



**CENTRO UNIVERSITÁRIO RITTER DOS REIS
PHILIPPE YAEMON ITO**

**ANÁLISE E PROPOSTA DE MELHORIA DE INDICADORES OEE (EFETIVIDADE
GERAL DE EQUIPAMENTO) EM INJETORAS DE POLÍMEROS EM UMA
INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Canoas
2022

PHILIFE YAEMON ITO

ANÁLISE E PROPOSTA DE MELHORIA DE INDICADORES OEE (EFETIVIDADE
GERAL DE EQUIPAMENTO) EM INJETORAS DE POLÍMEROS EM UMA
INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Mecânica do Centro Universitário Ritter
dos Reis como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Manoel Henrique Alves

Canoas
2022

PHILIFE YAEMON ITO

ANÁLISE E PROPOSTA DE MELHORIA DE INDICADORES OEE (EFETIVIDADE
GERAL DE EQUIPAMENTO) EM INJETORAS DE POLÍMEROS EM UMA
INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Esta monografia foi julgada adequada à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica e aprovada em sua forma final pelo curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Ritter dos Reis.

Canoas, 22 de junho de 2022

Prof. e orientador Manoel Henrique Alves, Me.

Centro Universitário Ritter dos Reis

Prof. Wagner Pietrobelli Bueno, Dr.

Centro Universitário Ritter dos Reis

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a análise e proposta de melhoria dos indicadores OEE (efetividade geral de equipamento) de máquinas injetoras de polímeros em uma indústria automotiva de grande porte localizada na região metropolitana de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul. Foram analisados dados produtivos coletados durante o período entre novembro de 2021 até fevereiro de 2022. A análise dos dados revelou o indicador de disponibilidade como o principal gargalo do sistema produtivo, sendo as principais causas de perda de efetividade de disponibilidade as paradas da linha por atraso do operador, paradas menores de 5 minutos de manutenção de emergência e atrasos pela falta de sincronismo entre a programação de fim de produção e a troca de molde. Estes resultados foram apresentados em reuniões semanais com os times de produção, manutenção e melhoria contínua da empresa e propostas de melhorias visando a redução de *downtime* foram apresentadas para cada uma das oportunidades identificadas.

Palavras-chave: TPM; produtividade; melhoria contínua; disponibilidade; DMAIC.

ABSTRACT

The objective of this monography was the analysis, and improvement proposal of OEE (overall equipment effectiveness) indicators for polymer injection machines in a large automotive industry located in the metropolitan area of the city of Porto Alegre, state of Rio Grande do Sul, Brazil. Production data collected between the months of November 2021 and February 2022 was used in this analysis. The data analysis revealed that the availability indicator was the main bottleneck due to short stops caused by line operators, maintenance stops shorter than 5 minutes, delays during the mold change operation and the lack of synchronism between the batch production end time and mold setup start time. These results were then presented during the weekly meetings with the participation of the production, maintenance, and continuous improvement teams. Improvement proposals for reducing downtime were given to each one of the opportunities identified.

Keywords: TPM; productivity; continuous improvement; availability; DMAIC.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	PROBLEMA DE PESQUISA	8
2.1	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	8
2.1.1	Objetivo geral	8
2.1.2	Objetivos específicos	10
2.2	JUSTIFICATIVA.....	10
3	REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1	MONÔMEROS	11
3.3	TERMOPLÁSTICOS E TERMORRÍGIDOS	12
3.4	PROCESSAMENTO DE TERMOPLÁSTICOS.....	13
3.5	INJEÇÃO EM MOLDE	13
3.6	INJETORA E SEUS COMPONENTES	15
3.7	MANUTENÇÃO TOTAL PRODUTIVA (TPM)	15
3.8	A ORIGEM DA METODOLOGIA TPM.....	17
3.9	O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO E A METODOLOGIA TPM	17
3.10	OBJETIVOS, BENEFÍCIOS E OS PILARES DA METODOLOGIA TPM.....	18
3.11	OEE (EFETIVIDADE GERAL DE EQUIPAMENTO).....	20
3.11.1	Disponibilidade	21
3.11.2	Performance e qualidade	22
3.11.3	OEE classe mundial e metas	23
3.12	LEAN SIX SIGMA E O MÉTODO DMAIC	23
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	25
4.2	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	26
4.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5.1	COLETA DE DADOS E CÁLCULO OEE	30
5.2	RESULTADOS OEE	32
5.3	ANÁLISE DE FALHAS E PROPOSTAS DE MELHORIAS	37
5.3.1	Falhas de “PRODUÇÃO”	38
5.3.2	Falhas de “PRE SETUP”	39
5.3.3	Falhas de “LINE TRANSITION”	41
5.3.4	Falhas de manutenção	42
6	CONCLUSÃO	43
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	44

REFERÊNCIAS	45
--------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

A fabricação de peças e produtos através da injeção de polímeros vem ganhando cada vez mais espaço na indústria. Produtos que outrora eram produzidos com outros materiais como por exemplo, lentes e suportes de faróis automotivos, coletores de admissão, para-choques, entre outros, estão sendo substituídos por materiais plásticos.

Existem diversos métodos de processamento de polímeros: extrusão de perfil, sopro ou filme, injeção, termoformação à vácuo entre outros. A moldagem de polímeros por injeção é o método de injeção utilizada no objeto de estudo deste trabalho. Neste processo, a matéria-prima em forma de pellets (pequenas esferas) é alimentada à um cilindro com um fuso em seu interior que homogeneiza e funde o material à uma viscosidade adequada para que este seja injetado na cavidade do molde, dentro do molde o material preenche a cavidade e é resfriado e então, posteriormente o molde se abre, possibilitando a extração do produto.

A implementação do sistema lean visa melhorar a produtividade e competitividade no mercado, desenvolvendo pessoas, processos e sistemas através da redução ou eliminação de desperdícios.

O objetivo deste trabalho é analisar dados produtivos de uma injetora de plástico utilizada na fabricação de peças automotivas. Esta análise cujo ponto focal será o estudo da disponibilidade de máquina e uma proposta de melhoria para este indicador através da redução de downtime e tempo ocioso deste equipamento.

Para alcançar o objetivo deste trabalho, dados de produção da injetora foram coletados através de sistema proprietário da empresa e a análise foi realizada observando-se os tempos de paradas justificadas pelos operadores do equipamento.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

A empresa automotiva onde o equipamento cujos dados foram analisados neste trabalho localiza-se no município de Gravataí, no estado do Rio Grande do Sul, e possui em suas instalações industriais uma fábrica de injeção, pintura e montagem de para-choques e fornece para-choques para a produção de automóveis e reposição de peças em concessionárias.

Nesta empresa, a disponibilidade das máquinas injetoras é altamente afetada devido à atrasos ou demoras nas trocas de ferramentas (moldes), tendo acumulado no período dos meses de janeiro e fevereiro de 2022 um total 25 horas de paradas devido à estas circunstâncias.

Segundo Nakajima (1984), existem “seis grandes perdas”, que são obstáculos para uma boa efetividade de equipamento, estas seis grandes perdas são:

- a) Falha de equipamento por quebra;
- b) Troca e ajuste de ferramentas;
- c) Ociosidade e menores paradas;
- d) Velocidade reduzida de produção;
- e) Defeitos no processo;
- f) Demora para estabilização da produção (do início até a primeira peça boa produzida);

Analisando o processo produtivo sob a perspectiva do TPM e das seis grandes perdas, quais são as principais causas de perda no caso estudado?

2.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos do presente trabalho são apresentados a seguir.

2.1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo principal a análise dos dados de produção de uma injetora de plástico, tendo em vista o impacto que estas perdas causam à produção, este trabalho propõe a análise dos dados de produção recolhidos durante o período de dezembro de 2021 a fevereiro de 2022, observando-se as principais

causas de parada de máquina e sua disponibilidade durante o período e apresentar uma proposta de melhoria deste indicador.

2.1.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar o processo produtivo de injeção de para-choques automotivos;
- b) Identificar os principais gargalos produtivos dos equipamentos analisados;
- c) Desenvolver proposta de melhoria contínua para reduzir o tempo total de parada de máquina;

2.2 JUSTIFICATIVA

A realidade do mercado competitivo atual faz com que as empresas precisem se reinventar continuamente enquanto se mantêm competitivas e relevantes no mercado.

Para atingir metas de produtividade e redução de custos, novas técnicas são empregadas a todo momento, entre elas está o O.E.E. (Overall Equipment Effectiveness), uma das ferramentas da metodologia de Manutenção Total Produtiva, idealizada por Seiichi Nakajima, no Japão da década de 1970.

Os objetivos da TPM são Zero Quebras e Zero Defeitos, e Nakajima (1984), afirma que quando quebras de máquinas e defeitos são eliminados de um sistema produtivo, indicadores de performance de produção aumentam e os custos são reduzidos, enquanto estoques podem ser reduzidos e conseqüentemente, a produtividade laboral é incrementada.

A efetividade das máquinas injetoras da empresa onde este estudo se deu é monitorada através dos indicadores de O.E.E.: Disponibilidade, Performance e Qualidade.

Com o intuito de se alcançar a marca de 95% de disponibilidade nas injetoras de plástico, dados da produção foram analisados e propostas de melhorias foram apresentadas com o intuito de se detectar e investigar as principais causas de paradas, que reduzem significativamente o resultado no indicador.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão abordados seguintes temas: o processo produtivo de injeção de plástico em molde, as teorias e metodologias assim como a origem e evolução da TPM e seu indicador OEE.

3.1 MONÔMEROS

Conforme afirmação de Mano (2001), monômeros são micromoléculas de compostos que ao reagirem, formam os polímeros, esta reação promove a interligação dos meros e é denominada de polimerização.

Meros são as unidades de compostos químicos que, unidas através da ligação covalente formam macromoléculas denominadas de polímeros. Como exemplo mais básico de polímero, Leonel (2020) cita o polietileno, que é obtido através de um processo de crescimento (polimerização) do monômero do etileno.

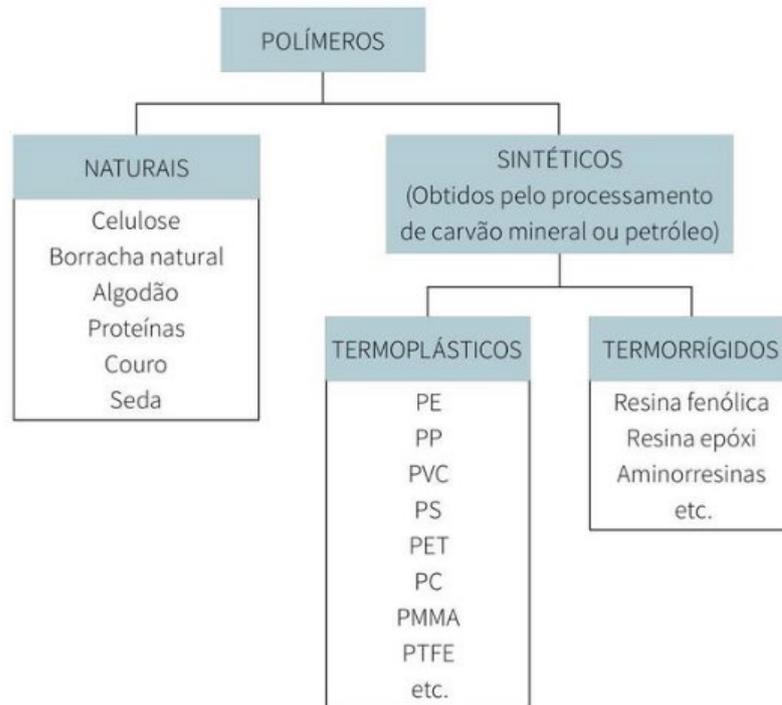
3.2 POLÍMEROS

A origem da palavra polímero teve origem no início do século 19. Segundo MANO (1991, p. 03):

A palavra polímero (“Poly”+”Mer”, muitas partes), vem do grego e foi criada por Berzelius em 1832, para designar compostos de pesos moleculares múltiplos, em contraposição ao termo isômero(“isomer”), empregado para compostos de mesmo peso molecular, porem de estruturas diferentes, como acetileno e benzeno (MANO, 1991, p. 03).

Os polímeros, conforme definição dadas a estes por Leonel (2020), podem ser oriundos de duas origens diferentes, sendo os sintéticos divididos em dois subgrupos: Termoplásticos e Termorrígidos, conforme mostra a figura 1.

Figura 1 - Classificação dos polímeros.



Fonte: Leonel (2020).

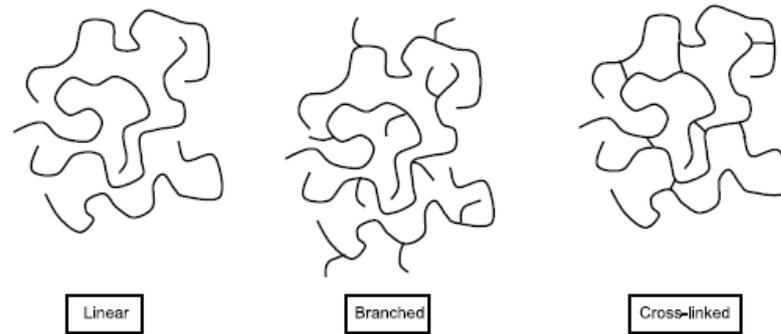
3.3 TERMOPLÁSTICOS E TERMORRÍGIDOS

Polímeros podem ser separados em duas categorias: Termoplásticos e Termorrígidos.

Termoplásticos são materiais que podem existir em uma estrutura molecular de ligação linear ou ramificada (Figura 2). Quando aquecido, um termoplástico pode ser moldado facilmente pois torna-se líquido e viscoso e pode ser reprocessado ao se aquecer novamente o material à temperatura correta.

Termorrígidos por sua vez, possuem ligações cruzadas (Figura 2) covalentes numa rede e uma vez que esta ligação é feita, o material não pode ser reprocessado (HARPER, 2000).

Figura 2 – Ligações lineares, ramificadas e cruzadas de polímeros



Fonte: HARPER (2000).

3.4 PROCESSAMENTO DE TERMOPLÁSTICOS

O material polimérico resultante da polimerização antes de ser processado e transformado em um produto, pode precisar de aditivos, como o estabilizante UV, que altera as propriedades do material para que este alcance a performance adequada para a aplicação destinada. Além do estabilizante UV, outros aditivos como plastificantes, lubrificantes, corantes, cargas etc., são utilizados antes que o material passe pelos processos de transformação de plásticos como: extrusão, injeção, sopro, termoformagem, rotomoldagem entre outros (SOUZA, 2015).

3.5 INJEÇÃO EM MOLDE

Atualmente, a moldagem de termoplásticos por injeção oferece meios de transformar diversas variedades de polímeros em peças simples até complexas para diversos tipos de indústria, desde embalagens e brinquedos até farmacêuticas e automobilísticas.

O princípio básico da injeção de plástico consiste em aquecer o polímero, normalmente no formato de grânulos, também conhecidos por pellets, da matéria-prima virgem, no cilindro até que haja a fusão do polímero, e então através de alta pressão, injetá-lo para dentro da cavidade de um molde relativamente mais, onde o material é resfriado e solidifica-se na forma desejada. Em 1900 John Wesley Hyatt criou a injetora de rosca recíproca, modelo mais utilizado até os dias de hoje na plastificação de polímeros termoplásticos (ALMEIDA 2014).

Conforme SOUZA (2015), a injeção é o segundo processo mais utilizado na transformação de plásticos devido à sua grande capacidade de detalhamento e

precisão de peças com alta complexidade. O processo de transformação adequado para a moldagem do produto varia conforme o tipo de peça conforme mostra a Tabela 1.

Conforme SOUZA (2015), a injeção é o segundo processo mais utilizado na transformação de plásticos devido à sua grande capacidade de detalhamento e precisão de peças com alta complexidade. O processo de transformação adequado para a moldagem do produto varia conforme o tipo de peça conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Tipos de processamento de polímeros

Processo	Complexidade Geométrica	Exemplo
EXTRUSÃO	Simples a complexo	Perfis de conduítes elétricos
INJEÇÃO	Complexo	Peças automotivas
EXTRUSÃO E SOPRO	Complexo (oco)	Garrafas
EXTRUSÃO DE FILME	Simples	Sacolas e filmes plásticos
COMPRESSÃO	Simples	Bandejas
TRANSFERÊNCIA	Simples	Moldagem de termorrígidos
INTRUSÃO	Simples	Perfis e painéis
INJEÇÃO-COMPRESSÃO	Complexo	Peças de paredes finas

Fonte: Adaptado, SOUZA (2015)

O princípio básico da injeção de plástico consiste em aquecer o polímero, normalmente no formato de grânulos, também conhecidos por pellets, da matéria-prima virgem, no cilindro até que haja a fusão do polímero, e então através de alta pressão, injetá-lo para dentro da cavidade de um molde relativamente mais, onde o material é resfriado e solidifica-se na forma desejada. Em 1900 John Wesley Hyatt criou a injetora de rosca recíproca, modelo mais utilizado até os dias de hoje na plastificação de polímeros termoplásticos (ALMEIDA 2014).

3.6 INJETORA E SEUS COMPONENTES

Equipamentos de injeção (Figura 3) podem ser divididos em três unidades básicas: unidade de injeção, molde e fechamento. Na unidade de injeção estão os componentes responsáveis fundição do polímero no cilindro de plastificação que é aquecido pelas mantas elétricas que o aquecem. Dentro do cilindro, ou canhão, está a rosca recíproca, responsável pela homogeneização e movimentação do material, e no final estão os bicos injetores (CORDOVA 2018).

Na unidade de molde e fechamento, a massa polimérica é moldada quando o polímero fundido é injetado sob alta pressão e com velocidade controlada dentro do molde, que além de moldar resfria o produto, ao se abrir, o molde possui um mecanismo de pinos ejetores capazes de remover a peça de dentro do molde (MANRICH, 2005).

Figura 3 - Injetora de Rosca Recíproca Krauss Maffei MX3200



Fonte: Catálogo Krauss Maffei (2022).

3.7 MANUTENÇÃO TOTAL PRODUTIVA (TPM)

A Manutenção Total Produtiva, do inglês Total Productive Maintenance, ou TPM, é um programa de produção e uma estratégia de manufatura, e apesar de ter Manutenção em seu nome, deve ser utilizada e suportada pelo time de produção, ou seja: operadores, supervisores, controladores de produção, gerentes e todos os envolvidos na operação, do seu início até a diretoria da planta (LEVITT, 2010).

Manutenção Total Produtiva (TPM) é a manutenção produtiva realizada por todos os empregados através de pequenas atividades em grupo. Assim como TQC, que é o Controle total da qualidade utilizado em toda a companhia, o TPM é a manutenção de equipamento performada em todas as áreas da empresa (NAKAJIMA, 1988, p.1).

Nakajima (1988) lista os seguintes elementos como definidores da TPM: Maximização de efetividade de equipamento; estabelecimento um sistema minucioso de manutenção produtiva para toda a vida útil do equipamento; implementação da TPM em diversos departamentos (engenharia, operações, manutenção); envolvimento de todos os empregados, do operador ao topo da gerência; promoção da manutenção produtiva através de gerenciamento motivacional: pequenas atividades em grupos autônomos.

Segundo Nakajima (1988), apenas as operações foram substituídas com o aumento da automação industrial e a manutenção ainda depende fortemente do trabalho humano. O aumento no número e complexidade destas máquinas, acabou surpassando a capacidade da maioria dos operadores e manutentores. Para utilizar de toda a capacidade e eficiência dos equipamentos, o TPM organiza todos os empregados num sistema de manutenção por toda a empresa que oferece suporte em instalações produtivas sofisticadas.

O autor ainda cita os dois objetivos da metodologia TPM como sendo Zero Defeitos e Zero Quebras. Com a eliminação de quebras e defeitos, a capacidade de produção e a qualidade aumentam, custos e estoques são reduzidos e como consequência a produtividade do trabalhador também melhora.

3.8 A ORIGEM DA METODOLOGIA TPM

Cudney e Agustiady (2016) mostram que, no Japão da década de 60, a companhia Nippondenso, parte do grupo Toyota, introduziu a metodologia TPM em sua planta como parte da estratégia de manutenção preventiva para seus processos automatizado. O plano requeria alta dedicação do pessoal de manutenção para estas máquinas. O gerenciamento da empresa chegou à conclusão que seria mais efetivo e menos custoso utilizar-se da mão de obra existente na planta do que contratar novos profissionais capacitados para realizar as manutenções de rotina do equipamento.

Levitt (2010) explica que, com as mudanças trazidas pelo TPM, a manutenção poderia focar seus esforços em mudanças nos equipamentos que melhorariam a manutenibilidade e confiabilidade do equipamento, enquanto os próprios operadores realizavam as manutenções de rotina. A prevenção de manutenção, visava reduzir a necessidade da manutenção através de melhorias, como por exemplo: removendo uma fonte de sujeira, reduz-se a necessidade de limpeza no equipamento. A união da manutenção preventiva, prevenção de manutenção e melhoria de manutenibilidade, surgiu a TPM.

Segundo Cudney e Agustiady (2016), a Nippondenso e a Toyota, foram as primeiras empresas a implementar o TPM e se tornarem certificadas na metodologia. O que rendeu à Nippondenso o prêmio de planta distinta pelo Japanese Institute of Plante Engineers (JIPE).

3.9 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO E A METODOLOGIA TPM

Nakajima (1988), correlaciona o TPM e o seu foco em acabar com as “seis grandes perdas” com o sistema Toyota de Produção, que é um sistema voltado completamente à eliminação de desperdícios, assim como a eliminação de defeitos e estoques na produção *just-in-time* que produz os “produtos necessários, quando necessários, na quantidade necessária”. Nakajima (1988) também afirma que como a TPM na busca de Zero Quebras e Zero defeitos, automação e produção JIT, o Sistema Toyota de Produção não conseguiria funcionar sem a TPM.

Levitt (2010) mostra que a aplicação do TPM na indústria automotiva se deu devido à maior facilidade de os operadores manusearem seus equipamentos e aprenderem sobre eles pois estes eram muito menores se comparados com

equipamentos de grande porte de outros setores da indústria como a metalurgia e mineração. Esta facilidade juntamente com a modularidade e sofisticação dos equipamentos simplificaram a manutenção do equipamento, reduzindo a habilidade e ferramentas necessárias para serviços básicos de manutenção pois quando um componente se quebra, normalmente todo o módulo pode ser trocado.

3.10 OBJETIVOS, BENEFÍCIOS E OS PILARES DA METODOLOGIA TPM

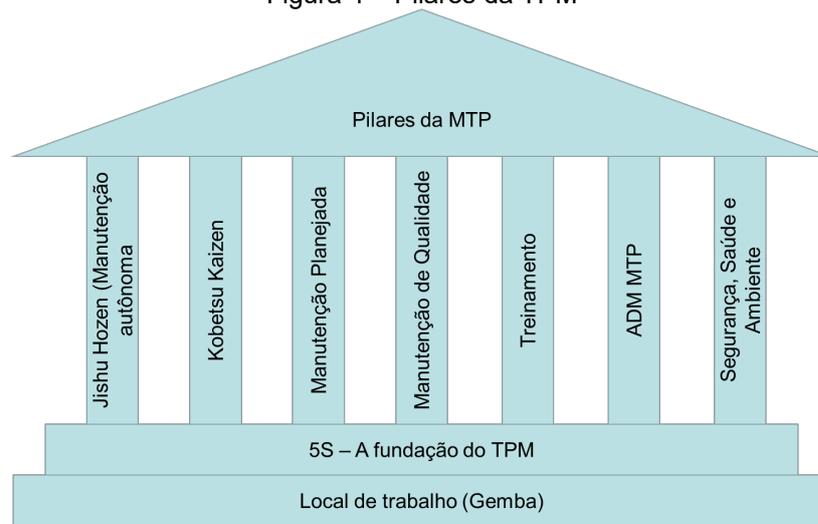
Para Cudney e Agustiady, (2016), “O objetivo da TPM é aumentar a satisfação do trabalho através dos seguintes meios:

- a) Reduzir quebras;
- b) Reduzir problemas de qualidade;
- c) Reduzir incidentes de segurança/ambientais;
- d) Reduzir custos;
- e) Melhorar a produção;
- f) Vantagem de competitividade;
- g) Reduzir ao mínimo manutenções de emergência e não planejadas.”

Nakajima (1988) destaca que a melhoria das atividades de produção tem como objetivo minimizar os “*inputs*” e aumentar o “*output*” da produção, sendo o primeiro tudo que se utiliza num processo, como mão-de-obra, maquinários e materiais, enquanto o segundo é definido como “PQCDSM”, ou seja, Produção(P), Qualidade(Q), Custo(C), Entrega(D), Segurança saúde e ambiente (S) e Moral(M).

Cudney e Augustady (2016), classificam os pilares da TPM de forma similar aos pilares do sistema Toyota de produção, conforme mostra a figura 4.

Figura 4 – Pilares da TPM



Fonte: Adaptado, Cudney e Augustady (2016).

Cada pilar possui seus próprios conceitos, objetivos e passos de implementação. Segundo Cudney e Augustady (2016), a TPM é crítica para a manufatura enxuta pois afeta diretamente a confiabilidade das máquinas. Máquinas cuja disponibilidade é imprevisível, acabam precisando de maiores estoques devido à problemas de quebras e qualidade.

Levitt (2010), afirma que a TPM deve ser encarada como um projeto de mudança, cujo investimento irá promover algum retorno e que a principal questão é como se utilizar dos benefícios de melhoria de OEE (Efetividade Geral de Equipamento) resultantes da implementação da metodologia. Os benefícios citados pelo autor são:

- a) Aumento de produção;
- b) Redução do número total de funcionários de produção sem demissões;
- c) Menos horas extras;
- d) Redução de turnos;
- e) Menos linhas de produção paralelas.

3.11 OEE (EFETIVIDADE GERAL DE EQUIPAMENTO)

Nakajima (1988), a efetividade de equipamento determina a taxa na qual um equipamento está sendo operado de forma eficiente e efetiva. No entanto, esta forma de cálculo varia amplamente de acordo com cada companhia.

Segundo Nakajima (1988), a efetividade geral dos equipamentos pode ser definida através do indicador de OEE, do inglês: “*Overall Equipment Effectiveness*”, que consiste no produto de outros três indicadores de eficiência: Disponibilidade, Performance e Qualidade conforme a fórmula:

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

Ainda conforme Nakajima (1988), um equipamento que quebra, falha, perde velocidade operacional ou não tem precisão e produz peças defeituosas não está operando de forma eficaz. Estas perdas de efetividade são definidas como as “Seis Grandes Perdas”, que são classificadas em 3 grupos:

a) Inatividade:

- Falhas de equipamento resultantes de quebras;
- Setups e ajustes de ferramentas em máquinas de estampagem ou injeção

por exemplo;

b) Perdas de velocidade:

- Ociosidade e paradas menores;
- Velocidade de ciclo abaixo do projeto do equipamento;

c) Defeitos:

- Defeitos de processos;
- Baixo rendimento (do início da produção até estabilização do processo).

Levitt (2010), define o OEE como uma métrica muito restrita de efetividade de máquina e que, métricas desleixadas ou inexistentes escondem oportunidades para melhorias de produtividade.

Cudney e Augustady (2016), afirmam que o OEE pode ser calculado para cada equipamento individualmente dentro de um processo, uma vez que este indica quanto tempo o equipamento está realmente produzindo um produto de qualidade. Assim, a restrição do processo pode ser identificada e sua OEE aumentada até que esta não

seja mais a restrição, o foco então se volta para o próximo equipamento a restringir o processo.

Os autores, no entanto, reiteram que apesar de ajudar a priorizar projetos de melhoria, não deve ser usado em todos os equipamentos, mas apenas onde há sentido em utilizá-lo.

3.11.1 Disponibilidade

A definição de Nakajima (1988) para a taxa de operação, ou disponibilidade, de uma máquina é a proporção de tempo operacional de um equipamento, excluindo tempo de inatividade, pelo tempo de carga conforma a fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Disponibilidade}(\%) &= \frac{\text{Tempo Operacional}}{\text{Tempo de carga}} * 100 \\ &= \frac{\text{Tempo de Carga} - \text{Inatividades}}{\text{Tempo de Carga}} * 100 \end{aligned}$$

De acordo com Hansen (2002), o tempo de inatividade, ou DT (Down Time), podem ser categorizados como:

- a) Técnico:
 - Causado por falhas de equipamento que afetam a máquina ou o processo, erros de manutenção, e sujeiras ou arranhões causados pelo equipamento;
- b) Operacional:
 - Falhas ocasionadas por erro do operador, operação fora das especificações ideais do equipamento, não obediência dos procedimentos de operação do equipamento.
- c) Qualidade:
 - Paradas causadas por não conformidade de matéria-prima ou suprimentos, problemas no controle de processo, testes não planejados, falhas na manufatura do produto, sujeiras originadas no processo ou produto.

Levitt (2016), afirma que companhias perdem mais clientes devido à problemas de disponibilidade do que qualidade uma vez que a entrega de produtos Just-In-Time depende inteiramente de as empresas conseguirem manter os equipamentos da planta em plena capacidade.

3.11.2 Performance e qualidade

De acordo com Nakajima (1988), o indicador de eficiência de performance é o produto da taxa de velocidade operacional pela taxa operacional líquida. A taxa de velocidade operacional obtém-se comparando a velocidade de ciclo teórico com o ciclo real conforme a fórmula:

$$\text{Taxa de velocidade operacional}(\%) = \frac{\text{Ciclo Ideal}}{\text{Ciclo Real}} * 100$$

Enquanto a taxa operacional líquida proporciona a visualização do quanto um processo consegue se manter à velocidade estável durante um período, seja esta velocidade maior ou menor que a velocidade ideal para o processo. Este indicador consegue detectar as perdas por paradas curtas, registradas ou que passam despercebidas nos registros de produção. O cálculo de taxa operacional líquida se dá pela seguinte fórmula:

$$\text{Taxa Operacional líquida}(\%) = \frac{\text{Quantidade Processada} * \text{Ciclo Real}}{\text{Tempo Operacional}} * 100$$

Sendo assim, a eficiência de performance calcula-se através da fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Eficiência de Performance}(\%) \\ = \text{Taxa de velocidade operacional} * \text{Taxa Operacional Líquida} \end{aligned}$$

Hansen (2002), classifica as perdas de eficiência de performance como a diferença entre a produção ideal teórica de um equipamento com o tempo real utilizado para se produzir um produto.

Por fim, Nakajima (1988), definiu o cálculo do indicador de eficiência de qualidade pelo percentual de peças boas produzidas:

$$\text{Eficiência de Qualidade}(\%) = \frac{\text{Peças boas produzidas}}{\text{Peças totais produzidas}} * 100$$

3.11.3 OEE classe mundial e metas

A meta do indicador OEE ideal de uma planta de mundial de competitividade deve ser de 85%, pois segundo Nakajima (1988), todas as plantas vencedoras do prêmio *Plant Maintenance Award* possuíam um resultado maior do que 85%, e seus indicadores ideais seriam:

- a) Disponibilidade > 90%;
- b) Eficiência de Performance > 95%;
- c) Taxa de produtos bons > 99%.

Hansen (2002), enfatiza que OEE não é o único fator responsável pela produtividade industrial, e que outras áreas, como finanças e qualidade devem ter suas considerações incorporadas na definição de listas de prioridades de melhorias para que estas estejam alinhadas com os objetivos da companhia. Além da melhoria de produtividade, os objetivos da metodologia devem estar conectados à melhoria de outros parâmetros do processo, e recomenda que se tenha foco em poucos projetos de uma vez para que os recursos não se percam em múltiplos projetos simultâneos.

3.12 LEAN SIX SIGMA E O MÉTODO DMAIC

“Lean Six Sigma é a metodologia que maximiza o valor dos acionistas ao alcançar a mais rápida taxa de melhoria em satisfação do cliente, custo, qualidade, velocidade de processo e capital investido”. (George, 2002, p. 6)”.

Segundo Werkena (2013), a criação do Seis Sigma (Six Sigma), aconteceu na Motorola, em 1987, como uma forma de tornar a empresa competitiva perante os concorrentes. Este programa foi considerado como o principal responsável pelo sucesso da empresa, que em 1988 ganhou o Prêmio Nacional da Qualidade Malcom Baldrige.

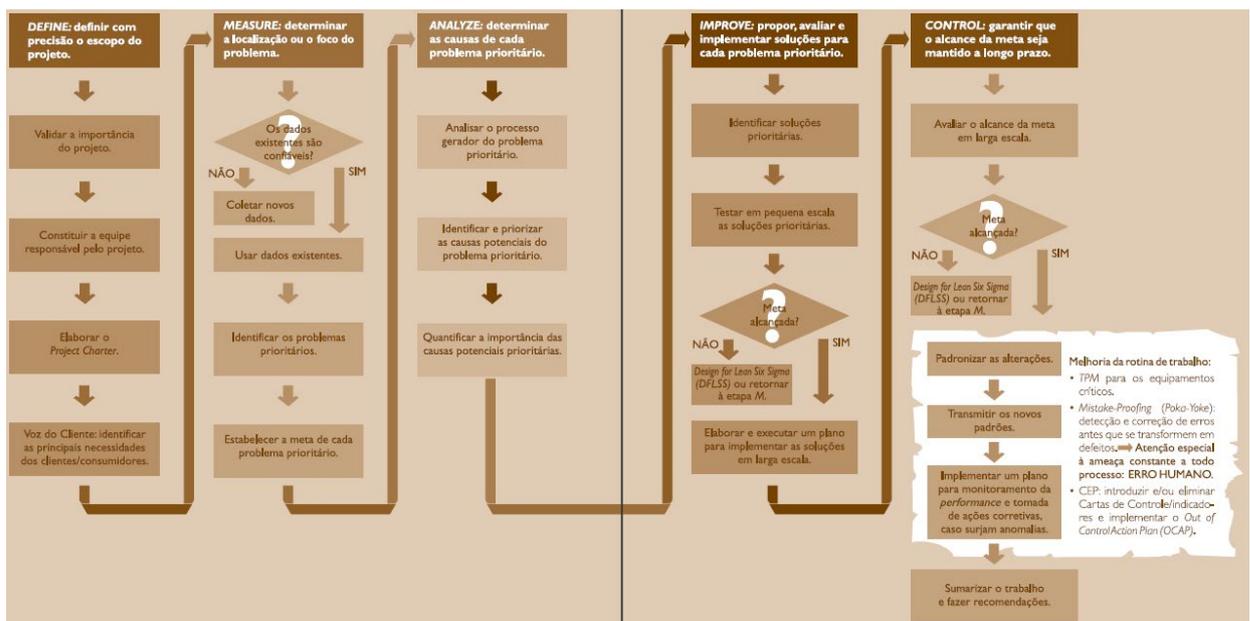
Ainda segundo Werkena (2013), o Seis Sigma utiliza o método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar do inglês “*Improve*”, Controlar), como abordagem padrão para a condução de projetos e melhoria de desempenho de produtos ou processos. Outras práticas do Lean Manufacturing foram introduzidas no Seis Sigma ao longo do tempo, estas mudanças cunharam o termo Lean Seis Sigma.

George (2002), define o DMAIC como uma ferramenta de melhoria de processo dividida em 5 fases:

- a) Definir: definir os objetivos e valor de um projeto.
- b) Medir: coletar dados, mapear processos, análises de pareto, entre outros.
- c) Analisar: examinar os dados e mapas de processos para compreender a origem e profundidade do problema.
- d) Melhorar: Usar as ferramentas disponíveis para eliminar o problema definido na fase de análise.
- e) Controlar: Monitorar o processo através de ferramentas de controle como o pokayoke, uma vez que ele alcance as melhorias realizadas, criando um sistema que informa automaticamente tendências corretas. Pokayoke faz com que não haja defeitos criados pelo processo.

Werkema (2013), mapeia o fluxo dos cinco passos através do fluxograma na figura 5.

Figura 5: Fluxograma da ferramenta DMAIC



Fonte: Werkema (2013).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são descritas as metodologias utilizadas para a coleta de dados deste trabalho de conclusão de curso, incluindo:

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa se caracteriza quanto à área de conhecimento, conforme definida pela CNPq (2020), na grande área das engenharias, dentro da subárea da engenharia mecânica, no ramo de processos de fabricação, especificamente na área de máquinas de usinagem e conformação.

Em sua finalidade, este trabalho enquadra-se como uma pesquisa aplicada, pois conforme Gil (2010), a pesquisa assim denominada visa a “Aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação numa situação específica” (GIL, 2010, p.27). Por ser um projeto que visa a análise de performance de um equipamento de injeção de polímero em uma indústria automotiva, delimita-se de forma clara a situação na qual este estudo irá ser aplicado.

No que se diz respeito aos objetivos desta pesquisa, estes podem se enquadrar tanto dentro das denominações de pesquisa exploratória, pois, visando o que afirma o mesmo autor, este é o tipo de pesquisa em que “Proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses” (GIL, 2010, p.27), o que está de acordo com o que pretende este trabalho, uma vez que irão ser analisadas as principais causas de falhas do equipamento de injeção.

Ainda dentro desta subdivisão, a coleta de dados se dará tanto através de pesquisa bibliográfica quanto levantamento de campo que são descritos por Martins Júnior (2008), como “O pesquisador somente utiliza publicações impressas ou eletrônicas Martins Junior” (MARTINS, JUNIOR, 2008, p.58) e “Contato maior com a população pesquisada a fim de verificar a ocorrência de alguns fenômenos que estaria influenciando sobre ela ou a fim de realizar alguma experiência com a sua participação.” (MARTINS, JUNIOR, 2008, p. 259), respectivamente

Ainda conforme a subdivisão de métodos empregados estabelecida por Gil (2010), classifica-se a mesma no que se refere a natureza dos dados como uma pesquisa qualitativa, uma vez que neste trabalho procuram-se as atribuições de caráter atributos, propriedades ou características dos elementos estudados. Quanto

ao ambiente onde serão coletados os dados, este será um trabalho de campo, pois os dados de produção dos equipamentos analisados originam-se dos diários de bordo da produção.

Quanto ao grau de controle das variáveis, será uma pesquisa não-experimental, a qual, conforme Gil (2010) é conceituada como uma pesquisa “O pesquisador analisa as informações provenientes de um determinado efeito provocado por um ambiente foco de observação” (GIL, 2010, p.28), uma vez que serão analisadas as falhas de máquina e suas causas e ocorrências num ambiente industrial produtivo.

4.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa irá se delimitar a coletar e analisar os dados de eficiência de performance de 4 injetoras de plástico através dos indicadores de Disponibilidade, Performance e Qualidade definidos na metodologia de Manutenção Produtiva Total (TPM).

Esta pesquisa utilizará como referência de desempenho ideal para análise de performance, os resultados considerados como World Class por Hansen (2002), que define como resultado ideal para processos de produção em lotes.

Os dados utilizados como referência para as análises serão limitados às 4 injetoras de plástico utilizadas na planta da empresa onde será realizado o estudo.

Esta pesquisa irá limitar-se a determinar qual é a principal causa de quebras e maior influenciador negativo nos resultados do indicador OEE durante o de 1º de novembro de 2021 até 19 de fevereiro de 2022 e será apresentada uma proposta de melhoria identificada no estudo através da metodologia de Lean Seis Sigma e a ferramenta DMAIC.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS

A coleta de dados será realizada através de diários de bordo digitais de produção, gerados e armazenados automaticamente pelo software proprietário da empresa (Figura 6). No software, todas as paradas de máquina são detectadas automaticamente pelo sistema e devem ser justificadas pelo operador do equipamento através de uma lista de códigos pré-definida.

Figura 6: Interface de justificativa de eventos

Editor Eventos Linha -- IM03 -- Press IM03 -- 3.4.0.13 - 2016-08-22 09:09 Build

Filtros: Nome Linha: IM03, Data Final: 2022/04/08, Turno: 1, Editando Linha em AUTO: IM03 -- Press IM03

LL: Goto the largest UX event

Eventos	Horário Início	Duração	Nível 1	Nível 2A	Nível 2B	Nível 2C	Nível 3	CSPC	Golpes	SPM	Scrap	Recuperadas	Maximo Work Order	Ev
	2022/04/08 08:48:16	0,9	PROD					BM342						
	2022/04/08 08:49:10	4,2	R					BM342	4	1,0				
	2022/04/08 08:53:20	0,6	PROD					BM342						IMC
	2022/04/08 08:53:57	2,2	R					BM342	2	0,9				
	2022/04/08 08:56:08	0,1	PROD					BM342						
	2022/04/08 08:56:10	3,0	R					BM342	2	0,7				
	2022/04/08 08:59:09	0,4	PROD					BM342						
	2022/04/08 08:59:33	41,8	R					BM342	41	1,0				
	2022/04/08 09:41:22	1,5	XXX					BM342						IMC
	2022/04/08 09:42:49	4,2	R					BM342	4	1,0				
	2022/04/08 09:47:00	0,4	PROD					BM342						
	2022/04/08 09:47:25	1,5	R					BM342	1	0,7				
	2022/04/08 09:48:55	1,8	XXX					BM342						IMC
	2022/04/08 09:50:44	32,7	R					BM342	32	1,0				
	2022/04/08 10:23:24	5,6	XXX					BM342						IMC
	2022/04/08 10:28:59	7,8	R					BM342	7	0,9				
	2022/04/08 10:36:46	104,4	MEC					BM342						IMC
	2022/04/08 12:21:08	1,5	R					BM342	3	2,0				
	2022/04/08 12:22:38	0,9	PROD					BM342						
	2022/04/08 12:23:32	1,5	R					BM342	1	0,7				
	2022/04/08 12:25:02	0,7	PROD					BM342						
	2022/04/08 12:25:44	1,5	R					BM342	1	0,7				
	2022/04/08 12:27:14	5,6	XXX					BM342						
	2022/04/08 12:32:49	1,5	R					BM342	1	0,7				
	2022/04/08 12:34:19	34,7	XXX					BM342						

Totais: Dur. Total/Max UX: 62,1/34,7; Dur. Total: 429,5; Golpes Total: 246; LL: Load Minutes: 429,00; LL: NSPH/NSPM: 34/0,6

Comentários de Turno: None

Scrap e Recuperadas:

Princ. CSPC	CSPC	Numero Peça	Peças Scrap	Peças Recuperadas
BM342	BM342	26210968		
Mude me	Mude me	Mude me		

Fonte: Software proprietário da empresa (2022).

Todos os dados serão compilados através de planilhas no software Microsoft Excel 365, onde os indicadores OEE serão calculados de acordo com as fórmulas citadas no tópico 2.11 utilizando o software Microsoft Power BI de visualização e análise de dados, que utiliza as planilhas e tabelas exportadas do software proprietário como base de dados.

Após a compilação, plotagem e análise dos resultados. Serão identificadas as principais causas de redução no indicador de OEE dos equipamentos analisados e baseando-se nestas informações, será proposto um plano de possíveis focos de

melhoria no equipamento para que os indicadores identificados como restrições de produção possam ser eliminados ou mitigados.

Um plano de execução da proposta de melhoria será estruturado através do método DMAIC será apresentado ao final deste estudo.

4.4 DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS

As variáveis utilizadas nos cálculos de OEE do sistema analisado são:

- a) Tempo de ciclo real: o tempo no qual o equipamento realiza um ciclo completo da operação designada, no estudo de caso é determinado pelo tempo entre o momento no qual o robô deposita uma peça pronta na esteira até o momento que ele deposita a próxima peça na esteira;
- b) Tempo de ciclo ideal: O tempo no qual o robô realiza um ciclo quando dentro das circunstâncias ideais para o qual foi programado;
- c) Tempo de carga: o somatório de tempo que a máquina foi programada para operar durante o turno produtivo, desconsiderando apenas paradas programadas como manutenções programadas, trocas de moldes programadas, pausas para refeição e descanso;
- d) Tempo operacional: o somatório de tempo em que a máquina efetivamente operou durante o tempo de carga, subtrai-se deste tempo as inatividades;
- e) Inatividades: somatório de tempo ocasionados por paradas não programadas ocasionadas por falhas (de equipamento e processo), quebras e manutenções emergenciais no equipamento.

A tabela 2 mostra os códigos utilizados para justificar as paradas de máquina no sistema de monitoramento de produção da empresa:

Tabela 2 – Lista de códigos de justificativa de parada de máquina

<i>CÓDIGO</i>	<i>LEGENDA</i>	<i>TIPO DE EVENTO</i>
<i>NPR</i>	NÃO PRODUTIVA	PARADA PROGRAMADA
<i>TO</i>	TRYOUT	PARADA PROGRAMADA
<i>MPL</i>	MANUTENÇÃO PLANEJADA	PARADA PROGRAMADA
<i>FOP</i>	FALTA DE OPERADOR	PARADA PROGRAMADA
<i>REF</i>	REFEIÇÃO	PARADA PROGRAMADA
<i>INT</i>	INTERVALO	PARADA PROGRAMADA
<i>RT</i>	REUNIÃO DE TIME	PARADA PROGRAMADA
<i>MPR</i>	MELHORIA DE PROCESSO	PARADA PROGRAMADA
<i>SRV</i>	SERVIÇO	PARADA PROGRAMADA
<i>GR</i>	GRANDE REPARO	PARADA PROGRAMADA
<i>R</i>	RODANDO	PRODUÇÃO
<i>LT</i>	LINE TRANSITION	SETUP PROGRAMADO
<i>LTDT</i>	LINE TRANSITION DOWNTIME	ATRASO DE SETUP (DOWNTIME)
<i>PRSTP</i>	PRE SETUP	PREPARO SETUP (DOWNTIME)
<i>PROD</i>	PRODUÇÃO	DOWNTIME
<i>FER</i>	FERRAMENTARIA	DOWNTIME MANUTENÇÃO
<i>HID</i>	MANUTENÇÃO HIDRAULICA	DOWNTIME MANUTENÇÃO
<i>MEC</i>	MANUTENÇÃO MECANICA	DOWNTIME MANUTENÇÃO
<i>PNE</i>	MANUTENÇÃO PNEUMATICA	DOWNTIME MANUTENÇÃO
<i>MMT</i>	MANUSEIO DE MATERIAIS	DOWNTIME MANUTENÇÃO
<i>ELE</i>	MANUTENÇÃO ELETRICA	DOWNTIME MANUTENÇÃO
<i>MRJ</i>	MATERIAL REJEITADO	DOWNTIME PROCESSO
<i>Q</i>	QUALIDADE	DOWNTIME QUALIDADE
<i>MC</i>	MANUTENÇÃO CENTRAL	DOWNTIME MANUTENÇÃO
<i>S</i>	SEGURANÇA	DOWNTIME SEGURANÇA
<i>EP</i>	ESPERA DE PESSOAS	DOWNTIME PRODUÇÃO
<i>XXX</i>	DOWNTIME NÃO REPORTADO	DOWNTIME

Fonte: Sistema proprietário da empresa (2022).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo do trabalho está apresentado a análise de dados produtivos através da ferramenta OEE.

5.1 COLETA DE DADOS E CÁLCULO OEE

Na empresa onde o estudo ocorreu, são realizadas semanalmente reuniões do time de melhoria contínua com os líderes e gerentes da área fabril, nestas reuniões são apresentados os resultados de performance O.E.E. das injetoras e as restrições de produção (gargalos) são definidas. Os resultados de OEE são visualizados de duas formas distintas: OEE de cada injetora e OEE de cada molde. Como base do estudo de índice OEE geral das máquinas injetoras, foram utilizados os dados das semanas produtivas entre o período de 01 novembro de 2021 e 19 fevereiro de 2022.

Para esta análise, três tipos diferentes de relatórios foram extraídos da base de dados do sistema. O primeiro é o relatório detalhado de desempenho de linha (Figura 7) que contém o resumo do período com número total de ciclos executado por cada equipamento, total de horas produtivas, total de horas disponíveis, total de horas registradas para cada justificativa, a periodicidade utilizada para este relatório foi de um relatório por semana, durante o período.

Figura 7: exemplo de relatório de desempenho de linha
Relatório de desempenho da linha

Planta: [REDACTED]		Turno: Por Turno		Início: 13/12/2021																								
Tipo de linha: OTHER		Linha: Todos		Fim: 18/12/2021																								
Ordem: Linha		Relatório de Classe: Todos		Todos																								
		Área: POLYMERS																										
Sistema	Gol pes	NSPH	Carga His	Total Hrs	NPR TO L	FOP RE FII NT	RT MP R	SRV GR	R	LT	PR S	TB	PRO	FER	MEC	PNE/ HID	MMT	ELE	MRJ	(-)	EE	Q	(-)	MC	S	EP	XXX	
Turno3																												
BM343	0	0	0,0	4,0	4,0																							
BM345	2	2	0,9	10,8	10,0					0,0	0,2																	0,6
BM346	0	0	0,0	4,0	4,0																							
BM347	0	0	3,1	7,1	4,0																							3,1
Turno3 Parcial	2	1	4,0	26,0	22,0					0,0	0,2																	3,7
Turno1																												
BM343	132	58	2,3	2,4							0,2																	
BM345	881	54	16,4	26,5	8,5					0,8	0,8																	
BM346	143	23	8,3	7,3						0,5	0,5																	
BM347	849	49	17,3	18,7	1,0					0,4																		
BM350	150	63	2,4	3,0						0,6																		
Turno1 Parcial	2.155	48	44,7	58,0	9,5					2,4	1,5																	0,2
Turno2																												
BM343	267	55	4,8	6,3	1,1					0,3	0,1																	
BM345	517	55	9,4	13,6	2,8					1,4																		
BM346	528	51	10,3	11,0	0,1					0,2	0,4																	
BM347	1.251	56	22,3	29,0	2,4					4,2	0,2																	
Turno2 Parcial	2.561	55	46,8	60,0	6,4					6,1	0,7																	0,1
IM023200	4.718	49	95,5	143,9	37,8					8,5	2,1																	3,9
Turno3																												
BM347	0	0	0,0	12,0	12,0																							

Fonte: Relatório interno da empresa (2022).

O segundo relatório utilizado, é o relatório detalhado de todas as paradas de máquina (Figura 8), sejam elas falhas ou paradas programadas, os registros contêm identificação de linha, molde em operação, horário de início, justificativa de parada e duração da ocorrência em minutos e segundos, para facilitar o tratamento dos dados a duração dos eventos é convertida em horas decimais e registrada em uma coluna adicional do relatório no MS Excel.

Figura 8: Planilha de relatório detalhado de paradas

TURNO	Linha	CSPC	Hora Início	Nível	Duraçã	DURACAO Di	DIA D/	DATA
2	IM033200	BM342	01/11/21 15:00	NPR	542:01	542,02	1	nov/2021
1	IM033200	BM342	03/11/21 06:00	RT	13:09	13,15	3	nov/2021
1	IM023200	BM345	03/11/21 10:39	LT	29:22	29,37	3	nov/2021
1	IM023200	BM345	03/11/21 11:30	REF	69:25	69,42	3	nov/2021
1	IM043200	BM341B	03/11/21 11:32	REF	65:24	65,40	3	nov/2021
1	IM033200	BM342	03/11/21 12:27	PROD	6:51	6,85	3	nov/2021
1	IM052300	BM340A	03/11/21 12:31	MEC	29:02	29,03	3	nov/2021
1	IM033200	BM342	03/11/21 13:13	TB	15:22	15,37	3	nov/2021
1	IM033200	BM346	03/11/21 13:28	LT	18:33	18,55	3	nov/2021
1	IM043200	BM341B	03/11/21 14:32	ELE	23:24	23,40	3	nov/2021
2	IM033200	BM346	03/11/21 15:30	PRSTP	19:22	19,37	3	nov/2021
2	IM023200	BM343	03/11/21 16:22	INT	11:55	11,92	3	nov/2021
2	IM033200	BM347	03/11/21 17:39	RT	5:26	5,43	3	nov/2021
2	IM033200	BM342	03/11/21 17:44	LT	16:29	16,48	3	nov/2021
2	IM023200	BM343	03/11/21 18:55	PRSTP	2:54	2,90	3	nov/2021
2	IM023200	BM347	03/11/21 18:57	LT	9:09	9,15	3	nov/2021
2	IM023200	BM347	03/11/21 19:15	REF	61:39	61,65	3	nov/2021
2	IM033200	BM342	03/11/21 22:52	REF	13:08	13,13	3	nov/2021
2	IM023200	BM345	03/11/21 23:28	Q	7:05	7,08	3	nov/2021
1	IM043200	BM344	04/11/21 06:00	RT	17:25	17,42	4	nov/2021
1	IM023200	BM343	04/11/21 08:11	INT	12:12	12,20	4	nov/2021
1	IM043200	BM341B	04/11/21 10:52	MEC	24:14	24,23	4	nov/2021
1	IM043200	BM341B	04/11/21 11:22	REF	136:39	136,65	4	nov/2021
1	IM023200	BM350	04/11/21 11:25	LT	81:31	81,52	4	nov/2021
1	IM023200	BM350	04/11/21 13:50	PRSTP	29:42	29,70	4	nov/2021
1	IM043200	BM341B	04/11/21 14:10	XXX	43:50	43,83	4	nov/2021
2	IM043200	BM344	04/11/21 16:20	REF	22:24	22,40	4	nov/2021
2	IM023200	BM345	04/11/21 17:10	PRSTP	10:06	10,10	4	nov/2021
2	IM023200	BM346	04/11/21 19:41	REF	54:04	54,07	4	nov/2021
2	IM023200	BM347	04/11/21 21:45	LT	10:26	10,43	4	nov/2021
2	IM043200	BM344	04/11/21 22:51	INT	13:00	13,00	4	nov/2021
2	IM043200	BM344	04/11/21 23:55	XXX	6:03	6,05	4	nov/2021
1	IM043200	BM344	05/11/21 06:00	RT	15:58	15,97	5	nov/2021
1	IM033200	BM345	05/11/21 08:33	LT	16:32	16,53	5	nov/2021
1	IM052300	BM340A	05/11/21 10:53	INT	104:03	104,05	5	nov/2021
1	IM023200	BM347	05/11/21 11:18	MEC	9:45	9,75	5	nov/2021
1	IM033200	BM345	05/11/21 11:36	REF	8:27	8,45	5	nov/2021
1	IM033200	BM342	05/11/21 12:19	LT	37:15	37,25	5	nov/2021
1	IM043200	BM344	05/11/21 13:40	LT	18:51	18,85	5	nov/2021

Fonte: Do autor (2022).

Para calcular o indicador de qualidade utilizou-se o relatório de registro de peças rejeitadas. Cada injetora possui um computador na estação de trabalho, e o operador do turno, supervisionado pelo facilitador de time, registra as peças defeituosas na base de dados através de um formulário digital (Figura 9).

Figura 9: Formulário digital de peças com defeito.

Registro de PARADAS e SCRAPS Injetoras - GRAVATAÍ

SCRAPS | PARADAS

REGISTRO DE SCRAPS -

DATA

TURNO

INJETORA

MOLDE

MOTIVO

QUANTIDADE

SEQUENCIAL

NOME FT

REGISTRAR

FECHAR E SALVAR

APAGAR ÚLTIMO REGISTRO

UPLOAD

EXPORTAR

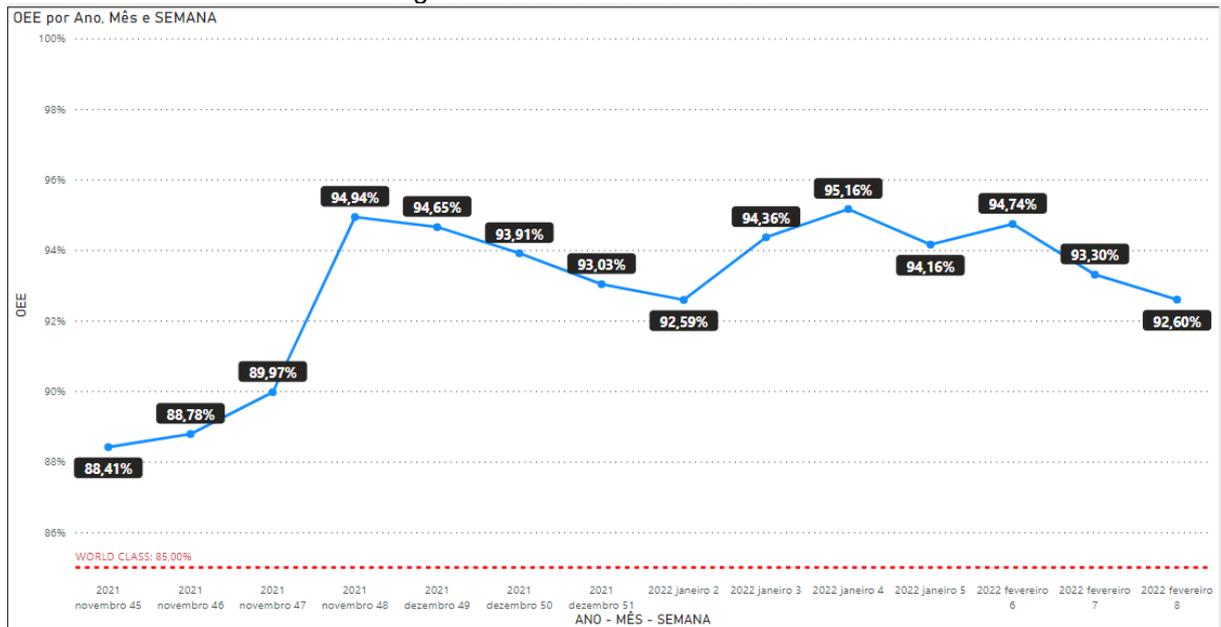
Fonte: Do autor (2022).

Após a compilação de todos os dados, as planilhas foram utilizadas como fonte de dados para um relatório do software Microsoft Power BI. As fórmulas utilizadas para calcular os indicadores foram inseridas diretamente no relatório do MS Power BI.

5.2 RESULTADOS OEE

Após a compilação dos relatórios, os dados foram analisados e os indicadores de OEE foram calculados no software Power BI e um gráfico de linha de OEE por semana (Figura 10), foi plotado com o resultado semanal geral ao longo do período analisado.

Figura 10: Gráfico de resultados OEE



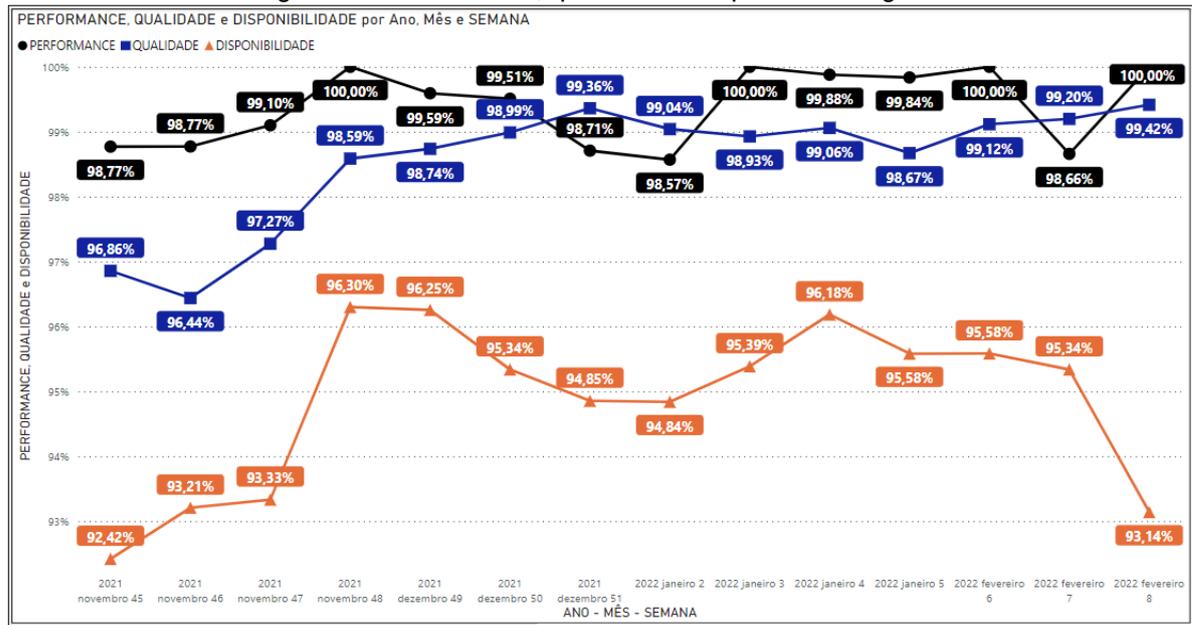
Fonte: Do autor (2022).

Neste período pode-se notar uma melhora significativa no resultado OEE a partir da semana 48 de novembro, resultado de uma nova estratégia de produção adotada pela empresa, que reduziu pela metade o número de trocas de molde, reduzindo consequentemente o tempo de parada de máquina e melhorando o indicador de disponibilidade geral.

A análise de OEE do período mostra que após atingir 94,94% na semana 48 de 2021, o indicador passou a cair até atingir 92,59% na semana 2 de 2022, atingiu um pico de 95,16% na semana 5 de 2022 e oscilou até cair para 92,60% na semana 8 de 2022.

Para identificar qual indicador estava influenciando negativamente o resultado geral de OEE das injetoras analisou-se separadamente os indicadores de disponibilidade, performance e qualidade utilizando-se um gráfico de linha sequencial conforme mostra a Figura 11.

Figura 11: Performance, qualidade e disponibilidade geral.



Fonte: Do autor (2022).

Notou-se que o indicador de disponibilidade é o que mais causa impacto negativo dentre os três indicadores. A performance que compara o tempo de ciclo ideal com o tempo de ciclo real nas injetoras analisadas mostrou pequena variação de 1,47% entre seu pior resultado (98,57%) na semana 2 de 2022 e os melhores resultados (100%) atingidos nas semanas 48 de 2021 e nas semanas 3, 6 e 8 de 2022. Como o ciclo de injeção é controlado por parâmetros pré-estabelecidos pelo técnico de processos de injeção e não pode ser alterada pelo operador da máquina, essa variação mínima foi desconsiderada como influência negativa para o resultado geral de OEE.

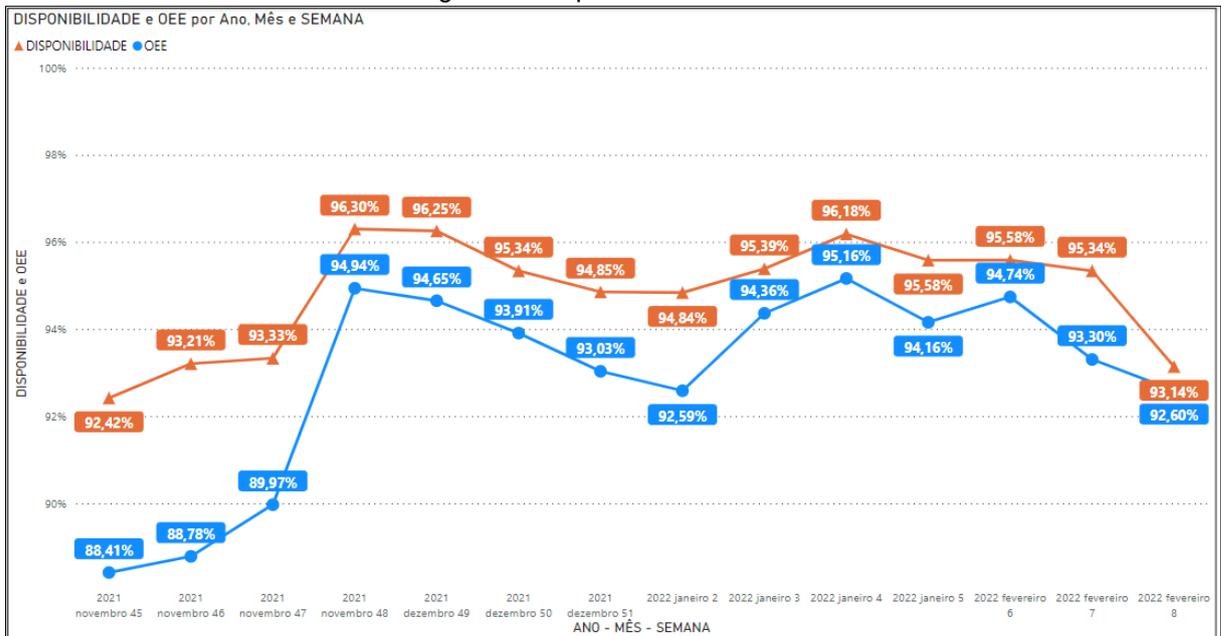
O indicador de qualidade apresentou melhoras significativas após a alteração de estratégia de injeção implementada em novembro, que reduziu de 8 para 4 o número de trocas de molde previstas por dia. Esta melhora pode ser observada com o aumento do indicador de qualidade de 96,44% na semana 46 de 2021, que aumentou nas semanas subsequentes até atingir seu pico de performance de qualidade de 99,36% na semana 51 de 2021 e se manteve então em valores próximos ou superiores a 99% ao longo das semanas 2 a 8 de 2022.

O indicador de performance de disponibilidade apresentou incrementos no resultado após a semana 47 de 2022, no entanto os bons resultados não se mantiveram estáveis, seu pico de performance de disponibilidade ocorreu na semana 48 de 2021, onde atingiu 96,30%. Nas semanas seguintes a disponibilidade degradou-

se até atingir um resultado de 94,84% na semana 2 de 2022. Houve uma pequena recuperação na disponibilidade nas semanas 3 e 4 de 2022, porém observou-se uma piora nas semanas 5, 6 e 7 até que na semana 8 de 2022 os valores de disponibilidade (93,14%) retornaram ao patamar dos resultados anteriores à semana 47 de 2021.

O impacto negativo fica evidente ao sobrepor-se os gráficos de linha de OEE e DISPONIBILIDADE conforme pode-se observar na Figura 12. O resultado de OEE apresentou um comportamento visivelmente similar ao resultado de disponibilidade, aumentado ou diminuindo conforme a disponibilidade variava. A pouca variação e bons resultados dos indicadores de qualidade e performance refletem o impacto da disponibilidade no OEE.

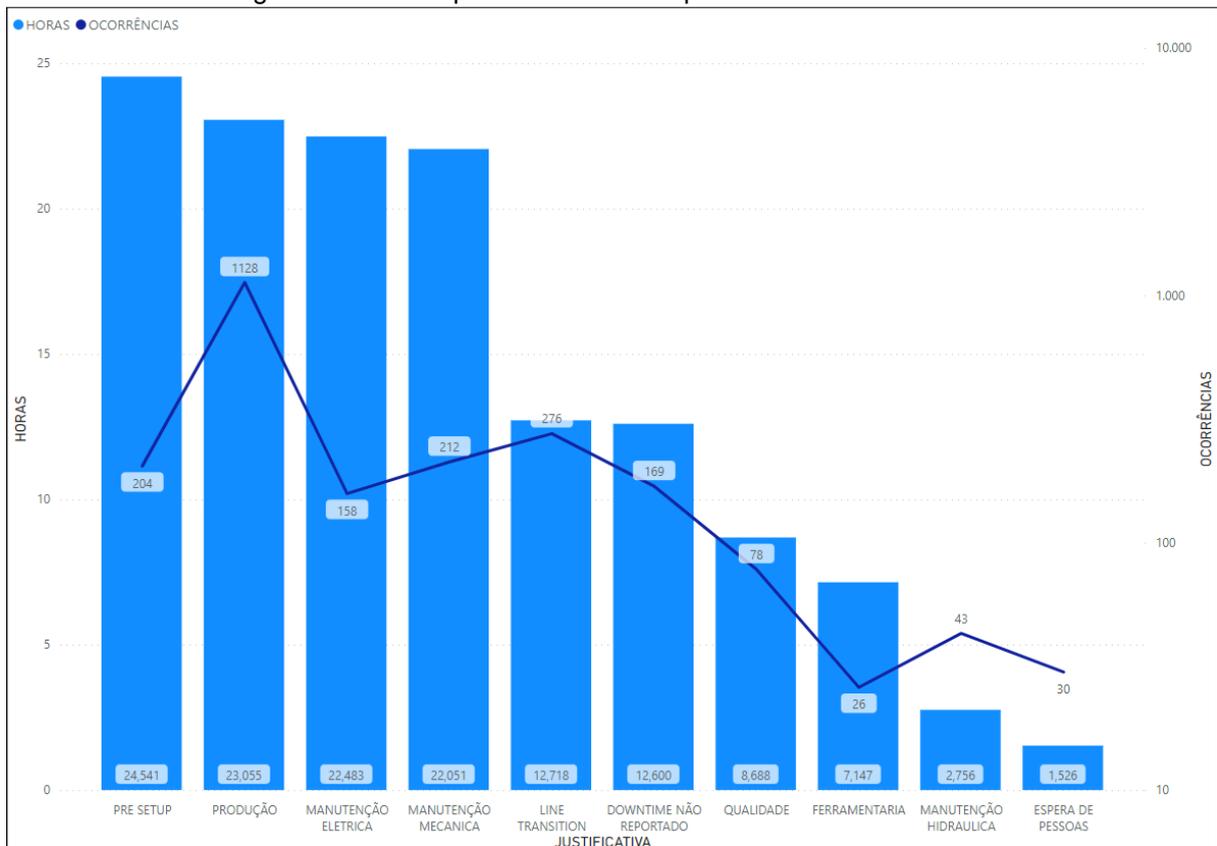
Figura 12: Disponibilidade x OEE



Fonte: Do autor (2022).

Com esta informação, pode-se definir o foco principal para investigação, determinar as causas de falha e investigar suas causas-raízes. Devido ao alto detalhamento do sistema de relatório de paradas utilizado na empresa, que registra todas as falhas e suas durações com precisão de segundos, juntamente com o tipo de falha registrado pelo operador no momento da falha, um gráfico de pareto com o somatório de duração e a contagem do número de ocorrências foi plotado conforme mostra a Figura 13.

Figura 13: Gráfico pareto de falhas e quantidade de ocorrências



Fonte: Do autor (2022).

Com a ajuda do gráfico de pareto, consegue-se definir quais são as principais causas de falha nas injetoras e seu total acumulado. Para limitar o escopo desta análise, optou-se durante uma reunião de time onde estes resultados foram apresentados investigar as 5 principais falhas: PRE SETUP, PRODUÇÃO, MANUTENÇÃO ELÉTRICA, MANUTENÇÃO MECÂNICA E LINE TRANSITION.

As classificações dessas falhas são definidas pela engenharia e pelo time de melhoria contínua, os operadores então são treinados e instruídos à classificá-las de acordo com o manual de treinamento (Figura 14).

Figura 14: Lista de falhas – Manual do operador

➤ Justificativas de nível 1			
WM	*Welder*	NÃO UTILIZADO	> *Welder*: não utilizado;
XXX	DOWNTIME NÃO REPORTADO		> XXX: Necessita de justificativa (NÃO DEVE SER DEIXADO SEM SELEÇÃO);
EP	ESPERA DE PESSOAS		> EP: Parada por espera de pessoas;
EE	ESPERANDO ESTOQUE		> EE: Esperando Estoque;
FOP	FALTA DE OPERADOR		> FOP: Falta operador - Não há operador disponível para operar o dispositivo;
FER	FERRAMENTARIA		> FER: Ferramentaria - Ação da ferramentaria na máquina;
GR	GRANDE REPARO		> GR: Grande Reparo - Programada deve ser lançada apenas em grandes paradas, e com tempo acima de 8h;
INT	INTERVALO		> INT: Intervalo – Intervalo para café, pausa ativa
LT	LINE TRANSITION		> LT: Line Transition. Troca de ferramenta (lançar apenas quando houver falha de leitura do sistema)
MMT	Manuseio De Materiais		> MMT: Manuseio de Materiais - Parada de responsabilidade do time de Manuseio de Materiais
MC	Manutenção Central		> MC: Manutenção Central - Parada por queda de pressão de ar, falta de energia elétrica, e etc...
ELE	Manutenção Elétrica		> ELE: Manutenção Elétrica - Paradas de manutenção relacionadas a parte eletrônica ou elétrica da máquina;
HID	Manutenção Hidráulica		> HID: Manutenção Hidráulica - Paradas de manutenção relacionadas a parte hidráulica da máquina;
MEC	Manutenção Mecânica		> MEC: Manutenção Mecânica - Paradas de manutenção relacionadas a parte mecânica da máquina;
MRJ	MATERIAL REJEITADO		> MRJ: Material Rejeitado – Paradas para descarte de scraps;
NPR	NÃO PROGRAMADA		> NPR: Não Programadas - Lançar em casos que a máquina não está programada para rodar;
PNE	PNEUMÁTICA		> PNE: Pneumática - Paradas de manutenção relacionadas a sistemas de ar;
PRSTP	Pre Setup		> PRSTP: Pré Setup – Paradas para preparação de setup de troca de molde;
PROD	Produção		> PROD: Produção – Paradas ocasionadas por problemas na produção;
Q	QUALIDADE		> Q: Qualidade - Paradas devido a problemas de qualidade;
REF	REFEIÇÃO		> REF: Refeição - Parada programada para refeição (utilizar somente quando realmente pararmos)
RT	REUNIÃO DE TIME		> RT: Reunião de time - Justifica parada programada para reunião de time (Início de turno, segurança, mensal, etc.)
R	RODANDO		> S: Segurança - Parada devido a um risco de acidente, ou mesmo um acidente;
S	SEGURANÇA		> R: Rodando – Linha operando normalmente
TB	TROCA DE BOBINA	NÃO UTILIZADO	> TB: Troca de bobina - Parada para troca de bobina (não utilizada em injeção)

LEGENDA

MANUTENÇÃO

PLANEJADO

PRODUÇÃO

Fonte: Manual de treinamento do software proprietário da empresa (2022).

5.3 ANÁLISE DE FALHAS E PROPOSTAS DE MELHORIAS

Para entender melhor as características de cada tipo de falha, calculou-se o tempo médio de duração de cada falha e o tempo médio entre falhas (Figura 15), também conhecidos como MTTR e MTBF, do inglês “mean time to repair” e “mean time between failure”, respectivamente.

Figura 15: MTTR e MTBF

JUSTIFICATIVA	TEMPO TOTAL (h)	OCORRÊNCIAS	MTTR (min)	MTBF (min)
PRE SETUP	24,541	204	7,22	1.105,35
PRODUÇÃO	23,055	1128	1,23	199,90
MANUTENÇÃO ELETRICA	22,483	158	8,54	1.427,16
MANUTENÇÃO MECANICA	22,051	212	6,24	1.063,64
LINE TRANSITION	12,718	106	7,20	2.127,28
Total	104,848	1808	3,48	124,72

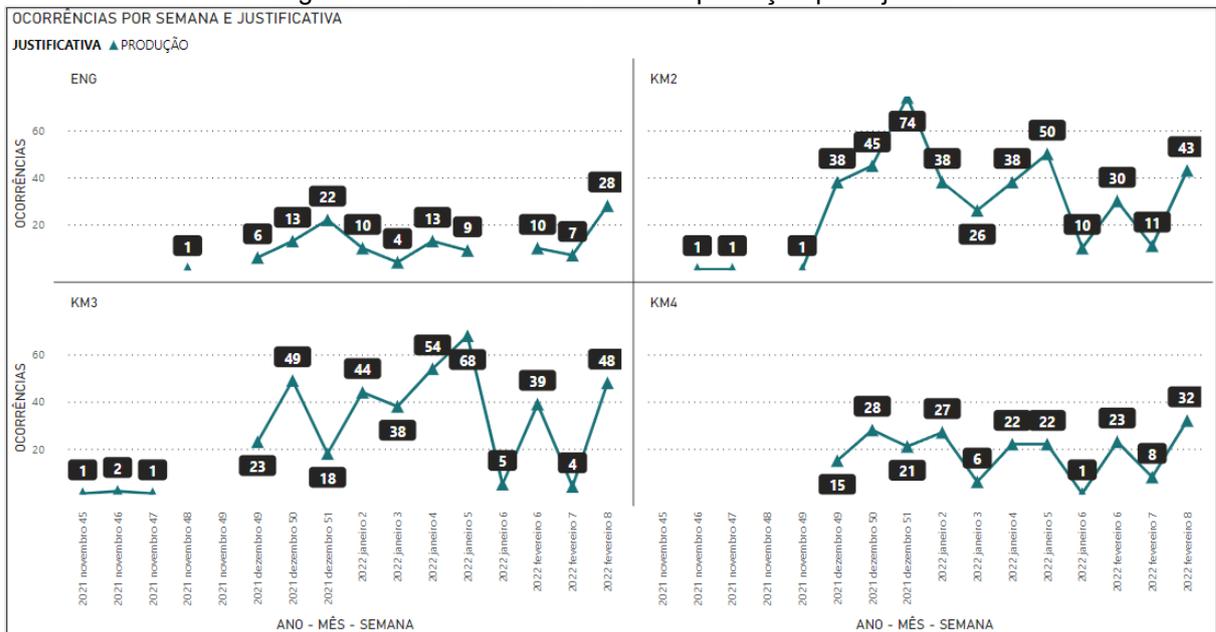
Fonte: Do autor (2022).

Adicionalmente, para cada falha distinta, foi feito um estudo e uma proposta de melhoria foi apresentada pelo autor ao time responsável.

5.3.1 Falhas de “PRODUÇÃO”

A análise de MTTR e MTBF mostra que as falhas de “PRODUÇÃO” ocorrem numa frequência muito superior às outras falhas (1 falha a cada 200 minutos), porém a duração média é inferior à todas as outras falhas (1 minuto e 13 segundos de duração média). Esta informação foi mostrada na reunião semanal de melhoria contínua e um acompanhamento da produção no chão de fábrica, o chamado “Go and See” ou “Gemba” foi realizado. Esta investigação foi constituída do acompanhamento do processo de produção nas injetoras. Foi observado que pequenas paradas no processo eram causadas, em sua maioria, pela sobrecarga de trabalho do operador 1 da célula, que é operada por duas pessoas, quando o operador 2 precisava deixar o local de trabalho para transportar as peças, que são acumuladas em um rack com 12 posições que suportam 4 peças cada, até o estoque e descarregá-las, processo que demorava cerca de 15 minutos, sobretudo, nas injetoras KM2 e KM3 (Figura 16) que se localizam mais afastadas dos estoques 1 e 3.

Figura 16: Ocorrências de falha de produção por injetora



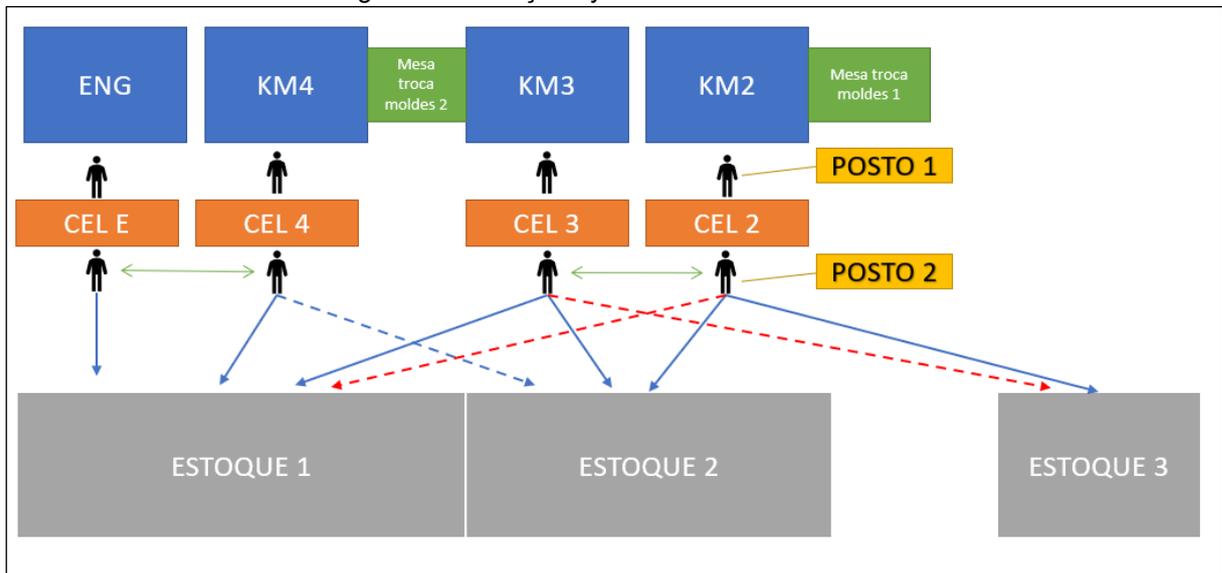
Fonte: Do autor (2022).

Este tipo de perda pode ser mitigado através da redução de movimentação de materiais para o estoque. No entanto, a impossibilidade de realocação das máquinas devido ao seu grande porte e o estoque ser fixo, limita a ação a estratégias dentro dos limites do layout atual.

Durante a reunião, propôs-se que o posto 2 não ficasse vazio enquanto as peças eram descarregadas no estoque pelo operador e que o planejamento de injeção do dia levasse em consideração a distância dos estoques.

Um esboço do layout e as rotas a serem evitadas (Figura 17) foi elaborado, contendo as rotas causadoras de paradas durante a produção identificadas por setas pontilhadas vermelhas. As setas verdes por sua vez indicam a quais postos os operadores podem oferecer apoio durante a descarga no estoque.

Figura 17: Esboço Layout com rota melhorada



Fonte: Do autor (2022).

Como plano de melhoria a longo prazo, a implementação de uma esteira transportadora ou a implementação de carros de carga autônomos, AGVs (automated guided vehicles), foi sugerida para eliminar estas perdas.

5.3.2 Falhas de “PRE SETUP”

A principal causa de falha em número de horas totais e a segunda maior em tempo médio de duração foi o pre-setup. Essa justificativa, é utilizada em momentos que as injetoras ficam ociosas devido ao tempo necessário de preparação da máquina antes da troca de um molde para outro. A principal necessidade deste tempo de preparo é para realizar a purga de material do canhão de injeção após o fim do programa de um produto para outro que utiliza uma matéria-prima diferente. A previsão de utilização de matéria prima até o final do programa de injeção é

extremamente importante, pois se ao final do programa há matéria em excesso no canhão a purga demora mais e mais material é rejeitado, caso haja falta de material antes do final do programa, peças com falha de preenchimento podem ser produzidas e o lote planejado não fica completo.

Outro motivo de ociosidade reportado como pre-setup, ocorre quando o programa de produção termina, mas o próximo molde não está completamente preparado para entrar em máquina pela mesa troca molde. O processo de troca de molde consiste no içamento do molde da ferramentaria até a mesa troca-moldes, onde este é acoplado à mesa e nela os responsáveis pela troca de moldes podem iniciar o processo de aquecimento e preparo do molde seguinte com a injetora ainda em produção. Devido à grande massa do molde (cerca de 35 toneladas cada), o aquecimento pode demorar de 20 a 30 minutos dependendo das condições climáticas.

Caso a sincronia entre o fim da produção do lote e o pré-aquecimento de molde esteja alta, é possível realizar a troca de molde logo após a injeção da última peça do lote. Os dados coletados mostram que no período analisado, houve 276 trocas de moldes e 204 paradas registradas como pre-setup, o que demonstra que em 73,91% das trocas de molde houve em média 7 minutos e 23 segundos de falta de sincronia do processo com a preparação do molde.

Para reduzir esse tipo de ociosidade, propôs-se que houvesse a cronometragem de cada passo necessário para a preparação de 9 dos 10 moldes (um dos moldes é cativo da injetora ENG, portanto esta não realiza trocas de molde). Após a coleta destes dados e o estabelecimento destes tempos médios, a programação de produção e troca de molde e o *timing* do início dos trabalhos de preparação de molde deverão levar em consideração os tempos observados com o intuito de se obter uma sincronia que deve evitar a ociosidade por espera observada no processo atual.

5.3.3 Falhas de “LINE TRANSITION”

Line transition, ou transição de linha, são eventos detectados automaticamente pelo sistema, e juntamente com o código de “Rodando” são os únicos que não dependem do operador para serem registrados no sistema, pois o sistema automatizado de troca de moldes registra o evento no sistema quando este é iniciado.

Por padrão definido pelo projeto das injetoras e das mesas troca moldes, as trocas de moldes podem ser realizadas em 15 minutos ou menos, portanto eventos de troca de molde com menos de 15 minutos não são considerados como perdas de disponibilidade. Apenas o excedente desses 15 minutos é levado em consideração.

O relatório de paradas do período apresentou 276 trocas de molde, das quais 106 excederam os 15 minutos padrão por 7 minutos e 12 segundos em média. Esta informação foi trazida em reunião com o time de manutenção e setup, que identificou os atrasos nas trocas de molde devido a falhas nas mesas troca-moldes. Os mecanismos responsáveis pelos movimentos nos eixos X e Y do molde durante a troca são controlados por 2 drivers eletrônicos em cada uma das mesas, dois dos 4 drives foram danificados em janeiro, e cada mesa passou então a operar com apenas um molde e devido a este problema, o ajuste dos moldes tinha que ser feito manualmente, o que acarretava os atrasos do setup. Devido à falta de disponibilidade de uma peça de reposição no estoque da empresa e no estoque nacional do fornecedor, esta peça precisou ser importada, processo esse que demorou cerca de 100 dias.

Para evitar este tipo de falha é necessário que haja um estoque de reposição de emergência de peças essenciais para o funcionamento da máquina que sem as quais pode sofrer perdas de eficiência e até mesmo causar uma parada total de produção. A capacitação do time de manutenção para o reparo de tais equipamentos de maior complexidade também é uma forma de se mitigar possíveis ocorrências similares no futuro. Como a empresa possui outras plantas com os mesmos equipamentos em outras localidades no Brasil, este estoque de emergência pode ser compartilhado entre todas as plantas, reduzindo assim os valores de estoque.

5.3.4 Falhas de manutenção

Manutenção elétrica e manutenção mecânica são justificativas utilizadas para intervenções no equipamento pelo time de manutenção para consertos emergenciais. Para melhorar a capacidade de resposta, a empresa utiliza o sistema de alarme andon e auxílios áudio visuais para que o time de manutenção possa agir de forma rápida, um alarme sonoro diferente para cada área é soado quando o andon é acionado e alarmes visuais são mostrados em painéis dispostos em diferentes locais da planta.

Uma análise mais detalhada da duração dos alarmes de manutenção mecânica e elétrica emergências mostrou que 60,8% das ocorrências tiveram duração inferior a 5 minutos, e segundo a relato do time de manutenção durante a reunião de melhoria contínua essas paradas são pequenas paradas onde o operador aciona o andon e aguarda o responsável chegar ao local para solucionar a falha e que, muitas vezes, o deslocamento até o equipamento demora mais do que a própria intervenção para a correção da falha. São falhas em sensores, esteiras nos robôs que fazem a extração da peça injetada do molde.

A implementação da manutenção autônoma dos operadores da metodologia TPM é uma forma de se evitar a sobrecarga do time de manutenção com falhas cuja solução é simples e seria facilmente resolvida por um operador que possua o conhecimento e habilidade necessários. Durante uma das reuniões com o time, a ideia de se implementar níveis mais avançados de TPM (algumas verificações e inspeções autônomas dos operadores já são utilizadas na empresa) foi apresentada, a realocação de tarefas simples de manutenção para os operadores pode proporcionar maior disponibilidade do time de manutenção para se focar em capacitações (para tarefas mais complexas como o reparo dos *drives* das mesas troca molde abordadas no tópico 5.3.3). No entanto devido às diretrizes da empresa quanto às atribuições de manutenção um estudo mais detalhado e aprofundado deverá ser feito antes que a manutenção autônoma pelos operadores possa ser adotada em maior escala dentro da empresa.

6 CONCLUSÃO

A utilização da metodologia OEE para análise de performance das injetoras, juntamente com as ferramentas da metodologia DMAIC convergiram para um estudo eficiente e bem objetivo das perdas produtivas dentro do processo de injeção de plástico.

Foi constatado que a maior ineficiência da planta de injeção da empresa analisada é relacionada a perdas por inatividades (downtimes) causadas por falhas nas injetoras. A análise individual de cada uma das principais causas de falha das injetoras também mostrou que a falhas de produção causam um grande impacto na disponibilidade de equipamento ao longo do tempo, e que muitas vezes esse tipo de falha pode passar despercebida no processo devido à natureza de curta duração destas falhas.

O planejamento de produção para reduzir a falta de sincronia entre o final de produção e a troca de moldes, a estratégia de produção para evitar que injetoras produzam peças cujo estoque seja mais distante, a capacitação dos operadores para tarefas mais simples de manutenção e a capacitação de manutentores para tarefas mais complexas são possibilidades a serem exploradas pela empresa com o intuito de se melhorar a disponibilidade produtiva das injetoras.

Devido ao alto desempenho dos indicadores de qualidade e performance da empresa, melhorias em disponibilidade apresentam grande impacto positivo no resultado geral de OEE. Caso sejam eliminadas as paradas inferiores a 5 minutos, que correspondem a 27,33% de todo o tempo de inatividade, representaria um ganho de 38 horas de produtividade num período similar ao analisado e um aumento de 2% no indicador de disponibilidade e 1% no indicador de OEE, que apesar de parecerem resultados tímidos, são resultados muito expressivos para valores tão altos de OEE como os apresentados pela empresa estudada.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com a utilização dos indicadores OEE da metodologia TPM, pode-se evidenciar perdas que poderiam passar despercebidas no dia a dia que causam impacto negativo na produtividade da empresa como as pequenas paradas de produção e manutenção assim como os atrasos e demoras na troca de moldes.

Os resultados apresentados neste trabalho podem ser vistos como os 3 passos iniciais da metodologia DMAIC (Definir, Medir e Analisar), portanto sugere-se a continuidade dos passos seguintes (Melhorar e Controlar), onde as melhorias sugeridas serão implementadas e seus resultados devem ser controlados ao longo de um período determinado para que possam ser mensurados e então um novo ciclo DMAIC poderá ser realizado para que outras perdas de efetividade do sistema possam ser evidenciadas e mitigadas.

REFERÊNCIAS

AGUSTIADY T.K.; CUDNEY E. A.; **Total Productive Maintenance: Strategies and Implementation Guide**. Ohio: CRC Press, 2016.

ALMEIDA, Gustavo Spina Gaudêncio D. **Processo de Transformação - Conceitos, Características e Aplicações de Termoformagem e Rotomoldagem de Termoplásticos**. São Paulo: Editora Saraiva, 2014. 9788536520520. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536520520/>. Acesso em: 20 mar. 2022.

CORDOVA, Bruno A. B. **Otimização do processo de moldagem por injeção do ABS via métodos estatísticos**. 2018, 186p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Materiais) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2018.

GEORGE Michael L. **LEAN SIX SIGMA. Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed**. Dallas. McGraw Hill, 2002.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2010

HANSEN Robert C.; **OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS: A Powerful Production/Maintenance Tool for Increased Profits**. Nova Iorque: Industrial Press Inc., 2002.

HARPER, Charles A. **Modern Plastics Handbook**. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2000.

JESUS, Sérgio Manuel Gaião. **Leanness e Manutenção Total Produtiva (TPM). Modelo de Produtividade e Competitividade. Estudo de Caso**. 2012 136 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2012.

LEONEL, Raquel F.; **Polímeros e Cerâmicas**. 1ª ed. Curitiba: Intersaberes, 2020. 9786555176575. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Loader/185126/pdf>. Acesso em: 10 abr. 2022.

LEVITT, Joel. **TPM Reloaded – Total Productive Maintenance**. Nova Iorque: Industrial Press, 2010.

MANO, Eloisa B. **Polímeros como materiais de engenharia**. São Paulo: Blucher, 1991. 9788521216643. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521216643/>. Acesso em: 10 abr. 2022.

MANO, E.B.; MENDES, L.C.; **Introdução a polímeros**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 1999. 9788521217251 Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Loader/177702/pdf>. Acesso em: 09 abr.2022.

MANRICH, Silvio; **Processamento de termoplásticos: rosca única, extrusão & matrizes, injeção & moldes**. São Paulo: Artliber, 2005.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introduction to TPM – Total productive maintenance**. Oregon: Productive Press, 1988.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção**. Porto Alegre: Grupo A, 2017. 9788577800995. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788577800995/>. Acesso em: 30 mar. 2022.

SOUZA, Wander Burielo de. **Processamento de polímeros por extrusão e injeção: conceitos, equipamentos e aplicações**. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2015