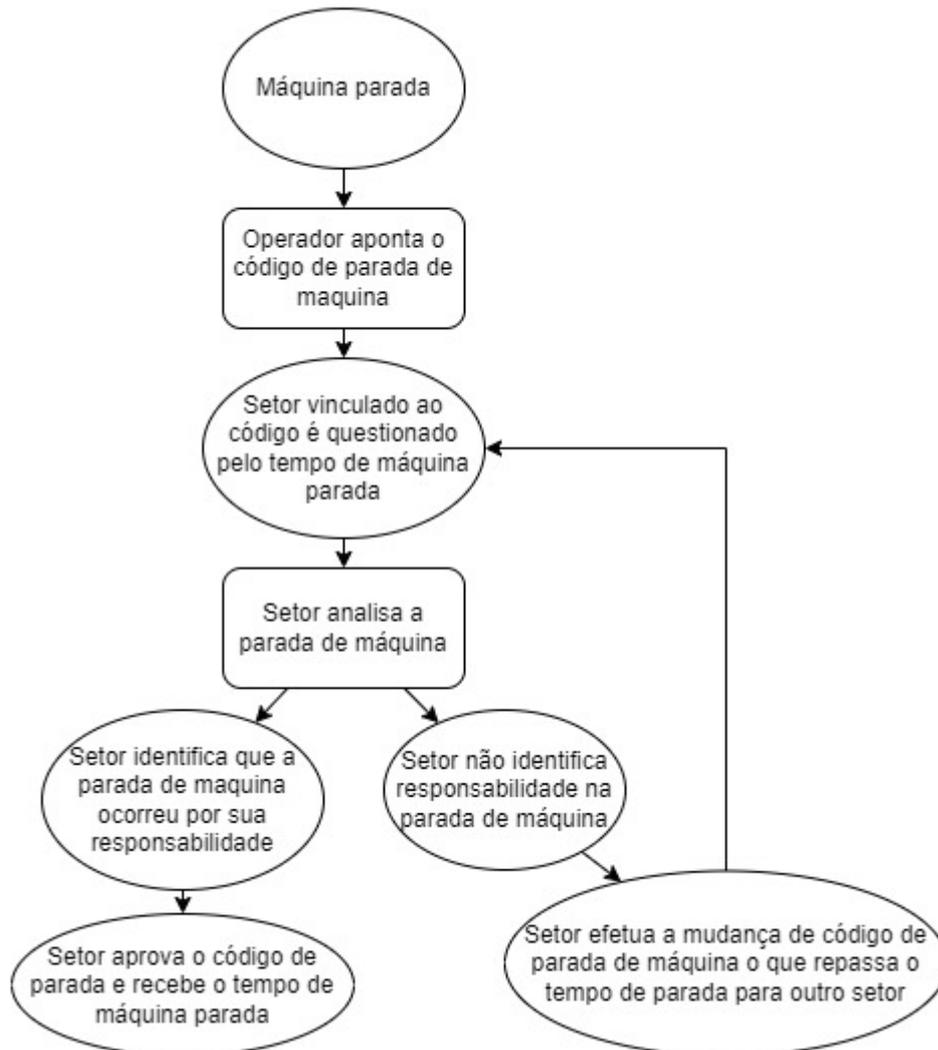
Código	Descrição	Código	Descrição
1	Falta de documentos	18	Manutenção mecânica
2	Falha em documentos de procedimento operacional	19	Manutenção elétrica
3	Setup	20	Máquina em análise
4	Troca de ferramentas	21	Aguardando peças para troca
5	Ajuste na usinagem	22	Aguardando suporte elétrico
6	Verificação de medidas	23	Aguardando suporte mecânico
7	Suporte técnico	24	Falha na qualidade da matéria prima
8	Troca de ferramenta de usinagem	25	Falta de matéria prima
9	Falta de documentação de trocas de dispositivos	26	Falta de cartão kanban
10	Falta de ferramenta	27	Falta de embalagem
11	Falta de instrumento metrológico	28	Falta de matéria prima pintada
12	Falta documentos de metrologia	29	Usinagem apenas um lado da máquina
13	Falta de dispositivo medição	30	Falta de componentes
14	Falta de instrumento de usinagem	31	Manutenção do dispositivo
15	Aguardando suporte técnico	32	Treinamento operacional
16	Talha não suporta dispositivo	33	Absenteísmo
17	Falha no transporte de materiais	34	Operador deslocado para cobrir absenteísmo

Fonte: Autor (2023)

Todas as paradas de máquinas são apontadas pelo operador em códigos no boletim de apontamento da produção. Cada código é vinculado a algum setor que no dia seguinte será questionado pela parada da máquina. O setor então analisa o motivo da parada de máquina e caso seja realmente o responsável, o tempo será contabilizado em seus indicadores. Em caso de verificar que a parada de máquina

não é de sua responsabilidade o mesmo apresenta argumentos e indica outro setor como responsável. O **fluxograma 3** apresenta um exemplo de parada de máquina.

Fluxograma 3 - Responsabilidade sobre o tempo da parada de máquina



Fonte: Autor 2023

Estas análises são difíceis devido ao fato de que a parada só irá ser pontuada e discutida no dia posterior o que gera a necessidade de baixar relatórios do dia anterior verificar existência de saldos no horário e data da parada, isso acarreta perda de tempo de colaboradores e discussões entre equipes devido ao fato de nenhuma equipe querer assumir as perdas relacionada a paradas de máquinas.

Toda manhã é efetuada uma reunião, em que é alinhado entre equipes informações do próximo dia como, máquinas em manutenção, setups, falta de bruto, realocação de mão de obra, máquinas que devem produzir em apenas um dos lados

Esta reunião também é realizada baseada em informações imprecisas de quantidade de produção diária, o que a torna suscetível a erro e falta de matéria-prima tanto no dia atual como no dia posterior.

No momento da produção o operador vai ao quadro heijunka da sua máquina pega um cartão roteiro e efetua a “compra” da matéria-prima via sistema. Quando efetuada a compra a interface do sistema informa o saldo de matéria-prima disponíveis para usinagem.

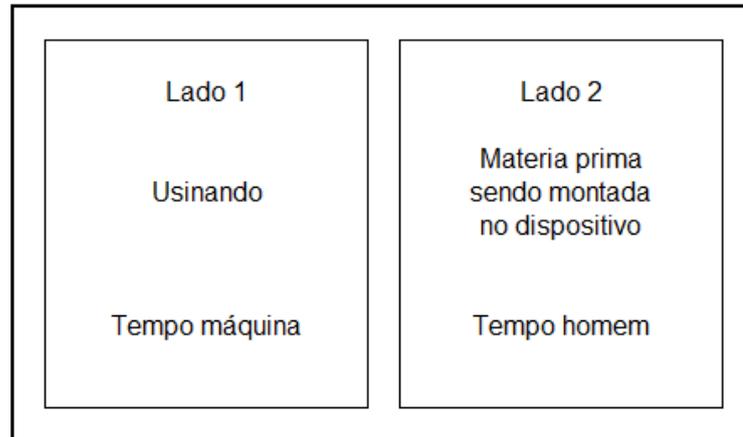
Após a compra a logística recebe o pedido onde a partir desse momento conta o lead time de entrega da logística para a matéria-prima chegar na máquina, devido a esse lead time da logística o operador deve se atentar com as compras de modo a respeitar o tempo de entrega da logística.

Quando a logística recebe o pedido é efetuada a baixa da matéria-prima do estoque disponibilizados em “carrinhos” de transporte, conectados ao AGV (veículo autoguiado), que levará automaticamente a matéria-prima na máquina. Em caso de setups o operador também irá efetuar a compra do dispositivo, ferramental e checklist.

Para a usinagem, a logística dispõe de 2 caixas padrão para o operador uma vazia e uma contando uma quantidade de matéria-prima determinada pelo cartão roteiro efetuado pela equipe PCP fundição. Então o operador efetua a montagem do bruto no dispositivo a peça é usinada, retirada do dispositivo e colocada na caixa vazia até a quantidade determinada pelo cartão roteiro da usinagem visto na **figura 5**.

A máquina de usinagem é disposta de 2 lados, onde um lado se refere ao que está sendo usinado efetivamente e o outro lado é efetuada a montagem da matéria-prima no dispositivo. Na **figura 7** é mostrado resumo de como funciona a sistemática de produção de uma célula de usinagem CNC (Controle numérico computadorizado) utilizada na empresa foco deste trabalho.

Figura 7 - Sistemática de produção de uma célula de usinagem



Fonte: Autor (2023)

Manter os dois lados da máquina produzindo é crucial para garantir bons resultados de produção, o lado 2 de montagem da matéria-prima na máquina é utilizado de modo que evite a parada da célula quando é finalizado a usinagem no lado 1. Ou seja, quando é finalizado a usinagem no lado 1 ocorre o giro da máquina transferindo o lado 2 para usinar e o lado 1 para efetuar a desmontagem das peças usinadas do dispositivo e montar mais matéria-prima no dispositivo gerando assim um ciclo contínuo que evita ociosidade.

Existe dois termos referentes ao tempo de produção o “tempo homem” que seria o tempo que o operador leva para efetuar a desmontagem das peças usinadas do dispositivo, montagem da matéria-prima no dispositivo, acabamento na peça usinada, e embalagem de peça usinada e outras pequenas movimentações.

E o “tempo máquina” que é o tempo que a máquina leva para iniciar e finalizar o processo de usinagem do item. Então suponha que o “tempo homem” seja maior que o tempo máquina, irá ocasionar um período de parada do equipamento que é igual ao tempo homem menos o tempo máquina.

- Tempo de ociosidade = tempo homem - tempo máquina

Na máquina CNC existem algumas combinações de usinagem, e cada uma delas gera tempos diferentes de produção, o que dificulta a programação que muitas vezes está com baixa quantidade de matéria-prima e qualquer falha pode ocasionar paradas de máquina.

Existe também dispositivos que suportam mais de uma peça do mesmo item, o que ocorre no aumento do tempo para efetuar as movimentações necessárias pelo operador e afeta negativamente no planejamento, que muitas vezes não tem o conhecimento de quantidade de peças no dispositivo e acaba programando a produção com números incorretos.

Quando existe a necessidade da máquina CNC produzir apenas um dos lados, ocasiona-se ociosidade durante a montagem e desmontagem da matéria-prima no dispositivo. Este fato geralmente ocorre devido a necessidade de produzir mais rapidamente algum item devido a criticidade de entrega, ou falta de matéria-prima em um dos lados da máquina.

Esta ociosidade é calculada através de quantidade de ciclos para determinar o tempo de ociosidade da máquina, por exemplo em caso de um item que o tempo homem é em torno de 3 min, caso esteja usinando em apenas um dos lados cada ciclo haverá ociosidade de máquina de 3 minutos ou seja:

- Tempo de ociosidade = Qtd de ciclos x tempo homem

No **quadro 9** é apresentado os tipos de combinação de peças que podem ser utilizados na célula de usinagem.

Quadro 9 - Combinações possíveis na célula de usinagem

Lado 1	Operação no lado 1	Tempo de usinagem lado 1	Lado 2	Operação no lado 2	Tempo de usinagem lado 2	Tempo total de usinagem	Explicação
Item X	Usinagem 1	Exemplo: 5 min	Item X	Usinagem 1	Exemplo: 5 min	10 min	Item igual nos dois lados da célula de usinagem
Item X	Usinagem 1	Exemplo: 10 min	Item Y	Usinagem 1	Exemplo: 30 min	40 min	Itens diferentes nos dois lados da célula de usinagem
Item X	Usinagem 1	Exemplo: 10 min	Item X	Usinagem 2	Exemplo: 50 min	60 min	Duas usinagens diferentes na mesma peça
Item X	Usinagem 1	Exemplo: 20 min	Sem item	Sem usinagem	0 min	20 min	Apenas um lado da célula usinando. Segundo supervisor de produção gera perda de produção em torno de 30%

Fonte: Autor (2023)

Pode-se notar que devido a variação das combinações de usinagem, ocorre também a variação do tempo de produção, o que pode consumir mais ou menos matéria-prima. Por exemplo, suponha que está usinando de um lado um item de 10 min e no outro lado está um item de 30 min, irá teoricamente sair uma peça de cada item a cada 40 min, porém em caso de setup onde o item de 30 min é substituído por um item de 2 min, irá ser produzido uma peça de cada item em 12 min tornando o consumo de matéria prima do item que já estava em máquina aproximadamente 3,33 vezes maior, o que pode ocasionar falta de matéria prima se os cálculos de consumo de matéria prima não sejam efetuados corretamente.

Para o controle da produção em tempo real é utilizado o quadro “hora/hora” que fica no canto da máquina e é preenchido pelo operador durante ao decorrer do turno com um canetão verde em caso de meta de quantidade de peças por hora atendidas ou vermelho em caso de não atingir a meta por hora.

A meta é calculada através dos computadores no chão de fábrica, onde o operador insere a combinação de itens que está produzindo e o software de planilhas eletrônicas efetua o cálculo de quantidade de peças por hora. No **quadro 10** é apresentado exemplo de quadro “hora/hora”

Quadro 10 - Exemplo de quadro hora/hora de produção

Quadro Hora/Hora	Tempo de usinagem	Peças por hora	Peças por dispositivo
Item 1: x	10 min	2	1
Item 2: y	20 min	4	2
Soma	30 min	6	
Início do turno 5:30			
Item x	Quantidade de peças produzidas por hora (preenchido manualmente pelo operador)	Item y	Quantidade de peças produzidas por hora (preenchido manualmente pelo operador)
06:30	2	06:30	4
07:30	2	07:30	4
08:30	1	08:30	2
09:30	2	09:30	4
10:30	1	10:30	2
11:30	2	11:30	4
12:30	1	12:30	2
13:30	2	13:30	4

Fonte: Autor (2023)

Este quadro é preenchido manualmente pelo operador da produção e não é auditado para que seja confirmada a veracidade da informação, nota-se que para validar esta informação é necessário que um colaborador se desloque até as células no chão de fábrica e monitore a quantidade de produção de cada célula separadamente, e ainda assim terá dificuldades de adquirir informações precisas.

Após o fechamento do lote do cartão roteiro é assinado pelo operador responsável pela usinagem, grampeado na caixa e a mesma caixa é colocada nas áreas de caixas finalizadas, onde indica que o lote está usinado e pode ser enviado para próxima etapa de produção (pintura, prensagem, lavagem, expedição, entre outras).

A transformação do saldo no sistema da matéria prima para o produto usinado é de responsabilidade do operador da rota da logística que ao observar a caixa usinada na área de caixas finalizadas o mesmo efetua o reporte lendo o código de barra do cartão roteiro de produção com um equipamento que efetua automaticamente a mudança do saldo do item matéria prima para o item usinado no sistema ERP e leva a caixa para sua próxima operação.

Em casos de caixas incompletas o operador da produção informa a quantidade de peças usinadas que estão na caixa no cartão roteiro o operador da rota reporta o saldo incompleto conforme informado pelo operador da produção e desloca a caixa até o depósito da logística para aguardar a entrada em máquina novamente.

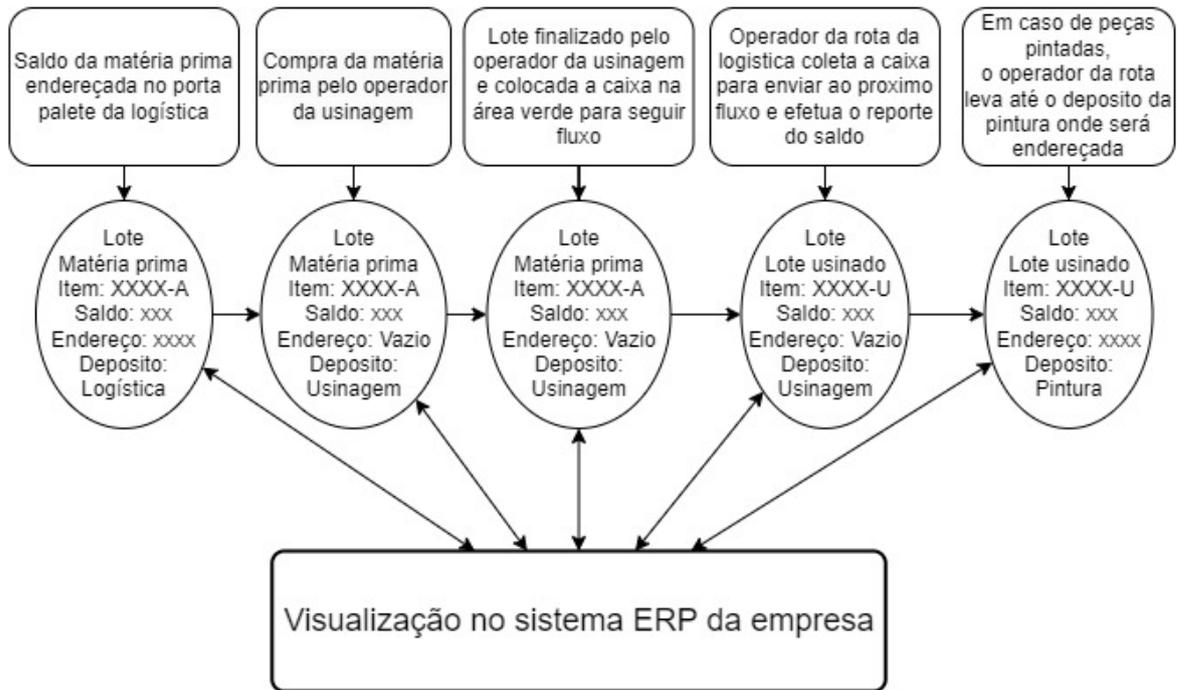
Após o reporte incompleto as caixas são endereçadas no depósito da logística em similaridade com a matéria prima, porém em saldo já usinado, quando o mesmo item volta a usar a caixa incompleta é comprada automaticamente no sistema e ela volta a célula para ser completada reportada a diferença de saldo faltante no cartão roteiro e seguir o fluxo produtivo.

Este reporte manual é de extrema vulnerabilidade, pois nem sempre os operadores da rota passam por treinamentos adequados para este procedimento ocasionando divergência de saldo em diferentes níveis, em peças prontas, usinadas ou de matéria prima.

Estes reportes incorretos ocasionam sobra de saldo de matéria prima no depósito da usinagem e falta de saldo usinado para que o item possa seguir seu fluxo. Por exemplo em caso de falta de saldo do item usinado o endereçamento no depósito da pintura ficará indisponível pois só poderá ser endereçado caso exista saldo do

material usinado, e em alguns casos pode ocorrer duplicação do saldo. No **fluxograma 4** é apresentado o de produção e reporte dos saldos do item matéria prima para item usinado.

Fluxograma 4 - Fluxo de produção e reporte no sistema ERP



Fonte: Autor (2023)

Um exemplo comum de duplicação de saldo usinado ocorre quando a caixa deve ser endereçada no depósito da logística como uma caixa incompleta. Onde devido à falta de treinamento, o operador da rota não reporta a quantidade incompleta e devido à falta de saldo do item usinado impossibilita o endereçamento no porta-paletes da logística, de forma a prosseguir com o endereçamento os técnicos da logística são acionados e efetuam o reporte manual da quantidade da caixa incompleta no sistema, sem vínculo com o cartão roteiro.

Quando volta a usinagem deste item que a caixa é completada na célula e o reporte que deveria ser apenas a diferença é efetuado reporte completo onde ocorre a sobra do saldo reportado manualmente pelo técnico no sistema ERP. Onde este saldo que está sobrando pode ser visto pelo setor de planejamento e deduzido ser peças que existem e podem ser utilizadas para atender os pedidos de carteira gerando risco de falta de abastecimento do cliente por saldo incorreto.

Nesta indústria o controle produtivo ainda é feito por meio de boletins de papel, onde os próprios operadores preenchem o item em produção, a quantidade produzida, parada de máquinas, códigos de parada de máquina e também a eficiência alcançada pelo operador. Porém o apontamento da gestão é apenas para registro de produção o saldo no sistema é atualizado durante o decorrer do turno pelos reportes dos operadores da logística.

Existem dois tipos de boletins de produção que são distinguidos pelas cores, que são os boletins para máquinas programadas e os boletins para máquinas não programadas, os boletins utilizados são similares ao visto na **figura 1**. No **quadro 11** é apresentado um exemplo de boletim de produção utilizado na empresa foco deste trabalho.

Quadro 11 - Exemplo de boletim de produção

Boletim de produção						
Número da máquina:				Paradas		
Operador:				Código de parada	Hora de Início da parada	Hora do fim da parada
Turno:				1	15:00	15:30
Código do item	Quantidade planejada	Quantidade produzida				
XXX.XXX-0	10	9	2	17:08	17:20	
XXX.ZZZ-0	20	21				
XXX.YYY-0	30	29				

Fonte: Autor (2023)

Como os cartões ficam disponíveis nos quadros heijunka os gestores da produção podem por algum motivo de ociosidade de operadores ou manutenção em alguma máquina planejada, ocupar a mão de obra em máquinas não planejadas em seu turno, esta decisão pode afetar o consumo de cartões roteiro e de matéria prima. No **quadro 12** apresenta problemas relacionados a produzir em máquinas não programadas.

Quadro 12 - Exemplo de produção por turno

Matéria prima disponível em estoque: 20			
Status de operação	Turno	Consumo de matéria prima	Consumo de cartões roteiro
Máquina programada	Turno 1	10 peças	10
Máquina não programada	Turno 2	6 Peças	6
Máquina programada	Turno 3	10 Peças	10

Fonte: Autor (2023)

Nota-se que no caso citado no **quadro 12**, se a máquina produzir no segundo turno consumindo 6 peças de matéria prima, ocorrerá a falta de matéria prima durante o turno 3, quando a máquina está realmente planejada. Neste caso o supervisor do turno 3, entra em contato com o planejador de produção e irá efetuar o questionamento sobre a falta do bruto, e o mesmo não irá saber responder, pois teoricamente a matéria prima era suficiente para atender a produção.

Os apontamentos dos boletins são efetuados por um colaborador em uma planilha eletrônica, através de uma caixa de diálogo, onde é preenchido a máquina, turno, minutos trabalhados, data da produção, matrícula do operador, item 1, 2, 3, e 4, quantidades de peças produzidas de cada item, tempo de usinagem de cada item as paradas e seus motivos. No **quadro 13** é apresentado um modelo para apontamento.

Quadro 13 - Janela de diálogo para apontamento manual

Rastreabilidade do operador						
Data:		Turno:				
Máquina:		Minutos trabalhados:				
Matricula:						
Apontamento de produção						
Item	Quantidade produzida	Tempo de usinagem	Hora início de parada	Hora final de parada	Tempo de parada	Código de parada
Item 1						
Item 2						
Item 3						
Item 4						

Fonte: Autor (2023)

Estes reportes e apontamentos manuais estão muito desatualizados para uma empresa onde a produção mensal da usinagem gira entorno de 200 mil peças, o que

acaba ocasionando muita incerteza de informação em relatórios, furos de estoque, saldo em níveis incorretos desvios que podem ser ocasionados tanto por má fé, erro de digitação, esquecimento de reporte entre outros motivos.

Nota-se que existe a necessidade de duas operações similares uma de reporte para a transferência de saldo no sistema efetuada pela equipe de logística e apontamentos manuais em planilhas eletrônicas para geração de relatórios efetuada pela equipe de controle de produção. E ambas as operações não podem ser comparadas devido a atraso de reporte.

Ao observar a falta de controle da produção, desvios produtivos e desperdício de tempo de colaboradores efetuando apontamentos e reportes repetitivos, buscou-se um método para tentar minimizar estes fatos na indústria, onde optou-se pela implementação de um sistema de controle produtivo automatizado chamado de MES (Manufacturing Execution System), que ainda está em fase de testes na empresa.

5. IMPLEMENTAÇÃO DO MES

O MES foi adquirido na empresa base deste estudo em meados de fevereiro de 2022 com objetivo central de maximizar a produtividade na empresa evitando desperdícios providos de ociosidade tanto de equipamentos como de mão de obra. Embora tenha sido desenvolvido com este o objetivo principal, o MES tem a capacidade de atingir mais utilidades com tendência a redução de desvios vistos no capítulo anterior.

O MES conta com sistema de coleta de dados em tempo real, controle de qualidade, análise de desempenho do maquinário, análise de desempenho dos operadores, análise de desempenho por turnos, tempo de parada de máquina detalhadamente por operador e turno, visualização do chão de fábrica em tempo real, entre outras.

Uma grande funcionalidade do MES que pode ser aproveitada futuramente é a interação com o sistema ERP da empresa, pois ainda nestes primeiros anos de testes esta funcionalidade não está ativa, porém o sistema de reporte pode ser alterado utilizando informações adquiridas pelo MES de modo a garantir a confiabilidade de informações dos dados vistos no sistema ERP.

Outra funcionalidade adquirida pela implementação do MES é a possibilidade de analisar em tempo real o indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness ou eficiência global do equipamento) esse indicador é de extrema importância no ambiente industrial para o monitoramento da produtividade do equipamento.

Segundo Petriff (2022) OEE é um indicador para monitorar os resultados adquiridos em um maquinário específico e permite aos gestores uma visualização geral do processo produtivo do equipamento através de dados gerenciais e operacionais.

- $OEE = Disponibilidade(\%) \times Performance(\%) \times Qualidade\ dos\ produtos(\%)$

Onde:

Disponibilidade.....(D) = Tempo efetivo / Tempo planejado

Performance.....(P) = Produção efetiva / Produção meta

Qualidade dos produtos..(Q) = Peças aprovada / Peças produzidas

Analisando os benefícios pela implantação do MES no sistema produtivo citados por autores na literatura, foi possível elaborar uma lista de possíveis melhorias que podem ser implementadas futuramente na indústria base deste estudo. Embora pontuadas, as melhorias só poderão ser alcançadas através de investimentos e disponibilidade de colaboradores.

No **quadro 14** apresenta as principais funcionalidades do MES e exemplos onde o sistema pode agregar valor junto ao planejamento e controle da produção na empresa base deste trabalho.

Quadro 14 - Funcionalidades x aplicações na empresa foco

Funcionalidades MES (MESA)	Possível soluções aplicadas para este estudo
Programação de produção e sequenciamento	Planejamento em sistema adequado, planejamento com base em capacidade produtiva de maquinário e recursos
Alocação de recurso	Alocação automatizada de MO e disponibilidade de recursos; rastreamento de recursos e MO
Geração de ordem de produção	Ordens de produção geradas diretamente ao chão de fábrica sem a necessidade de utilizar cartões roteiro de produção; compras de recursos automatizados conforme ordem de produção (dispositivos, matéria prima, embalagem, etc.)
Controle de Documentos	Disponibilização de procedimentos operacionais automatizados
Rastreamento e Genealogia do Produto	Monitoramento em tempo real do processo produtivo; controle de transformação do produto; precisão em apontamentos; informações de estoques intermediários; saldo em sistema com rastreabilidade de produção (verificar automaticamente em qual fase produtiva o lote se encontra)
Análise de performance	Automatização de indicadores produtivos, eficiência homem máquina
Gestão de mão de obra	Gerar um histórico onde verifica quais operadores trabalharam em x máquinas, gerando um histórico de habilidades onde pode ser monitorado pelo PCP para alocação de MO
Gestão da Manutenção	Análise em maquinários que podem ter vulnerabilidade de modo a planejar o produto com lead time maior considerando possível falha de manutenção
Gestão de Processos	Disponibilizar dados referente ao maquinário utilizado para a manufatura de cada produto
Gestão da Qualidade	Gera um histórico de falha de qualidade onde pode ser analisado pelo planejamento de modo a produzir sobra de peças em caso de refugo

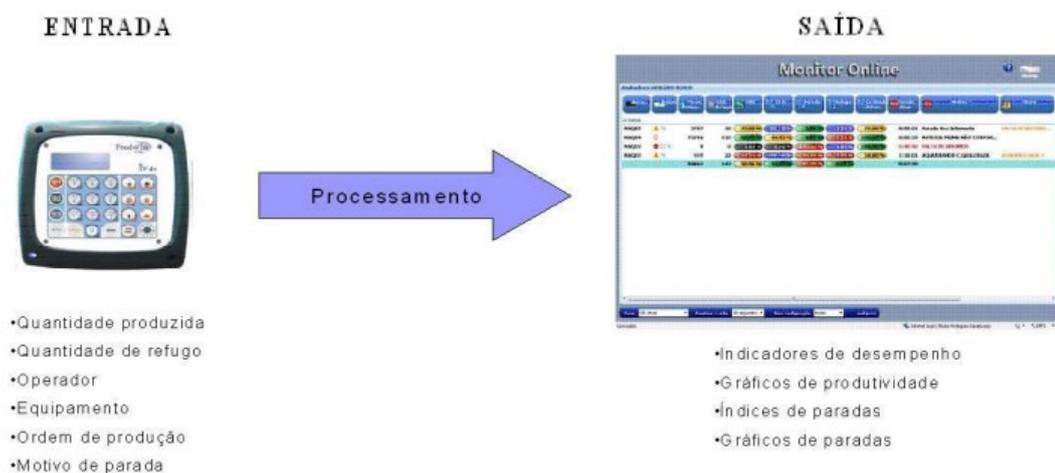
Fonte: Autor (2023)

O MES funciona da seguinte maneira: na célula de usinagem é instalado um coletor de dados que mostra ao operador da célula o andamento da produção e conforme ocorre as paradas da máquina durante o turno, o MES solicita ao operador informar os códigos adequados da parada.

O sistema é conectado a uma rede de internet e disponibiliza os dados informados pelo operador de forma remota aos gestores da área que poderão intervir de maneira precoce na tomada de decisão para tentar minimizar os impactos ocasionados pela parada da máquina.

O coletor captura os dados de produção de forma automática e em tempo real da produção e disponibiliza aos gestores em uma interface que apresenta a produção de todas as máquinas separadamente através de linha do tempo, o sistema também disponibiliza históricos de produção que podem ser obtidos através de download de relatórios. A **figura 8** apresenta o funcionamento simplificado do MES, onde o coletor como entrada captura os dados e fornece ao gestor em forma de interface na internet.

Figura 8 - Funcionamento simplificado do sistema

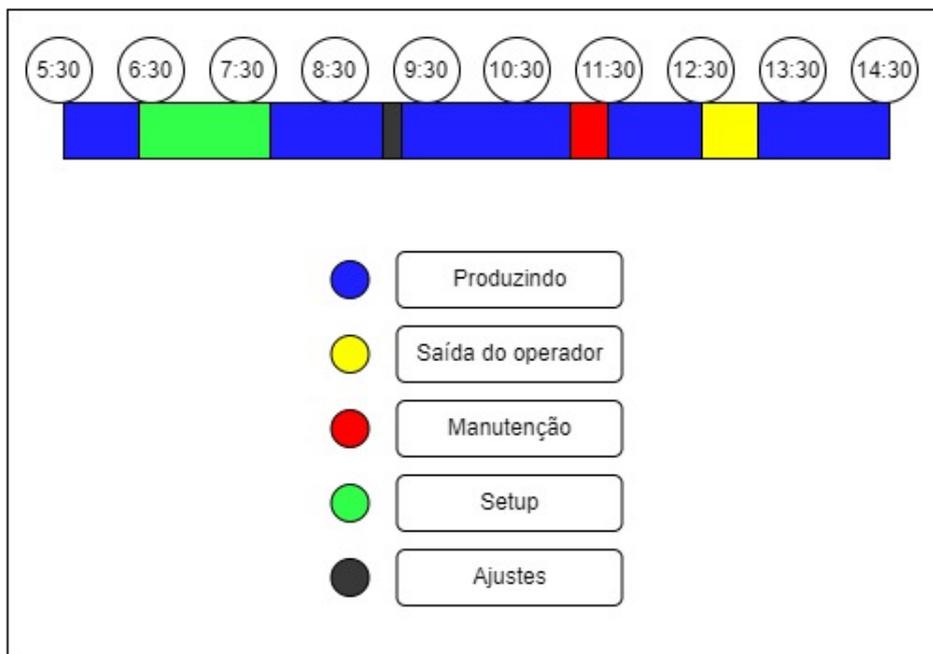


Fonte: Torrúbia (2010)

O MES é acessado através de login com usuário e senha e fornece opções para o usuário adquirir os dados relevantes para a sua análise tanto como monitorar o chão de fábrica de forma remota, histórico de paradas de máquina, produtividade, tempo de setups, tempo de usinagem de peças, gráficos, eficiência da máquina, entre outros.

A interface do controle produtivo em tempo real é intuitiva e mostra a linha do tempo de cada máquina atualizada a cada minuto contendo o andamento da produção de todas as células de usinagem contidas no chão de fábrica e em caso de qualquer evento ocorrido na produção de uma determinada célula o sistema sinaliza ao usuário mudando a cor da linha do tempo. A **figura 9** apresenta as linhas do tempo de produção em tempo real das células de usinagem e ao clicar na cor abre automaticamente a explicação do evento ocasionado na célula de usinagem.

Figura 9 - Exemplo de linha do tempo apresentada pelo MES



Fonte: Autor (2023)

Como a empresa já tinha seu sistema de controle produtivo baseado em boletins de papel, durante os testes do MES o controle continuou sendo aplicado de modo a efetuar a comparação dos resultados com o sistema de produtividade automatizado.

Foram efetuadas a análise dos dados referente as 7 máquinas estudadas durante o ano de 2022, nesta análise será comparado os resultados obtidos pelo MES e pelos boletins de papel referente a parada de máquinas. Foi criado para cada tipo de parada um grupo a qual pertença, por exemplo um ajuste de dispositivo entrou no grupo “ajustes”. A **tabela 3** apresenta a análise comparativa de resultados obtidos pelo MES e pelo sistema de controle produtivo convencional durante o ano de 2022.

Tabela 3 - Comparativo entre resultados obtidos pelo MES x boletins de papel

Ano 2022	MES	Boletins de papel		
Motivo da parada	Tempo (h)	Tempo (h)	Varição de horas	Resultado
Aguardando técnico	99,92	135,31	-35,39	-26%
Ajuste	89,70	81,56	8,13	10%
Atuação Técnica	309,69	355,83	-46,13	-13%
Falta de insumo	39,50	34,73	4,76	14%
Manutenção	1828,07	1623,61	204,45	13%
Falta de MP	127,19	197,16	-69,97	-35%
Operador	991,03	864,35	126,68	15%
Operador deslocado	41,21	44,96	-3,75	-8%
Parada não informada	3432,60	Todas paradas eram informadas	3432,60	-
Processo	111,44	243,50	-132,05	-54%
Qualidade	47,16	74,43	-27,26	-37%
Reunião	241,58	310,96	-69,37	-22%
Setup	477,74	851,30	-373,55	-44%
Treinamento	188,25	301,41	-113,15	-38%
Total Geral	8027,20	5096,56	2930,63	58%

Fonte: Autor (2023)

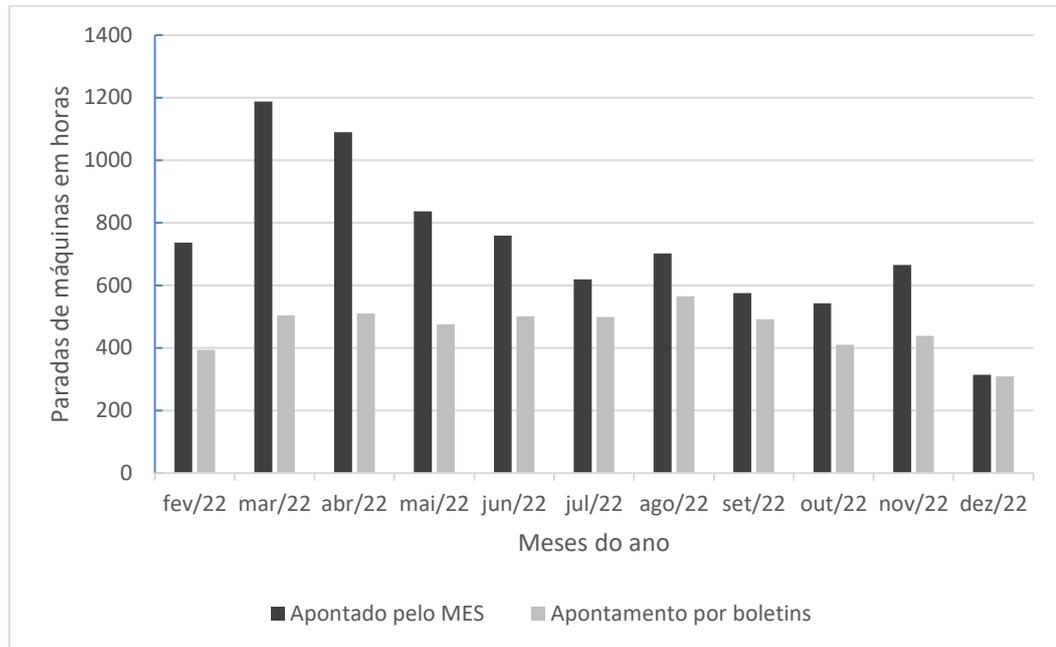
A **tabela 4** apresenta o comportamento mensal do tempo de parada de máquinas obtidos com apontamento por boletins de papel e pelo MES. E no **gráfico 1** fica evidenciada as diferenças.

Tabela 4 - Tempo de parada de máquinas sumarizados mensalmente

Meses	Apontamento pelo MES (h)	Apontamento por boletins (h)
Fev/22	736,11	393,68
Mar/22	1186,88	503,75
Abr/22	1089,24	510,18
Mai/22	836,19	475,26
Jun/22	758,94	500,71
Jul/22	618,96	498,50
Ago/22	702,09	564,95
Set/22	575,71	491,56
Out/22	543,00	410,08
Nov/22	665,66	438,85
Dez/22	314,38	309,01

Fonte: Autor (2023)

Gráfico 1 - Diferenças ocasionadas pelos dois tipos de apontamentos



Fonte: Autor (2023)

Nota-se no gráfico 1 que as discrepâncias encontradas no início dos testes com o MES foram diminuindo conforme o passar dos meses e agregando confiabilidade na informação recebida pelo sistema, algo que foi visto como dificuldade no início do projeto, onde havia momentos em que a máquina estava em produção e o sistema informava que a máquina estava parada, ou o contrário onde a máquina estava parada e o sistema informando que estava em produção.

Devido a limitação deste trabalho em questão do tempo hábil para o desenvolvimento da pesquisa, não serão detalhados os motivos das discrepâncias encontradas, porém pode-se notar na **tabela 3** grande diferença ocasionada pelo motivo da parada, “parada não informada” o que pode ser paradas que acabam sendo diluídas pelo operador em outros motivos. Visto que tal prática de destinar o tempo a outros setores se torna mais difícil devido ao controle em tempo real da produção pelo sistema. Ou também pode ser devido à falta de confiabilidade ainda ocasionada pelos testes do sistema.

A implementação do MES na empresa teve o objetivo central o controle da produtividade em tempo real para identificar desvios produtivos precocemente e aumentar a produtividade alcançada pelas células de usinagem. De modo a obter dados referente a resultados produtivos, foram analisados dados de produção antes

e depois da implementação do sistema para itens iguais. A **tabela 5** apresenta o comparativo de produtividade de itens iguais, antes e após a implementação do MES

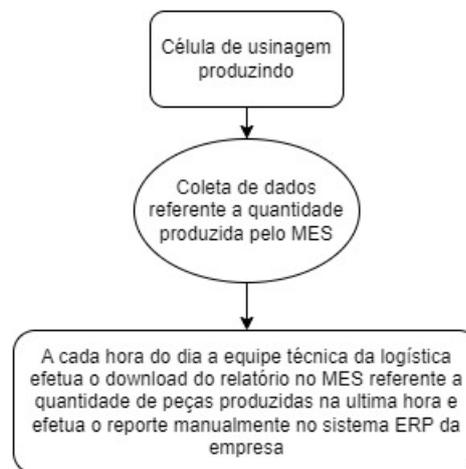
Tabela 5 - Resultado obtidos com a implementação do MES

Item	Quantidade produzida (Sem MES)	Horas de disponibilidade da célula de usinagem	Peças por hora (Sem MES)	Quantidade produzida (Com MES)	Horas de disponibilidade da célula	Peças por hora (Com MES)	Resultado produtivo
X.X	1384	252,44	5,48	1685	286,07	5,89	7%
Z.Z	270	68,02	3,96	272	66,56	4,08	3%
Y.Y	1526	390,9	3,90	1898	417,84	4,54	16%
P.P	1731	391,13	4,42	1637	380,14	4,30	-3%

Fonte: Autor (2023)

Outra vantagem esperada pela implementação do MES é a obtenção dos dados sobre quantidade de peças produzidas, de modo a utilizar essa informação de alta confiabilidade para efetuar o reporte de peças usinadas no sistema ERP da empresa. No **fluxograma 5** é apresentado a sugestão de melhoria para os reportes utilizando os dados obtidos pelo sistema de controle de produção automatizado.

Fluxograma 5 - Sugestão de melhoria dos reportes manuais



Fonte: Autor (2023)

Porém um problema encontrado durante a análise dos dados foi a falta de confiabilidade gerada pela quantidade de peças produzidas pelo MES nesse período de testes, impossibilitando utilizar os dados para efetuar os reportes no sistema ERP neste momento. Porém após ajustes, novos estudos podem ser elaborados para avaliar a possibilidade de aplicar a melhoria. Na **tabela 6** é apresentado o comparativo

em percentual de erro dos dados referente a quantidade peças no MES e boletins de papel.

Tabela 6 - Percentual de erro comparando dados do MES com boletins de papel

Máquina	Mar/22	Abr/22	Mai/22	Jun/22	Jul/22	Ago/22	Set/22	Out/22	Nov/22
MA01	110%	138%	108%	63%	83%	102%	91%	102%	101%
MA02	93%	26%	17%	20%	94%	2%	19%	17%	68%
MA03	337%	295%	267%	147%	118%	105%	59%	346%	54%
MA04	11%	88%	18%	159%	245%	34%	3%	20%	33%
MA05	61%	49%	33%	25%	113%	17%	368%	14%	84%
MA06	5%	16%	3%	25%	3%	1%	1%	2%	17%
MA07	942%	290%	306%	266%	79%	82%	60%	98%	138%

Fonte: Autor 2023

Na **tabela 6** pode-se notar que a maior fonte de erro encontrada foi na máquina MA07, a máquina recebe em torno de 14 itens diferentes durante o mês, efetuando setups constantemente durante o ciclo produtivo; já ao analisar a máquina que melhor se adaptou com o sistema de controle produtivo automatizado foi a MA06, onde sua produção é dedicada a apenas um item, o que facilitou a adaptação do sistema na máquina.

Durante a obtenção dos dados foi observado um motivo para a divergência de informações, onde foi selecionado apenas um mês para efetuar o download do relatório e a informação que foi gerada contava com dados de produção que não pertenciam ao mês selecionado. Na **figura 10** é apresentado o setup do relatório solicitado ao MES.

Figura 10 – Setup do relatório desejado

Empresa

 Máquina

 Turno

 Início

 Fim

Fonte: Autor (2023)

No caso deste setup definido, o interesse de obtenção dos dados é apenas referente ao mês de outubro de 2022, porém durante a análise dos dados notou-se valores produtivos divergentes e também dados referentes a outros meses gerando grandes erros ao comparada com os apontamentos por boletins. A **tabela 7** apresenta os apontamentos efetuados pelo MES em datas fora dos solicitados no setup definido.

Tabela 7 - Apontamentos incorretos do mês de Outubro pelo sistema de produção automatizado

Máquina	Início da produção	Final da produção	Item	Produção Líquida
MA01L1	06/09/2022	24/10/2022	316.308	980
MA01L2	21/09/2022	25/10/2022	316.308	389
MA02L1	30/09/2022	10/10/2022	86.20	1334
MA02L2	29/09/2022	01/10/2022	209.18	468
MA03L1	19/09/2022	06/10/2022	03.08	857
MA03L2	31/08/2022	11/10/2022	15.308	2005
MA04L1	30/09/2022	04/10/2022	103.308	69
MA04L2	27/09/2022	03/10/2022	108.308	154
MA05L1	30/09/2022	03/10/2022	107.308	27
MA05L2	26/09/2022	01/10/2022	104.308	222
MA06L1	12/07/2022	21/12/2022	240.18	204
MA06L2	14/03/2022	21/12/2022	240.18	20
MA07L1	30/09/2022	01/10/2022	19.40	6466
MA07L2	30/09/2022	01/10/2022	19.40	10035
MA01L1	26/10/2022	10/11/2022	315.308	554
MA01L2	26/10/2022	10/11/2022	315.308	549
MA02L1	31/10/2022	01/11/2022	209.18	380
MA02L2	27/10/2022	09/11/2022	210.18	1912
MA03L1	31/10/2022	03/11/2022	03.08	140
MA03L2	25/10/2022	13/01/2023	15.308	2898
MA04L1	20/10/2022	01/11/2022	103.308	419
MA04L2	28/10/2022	05/11/2022	108.308	277
MA05L1	28/10/2022	01/11/2022	107.308	86
MA05L2	28/10/2022	01/11/2022	104.308	113
MA06L1	12/07/2022	21/12/2022	240.18	280
MA06L2	14/03/2022	21/12/2022	240.18	226
MA07L1	28/10/2022	04/11/2022	81.20	6466
MA07L2	28/10/2022	04/11/2022	81.20	10035

Fonte: Autor (2023)

Esta mesma falha ocorreu também para o setup do mês de novembro de 2022. A **tabela 8** apresenta os apontamentos efetuados pelo MES em datas fora dos solicitados no setup definido do mês de novembro de 2022.

Tabela 8 – Apontamentos incorretos do mês de Novembro pelo sistema de produção automatizado

Máquina e lado da usinagem	Início da produção	Final da produção	Produto	Produção Líquida
MA01L1	26/10/2022	10/11/2022	315.308	554
MA01L2	26/10/2022	10/11/2022	315.308	549
MA02L1	31/10/2022	01/11/2022	209.18	380
MA02L2	27/10/2022	09/11/2022	210.18	1912
MA03L1	31/10/2022	03/11/2022	8.308	140
MA03L2	25/10/2022	13/01/2023	15.308	2898
MA04L1	20/10/2022	01/11/2022	103.308	419
MA04L2	28/10/2022	05/11/2022	108.308	277
MA05L1	28/10/2022	01/11/2022	107.308	86
MA05L2	28/10/2022	01/11/2022	104.308	113
MA06L1	12/07/2022	21/12/2022	240.18	280
MA06L2	14/03/2022	21/12/2022	240.18	226
MA07L1	28/10/2022	04/11/2022	81.20	6466
MA07L2	31/10/2022	07/11/2022	66.40	10035
MA03L1	25/10/2022	13/01/2023	15.308	2898
MA07L2	12/07/2022	21/12/2022	240.18	6466
MA07L1	14/03/2022	21/12/2022	240.18	10035

Fonte: Autor (2023)

Nota se na **tabela 7 e tabela 8** grandes valores de produção apontados incorretamente pelo sistema de produção automatizado, onde solicitado pelo usuário um determinado mês para a análise e o sistema fornece as informações solicitadas, porém adiciona apontamentos aleatórios referente a outras datas de produção. A causa deste problema pode ser aprofundada em algum estudo futuro.

A maneira correta destes apontamentos é apenas no dia da produção. Ou seja, se o início da produção ocorre no dia 20 ele deve finalizar também dia 20, nota-se que existe apontamentos que contam com mais de 10 dias de produção trazendo informações duplicadas e muito discrepantes para o relatório como visto na máquina MA07, onde somando os dois lados apontou 33002 peças a mais que o produzido, também pode-se notar que os dados realçados em amarelo na **tabela 7 e tabela 8** se repetem no relatório do mês de outubro e novembro.

Como a preocupação inicial era o aumento da produtividade e diminuição das paradas de máquinas, a questão de quantidade de produção ainda não teve a atenção ideal, porém o sistema ainda está em fase de testes e ajustes para aumentar a confiabilidade da informação. E como o sistema ainda não está em perfeito

funcionamento algumas funções ainda estão limitadas como o OEE que necessita informações precisas de peças produzidas para garantir confiabilidade na informação.

Conforme citado na literatura o tempo de implementação até resultados confiáveis é de em torno de cinco anos, e na empresa base deste trabalho ainda é um sistema novo com um pouco mais de um ano em constante adaptação com o meio produtivo. Como citado anteriormente, ainda existem melhorias que podem ser agregadas com a implementação e ajustes do sistema. Porém devido à restrição de tempo não entrará neste presente estudo.

Segundo as análises foi possível verificar que ainda existem pontos a serem melhorados no sistema de controle de produção automatizado na empresa, porém já nota-se melhora na produtividade devido ao controle mais rígido processo produtivo mesmo sem que o sistema esteja totalmente ajustado e também evolução da precisão dos dados obtidos pelo MES.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou os resultados produtivos obtidos após a implantação de um sistema de controle automatizado da produção chamado de MES (Manufacturing Execution System) em uma indústria metalmeccânica. Nessa indústria o MES ainda está em fase de teste, e sendo ajustado e analisado diariamente para que possa ser utilizado pelos colaboradores como fonte de informação.

O objetivo geral foi evidenciar os resultados obtidos após a implementação de um sistema de controle de produção automatizado chamado de MES, através da metodologia de pesquisa de estudo de casos na empresa base onde o pesquisador é agente ativo e coletou dados para efetuar as análises dos resultados obtidos após a implementação do sistema de controle produtivo.

Como o sistema ainda está em fase de testes os dados obtidos no momento do desenvolvimento deste trabalho servem para análises comparativas, porém ainda não são totalmente confiáveis e podem não informar a realidade da produtividade da indústria, inviabilizando o uso no cotidiano dos colaboradores e devido a limitante de tempo não foi possível aguardar as fases finais de funcionamento para verificar a evolução do sistema.

Conforme citado por Vargas (2016) na empresa em que seu estudo foi desenvolvido após a implementação do MES passaram-se dois anos para o sistema apresentar dados confiáveis, onde surge a oportunidade de um estudo futuro com o objetivo de analisar novamente os dados obtidos pela implementação MES e avaliar a evolução da confiabilidade de informação fornecida pelo sistema.

Outra limitante encontrada durante a pesquisa foi em questão de sigilo da empresa por ser um projeto estratégico, onde o pesquisador tinha acesso limitado referente os dados do sistema, impossibilitando informações financeiras do projeto e também relacionadas a engenharia do hardware do MES impossibilitando o conhecimento de como é efetuada a coleta de dados na célula de usinagem.

Conforme visto desde a implantação do sistema em fevereiro de 2022 até dezembro de 2022 houve melhora significativa na confiabilidade da informação provida de paradas de máquina e também aumento da produtividade visto nos itens que foram analisados antes e após a implantação do sistema de controle de produção em tempo real.

Porém em questão de dados referentes a quantidade de peças produzidas a informação obtida pelo MES é de baixa confiabilidade o que impossibilita o uso no cotidiano dos colaboradores, notou-se que o relatório referente a quantidade de produção emite informações incorretas em questão a datas de produção, onde o motivo desta falha não pode ser aprofundado devido ao tempo limitado o que pode ser estudado de maneira mais aprofundada em um trabalho futuro.

Por fim nota-se a dificuldade da implementação de um sistema de produção automatizado e é importante que estudos a respeito do MES sejam continuamente produzidos de modo a aprimorar suas implementações em outras empresas e diminuir o tempo até emitir resultados confiáveis.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Alexandre Acácio de; FACÓ, Júlio Francisco Blumetti; JORGE, Ricardo Reolon; QUINTINO, Luis Fernando; MEDIO, Kevin Branciforti de. A utilização de sistemas MES para melhorar KPIs de produção – Estudos de caso Industrial Brasileiro. **Engenharia de Produção e A Indústria 4.0 2**, [S.L.], p. 28-43, 18 dez. 2020. AYA Editora. <http://dx.doi.org/10.47573/aya.88580.2.7.2>.
- BARBOSA, Larissa Bagini Barbosa. **Otimização do sequenciamento de tarefas em máquinas paralelas com tempos de processamento diferentes**. [s. l.], 2017. Disponível em:
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=ir01452a&AN=riufsc.123456789.181854&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 18 jun. 2023.
- BATISTA E. O. **Sistemas de informação: o uso consciente da tecnologia para o gerenciamento**. - 2. ed. - São Paulo: Saraiva, 2012.
- BOARIA, Eliseu Riva. **Protótipo de um Sistema para Controle de Apoio à Gestão da Manufatura em uma empresa do Setor Metalúrgico Usando Sistema MES**. 2014. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2014.
- BOCHI, Marcos Antonio Marques. **Proposta de Um Modelo de Sistema MES Sob a Ótica de Recurso Estratégico para a Gestão da Produção em Uma Empresa de Manufatura de Autopeças**. 2008. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2008.
- BOLOGNESI, Cleber Luiz. **Gestão da Demanda na indústria automotiva: Melhores práticas**. 2010. 102 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gerencia de Sistemas Logísticos, Departamento de Administração Geral e Aplicada, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- BRISTOT, V. M. et al. **Análise do uso de um software de programação e controle da produção em micro e pequenas empresas de manufatura do Sul de Santa Catarina**. Revista **ESPACIOS**, p. 12–30, 19 abr. 2018. Disponível em:

<https://www.revistaespacios.com/a18v39n33/a18v39n33p12.pdf>. Acesso em: 16 de abril, 2023

CAETANO, J. A. de F. **Implementação de solução de Business Intelligence: Gestão da produção e de estoque de pedidos na carteira**. [s. l.], 2020. Disponível em:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=ir01452a&AN=riufsc.123456789.204791&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 18 jun. 2023.

CHIAVENATO, I. **Iniciação ao Planejamento e Controle de Produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990. 116p.

CHOUCAIR, Y. I. **Um modelo de otimização para o problema de sequenciamento com setups dependentes e assimétricos na indústria de achocolatados**. [s. l.], 2022. Disponível em:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=ir01452a&AN=riufsc.123456789.237550&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 18 jun. 2023.

CORRÊA, H. L. et al. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. 5 ed. São Paulo: Editora Atlas SA, 2014.

DAVENPORT, T. H.: **Putting the Enterprise Into the Enterprise System**. Harvard business review. p. 121-131. jul,1998 Disponível em:

<http://facweb.cs.depaul.edu/jnowotarski/is425/hbr%20enterprise%20systems%20davenport%201998%20jul-aug.pdf>. Acesso em: 03 de abril, 2023.

ETCHEVERRY, G.; ANZANELLO, M. J. Sequenciamento de máquinas paralelas não-relacionadas com tempos de setup dependentes das tarefas. **Revista Produção Online**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 890–913, 2014. DOI: 10.14488/1676-1901.v14i3.1498.

Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1498> . Acesso em: 30 abr. 2023.

GIL, A. C. **Estudo de Caso: fundamentação científica, subsídios para coleta e análise de dados, como redigir relatório**. 4ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, A. C. **Elaboração de um business case como ferramenta para avaliar a viabilidade de implantação dos softwares de gestão empresarial - ERP -**

Enterprise Resource Planning. 2003. Florianópolis, SC, [s. l.], 2003. Disponível em:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=ir01452a&AN=riufsc.123456789.84774&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 18 jun. 2023.

GOMES, L. C. **Proposta de um modelo de apoio para decisões de terceirização de processo produtivo por meio do método MACBETH.** [s. l.], 2021. Disponível em:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=ir01452a&AN=riufsc.123456789.223560&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 18 jun. 2023.

Hänel, Tom and Felden, Carsten, "**Limits or Integration? – Manufacturing Execution Systems and Operational Business Intelligence**"

http://aisel.aisnet.org/amcis2011_submissions/104. Acesso em 06 de mai. 2023.

KURMANOV, Serik. **Various production planning models for manufacturing execution systems.** *Scientific Horizons*, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 111-120, 6 mar. 2023. Scientific Journals Publishing House.

[http://dx.doi.org/10.48077/scihor.26\(1\).2023.111-120](http://dx.doi.org/10.48077/scihor.26(1).2023.111-120).

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia Científica.** São Paulo: Editora Atlas, 1991.

MCGINNIS, L. F.: **Formalizing ISA-95 Level 3 Control with Smart Manufacturing System Models.** Georgia institute of technology, School of industrial and systems engineering. .Nov,2019. Disponível em: <https://doi.org/10.6028/NIST.GCR.19-022>. Acesso em: 05 de abril, 2023.

MELLO, N.; NUNES, R. da S. **Planejamento, programação e controle da produção. um estudo de caso na Gula Doces.** [recurso eletrônico on-line - TCC];[S. l.: s. n.]. Disponível em:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=cat07205a&AN=uls.290124&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 18 jun. 2023.

MENDONÇA, Ana Waley. **Metodologia para Estudo de Caso.** Palhoça: Copyright Unisulvirtual 2014, 2014. 99 p.

MESA INTERNATIONAL. **MES Explained: A High Level Vision. White Paper Number #6**. 1997. Disponível em:

<http://alvarestech.com/temp/smar/www.delt.ufmg.br/seixas/Paginal/Download/DownloadFiles/pap6.pdf> Acesso em: 12 de abril, 2023.

MICHELON, M. Como a implementação de um Sistema de Execução de Produção pode melhorar a gestão do chão de fábrica e aumentar a produtividade. **Revista Produção Online**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 2702–2730, 2023. DOI: 10.14488/1676-1901.v22i2.4628. Disponível em:

<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/4628>. Acesso em: 18 jun. 2023.

PEREIRA JUNIOR, R. P. **Kanban: sua utilização na indústria, visando redução de custos através da organização e controle de estoques**. [s. l.], 2003.

Disponível em:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=ir01452a&AN=riufsc.123456789.123987&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 18 jun. 2023.

PEREIRA, A. S. et al. **Metodologia da Pesquisa Científica**. 2018. 1 ed. Rio Grande do Sul: Universidade Federal de Santa Maria.

PETRIFF, F. H. D.; MARCHI, F. D. C.; FERNANDO, P. H. L. LOGÍSTICA 4.0 E IMPLANTAÇÃO DE CONTROLE DE PRODUÇÃO POR MEIO DO SISTEMA MES: ESTUDO DE CASO NA EMPRESA CGE. **REGRASP - Revista para Graduandos / IFSP-Câmpus São Paulo**, v. 7, n. 4, p. 20–40, 23 dez. 2022.

RENSI, F. **Gestão da produção mais limpa: uma proposta para o processo fabril**. 2006. Florianópolis, SC, [s. l.], 2006. Disponível em:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=ir01452a&AN=riufsc.123456789.89067&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 18 jun. 2023.

RIBEIRO, J. R. **Sistema de Produção Enxuta**. [s. l.], 2004. Disponível em:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=ir01452a&AN=riufsc.123456789.129173&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 18 jun. 2023.

SÁ NETO, D. G. de. **Estratégias competitivas: o caso da Termotécnica Ltda**.

2001. Florianópolis, SC, [s. l.], 2001. Disponível em:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=ir01452a&AN=riufsc.123456789.81783&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 18 jun. 2023.

SCHMIDT, Alexander; OTTO, Boris; KUSSMAUL, Alfrid. **Integrated Manufacturing Execution – Functional Architecture, Costs and Benefits**. St. Gallen: University Of St. Gallen, 2009. 88 p.

SCHUCH, L. G. S.; MENEZES, E. A. **Estratégia de manufatura, sistema de PCP e sistema de medição e avaliação de desempenho: um estudo de caso**. [S. l.: s. n.]. Disponível em:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=cat07205a&AN=uls.137751&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 18 jun. 2023.

SCHULTZ, G. **Introdução à gestão de organizações**. 1 ed. Porto Alegre – RS: Editora da UFRGS, 2016.

SHENDRYK , V. BOIKO, A.: **Stages of information system development in the process approach**. Georgia institute of technology, School of industrial and systems engineering. Out,2015. Disponível em:

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S187705091503865X?token=24D469B455302A855C7A20F688D2527EE449D2EBF9DE1B1C1B0DB4B5D20A151D988A864CD C1EE40AD712F3368F3DB6B6&originRegion=us-east-1&originCreation=20230416210607>. Acesso em: 16 de abril, 2023.

Silva, Edna Lúcia da. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**/Edna Lúcia da Silva, Estera Muszkat Menezes. – 4. ed. rev. atual. – Florianópolis: UFSC, 2005. 138p.

SILVA, G. G. M. P. da. **Linhas de montagem e estratégias competitivas: estudo de múltiplos casos**. 2013. [s. l.], 2013. Disponível em:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=ir01452a&AN=riufsc.123456789.106915&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 18 jun. 2023.

SOARES, João Cláudio Ferreira. **Aplicação da abordagem das três realidades (Genbutsu, Genba e Genjitsu) na análise de problemas de campo: um caso de estudo na indústria de motocicletas**. 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Industrial, Universidade do Minho Escola de Engenharia, [Si], 2011.

- TEMÓTEO, Érico Vinícius Carneiro. **O processo de implantação de um MES - Manufacturing Execution System em linhas de produção de uma indústria de laticínios**. 2020. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Russas, 2020.
- TORRUBIA, Maria Eugênia de Assis. **Relatório de estágio – Prodwin Tecnologias Ltda**. 2010. Trabalho de Conclusão de Estágio (Graduação em Engenharia de Produção). Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2010.
- TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção**. 2 ed. São Paulo: Editora Atlas SA, 2007.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Biblioteca Universitária. **Normalização de trabalhos acadêmicos**. Florianópolis, 2016. Disponível em: <http://www.bu.ufsc.br/design/GuiaRapido2012.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2018.
- VANDERLEI, M. L.; JUNIOR, J. M.; MARINS, F. A. S.; MIRANDA, G. W. A. **Implantação de controle baseado no sistema de execução da manufatura (mes): análise em empresa de usinagem no setor aeronáutico**. Revista Produção Online, [S. l.], v. 9, n. 4, 2009. DOI: 10.14488/1676-1901.v9i4.380. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/380>. Acesso em: 18 jun. 2023.
- VARGAS, E. J. de; SELLITTO, M. A. Contribuição do manufacturing execution system na execução de prioridades competitivas em empresas de manufatura. **Revista Produção Online**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 875–894, 2016. DOI: 10.14488/1676-1901.v16i3.2161. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/2161>. Acesso em: 30 abr. 2023.
- WITSCH, M; VOGEL-HEUSER, B. **Formal MES Modeling Framework –Integration of Different View**. The International Federation of Automatic Control Milano (Italy). .Set,2011. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1474667016458933?token=117C7579E9A67680D2330600F1A005DFE8ADB98FB98A4D0DEE7181AAA9AF80D32DBF223C6DC4E7AB84BEF6679833CC70&originRegion=us-east-1&originCreation=20230409233429> Acesso em: 02 de abril de 2023
- WOMACK, J.P; JONES, D; ROOS, D. **A Máquina Que Mudou o Mundo**. 10 ed. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda, 2004.

ZATTAR, I. C. Modelo de simulação baseado agentes para o estudo da influência de planos de processos alternativos na programação da produção em sistemas de manufatura com layout funcional. 2008. Florianópolis, SC, [s. l.], 2008. Disponível em:
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=ir01452a&AN=riufsc.123456789.90996&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 18 jun. 2023.