

O USO DO INDICADOR DE DESEMPENHO OEE EM UMA LINHA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO: SUGESTÃO DE ESTRATÉGIA DE MAPEAMENTO

THE USE OF THE OEE PERFORMANCE INDICATOR IN A PLASTIC INJECTION SECTOR: SUGGESTED MAPPING STRATEGY

372

Paulo Ricardo Leodoro¹, Douglas Henrique Fagundes¹, José Marcos Romão Júnior², Joaquim M. F. Antunes Neto³, Luiz Eduardo de Carvalho Chaves⁴

- 1- Discentes do CST em Gestão da Produção Industrial, FATEC de Itapira; 2- Especialista em Controladoria e Finanças (INPG –Brasil), docente e coordenador do CST em Gestão da Produção Industrial da FATEC de Itapira; 3- Professor Doutor (UNICAMP) e Especialista em Tecnologias para a Indústria 4.0 e MBA em Gestão Estratégica Empresarial, docente da FATEC de Itapira; 4- Mestre em Engenharia de Produção (UNIP Paulista), docente e orientador da FATEC de Itapira.

Contato: paulor.leodoro@gmail.com; douglas.henriquef90@gmail.com

RESUMO

O artigo explora a aplicação do indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) para melhorar o desempenho operacional em uma linha de injeção de plástico. OEE é uma métrica amplamente utilizada para avaliar a eficiência de equipamentos de produção, considerando três fatores principais: disponibilidade, desempenho e qualidade. O estudo é conduzido em um segmento de indústria de experiência dos autores, onde o setor de injeção de plástico desempenha um papel crítico. O objetivo principal é sugerir uma estratégia de mapeamento que permita identificar e analisar as perdas de produtividade e, conseqüentemente, promover melhorias significativas. O artigo começa com uma revisão teórica sobre o conceito de OEE e suas aplicações práticas, detalhando como a métrica pode ser utilizada para diagnosticar problemas e propor soluções em processos industriais. Em seguida, é apresentada uma análise do setor de injeção de plástico da empresa estudada, destacando as principais áreas de ineficiência. A proposta de estratégia de mapeamento inclui a implementação de um sistema de coleta e análise de dados baseado em OEE, visando identificar as principais causas de ineficiência e monitorar continuamente o desempenho. São sugeridas ações para otimização dos processos, como a manutenção preventiva, ajustes de configuração das máquinas e treinamentos para operadores. O estudo conclui que a adoção do OEE e a estratégia de mapeamento proposta podem levar a melhorias significativas na eficiência operacional do setor de injeção de plástico, resultando em redução de custos e aumento da competitividade da empresa. O artigo recomenda a aplicação contínua da metodologia OEE e a revisão periódica das estratégias implementadas para assegurar a manutenção dos ganhos de produtividade.

Palavras-chave: Indicador de Desempenho. OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). Injeção de Plástico. Eficiência Operacional. Análise de Desempenho.

ABSTRACT

The article explores the application of the OEE (Overall Equipment Effectiveness) indicator to improve operational performance in a plastic injection line. OEE is a widely used metric to evaluate the efficiency of production equipment, considering three main factors: availability, performance, and quality. The study is conducted in an industry segment of the authors' experience, where the plastic injection sector plays a critical role. The main objective is to suggest a mapping strategy that allows the identification and analysis of productivity losses and, consequently, promotes significant improvements. The article begins with a theoretical review of the concept of OEE and its practical applications, detailing how the metric can be used to diagnose problems and propose solutions in industrial processes. Next, an analysis of the plastic injection sector of the studied company is presented, highlighting the main areas of inefficiency. The proposed mapping strategy includes the implementation of an OEE-based data collection and analysis system, aiming to identify the main causes of inefficiency and continuously monitor performance. Actions to optimize processes are suggested, such as preventive maintenance, machine configuration adjustments and training for operators. The study concludes that the adoption of OEE and the proposed mapping strategy can lead to significant improvements in the operational efficiency of the plastic injection industry, resulting in cost reduction and increased competitiveness of the company. The article recommends the continued application of the OEE methodology and the periodic review of the strategies implemented to ensure the maintenance of productivity gains.

Keywords: Performance Indicator. OEE (Overall Equipment Effectiveness). Plastic Injection. Operational Efficiency. Performance Analysis.

1 INTRODUÇÃO

Indicadores de desempenho são ferramentas importantes para medir e gerenciar a eficiência das operações produtivas, desempenhando um papel fundamental na produtividade e competitividade das empresas. Segundo Mello (2016), a análise desses indicadores aumenta a eficácia dos processos produtivos e é amplamente adotada em vários setores. Souza e colaboradores (2016) destacam que o uso de indicadores de produção ajuda a reduzir custos e desperdícios, melhora a eficiência ao monitorar as atividades de trabalho, facilita a tomada de decisões e aprimora a qualidade dos processos.

Os Indicadores Chave de Desempenho (KPIs) são essenciais nesse cenário, fornecendo dados quantitativos que ilustram processos e estruturas organizacionais, apoiando as decisões dos gestores (MEIER et al., 2013). A implementação desses indicadores permite um controle eficaz das operações, busca contínua por melhorias e identificação de tendências de desempenho, conforme observado por Motta e Almeida (2019). Sendo assim, os KPIs são monitorados sistematicamente para avaliarem comportamentos e facilitar a tomada de decisões.

Dentre os diversos indicadores de desempenho, o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) destaca-se por sua abrangência e eficiência na análise da produtividade das máquinas. O OEE avalia a eficiência, desempenho, disponibilidade e qualidade das máquinas, alinhando-se às estratégias de manutenção para minimizar paradas e reconfigurações (PITON et al., 2016). A mensuração eficaz do OEE resulta em aumento da produtividade, qualidade e satisfação do cliente, além de otimização do uso de máquinas e equipamentos, reduzindo retrabalhos e perdas (SOUZA et al., 2016; REIS et al., 2016). Assim, a aplicação de indicadores como o OEE é muito desejado para o desenvolvimento sustentável e a competitividade das empresas, possibilitando a exploração de novas oportunidades de crescimento e a garantia de um sólido posicionamento no mercado.

O mercado de injeção de plástico no Brasil é caracterizado por sua dinâmica e inovação, exigindo adaptabilidade e flexibilidade para atender às demandas específicas de setores como o automotivo. Pedrosa (2022) destaca que a adoção de metodologias avançadas para monitorar o processo de injeção melhora a detecção e resolução de problemas, promovendo a inovação no desenvolvimento de produtos plásticos. Desta forma, a utilização de indicadores como o OEE é particularmente relevante para um setor tão competitivo e dinâmico quanto o de injeção de plásticos.

Este estudo examina a aplicação do OEE no setor de injeção de plásticos, considerando a experiência dos autores no segmento e valendo ressaltar que é um estudo baseado em experiência com fundamentação bibliográfica. Tem-se como questão norteadora da pesquisa: como a aplicação do indicador OEE pode identificar possíveis melhorias e otimizar a eficiência operacional no processo produtivo do setor de plásticos? Com isso, o objetivo desta estudo é analisar quais os principais fatores que podem impactar o bom funcionamento de máquinas injetoras, com o propósito de identificar oportunidades de melhoria no processo produtivo por meio do OEE, evidenciando seus benefícios e fornecendo uma visão aprofundada sobre a eficiência e eficácia dos processos produtivos nesta área específica da empresa.

2 METODOLOGIA

Trata-se de pesquisa bibliográfica narrativa, envolvendo a revisão de literatura relevante, incluindo livros, artigos científicos, teses e outras publicações acadêmicas. Esse levantamento teórico forneceu uma base sólida para o estudo, oferecendo uma visão abrangente dos temas discutidos. Foram utilizadas as bases de dados ofertadas pelo Portal de Periódicos da Capes e o Google Acadêmico, com a pesquisa das respectivas palavras-chave: “indicador de desempenho”, “OEE”, “análise de produtividade”, “setor de injeção de plástico” e “melhoria contínua”. Como critério de inclusão utilizou-se somente estudos publicados na língua portuguesa, com as palavras respectivas de OEE e injeção de plástico constando no título ou no resumo. Estudos básicos conceituais com estas palavras também foram considerados para a concepção teórica do texto. Estudos de caso foram determinantes para o delineamento da proposta de mapeamento. Os critérios de exclusão foram aqueles que não atenderam a questão norteadora e o objetivo determinado para o estudo, que buscou identificar quais os principais fatores que podem impactar o bom funcionamento de máquinas injetoras.

375

3 REFERENCIAL TEÓRICO

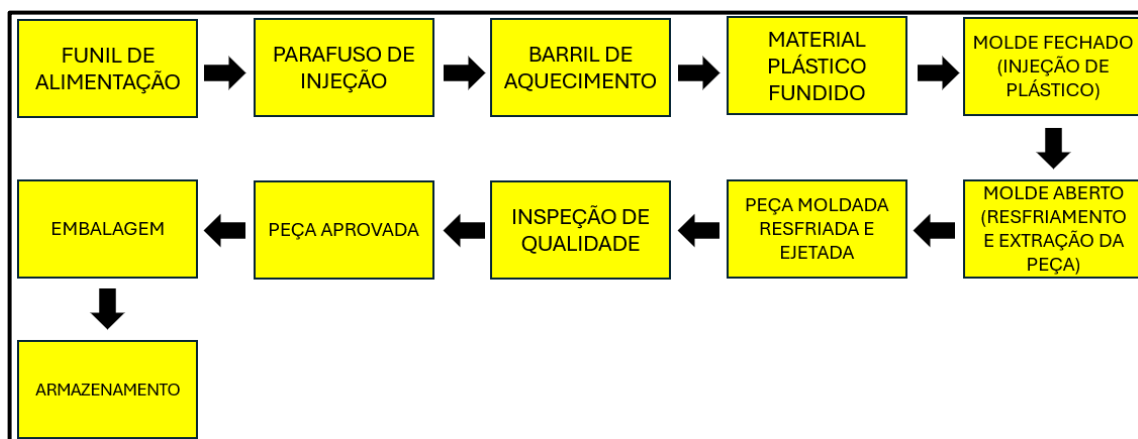
O OEE é uma métrica robusta que avalia a eficiência dos equipamentos ao medir a disponibilidade, o desempenho e a qualidade da produção. No contexto da injeção de plástico, sua aplicação permite um mapeamento detalhado das perdas produtivas e proporciona dados para otimização de processos e aumento da competitividade. Este referencial teórico examina como a implementação estratégica do OEE pode contribuir para a maximização da produtividade e a redução de desperdícios, alinhando-se às demandas específicas do setor e às melhores práticas industriais.

3.1 Setor de Injeção de Plástico

O setor industrial de injeção de plásticos é dinâmico e relevante dentro da indústria de transformação de materiais, destacando-se no Brasil pela capacidade de adaptação e inovação. Essa flexibilidade é essencial para atender às exigências rigorosas de diferentes mercados, onde a otimização contínua de métodos de monitoramento e controle de processos garante qualidade e eficiência na produção. De acordo com Pedrosa (2022), a adoção de metodologias avançadas no monitoramento do processo de injeção de plástico aprimora a identificação e solução de problemas, fomentando a inovação no desenvolvimento de produtos plásticos. Essa adaptabilidade tecnológica possibilita à indústria brasileira disponibilizar uma vasta gama de produtos, atendendo às variadas demandas de consumidores e setores industriais, e reforçando sua competitividade no mercado internacional, mas também impulsiona importantes avanços econômicos e tecnológicos.

A moldagem por injeção de plásticos é um processo amplamente utilizado para a produção de peças complexas com alta precisão, envolvendo a injeção de material plástico fundido em moldes, onde ele esfria e solidifica para formar a peça final, conforme visto na **Figura 1**. A indústria de plásticos de massa é dominada por resinas como polietilenos, polipropileno, PVC, PET e poliestireno.

Figura 1. Etapas do processo produtivo de materiais de plásticos da indústria em estudo.



Fonte: elaborado pelos autores.

A indústria de transformação de plásticos abrange uma vasta gama de produtos utilizados em diferentes setores, incluindo embalagens, utilidades domésticas, brinquedos, equipamentos esportivos, automóveis e construção civil. A diversidade de aplicações é ditada por motivos econômicos, de desempenho e hábitos de consumo (FERRAROLI, 2003). Este setor é caracterizado por uma média-baixa intensidade tecnológica, com inovação incorporada principalmente nos bens de capital empregados. Produtores de transformados plásticos se dividem em dois grandes grupos: produtores de *commodities*, que competem por preço, e fabricantes de produtos diferenciados, que se destacam pela inovação (TEIXEIRA; CIRINO; LINO 2017).

A adaptação e inovação são de grande impacto para a competitividade das empresas em um mercado global exigente. A transformação digital e a análise de *big data* são vistos como fundamentais na otimização de processos e desenvolvimento de produtos que atendam às novas demandas. A inovação é vital para o desenvolvimento sustentável e a diferenciação competitiva, permitindo explorar novas oportunidades de crescimento (MEDEIROS; MAÇADA; HOPPEN, 2021). Assim, a relevância da indústria de transformados plásticos está na produção de bens, na contribuição econômica, inovação tecnológica e geração de empregos.

Em 2021, o setor plástico no Brasil alcançou um faturamento total de R\$ 127,5 bilhões, marcando um aumento de 40,42% em relação ao ano anterior. A produção total foi de 7,1 milhões de toneladas, o que representou uma queda de 2,74% em comparação com 2020. No entanto, o número de empregos cresceu 3,06%, totalizando cerca de 336 mil postos de trabalho distribuídos por aproximadamente 11 mil empresas. A indústria de reciclagem pós-consumo gerou um faturamento de R\$ 3,1 bilhões e produziu 884,4 mil toneladas de resina reciclada, criando mais de 13 mil empregos em cerca de mil empresas. Estima-se que a cada tonelada reciclada, há uma redução de 1,1 tonelada de resíduos destinados a aterros sanitários e a criação de cerca de três postos de trabalho (ABIPLAST, 2021).

A injeção em moldes é um método comum para produção em massa de partes de plásticos, permitindo a fabricação de produtos diversificados em tamanho e formato

(MAGALHÃES, 2010). Este processo utiliza uma máquina injetora, plástico cru e um molde, normalmente de aço ou alumínio. O molde consiste em duas metades que, quando fechadas, criam o espaço preenchido pelo plástico derretido, formando a peça final. Moldes com múltiplas cavidades podem ser utilizados para produção em maior escala. A injeção de materiais termoplásticos é um processo cíclico, otimizado para assegurar a rentabilidade econômica dos equipamentos adquiridos, sendo automatizado para maximizar a produtividade e a confiabilidade.

Desde a primeira máquina de injeção patenteada em 1872 pelos irmãos Hyatt, o setor evoluiu significativamente, especialmente com a introdução do parafuso sem-fim por James Henry em 1948, que melhorou a homogeneização do material. Hoje, máquinas de injeção modernas são capazes de produzir peças complexas com geometria variada, beneficiando-se dos avanços na engenharia eletrônica e sistemas totalmente elétricos.

3.2 Indicadores de Desempenho (KPIs)

No cenário empresarial contemporâneo, a qualificação dos colaboradores e a utilização de sistemas de indicadores de desempenho são estratégias fundamentais para assegurar a competitividade e a eficiência das organizações. Brandão, Borges-Andrade e Guimarães (2012) destacam que um sistema de informação robusto, fundamentado em indicadores confiáveis, é essencial para a gestão eficaz do desempenho organizacional e para competir no mercado. Esses sistemas são fundamentais para avaliar objetivos estratégicos, disseminar estratégias e monitorar gestores, integrando métricas financeiras e não financeiras (PADOVEZE, 2015).

Os KPIs são ferramentas indispensáveis nesse contexto, proporcionando dados quantitativos que ilustram processos e estruturas organizacionais, e apoiam as decisões dos gestores (MEIER et al., 2013). A implementação desses indicadores permite um controle efetivo dos processos, a busca constante por melhorias e a identificação de tendências de desempenho, conforme apontado por Motta e Almeida (2019).

O SEBRAE (2015) define indicadores de desempenho como métricas que ajudam a monitorar e avaliar processos, oferecendo referências para o acompanhamento de pessoas, produtos, serviços e atividades entre outros. Os KPIs são informações sistematicamente acompanhadas para avaliar comportamentos e facilitar a tomada de decisões. Identificar os KPIs adequados pode ser desafiador. O uso de reuniões de foco, consultas documentais e técnicas de mineração de dados podem ser utilizados para identificar os indicadores mais relevantes (PERAL; MATÉ; MARCO, 2017). Os KPIs ajudam gestores a focar nas metas empresariais ao monitorar a evolução das operações e evitar a sobrecarga de informações irrelevantes (SILVA et al., 2018). Além disso, a escolha correta dos indicadores é fundamental para atender às exigências dos clientes em termos de qualidade, rapidez e preço (MARTINS, 2006). Gomes e colaboradores (2018) enfatizam que os indicadores de desempenho são vitais para gerenciar a cadeia de suprimentos, apontando processos a seguir e áreas que precisam de melhorias.

Os KPIs não só quantificam resultados, mas também são fundamentais para uma boa tomada de decisão, assegurando o sucesso organizacional (BADAWY et al., 2016). A medição e análise desses indicadores fornecem *feedback* sobre ações de melhoria, impactando a empresa como um todo (NUTINI, 2015). Para desenvolver indicadores eficazes, é essencial compreender os processos e as inter-relações dentro da organização (MARÇAL, 2008). Assim, a implementação e o monitoramento de KPIs são práticas essenciais para a gestão eficaz, auxiliando as empresas a alcançarem seus objetivos estratégicos e a manter a competitividade no mercado.

3.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Os consumidores estão cada vez mais utilizando a qualidade dos produtos como um de seus principais critérios de aquisição. A qualidade dos produtos e serviços está diretamente relacionada ao desempenho financeiro e operacional das empresas (MARRA et al., 2016). Produções controladas tornam os produtos mais competitivos em relação aos dos concorrentes (GONÇALVES et al., 2016). A utilização de

indicadores promove maior eficiência nos processos produtivos e é uma prática amplamente adotada em vários setores (MELLO et al., 2016).

De acordo com Souza e colaboradores (2016), a adoção de indicadores de produção contribui para a redução de custos e desperdícios, aprimorando a eficiência da produção. Esses indicadores medem as atividades de trabalho, facilitando a tomada de decisões e melhorando a qualidade dos processos. A relevância dos indicadores de desempenho é fundamental para o posicionamento das empresas no mercado (LUIZ et al., 2016).

Entre esses indicadores, o OEE tem se destacado, pois analisa a eficiência, performance, disponibilidade e qualidade das máquinas alinhadas às estratégias de manutenção, visando minimizar paradas e *setups*. O OEE permite monitorar e avaliar a evolução dos índices de funcionamento dos equipamentos, possibilitando análises críticas e detalhadas dos processos (PITON et al., 2016).

Esse mesmo autor destaca que o OEE é uma ferramenta prática e simples, derivada da metodologia *Total Productive Maintenance* – TPM, que quantifica a utilização das principais máquinas em uma linha de produção, considerando sua velocidade, paradas, performance e qualidade. O OEE, introduzido nos anos 70, mede a eficiência global e a capacidade do equipamento de alcançar uma boa performance de produção (LIMA, 2014).

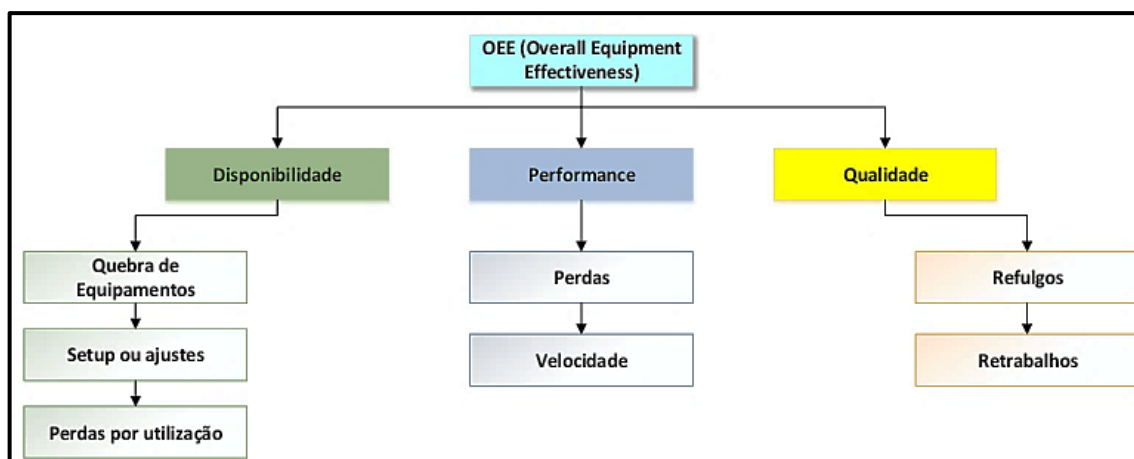
A mensuração do OEE é realizada por meio do cálculo da porcentagem, utilizando softwares específicos ou planilhas eletrônicas, onde se multiplica: disponibilidade, performance e qualidade (SOUZA et al., 2016).

A Disponibilidade é determinada pelo tempo que o equipamento esteve disponível para produzir em comparação com o tempo efetivamente produzido, ou seja, produção teórica versus produção real. A Performance avalia o tempo que o equipamento trabalhou próximo ao tempo de ciclo ideal para produzir um produto específico. A taxa de Qualidade analisa o número de peças boas produzidas em relação ao total, excluindo desperdícios e produtos defeituosos (BARIANI, 2006).

A **Figura 2** ilustra as características comuns do cálculo do OEE e os fatores que impactam a meta para atingir a eficiência global, incluindo quebras de

equipamentos, *setups*, ajustes, perdas na utilização de equipamentos, paradas, velocidade de produção, refugos, retrabalho de produtos e falta de matéria-prima. Esses dados devem ser medidos para calcular a eficiência.

Figura 2. Características consideradas no cálculo do OEE.



Fonte: elaborado pelos autores.

As seis grandes perdas dos equipamentos estão ligadas aos três índices que formam o cálculo da OEE (NEGRO; PRADO; ANTUNES NETO, 2020), no qual a perda 1 é a “quebra” e a perda 2 o impacto do “set-up e regulagens”, que fazem parte do índice de disponibilidade; as perdas 3 “pequenas paradas” e 4 “queda de velocidade” influenciam a performance, enquanto o índice de qualidade é composto pelas perdas 5 “problemas de qualidade e retrabalhos” e 6 “queda de rendimento”.

A atividade mais importante no processo é o cálculo do OEE. A limitação da empresa em identificar suas perdas impede que se atue no restabelecimento das condições originais dos equipamentos, garantindo alcançar a eficácia global, conforme estabelecido quando o equipamento foi adquirido ou reformado. perdas são calculadas a partir da folha resumo de informações, esta análise auxiliará na identificação das áreas que apresentam a maior oportunidade para aumentar o valor da OEE, e as maiores oportunidades estão naquelas áreas onde existem grandes perdas (TENÓRIO; ROMÃO JÚNIOR; ANTUNES NETO, 2024).

Piton e colaboradores (2016) afirmam que empresas que buscam alcançar 85% no indicador OEE devem se dedicar para manter índices de disponibilidade,

performance e qualidade entre 90% e 99%. Isso requer uma análise detalhada das principais paradas na linha de produção e das máquinas afetadas, estratificando-as e relatando suas causas.

Souza e colaboradores (2016) destacam que um OEE eficaz resulta em aumento da produtividade, qualidade e satisfação do cliente, além de otimizar a utilização de máquinas e equipamentos, reduzindo retrabalhos. Segundo Reis e colaboradores (2016), devido à necessidade de redução de perdas nos processos e produtos, muitas empresas buscam implementar o OEE.

382

4 RESULTADOS

O estudo sobre o uso do OEE no setor de injeção de plástico de uma indústria do segmento visou fornecer uma análise detalhada e prática para a otimização da eficiência operacional. Baseando-se em uma experiência aprofundada dos autores, o estudo abordou os fatores de interferência que impactam diretamente o OEE, explorando como variáveis como paradas inesperadas, falhas de equipamentos e tempos de setup afetam o desempenho geral das máquinas. A pesquisa também examinou estratégias eficazes para a coleta de dados, estabelecendo padrões de referência essenciais para a implantação bem-sucedida do sistema OEE. Além disso, o estudo destacou a importância das ferramentas analíticas, como o Diagrama de Ishikawa, os 5 Porquês e o 5W2H, que são fundamentais para identificar e resolver problemas de forma estruturada e eficiente. A integração dessas ferramentas com a análise OEE oferece uma abordagem sistemática para entender e melhorar os processos produtivos, garantindo uma maior eficácia e competitividade no setor.

4.1 Definição das Células de Produção

As células de produção são configurações altamente eficientes projetadas para otimizar o processo de fabricação, especialmente em ambientes industriais. Em uma célula de produção dedicada à injeção de plástico, diversos elementos colaboram para

maximizar a produtividade e garantir a qualidade dos produtos. A otimização deste aspecto inerente a organização deve considerar os seguintes processos, trazidos no **Quadro 1:**

Quadro 1. Organização funcional da célula de trabalho.

<p>1. Layout das Máquinas:</p> <ul style="list-style-type: none">a. Arranjo em Linha: as máquinas injetoras são organizadas em linha para permitir um fluxo contínuo de produção. Por exemplo, um produto pode ser injetado, resfriado e então transporta para a próxima máquina ou estação sem necessidade de movimentação adicional.b. Arranjo em U: as máquinas são dispostas em um formato de U ao redor de uma área central. Esse arranjo facilita a comunicação e a movimentação dos operadores e permite um fluxo de trabalho mais eficiente.c. Arranjo em Grupo ou Estação: máquinas que realizam operações semelhantes ou que produzem partes do mesmo produto são agrupadas em uma célula. Por exemplo, todas as máquinas que injetam peças de um determinado componente podem estar na mesma célula. <p>2. Integração de Equipamentos Auxiliares:</p> <ul style="list-style-type: none">a. Sistemas de Transporte e Manipulação: sistemas de transportadores e manipuladores automáticos são integrados para mover materiais e produtos entre as máquinas, reduzindo a necessidade de transporte manual e melhorando a eficiência.b. Sistemas de Resfriamento e Desmoldagem: equipamentos de resfriamento são integrados para garantir que as peças sejam resfriadas adequadamente antes de serem retiradas das máquinas. Sistemas automáticos de desmoldagem podem ser utilizados para facilitar a remoção das peças acabadas. <p>3. Organização do Trabalho:</p> <ul style="list-style-type: none">a. Operadores e Equipes: cada célula é geralmente operada por uma equipe de operadores responsáveis por várias máquinas e tarefas, podendo incluir a configuração das máquinas, monitoramento da produção e manutenção.b. Configuração e Manutenção: a organização da célula deve facilitar a configuração rápida e a manutenção das máquinas, minimizando o tempo de inatividade e permitindo uma resposta ágil a problemas. <p>4. Controle e Monitoramento:</p> <ul style="list-style-type: none">a. Sistemas de Controle Centralizados: em algumas configurações, um sistema de controle centralizado pode monitorar o desempenho de todas as máquinas na célula, coletando dados em tempo real e permitindo ajustes rápidos.b. Indicadores de Desempenho: utilização de indicadores como OEE para avaliar a eficiência da célula de produção e identificar áreas para melhorias. <p>5. Benefícios da Organização em Células:</p> <ul style="list-style-type: none">a. Redução de Tempo de Ciclo: melhora no tempo de ciclo devido à proximidade das máquinas e ao fluxo contínuo de trabalho.b. Flexibilidade e Agilidade: facilidade para adaptar a produção a diferentes tipos de produto e volumes, respondendo rapidamente às mudanças na demanda.c. Melhoria na Qualidade: maior controle sobre o processo de produção, resultando em menos defeitos e melhor consistência no produto final.d. Eficiência Operacional: menor necessidade de movimentação e transporte de materiais, o que reduz o desperdício e melhora a eficiência. <p>6. Exemplo de Aplicação:</p> <p>Em uma célula de produção de injeção de plásticos, uma configuração típica pode incluir:</p> <ul style="list-style-type: none">a. Máquinas Injetoras: organizadas de acordo com o tipo de produto ou processo necessáriob. Estação de Inspeção e Controle de Qualidade: localizada perto das máquinas para monitorar e garantir a qualidade das peças produzidas.c. Área de Armazenamento de Materiais e Produtos Acabados: integrada para garantir o fluxo contínuo de matérias-primas e a remoção eficiente de produtos acabados.

Fonte: elaborado pelos autores.

Essa organização busca otimizar o processo produtivo, reduzindo desperdícios e melhorando a eficiência, e é particularmente eficaz em ambientes de alta produção e alta complexidade, como a fabricação de peças plásticas. Nessa configuração, diferentes estações de trabalho são integradas para realizar operações sequenciais, como alimentação de material, injeção, resfriamento e acabamento das peças. Isso permite uma redução no tempo de ciclo e uma melhor utilização dos recursos, além de facilitar a implementação de sistemas de controle e monitoramento que asseguram a precisão e consistência do processo (RAMOS et al., 2020; WEIDLICH, 2001).

As injetoras de plástico são a base dentro dessas células de produção, sendo responsáveis pela transformação do plástico em peças moldadas de alta qualidade. Esses equipamentos operam através do aquecimento do plástico até que ele se torne líquido e, em seguida, o injetam sob alta pressão em moldes específicos. O *design* avançado das injetoras permite a produção em massa de peças complexas com excelente precisão dimensional e repetibilidade. Além disso, as injetoras modernas são equipadas com tecnologias de automação e controle que contribuem para a eficiência do processo, minimizando desperdícios e permitindo ajustes finos para atender às especificações dos produtos finais.

A organização das máquinas injetoras de plásticos em células de produção é uma estratégia que visa maximizar a eficiência e a eficácia do processo produtivo, reduzindo desperdícios e melhorando o fluxo de trabalho. Uma célula de produção é uma configuração na qual um conjunto de máquinas e equipamentos é agrupado de maneira a realizar um conjunto específico de operações ou etapas de um processo de produção. No contexto das máquinas injetoras de plásticos, isso significa organizar as máquinas e os recursos relacionados para otimizar a fabricação de produtos plásticos

4.2 Levantamento e Análise de Dados

A implantação do OEE em uma empresa de produção de produtos plásticos com máquinas injetoras envolve várias etapas. O OEE é uma métrica que ajuda a

identificar e melhorar a eficiência das máquinas, levando em conta três fatores principais: Disponibilidade, Desempenho e Qualidade. Deve-se atentar nas seguintes etapas (TENÓRIO; ROMÃO JÚNIOR; ANTUNES NETO, 2024):

4.2.1 Preparação e Planejamento

A preparação e planejamento no OEE são fundamentais para garantir uma implementação eficaz do sistema, envolvendo a definição clara de objetivos, a coleta precisa de dados e o estabelecimento de padrões e métricas que orientarão a análise e as ações corretivas necessárias para otimizar a eficiência operacional.

4.2.1.1 Definir Objetivos

A primeira etapa exige determinar os objetivos específicos para a implantação do OEE, como reduzir o tempo de inatividade, melhorar a eficiência das máquinas ou aumentar a qualidade dos produtos. Considerando a experiência dos autores, estabeleceu-se alguns objetivos que poderiam ser considerados:

- **Aumentar a Disponibilidade dos Equipamentos:** Reduzir o tempo de inatividade não planejado e melhorar a manutenção preventiva e corretiva para garantir que os equipamentos estejam operando o máximo possível.
- **Melhorar a Eficiência dos Processos:** Identificar e eliminar perdas de tempo de produção, como paradas e trocas de ferramentas, para garantir que os equipamentos funcionem com a maior eficiência possível.
- **Aumentar a Qualidade dos Produtos:** Minimizar a taxa de defeitos e retrabalho, garantindo que os produtos fabricados atendam aos padrões de qualidade e especificações técnicas, o que pode reduzir os custos associados a desperdícios e retrabalho.
- **Otimizar a Utilização dos Recursos:** Garantir que o tempo de operação dos equipamentos seja maximizado, aumentando a produção com o mesmo ou menor número de recursos, como matéria-prima e energia.
- **Reduzir os Custos Operacionais:** Identificar áreas onde os custos podem ser reduzidos através da melhoria da eficiência dos equipamentos e da redução de desperdícios e ineficiências.

- **Implementar Melhoria Contínua:** Criar uma base para a melhoria contínua dos processos, utilizando dados e análises do OEE para identificar áreas de melhoria e implementar práticas de manutenção e operação mais eficazes.
- **Facilitar a Tomada de Decisão:** Fornecer informações precisas e em tempo real sobre o desempenho dos equipamentos, permitindo uma tomada de decisão mais informada e rápida para ajustes operacionais e estratégias de produção.
- **Aumentar a Satisfação do Cliente:** Melhorar a capacidade de atender prazos e atender às expectativas dos clientes em termos de qualidade e quantidade de produção, o que pode aumentar a competitividade no mercado.
- **Promover a Conscientização e o Envolvimento dos Funcionários:** Envolver a equipe de produção no processo de melhoria, através da educação e treinamento sobre OEE e práticas relacionadas, para garantir que todos os membros estejam alinhados com os objetivos de eficiência e qualidade.
- **Avaliar e Integrar Tecnologias e Métodos:** Examinar a eficácia de novas tecnologias e métodos de produção em termos de impacto no OEE, promovendo inovações que podem melhorar a eficácia geral dos equipamentos.

Esses objetivos específicos ajudam a criar um plano abrangente para a implantação do OEE, visando melhorar a performance geral da produção e alcançar uma operação mais eficiente e competitiva.

4.2.1.2 Reunir a Equipe

Importante logo no início do processo formar uma equipe de projeto composta por pessoas das áreas de produção, manutenção, engenharia e qualidade, que deve ser composta por pessoas das áreas de produção, manutenção, engenharia e qualidade, o que se faz fundamental para a implantação bem-sucedida do OEE por várias razões (NEGRO; PRADO; ANTUNES NETO, 2020) :

- **Visão Amplifica:** Cada área traz uma perspectiva única sobre o desempenho dos equipamentos. A equipe multifuncional pode abordar problemas e oportunidades de melhoria de forma mais abrangente, considerando todos os aspectos da operação, desde a produção até a manutenção e controle de qualidade.
- **Identificação e Resolução de Problemas:** A colaboração entre as diferentes áreas permite identificar e resolver problemas que afetam o OEE de maneira mais eficaz. Por exemplo, a equipe de manutenção pode abordar problemas técnicos enquanto a equipe de qualidade pode focar em aspectos que afetam a conformidade dos produtos.

- **Integração de Conhecimentos:** A integração dos conhecimentos e experiências das diferentes áreas ajuda a implementar soluções mais eficazes. A engenharia pode oferecer melhorias técnicas, a produção pode fornecer feedback sobre a aplicabilidade prática e a manutenção pode avaliar a viabilidade de longo prazo das soluções propostas.
- **Implementação de Melhoria Contínua:** A equipe de projeto pode coordenar esforços para monitorar continuamente o desempenho dos equipamentos e implementar práticas de melhoria contínua. Cada área contribui com dados para ajustes e otimizações que podem melhorar o OEE ao longo do tempo.
- **Melhoria da Comunicação e Coordenação:** Uma equipe multifuncional promove melhor comunicação e coordenação entre as áreas envolvidas. Isso ajuda a garantir que todos estejam alinhados com os objetivos do OEE e que os planos de ação sejam executados de maneira eficiente.
- **Responsabilidade Compartilhada:** Ter representantes de todas as áreas cria um senso de responsabilidade compartilhada pelo sucesso do projeto. Isso pode aumentar o comprometimento e a motivação das equipes para alcançar os objetivos estabelecidos.
- **Desenvolvimento de Soluções Práticas e Realistas:** A colaboração entre as áreas ajuda a desenvolver soluções que são práticas e realistas para o ambiente de produção. A equipe pode ajustar estratégias para se adequar às condições reais da operação e às capacidades dos equipamentos.
- **Treinamento e Capacitação:** A formação da equipe permite que diferentes áreas aprendam umas com as outras, promovendo o treinamento cruzado e a capacitação dos funcionários. Isso pode melhorar a compreensão geral sobre o OEE e a implementação de práticas eficazes em cada área.
- **Facilitação da Adaptação e Aceitação:** A participação ativa das áreas envolvidas ajuda a criar uma aceitação maior das mudanças propostas. Quando as equipes veem que suas opiniões e necessidades são consideradas, é mais provável que se envolvam e apoiem a implantação do OEE.
- **Avaliação e Feedback Contínuo:** A equipe pode avaliar continuamente o impacto das iniciativas de OEE e fornecer feedback regular, permitindo ajustes rápidos e eficazes com base nas observações práticas e resultados obtidos.

A formação de uma equipe de projeto diversificada e colaborativa é fundamental para o sucesso da implantação do OEE, pois garante que todos os aspectos do processo de produção sejam considerados e que as soluções sejam eficazes e sustentáveis.

4.2.1.3 Treinamento

Treinar a equipe sobre o conceito de OEE é essencial para garantir que todos os membros entendam e se comprometam com os objetivos de melhoria da eficiência. O OEE é uma métrica que avalia a eficácia global dos equipamentos, combinando três componentes principais: disponibilidade, desempenho e qualidade. Sem um entendimento claro do que cada um desses componentes representa e como eles interagem, a equipe pode ter dificuldades em identificar e abordar as causas de ineficiências e problemas. Um treinamento abrangente ajuda a criar uma base sólida para que todos os envolvidos compreendam a importância de monitorar e melhorar o OEE, alinhando esforços e metas para alcançar uma produção mais eficiente.

O cálculo dos índices de OEE é decisivo do processo, e um treinamento detalhado ajuda a garantir que a equipe saiba como realizar esses cálculos corretamente. A disponibilidade é calculada pela relação entre o tempo de operação real e o tempo planejado; o desempenho é avaliado pela relação entre a produção real e a produção máxima possível durante o tempo de operação; e a qualidade é medida pela relação entre a quantidade de produtos conformes e o total produzido. Ensinar a equipe a calcular essas métricas com precisão permite uma análise mais clara das perdas e das áreas que precisam de melhoria, facilitando a identificação de pontos críticos e a implementação de soluções eficazes.

Além de calcular os índices, é fundamental que a equipe compreenda a importância das métricas e como elas impactam o desempenho geral da produção. As métricas de OEE fornecem dados valiosos sobre a eficiência dos equipamentos e a qualidade da produção, permitindo a tomada de decisões informadas e a implementação de melhorias contínuas. Ao reconhecer como essas métricas afetam os resultados da empresa, a equipe pode se engajar mais ativamente na busca por melhorias e na resolução de problemas. O treinamento sobre a importância dessas métricas também ajuda a motivar a equipe, pois eles veem o impacto direto de suas ações na eficiência geral da produção e na competitividade da empresa.

4.3 Coleta de Dados

A coleta de dados no OEE é ponto chave para uma avaliação precisa da eficácia dos equipamentos, exigindo a captura sistemática e detalhada de informações sobre tempos de produção, paradas e defeitos, que servem como base para identificar áreas de melhoria e monitorar o desempenho ao longo do tempo (BUENO, 2020).

389

4.3.1 Identificar Máquinas e Processos

A coleta de dados eficaz é um pilar fundamental para a implementação bem-sucedida do OEE e, para isso, listar todas as máquinas injetoras e os processos associados é de extrema importância. Primeiramente, a lista detalhada de máquinas injetoras permite uma visão clara e organizada de todos os ativos disponíveis na planta. Compreender quais máquinas estão em operação, suas capacidades, e os processos que realizam é essencial para medir corretamente a eficiência e identificar quais equipamentos são mais críticos para a produção. Sem essa lista, é difícil obter uma visão completa da planta e avaliar o impacto de cada máquina nos indicadores de OEE (BUSSO; MIYAKE, 2013).

Além disso, listar os processos associados a cada máquina injetora fornece um panorama detalhado das operações realizadas. Cada processo pode ter diferentes características, tempos de ciclo e padrões de desempenho, que afetam diretamente o cálculo dos índices de OEE. Com uma visão detalhada dos processos, a equipe pode identificar onde estão ocorrendo perdas, como paradas não planejadas ou tempos de *setup* extensivos, e buscar formas de otimizar essas etapas para melhorar a eficiência global. Essa análise também ajuda a mapear as interações entre diferentes processos e máquinas, proporcionando uma compreensão mais profunda das operações e facilitando a implementação de soluções direcionadas.

Finalmente, a coleta e a listagem cuidadosa dos dados das máquinas e processos contribuem para um gerenciamento mais eficaz e para a tomada de decisões baseada em informações precisas. Com dados organizados e acessíveis, a

equipe pode monitorar o desempenho em tempo real, identificar tendências e padrões, e realizar ajustes operacionais com mais eficácia. Além disso, ter um registro detalhado facilita a comunicação entre os diferentes departamentos, permite um acompanhamento mais preciso dos resultados e apoia a identificação de áreas que necessitam de melhorias contínuas. Em resumo, listar todas as máquinas injetoras e os processos associados é essencial para uma coleta de dados eficiente e para a implementação bem-sucedida do OEE.

4.3.2 Estabelecer Padrões de Referência

O primeiro passo é realizar uma análise detalhada dos processos atuais para cada máquina. Isso envolve (GOUVEIA, 2022):

- **Coleta de Dados:** Recolher dados históricos sobre tempos de ciclo, velocidades de operação e padrões de qualidade, o que inclui informações sobre a produção média, os tempos de *setup*, as taxas de defeitos e os tempos de inatividade.
- **Observação Direta:** Monitorar e registrar o desempenho das máquinas em condições normais de operação para entender os tempos de ciclo reais, a variabilidade nas velocidades e os padrões de qualidade que estão sendo atingidos.
- **Consulta com Operadores e Técnicos:** Conversar com aqueles que operam e mantêm as máquinas pode fornecer informações pontuais sobre as práticas atuais e as limitações percebidas.

Com base na análise dos dados e na compreensão dos processos atuais, os padrões ideais devem ser definidos:

- **Tempos de Ciclo:** Calcular o tempo necessário para completar um ciclo de produção ideal, considerando o tempo de operação contínuo sem interrupções. Isso pode envolver a avaliação dos tempos de ciclo mais rápidos alcançáveis sem comprometer a qualidade e a segurança.
- **Velocidades de Operação:** Determinar a velocidade de operação ideal para cada máquina, que maximize a produção sem causar desgaste excessivo ou comprometer a qualidade do produto. Isso pode ser baseado em especificações técnicas do fabricante e nas melhores práticas observadas.
- **Padrões de Qualidade:** Estabelecer os critérios de qualidade que os produtos devem atender para serem considerados aceitáveis. Isso inclui tolerâncias dimensionais,

características estéticas e propriedades funcionais, definidos com base nas especificações do cliente e nos requisitos de mercado.

Após definir os padrões ideais, é importante implementar e monitorar sua aplicação:

- **Treinamento:** Treinar os operadores e técnicos para garantir que eles compreendam e possam atingir os padrões definidos. Isso inclui o uso adequado das máquinas e a adoção das melhores práticas para manter os padrões de qualidade.
- **Monitoramento Contínuo:** Implementar sistemas de monitoramento para acompanhar o desempenho das máquinas em tempo real e garantir que os padrões sejam mantidos. Utilizar ferramentas de análise de dados para identificar quaisquer desvios e ajustar os processos conforme necessário.
- **Revisão e Ajuste:** Revisar periodicamente os padrões e ajustá-los com base no feedback, nas mudanças nas condições de operação e nas inovações tecnológicas. Estar preparado para modificar os padrões conforme necessário para melhorar a eficiência ou responder a novas exigências do mercado.

Definir e manter padrões de operação ideais é essencial para maximizar a eficiência da produção e garantir que os produtos atendam consistentemente aos requisitos de qualidade. A abordagem sistemática descrita ajuda a estabelecer uma base sólida para otimizar o desempenho das máquinas e melhorar os resultados operacionais.

4.3.3 Implementar Sistemas de Monitoramento

A implementação de sistemas de monitoramento no envolve a integração de tecnologias que permitem a coleta, análise e visualização de dados em tempo real sobre o desempenho dos equipamentos. Inicialmente, é necessário instalar sensores e dispositivos de medição nas máquinas para capturar dados relevantes como tempos de operação, paradas e velocidade de produção. Esses dados são então transmitidos para um sistema centralizado, frequentemente uma plataforma de software de gestão de produção, que analisa e interpreta as informações (NASCIMENTO, 2017). O sistema deve ser configurado para calcular os índices de OEE, abrangendo disponibilidade, desempenho e qualidade, e apresentar esses dados através de

dashboards e relatórios acessíveis aos gestores e operadores. A monitorização contínua permite a detecção imediata de desvios dos padrões ideais, possibilitando ações corretivas rápidas e ajustes operacionais em tempo real. Além disso, o sistema facilita a análise de tendências e padrões ao longo do tempo, promovendo uma abordagem proativa para a melhoria contínua da eficácia dos equipamentos (GOUVEIA, 2022).

4.4 Definir Métricas e Coletar Dados

Definir métricas e coletar dados no OEE envolve estabelecer critérios claros de desempenho e reunir informações precisas sobre disponibilidade, performance e qualidade, permitindo uma análise robusta da eficiência dos equipamentos e a implementação de estratégias para aprimorar a produção (HANSEN, 2006):

4.4.1 Medir Disponibilidade

Calcular o tempo total de operação *versus* o tempo planejado para identificar o tempo de inatividade é um passo essencial na avaliação da disponibilidade de equipamentos e no cálculo do OEE. O tempo planejado é o total de tempo que os equipamentos estão programados para estar disponíveis para operação durante um período específico, como um turno, um dia ou uma semana. Esse valor é geralmente baseado na programação de produção e pode incluir o tempo total disponível no calendário, menos pausas e intervalos planejados. Para determinar o tempo planejado, considere (HANSEN, 2006):

- **Horas de Operação Programadas:** Total de horas durante o período em que a máquina deve estar operando, conforme o cronograma de produção.
- **Paradas Planejadas:** Inclua períodos de manutenção programada e outros intervalos que foram previamente planejados e comunicados.

4.4.2 Registro do Tempo Total de Operação

O tempo total de operação é o período durante o qual a máquina realmente esteve em operação, excluindo períodos de inatividade não planejada. Para calcular isso:

- **Monitoramento em Tempo Real:** Utilize sistemas de monitoramento ou registros de operação para acompanhar o tempo efetivo em que a máquina esteve funcionando. Isso pode ser feito através de sensores, registros manuais ou sistemas automatizados que capturam o tempo de operação real.
- **Análise de Dados:** Compare os registros de operação com o tempo planejado para identificar quaisquer períodos em que a máquina não estava operando.

4.4.3 Cálculo do Tempo de Inatividade

O tempo de inatividade é a diferença entre o tempo planejado e o tempo total de operação, calculando-se da seguinte forma:

$$\text{Tempo de Inatividade} = \text{Tempo Planejado} - \text{Tempo Total de Operação}$$

4.4.4 Análise e Ação

Após calcular o tempo de inatividade, é importante analisar as causas dessa inatividade para implementar melhorias. Identifique se a inatividade foi causada por falhas de equipamento, problemas de configuração, falta de material, ou outras razões. Implementar ações corretivas e ajustes operacionais pode ajudar a reduzir o tempo de inatividade futuro e melhorar a disponibilidade do equipamento (SANCHETA; FERONI, 2021).

Ao seguir essas etapas, você poderá calcular com precisão o tempo de inatividade e utilizar essas informações para melhorar a eficiência e a eficácia da operação dos equipamentos. Tem-se como referência dois trabalhos orientados por

Antunes Neto (TENÓRIO; ROMÃO JÚNIOR; ANTUNES NETO, 2024; NEGRO; PRADO, ANTUNES NETO, 2020):

4.5 Medir Desempenho

Avaliar a velocidade real de produção comparada à velocidade ideal é fundamental para entender a eficiência operacional e calcular corretamente o OEE. Aqui estão os passos detalhados para essa avaliação (SANTOS et al., 2019):

394

4.5.1 Definir a Velocidade Ideal

A velocidade ideal é a taxa de produção máxima que uma máquina ou linha pode alcançar sob condições ideais, sem comprometimento da qualidade. Para definir a velocidade ideal:

- **Especificações do Fabricante:** Consulte as especificações técnicas fornecidas pelo fabricante da máquina. Estas especificações geralmente indicam a capacidade máxima de produção por unidade de tempo.
- **Histórico de Produção:** Analise dados históricos para identificar a velocidade máxima alcançada em condições semelhantes.
- **Condições Ideais:** Considere o cenário onde todas as condições são ótimas, como manutenção adequada, configuração perfeita e suprimento contínuo de materiais.

4.5.2 Medir a Velocidade Real de Produção

A velocidade real de produção é a taxa real na qual a máquina está produzindo durante um período de operação. Para medir isso:

- **Monitoramento em Tempo Real:** Utilize sistemas de monitoramento ou registros manuais para acompanhar a produção em tempo real. Isso pode incluir sensores de contagem de peças ou sistemas de controle de produção.
- **Registro de Dados:** Documente o número total de unidades produzidas e o tempo total de operação.

4.5.3 Comparar Velocidade Real com Velocidade Ideal

Para avaliar a eficiência da produção, compare a velocidade real com a velocidade ideal usando a fórmula:

$$\text{Eficiência de Produção}(\%) = \left(\frac{\text{Velocidade Real}}{\text{Velocidade Ideal}} \right) \times 100$$

Onde: **Velocidade Real** é a velocidade efetiva de produção observada na prática; **Velocidade Ideal** é a velocidade de produção que seria alcançada em condições perfeitas, sem interrupções ou perdas.

A taxa de saída padrão é uma taxa de desempenho máximo ou o volume máximo de trabalho produzido por unidade de tempo usando um método padrão. Quando a eficiência máxima de produção é alcançada para qualquer amostra em análise, a eficiência de produção será de 100%. Se uma economia está produzindo com eficiência, ela terá uma eficiência de produção de 100%.

4.5.4 Análise das Diferenças

Depois de calcular a eficiência da velocidade, analise as causas das diferenças entre a velocidade real e a ideal:

- **Paradas e Interrupções:** Verifique se houve paradas inesperadas ou interrupções que impactaram a produção.
- **Configurações e Ajustes:** Avalie se a máquina está configurada corretamente e se ajustes são necessários para otimizar a velocidade.
- **Qualidade e Defeitos:** Considere se a necessidade de inspeções adicionais ou retrabalho está afetando a velocidade.

4.5.5 Implementar Melhorias

Baseado na análise, implemente ações para melhorar a velocidade real:

- **Manutenção Proativa:** Realizar manutenção preventiva para evitar falhas que reduzam a velocidade.
- **Treinamento:** Capacitar operadores para melhorar a eficiência na operação da máquina.
- **Ajustes de Processo:** Ajustar processos e configurações para maximizar a velocidade sem comprometer a qualidade.

Esses passos ajudam a identificar e corrigir desvios na velocidade de produção, otimizando o desempenho da máquina e melhorando a eficiência geral da operação.

396

4.6 Medir Qualidade

Determinar a porcentagem de produtos aceitáveis versus produtos defeituosos é essencial para avaliar a qualidade da produção e calcular o OEE. Aqui está uma abordagem detalhada para realizar essa determinação:

4.6.1 Coleta de Dados de Produção

Para calcular a porcentagem de produtos aceitáveis e defeituosos, primeiro é necessário coletar dados precisos sobre a produção, conforme apresentado (TENÓRIO; ROMÃO JÚNIOR; ANTUNES NETO, 2024):

- **Número Total de Produtos Produzidos:** O total de unidades fabricadas durante um período específico.
- **Número de Produtos Aceitáveis:** Produtos que atendem aos padrões de qualidade estabelecidos.
- **Número de Produtos Defeituosos:** Produtos que não atendem aos critérios de qualidade e precisam ser descartados ou retrabalhados.

Depois de calcular essas porcentagens, é importante analisar os resultados:

- ✓ **Identificação de Problemas:** Verifique se a porcentagem de produtos defeituosos está acima dos padrões aceitáveis e identifique possíveis causas, como falhas na máquina, erros de operação, ou problemas com a matéria-prima.

- ✓ **Ações Corretivas:** Se a porcentagem de defeituosos for alta, implemente ações corretivas, como melhorias no processo de produção, ajustes nas máquinas ou treinamento adicional para os operadores.
- ✓ **Monitoramento Contínuo:** Estabeleça um sistema de monitoramento para acompanhar a qualidade da produção continuamente e garantir que as porcentagens de produtos aceitáveis permaneçam dentro dos limites desejados.

A porcentagem de produtos aceitáveis é um componente fundamental para calcular o OEE. No cálculo do OEE, a qualidade é expressa como a proporção de produtos conformes em relação ao total produzido, o que ajuda a avaliar a eficácia global do equipamento em termos de qualidade. Esses passos ajudam a garantir que a produção não apenas atenda aos padrões de eficiência, mas também mantenha altos níveis de qualidade, o que é fundamental para a satisfação do cliente e para a redução de desperdícios e custos.

4.7 Coleta de Dados

Recolher e registrar dados de operação e manutenção regularmente é essencial para assegurar a eficácia das operações e a longevidade dos equipamentos. Para isso, implemente um sistema de coleta de dados que registre informações em tempo real sobre o desempenho dos equipamentos, como tempos de operação, paradas, e produção. Utilize sensores e *softwares* especializados para monitorar a performance das máquinas e registre manualmente ou automaticamente todas as ocorrências de manutenção, incluindo manutenção preventiva, corretiva e ajustes realizados. Garanta que esses dados sejam armazenados de forma organizada em uma base de dados acessível, possibilitando análises periódicas para identificar padrões, avaliar a eficiência dos equipamentos e prever necessidades de manutenção. A manutenção de registros precisos e atualizados facilita a tomada de decisões informadas, promove a melhoria contínua e contribui para a maximização da eficiência operacional e da vida útil dos ativos.

4.7.1 Cálculo do OEE

O cálculo do OEE é realizado através da fórmula que multiplica a Disponibilidade, Performance e Qualidade, fornecendo uma medida abrangente da eficácia geral do equipamento e destacando as áreas para possíveis melhorias na produção.

4.7.1.1 Calcular Disponibilidade

$$\text{Disponibilidade}(\%) = \left(\frac{\text{Tempo de Operação Eficaz}}{\text{Tempo Total Planejado}} \right) \times 100$$

Onde: **Tempo de Produção Real**: o tempo durante o qual o equipamento está realmente em operação, excluindo paradas não planejadas e tempos de *setup*; **Tempo Total Planejado**: o tempo total planejado para a produção, incluindo o tempo de operação e as paradas programadas.

Tem-se, abaixo, a classificação para disponibilidade:

- **Baixa Disponibilidade**: Um equipamento tem uma disponibilidade de 80% devido a frequentes paradas não planejadas para manutenção corretiva.
- **Média Disponibilidade**: Um equipamento tem uma disponibilidade de 85%, o que indica um nível razoável de eficiência operacional, mas ainda com espaço para melhorias.
- **Alta Disponibilidade (Nível Classe Mundial)**: Uma empresa alcança uma disponibilidade de 95% ou mais em seus equipamentos, refletindo práticas de manutenção proativas, eficiência operacional e mínimas interrupções não planejadas.

Os principais erros ao calcular disponibilidade envolvem: 1) não registrar todas as paradas: ao falhar em registrar todas as paradas não planejadas pode levar a uma subestimação da indisponibilidade do equipamento; 2) incluir tempos de *setup*: os tempos de *setup* devem ser excluídos do tempo de produção real ao calcular a disponibilidade, pois representam atividades planejadas e não paradas não programadas; 3) inconsistência nos critérios de contagem: utilizar critérios diferentes

para contabilizar o tempo de produção real e o tempo total planejado pode levar a cálculos imprecisos de disponibilidade.

As fraudes comuns no cálculo da disponibilidade possuem relação com: 1) manipulação dos registros de tempo: alterar os registros de tempo para subestimar o tempo de paradas não planejadas ou inflar o tempo total planejado, resultando em uma disponibilidade aparentemente maior do que a real; 2) ignorar paradas não planejadas: deliberadamente omitir paradas não planejadas dos registros de tempo, apresentando uma imagem falsamente positiva do desempenho do equipamento; 3) falsificar atividades de manutenção: registrar atividades de manutenção corretiva como manutenção planejada para minimizar o impacto na disponibilidade.

4.7.2 Calcular Desempenho

$$\text{Desempenho}(\%) = \left(\frac{\text{Produção Real}}{\text{Produção Ideal}} \right) \times 100$$

Onde: **Desempenho efetivo**: quantidade real de peças que foram produzidas; **Capacidade nominal**: quantidade de peças que um equipamento isento de interferências entrega.

A performance ou desempenho mede a rapidez com que o produto é produzido, se comparado ao nível de agilidade que era esperado. Ao medir esse indicador é possível identificar prejuízos ocasionados por paradas, por baixas velocidades de operação dos equipamentos e por falta de qualificação dos operadores ou mau uso dos ativos. A fração de disponibilidade indica o tempo em que o equipamento efetivamente esteve produzindo. A taxa de qualidade indica a relação de produtos conforme em relação a quantidade total de produtos planejadas. Já a performance é a razão entre o tempo de operação real e o tempo teórico de operação.

4.7.3 Calcular Qualidade

$$\text{Qualidade(\%)} = \left(\frac{\text{Número de Unidades Boas}}{\text{Número Total de Unidades Produzidas}} \right) \times 100$$

Onde: **Total de peças produzidas:** universo total de peças produzidas por aquele equipamento em análise;
Peças defeituosas: peças que não atendem as especificações de engenharia.

400

4.7.4 Calcular OEE

A eficiência global de equipamentos(OEE) é a multiplicação de três métricas de produção (taxa de disponibilidade, taxa de qualidade e taxa de performance) e pode ser calculada através da equação (SANTOS et al., 2019):

$$\text{OEE(\%)} = \text{Disponibilidade(\%)} \times \text{Desempenho(\%)} \times \text{Qualidade(\%)}$$

O índice de OEE varia de 0 a 1 em valores decimais e de 0% a 100% em níveis percentuais e ainda apresenta uma classificação em Três níveis, conforme explicado por Hansen (2006): (1)menor que 65%é considerado um índice insatisfatório, ações de melhorias precisam ser tomadas naquele equipamento ou processo; (2)entre 65% e 75% é considerado uma taxa satisfatória; (3) entre 75% e 85% é considerado que o equipamento/processo tem capacidade de atingir o nível mundial.

A OEE é um método comum utilizado para medir o desempenho de um equipamento com base em três vertentes, que são: disponibilidade, desempenho e qualidade. Sua aplicabilidade fornece a oportunidade de identificar fatores que limitam ou dificultam a melhor forma de operação da máquina. Trata-se de uma medida amplamente utilizada e aceita em diversos setores, sendo altamente empregada, principalmente, em ambientes de manufatura. Assim, apresenta-se como uma alternativa viável na

verificação de desempenho dos equipamentos dispostos no processo, melhorando a confiabilidade do equipamento, o desempenho do operador e minimizando todo o tempo ocioso identificado. Em outras palavras, pode-se notar a possibilidade de apoio a tomada de decisão quanto ao processo produtivo, como decisões acerca da capacidade produtiva, alocação de recursos e tempo e ainda na aquisição de novas máquinas (SANTOS, 2018).

401

4.8 Análise e Identificação de Perdas

A análise e identificação de perdas no OEE são processos fundamentais para otimizar a eficiência operacional, permitindo às empresas detectar e eliminar ineficiências no uso de equipamentos e melhorar a produtividade global.

4.8.1 Analisar Resultados

Para identificar as áreas com baixos índices de OEE e analisar as causas raízes das perdas de disponibilidade, desempenho e qualidade, siga uma abordagem sistemática que envolve coleta de dados, análise detalhada e investigação de causas (ANDREUZZI, 2020):

4.8.2 Identificação das Áreas com Baixos Índices de OEE

Primeiramente, é necessário calcular e monitorar regularmente os índices de OEE para cada máquina, linha de produção ou área. Compare esses índices entre diferentes equipamentos e períodos para identificar quais áreas estão apresentando desempenhos abaixo do esperado. Utilize ferramentas de análise de dados e visualização, como gráficos e *dashboards*, para destacar áreas com baixos índices de OEE e facilitar a comparação (DANIEL; MURBACK, 2014).

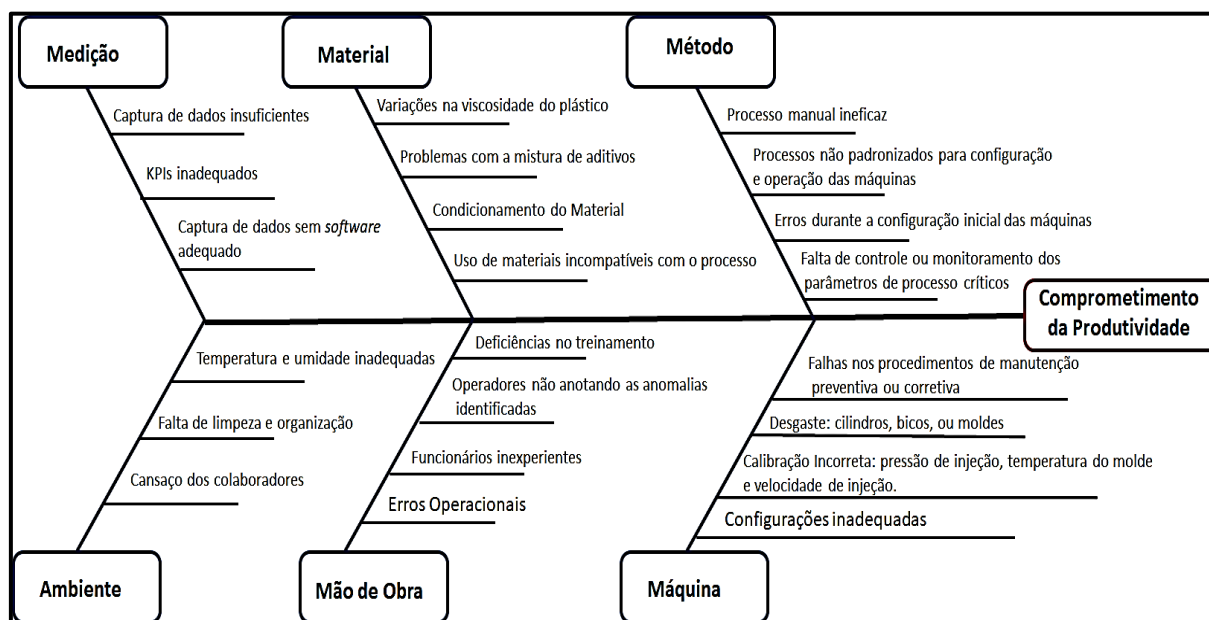
4.8.2 Análise das Causas Raízes das Perdas de Disponibilidade

A disponibilidade representa a proporção do tempo em que os equipamentos estão efetivamente em operação em relação ao tempo planejado. Para analisar as causas das perdas de disponibilidade:

- **Registro de Paradas:** Examine os registros de paradas e inatividade para identificar os tipos e a frequência das interrupções.
- **Causa das Paradas:** Investigue as causas das paradas, como falhas mecânicas, problemas de configuração, ou falta de materiais. Utilize técnicas como análise de Pareto ou diagrama de Ishikawa (espinha de peixe) para categorizar e priorizar as causas mais frequentes ou impactantes.

A **Figura 3** apresenta a configuração do Diagrama de Ishikawa com todas as possibilidades de fatores do ponto de vista da medição, ambiente, material, mão de obra, método e máquina que podem afetar uma máquina injetora de plásticos:

Figura 3. Diagrama de Ishikawa relativo a análise da célula de produção.



Fonte: elaborado pelos autores.

Na **Figura 3**, é possível observar que os principais desafios incluem procedimentos operacionais inadequados, como a falta de padronização, que resulta em variabilidade na produção e engloba problemas como a identificação insuficiente

de moldes e ferramentas, dificuldade na localização de matéria-prima no estoque e desorganização na disposição dos produtos acabados. O planejamento ineficiente se destaca como um fator crítico, evidenciado pela falta de integração entre setores, o que pode levar a paradas inesperadas e baixa sinergia nas operações. *Setups* longos e ineficientes também representam uma preocupação significativa, uma vez que as mudanças frequentes de moldes ou materiais, sem procedimentos otimizados, aumentam o tempo de inatividade e reduzem a produtividade. A estruturação do diagrama de Ishikawa permitiu que uma nova análise fosse desenvolvida, agora pela ferramenta dos “5 Porquês?”, conforme visto na **Figura 4**:

Figura 4. Os 5 Porquês que podem afetar uma máquina injetora de plásticos.

		<h2 style="text-align: center;">Plano de Ação</h2> <h3 style="text-align: center;">5 PORQUÊS</h3>				Prof. SST Responsável: Paulo Ricardo Leodoro Gerente de Área: Douglas Henrique Fagundes Setor: Injeção de Plástico Motivo da Avaliação: Causa raiz	
Problemas e causa	1º Porquê	2º Porquê	3º Porquê	4º Porquê	5º Porquê	Chegou na Raiz do Problema?	Problema Resolvido?
Peças fora das especificações - Máquinas de injeção com configurações inadequadas	Por que as peças estão fora das especificações?	Por que as máquinas estão com configurações inadequadas?	Por que os operadores não estão configurando as máquinas corretamente?	Por que não há um procedimento padronizado de configuração?		NÃO	SIM
Alta variabilidade na qualidade do material - Variações na viscosidade do plástico	Por que há variabilidade na qualidade do material?	Por que o plástico tem variações de viscosidade?	Por que os aditivos não estão sendo misturados adequadamente?	Por que os operadores não têm o treinamento adequado?	Por que o programa de treinamento não abrange esse aspecto?	SIM	NÃO
Queda de eficiência de produção - Falta de padronização nos processos	Por que houve queda na eficiência de produção?	Por que os processos de configuração e operação não são padronizados?	Por que cada operador ajusta as máquinas de maneira diferente?	Por que não há treinamento padronizado?	Por que a política formal de padronização de processos não foi implementada?	SIM	NÃO
Aumento de retrabalho devido a defeitos - Operadores não seguem procedimentos corretos	Por que há aumento de retrabalho devido a defeitos?	Por que os operadores não estão seguindo corretamente os procedimentos?	Por que eles não têm acesso fácil aos procedimentos?	Por que os procedimentos não estão devidamente documentados?	Por que a empresa não implementou um sistema de gestão de documentos?	SIM	SIM
Máquinas falham com frequência - Falta de manutenção preventiva e configuração adequada	Por que as máquinas falham com frequência?	Por que a manutenção preventiva não está sendo realizada adequadamente?	Por que não há um cronograma de manutenção bem definido?	Por que a equipe de manutenção está sobrecarregada com reparos corretivos?	Por que os problemas não são identificados a tempo?	SIM	SIM
Ambiente de trabalho desorganizado e sujo - Ausência de um programa regular de limpeza e 5S	Por que o ambiente de trabalho está desorganizado e sujo?	Por que não há um programa regular de limpeza e organização?	Por que a empresa não implementou um programa de 5S?			NÃO	SIM

Fonte: elaborado pelos autores.

Os 5 Porquês são uma técnica fundamental na análise de problemas que busca identificar a causa raiz de um defeito, e no caso de uma máquina injetora de plásticos, conforme trazido na **Figura 4**, essa abordagem pode revelar diversos problemas potenciais (TASSIA; OLIVEIRA, 2020). Por exemplo, se a máquina está apresentando peças com defeitos de forma, o primeiro "porquê" pode investigar se há um problema com a temperatura do molde. O segundo "porquê" pode questionar se o sistema de controle de temperatura está funcionando corretamente. Se a resposta indicar um problema no controle, o terceiro "porquê" deve examinar se há uma falha no sensor de temperatura ou no software de controle. A quarta pergunta pode investigar se houve uma manutenção inadequada ou uma calibração incorreta do sensor. Finalmente, o quinto "porquê" pode descobrir se a origem do problema está em uma prática de manutenção deficiente ou na falta de treinamento dos operadores, que pode resultar em diagnósticos e correções imprecisos. Assim, os 5 Porquês ajudam a identificar não apenas a causa imediata do problema, mas também as questões subjacentes que podem impactar o desempenho e a qualidade das peças produzidas pela máquina injetora de plásticos.

Outro ponto crítico é a medida e monitoramento, onde falhas na coleta de dados e uma frequência insuficiente de monitoramento do OEE podem levar a medições imprecisas e à falta de percepção de variações críticas no processo. Problemas como a meta hora e ciclos de máquina incorretos, além da falta de acompanhamento e melhorias, contribuem para a baixa produtividade. O ambiente também desempenha um papel importante, com condições inadequadas de temperatura, umidade, iluminação e ruído afetando a qualidade do produto e o desempenho das máquinas.

Quadro 2 ajuda a encontrar soluções para os principais problemas observados no processo de injeção do plástico e que estão relacionados a parâmetros da máquina, matérias primas e molde.

Quadro 2. Defeitos e soluções envolvidos no processo de injeção de plástico

Possíveis soluções		Tabela de Defeitos e Soluções																											
		Temperatura do canhão	Pressão de injeção	Velocidade de injeção	Diâmetro do bico	Volume de injeção	Pressão de recatque	Contrapressão	Resistências elétricas	Tempo de ciclo	Velocidade de dosagem	Limpeza do canhão	Temperatura na zona de alimentação	Válvula de retenção	Descompressão	Quantidade de lubrificante	Índice de fluidez	Umidade	Contaminação	Granulometria	Homogeneização do masterbatch	Ângulo de saída do canal de injeção	Polimento dos canais de injeção ou distribuição	Quantidade de desmoldante	Tempo de resfriamento do molde	Temperatura do molde	Dimensões das entradas e canais	Saídas de ar	Posicionamento da(s) entrada(s)
Defeitos	Defeitos																												
		Adorência no bico ou cavidade	9	6	13	10	8	7									11	12						4	5	3	2	1	
Bolhas de ar	2			9	10		3			5				1		8	4									7	11	6	
Contração muito alta	1	5				6			2							7									3	4	8		
Dofomação (empenamento)	1	4	5			6										7									2	3			
Delaminação	2		3															1											
Efeito arco-íris	1		2	3																							4		
Efeito memória	1		3	4												5										2	6		
Escorrimento pelo bico	1			4				2						3		5	6												
Formação de rabicho			1													2												3	
Injeções incompletas	3	2	5	7	1			8		9						6										4	10		11
Má homogeneidade de cor								4		1	3											2							
Manchas claras	1		3				2	6		4	5						9	8				7							
Manchas escuras (queima)	1	8	9					7				4	5	6				11	10							2		3	
Manchas onduladas (concêntricas)	3	4	5													6										2	1	7	
Marca do castelo e/ou estria no outro lado da peça	1		2																										
Marcas do junção	1	2	4	5												6											3		
Marcas no sentido do fluxo	1	2	9				10	8							12		3	4	5					11		6	7	13	
Quebrando durante a ejeção		2	7		3	4										1										6	5		
Robarbas	3	2			1				5							6										4			
Rechupes	2	1	3	5	6	7			4							8											9	10	
Sem brilho	3	1	4													5										2			

Legenda:
■ Aumentar
■ Diminuir
■ Verificar
■ Fazer testes aumentando ou diminuindo
1 Quanto menor o número, maior a prioridade

Fonte: disponível em: <https://encurtador.com.br/fz6wH>

No que diz respeito às máquinas, a falta de manutenção preventiva, a obsolescência tecnológica e a falta de disponibilidade para manutenções estratégicas

são desafios significativos. Finalmente, na área de materiais, a variabilidade na qualidade do material, o fornecimento irregular e problemas de abastecimento podem comprometer a continuidade da produção. A mão de obra também é um fator determinante, com a falta de treinamento, desmotivação e baixa adesão aos procedimentos impactando negativamente o desempenho geral.

No processo de injeção de plásticos, os principais problemas frequentemente observados estão relacionados a parâmetros da máquina, matérias-primas e ao molde. Defeitos como bolhas, áreas de fragilidade e variações na cor do produto podem ser causados por uma temperatura inadequada do barrel ou do molde, ou por uma pressão de injeção incorreta. A qualidade das matérias-primas também desempenha um papel chave; a presença de umidade ou contaminação no plástico pode levar a problemas como queima ou degradação do material. Além disso, o *design* e o estado do molde são determinantes na produção de peças com precisão; moldes mal projetados ou desgastados podem resultar em dimensões imprecisas e falhas na superfície do produto. Ajustar esses parâmetros e garantir a qualidade dos insumos são essenciais para otimizar a eficiência e a qualidade do processo de injeção.

4.8.2.1 5W2H

A aplicação da ferramenta 5W2H para analisar problemas em uma impressora flexográfica permite uma abordagem estruturada para identificar e resolver questões técnicas que afetam a qualidade da impressão (MOREIRA et al., 2021). Por exemplo, se a impressora está apresentando imagens borradas e cores desiguais, o "What" define o problema como a baixa qualidade de impressão, que compromete a aparência e a consistência do produto final. A investigação do "Why" revela possíveis causas, como desgaste nas peças de impressão, formulação inadequada da tinta ou falhas no controle de temperatura e umidade do ambiente. Identificar o "Where" permite focar na impressora em operação, no armazenamento de tintas ou nas condições ambientais que possam estar influenciando o desempenho da impressão. Ao responder "When", nota-se que o problema ocorre durante períodos específicos

da produção, muitas vezes após longas paradas ou mudanças de materiais, o que sugere a necessidade de um exame detalhado desses momentos críticos.

No contexto do OEE, aplicar o 5W2H ajuda a identificar as causas principais de perdas de disponibilidade, desempenho e qualidade, facilitando a análise de falhas e gargalos. Por exemplo, ao perguntar "O quê" está causando paradas no equipamento e "Por quê" essas paradas estão ocorrendo, é possível descobrir problemas específicos e suas raízes. "Onde" essas questões ocorrem e "Quando" são mais frequentes ajudam a concentrar os esforços de melhoria. "Quem" está envolvido e "Como" o problema pode ser resolvido fornece informações sobre responsabilidades e soluções práticas. Finalmente, "Quanto" o problema impacta a eficiência ajuda a priorizar as ações corretivas.

Utilizando o 5W2H, a empresa pode melhorar a compreensão dos fatores que afetam o OEE e implementar estratégias mais eficazes para aumentar a eficácia geral dos equipamentos. Esta abordagem sistemática melhora a qualidade da impressão, como também otimiza a eficiência operacional, minimizando interrupções e melhorando a produtividade geral da impressora flexográfica. Ao integrar essas ferramentas, o Diagrama de Ishikawa fornece uma visão geral das causas potenciais, enquanto o 5W2H permite uma investigação mais profunda e específica de cada causa, respondendo a perguntas fundamentais que ajudam a esclarecer o contexto, a frequência e o impacto dos problemas. Juntas, essas ferramentas ajudam a desenvolver soluções mais precisas e eficazes para melhorar o OEE e otimizar os processos de produção.

Além do Diagrama de Ishikawa e do método 5W2H, ilustrado na Figura 5, a Análise de Pareto é uma ferramenta essencial para otimizar o OEE. Baseada no princípio de que 80% dos problemas provêm de 20% das causas, ela auxilia na priorização de problemas, identificando os que mais afetam o OEE; na visualização dos dados, evidenciando a frequência e a relevância dos problemas; na tomada de decisões, otimizando a alocação de recursos para as causas mais críticas; e no monitoramento, permitindo avaliar a eficácia das ações corretivas com comparações pré e pós-melhoria.

Figura 5. Argumentos do 5W2H de uma impressora flexográfica.

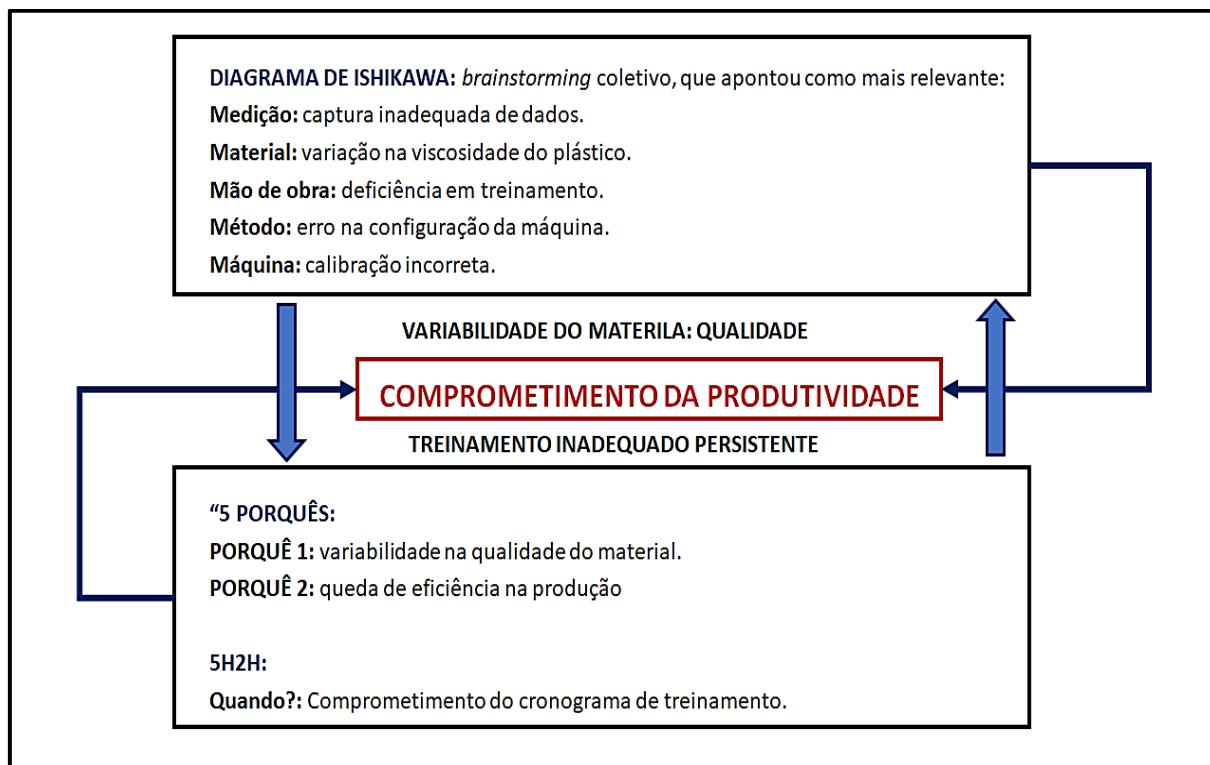
Nº	O Quê? (Ação)	Por quê? (Objetivo)	Onde? (Setor/GHE/Função)	Quem? (Responsável)	Como?	Quando? (Início)	Quando? (Fim)	Quando? (Novo Prazo)	Quando? (Implementado)	Status	Observações
1	Implementar sistema de captura de dados	Aumentar a precisão dos KPIs	Produção	Programação e Controle da Produção (PCP)	Instalação de software adequado para captura e análise de dados	01/03/2024	01/08/2024	01/11/2024	01/03/2025	Concluído	n Cronograma cumprido
2	Revisar e reforçar procedimentos de limpeza e organização	Melhorar as condições de trabalho e reduzir contaminações	Área de Produção	Supervisor de Produção e Segurança do Trabalho	Implementação de um programa 5S e DDS para inspeções periódicas	01/03/2024	01/08/2024	01/11/2024	01/03/2025	Concluído	n Cronograma cumprido
3	Ajustar os processos de mistura e condicionamento do material	Garantir a qualidade e consistência do produto final	Área de Materiais e Produção	Estoquistas, Alimentadores, Operadores e Inspetores	Testes de variação de viscosidade, implementação de controles de mistura e armazenagem	01/05/2024	01/08/2024	01/11/2024	01/03/2025	Concluído	n Cronograma cumprido
4	Padronizar processos de configuração e operação das máquinas	Reduzir variações e erros nos processos	Linha de Produção	Engenheiro de Processos e Operadores	Documentação e treinamento para padronização dos processos	01/05/2024	01/08/2024	01/11/2024	01/03/2025	Em execução	n A não conclusão do processo de treinamento impactou na análise do reconhecimento de erros
5	Revisar as configurações das máquinas	Otimizar o desempenho das máquinas e reduzir defeitos	Área de Manutenção e Produção	Técnico de Manutenção e Preparadores	Revisão e ajuste das configurações de pressão, temperatura, velocidade de injeção, entre outros	01/06/2024	01/08/2024	01/11/2024	01/03/2025	Concluído	n Cronograma cumprido
6	Implementar programa de treinamento para operadores	Reduzir erros operacionais, evitando desperdícios e paradas de produção	Produção	Gerente de Produção	Desenvolvimento de módulos de treinamento e avaliação contínua	01/04/2024	01/08/2024	01/11/2024	01/03/2025	Em execução	n Equipe gestora do treinamento não cumpriu o cronograma acertado, impactando nas análises dos dados

Fonte: elaborado pelos autores.

As empresas frequentemente utilizam um conjunto de indicadores, geralmente de natureza econômico-financeira, para avaliar o mercado e sua posição competitiva. No entanto, frequentemente negligenciam indicadores que refletem a atividade produtiva e as operações, áreas que são fundamentais para determinar a competitividade e os resultados econômicos. Ao considerar todas as análises desenvolvidas nestes estudo, conclui-se que a qualidade do material empregado e a falta de competência técnica para corrigir demandas do processo técnico do equipamento, impactavam a produtividade, conforme apontado na **Figura 6**,

Portanto, uma boa gestão exige a implementação de indicadores que representem o desempenho da produção e das operações em geral. Maximizar a eficiência e a qualidade dos equipamentos deve ser um objetivo constante para os gestores de operações em indústrias, transportes, telecomunicações e em qualquer empresa cuja produção dependa significativamente do bom desempenho dos equipamentos.

Figura 6. Conclusões obtidas considerando as ferramentas a situação problema construída.



Fonte: elaborado pelos autores.

5 DISCUSSÃO

O uso do indicador de desempenho OEE em um setor de injeção de plástico oferece uma visão aprofundada sobre a eficácia operacional e permite a identificação de áreas críticas que necessitam de melhorias. A análise do OEE, que avalia a eficiência de equipamentos com base em disponibilidade, desempenho e qualidade, é fundamental para otimizar processos de produção e aumentar a competitividade (HANSEN, 2006). A implementação de uma estratégia de mapeamento eficaz é fundamental para garantir que o OEE forneça dados relevantes e acionáveis (SOUZA et al., 2016; REIS et al., 2016). Essa estratégia deve incluir a definição clara dos parâmetros de medição, a coleta de dados precisa e a análise contínua dos resultados para identificar gargalos e oportunidades de melhoria.

Neste trabalho onde se levantou hipóteses sobre o funcionamento de máquinas injetoras de plástico, a análise conjunta de todas as ferramentas e indicadores de desempenho permitiram que se partisse do Diagrama de Ishikawa, onde a eficiência operacional do setor era severamente afetada por uma série de problemas e obstáculos que ocorriam em diferentes dimensões do processo produtivo, onde se chegou em um comprometimento do processo produtivo. Após, com a aplicação dos “5 Porquês”, dois aspectos começaram a ficar mais evidentes: 1) a alta variabilidade na qualidade do material, que determinavam variações na viscosidade do plástico; 2) queda de eficiência na produção, por falta de padronização dos processos. A ferramenta 5W2H veio para comprovar os fatos que estavam se elucidando, pois mesmo com o cronograma muito bem pensado em equipe, pois o não encerramento do treinamento a tempo inviabilizou a análise de reconhecimento de erros que impactavam o funcionamento do equipamento.

A sugestão de uma estratégia de mapeamento para o OEE no setor de injeção de plástico deve começar com a identificação das principais variáveis que afetam a operação das máquinas, como tempos de *setup*, paradas não planejadas e defeitos de produção (SOUZA; CORRER, 2019). A utilização de ferramentas de mapeamento, como diagramas de Pareto e análise de causa raiz, pode ajudar a visualizar e entender

as principais fontes de ineficiência (PITON et al., 2016). Também se ressalta o quanto é essencial estabelecer uma rotina de monitoramento e análise regular dos indicadores de OEE para garantir que as melhorias implementadas sejam eficazes e sustentáveis ao longo do tempo. A integração de tecnologias avançadas, como sistemas de monitoramento em tempo real e análise preditiva, pode aprimorar ainda mais a capacidade de resposta e ajuste das operações, resultando em uma produção mais eficiente e alinhada com os objetivos estratégicos da indústria de produção de peças plásticas.

A literatura existente, trazida brevemente neste estudo e apontada em estudo anterior (TENÓRIO; ROMÃO JÚNIOR; ANTUNES NETO, 2024) sugere que a implementação de estratégias de mapeamento e a análise contínua do OEE podem levar a significativas melhorias na eficiência operacional, mas também destaca a necessidade de uma abordagem holística que considere a interação entre diferentes variáveis e o impacto das mudanças implementadas. As organizações devem estar preparadas para ajustar suas estratégias com base nas novas informações e *feedbacks* obtidos através da análise do OEE, garantindo uma abordagem dinâmica e adaptativa que atenda às necessidades específicas do setor de injeção de plástico. Portanto, uma estratégia de mapeamento bem elaborada e a aplicação eficaz do OEE podem resultar em uma otimização substancial dos processos produtivos, melhorando a qualidade do produto e aumentando a competitividade no mercado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do Indicador de Desempenho OEE no setor de injeção de plástico de uma indústria do segmento desta produção oferece uma visão abrangente e precisa da eficiência operacional, permitindo identificar e abordar áreas de melhoria com maior eficácia. A aplicação deste indicador, aliada a uma estratégia de mapeamento robusta, possibilita uma análise detalhada das perdas de produção e das oportunidades de otimização. Ao implementar práticas sistemáticas de monitoramento e análise baseadas no OEE, a indústria pode melhorar significativamente a

produtividade, reduzir o tempo de inatividade e garantir a qualidade dos produtos finais. A sugestão de estratégias de mapeamento contribui para uma compreensão mais profunda dos processos, facilitando a identificação de gargalos e a implementação de soluções direcionadas. Desta forma, o OEE não apenas promove a eficiência operacional, mas também apoia uma cultura de melhoria contínua, essencial para a competitividade e sucesso a longo prazo no mercado.

413

REFERÊNCIAS

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico. **Perfil 2020 Indústria Brasileira de Transformação e Reciclagem de Material**. Disponível em: <https://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil-2020/>. Acesso em: 30 ago 2024.

ANDREUZZI, R. P. **Avaliação da eficiência do setor de embalagem através de métricas do lean manufacturing**. 2020. 50 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) –Universidade de Caxias do Sul, Curso de Engenharia de Produção. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, 2020.

BADAWY, M. et al. A survey on exploring key performance indicators. **Future Computing and Informatics Journal**, v. 1, n. 1-2, p. 47–52, 2016.

BARIANI, L. **Utilização da tecnologia de informação por grupos integrados de manufatura para o controle de indicadores de produção enxuta: um estudo de caso**. 2006. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Universidade de Taubaté. Taubaté, São Paulo, 2006.

BRANDÃO, H. P.; BORGES-ANDRADE, J. E.; GUIMARÃES, T. A. Desempenho organizacional e suas relações com competências gerenciais, suporte organizacional e treinamento. **Revista de Administração**, v. 47, n. 4, p. 523-539, 2012.

BUENO, S. R. **Aumento da eficiência global dos equipamentos (OEE) de uma linha de envase de maquiagem de uma indústria de cosméticos**. 2020. 84 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia de Bacharel em Engenharia Química) –Universidade Federal de São Paulo, Departamento de Engenharia Química. Diadema, São Paulo. 2020.

BUSSO, C. M.; MIYAKE, D. I. Análise da aplicação de indicadores alternativos ao *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica. **Produção**, v. 23, n. 2, p. 205–225, 2013.

DANIEL, E. A.; MURBACK, F. G. R. Levantamento bibliográfico do uso de ferramentas de qualidade. **Revista Gestão & Conhecimento**, v. 8, p. 1-43, 2014.

FERRAROLI, F. Os plásticos de engenharia no contexto do mercado de termoplásticos: um desafio para vencer. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 1, p. 4-12, 2003.

GOUVEIA, V. R. **Análise da contribuição dos índices da metodologia Overall Equipment Effectiveness (OEE) no processo de injeção em uma indústria de termoplástico**. 2022. 67 p. Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia -Departamento de Engenharia de Produção. João Pessoa, Paraíba, 2022.

GOMES, I. S. et al. Chave de desempenho logístico aplicado à cadeia de suprimentos verde: um estudo de caso. **ID - Revista de Psicologia**, v. 12, n. 41, p. 244–265, 2018.

GONÇALVES, R. S. et al. Proposta de implantação de ferramentas da qualidade no processo produtivo de uma empresa alimentícia. **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, João Pessoa, PB, 2016.

HANSEN, R. C. **Eficiência Global dos Equipamentos**: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. Porto Alegre: Bookman, 2006.

LIMA, V. A. A. S. .R. **Plataforma para Gestão do OEE (Overall Equipment Effectiveness)**. 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) - FEUP; Portugal, 2014.

LUIZ, A. M. A. P. et al. Estudo de caso: avaliação da importância dos indicadores de desempenho, da comunicação e das ferramentas da qualidade em uma empresa biotecnológica. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 14, n. 2, p. 127-141, 2016.

MAGALHÃES, P. I. G. **A validação de processos como garantia de conformidade dos produtos na indústria de dispositivos médicos**. 2010. 82 p. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

MARRA, A. S. et al. Aplicação da ferramenta OEE: estudo de caso em uma indústria láctea do sudoeste Goiano. **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Alagoas, 2016.

MARÇAL, C. A. M. **A avaliação do desempenho empresarial**: o passo seguinte à implementação do sistema de gestão. 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Empresarial) – Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro. São Paulo: FGV, 2008.

MARTINS, M. A. Avaliação de desempenho empresarial como ferramenta para agregar o valor ao negócio. **ConTexto**, v. 6, n. 10, p. 1-27, 2006.

MEDEIROS, M. M.; MAÇADA, A. C. G.; HOPPEN, N. O papel da administração e análise de *big data* como habilitadoras da gestão do desempenho corporativo. **Revista de Administração Mackenzie**, Revista de administração Mackenzie, v. 22, n. 6, p. 1-32, 2021.

MEIER, H. et al. Key performance indicators for assessing the planning and delivery of industrial services. **Procedia Cirp**, v. 11, p. 99-104, 2013.

MELLO, M. F. et al. A importância da utilização de ferramentas da qualidade como suporte para a melhoria de processo em indústria metal mecânica - um estudo de caso. **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**; João Pessoa, 2016.

MOTTA, M. C. A. L.; ALMEIDA, J. S. Importância dos indicadores de desempenho nas pequenas empresas. In: **IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção – IX ConBRepro**, 9., 2019 Ponta Grossa, PR. Anais [...]. Ponta Grossa, PR: Aprepro, 2019.

NASCIMENTO, M. A. **Redução de perdas no processo de termoformagem de uma fábrica de embalagens plásticas**: estudo de caso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Departamento Acadêmico de Mecânica. Curitiba, Paraná, 2017, 58 f.

NEGRO, J. C.; PRADO, R; M.; ANTUNES NETO, J. M. F. A ferramenta OEE como auxílio para melhorias em uma indústria de autopeças: estudo de caso. **Prospectus** v. 2, n. 2, P. 21-50, 2020.

NUTINI, M. A. **Transformando o sistema de indicadores**: avaliação do desempenho global sob a ótica do MEG. São Paulo: FNQ, 2015.

PADOVEZE, C. L. **Planejamento orçamentário**. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2016.

PEDROSA, C. S. **Otimização de Métodos de Monitorização do Processo de Injeção na Indústria de Plásticos**. 2022. 88 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade de Coimbra, Portugal, 2022.

PERAL, J.; MATÉ, A.; MARCO, M. Application of data mining techniques to identify relevant key performance indicators. **Computer Standards & Interfaces**, v. 54, p. 76-85, 2017.

PITON, C. et al. Análise da capacidade produtiva dos equipamentos através do indicador OEE em um setor de salgadinho de uma indústria alimentícia. **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**; João Pessoa, 2016.

RAMOS, J. S. et al. Avaliação do alto índice de refugo da máquina injetora plástica nº 7: estudo de caso em uma organização do ramo de artefatos plásticos. **Inova+ Cadernos de Graduação**, v. 1, n. 2, p. 470-493, 2020.

REIS, M. F. et al. Implementação da ferramenta OEE (Eficiência global dos equipamentos) para melhoria de uma linha de envase na indústria farmacêutica. **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**; João Pessoa, 2016.

SANCHETA, L. N.; FERONI, R. C. Aplicação integrada da OEE com ferramentas da qualidade a uma frota de equipamentos de movimentação de resíduos industriais. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 7, n. 5, p. 216-229, 2021.

SANTOS, A. C. S. G. et al. Indicador OEE e ferramentas da qualidade: uma aplicação integrada no processo de destilação de uma indústria de biotecnologia. **Exacta**, v. 17, n. 2, p. 165-184, 2019

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Oficina de indicadores e metas**: manual do facilitador. São Paulo: SEBRAE, 2015.

SILVA, F. A. et al. A importância dos indicadores de desempenho logístico no alcance das metas organizacionais. **Revista Multidisciplinar do Amapá**, v. 1, n. 1, p. 1-19, 2018.

SOUZA, M. et al. Aplicação do indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness) em uma indústria fornecedora de cabos umbilicais. **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**; João Pessoa, 2016.

SOUSA, J. M.; CORRER, I. Benefícios da implantação do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) em uma linha de produção de uma empresa metalúrgica. **IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa, Paraná, 2019.

TÁSSIA, A.; OLIVEIRA, L. B. Aplicação de ferramentas da qualidade para análise e solução de não conformidades em uma indústria de alumínio. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 5, n. 4, p. 48-58, 2020.

TEIXEIRA, M.; CIRINO, C.; LINO, D. **A indústria de transformados plásticos**. Coleção Estudos Setoriais, v. 2. São Paulo: Sindicato dos Químicos de São Paulo, 2017. 108 p.

TENÓRIO, R. S.; ROMÃO JÚNIOR, J. M.; ANTUNES NETO, J. M. F. Eficácia da utilização do OEE como indicador de gestão da qualidade no impacto do tempo de setup: revisão integrativa. **Prospectus**, v. 6, n. 1, p. 616-641, 2024.

WEIDLICH, G. H. **Melhoria no processo de uma linha de produtos plásticos**. 2001. 25 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Engenharia Mecânica. Porto Alegre, RS, 2001.

Os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.