

REDUÇÃO DO TEMPO DE *SETUP* EM IMPRESSORA DE PAPELÃO ONDULADO: ANÁLISE BASEADA EM EXPERIÊNCIA

REDUCING SETUP TIME ON A CORRUGATED PRINTER: EXPERIENCE-BASED ANALYSIS

698

Alex B. Siqueira¹, André Luiz Farias¹, Joaquim M. F. Antunes Neto², José Marcos Romão Júnior³, Rodrigo Lanzoni Fracarolli⁴

1- Formandos do CST em Gestão da Produção Industrial, FATEC de Itapira “Ogari de Castro Pacheco”; 2- Doutor em Biologia Funcional e Molecular, IB, UNICAMP, Campinas, SP. MBA em Gestão de Estratégia Empresarial e Especialista em Tecnologias para a Indústria 4.0. Docente na FATEC de Itapira; 3- Especialista em Controladoria e Finanças (INPG –Brasil), docente e coordenador do CST em Gestão da Produção Industrial da FATEC Itapira; 4- Mestre em Engenharia Urbana e Bacharel em Engenharia de Produção, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Docente e orientador da FATEC Itapira.

Contato: rodrigo.fracarolli@fatec.sp.gov.br

RESUMO

O estudo aborda a redução do tempo de *setup* em uma impressora de papelão ondulado, um tema de relevância para melhorar a eficiência operacional e reduzir custos na indústria de embalagens. Tradicionalmente, o tempo de *setup* em máquinas desse tipo pode ser significativo, envolvendo ajustes complexos e demorados para troca de formatos de produção. Buscou-se detalhar um caso específico onde foram implementadas técnicas e estratégias para diminuir esse tempo em uma empresa do setor de embalagens. Houve uma análise meticulosa dos procedimentos de *setup* existentes, identificação de gargalos e pontos de melhoria, além da aplicação de metodologias como o SMED (*Single-Minute Exchange of Die*) e outras abordagens de *lean manufacturing*. Os resultados destacaram não apenas a redução do tempo total de *setup*, mas também benefícios tangíveis como aumento da capacidade de produção, flexibilidade operacional e redução de desperdícios. Além disso, o estudo enfatizou a importância da colaboração entre diferentes áreas da empresa, como produção, manutenção e engenharia, para alcançar esses objetivos de melhoria contínua.

Palavras-chave: *Setup*. Papelão ondulado. Impressora flexográfica. Melhoria de qualidade. SMED.

ABSTRACT

The study addresses the reduction of setup time in a corrugated press, a topic of relevance to improve operational efficiency and reduce costs in the packaging industry. Traditionally, the setup time on machines of this type can be significant, involving complex and time-consuming adjustments to change production formats. We sought to detail a specific case where techniques and strategies were implemented to reduce this time in a company in the packaging sector. There was a meticulous analysis of existing setup procedures, identification of bottlenecks and points of improvement, as well as the application of methodologies such as

SMED (Single-Minute Exchange of Die) and other lean manufacturing approaches. The results highlighted not only the reduction of total setup time, but also tangible benefits such as increased production capacity, operational flexibility and reduced waste. Additionally, the study emphasized the importance of collaboration between different areas of the company, such as production, maintenance, and engineering, to achieve these continuous improvement goals.

Keywords: Setup. Corrugated cardboard. Flexographic printer. Quality improvement. SMED.

INTRODUÇÃO

Em 2023, a indústria de embalagens no Brasil registrou um crescimento de 2,6% em comparação com o ano anterior, totalizando 2.22 milhões de toneladas produzidas. No mesmo período, a produção de papelão ondulado também teve um aumento moderado de 2,3%, atingindo um volume de 4.026.317 toneladas. Apesar de ter ficado abaixo das expectativas para o ano, o aumento no comércio de eletrônicos e nas exportações impulsionou a demanda por embalagens de papelão, resultando em um crescimento positivo em 2023, com um faturamento estimado em cerca de R\$100 bilhões (ABRE, 2023).

No contexto do setor de embalagens, em que a tecnologia desempenha um papel fundamental, a eficiência na produção é uma prioridade constante. No entanto, um dos desafios significativos enfrentados por esse setor é a necessidade de lidar com múltiplos tipos de produtos em um mesmo ambiente de produção, o que resulta em frequentes ajustes e configurações nas máquinas. Diante desse cenário, a gestão eficaz dos recursos produtivos, especialmente a redução do tempo de *setup*, torna-se vital para otimizar os custos de fabricação e impulsionar a produtividade (GONÇALVES; ARAÚJO; MARTINS, 2024).

Atualmente, as empresas estão cada vez mais focadas em estratégias que as tornem competitivas no mercado. Além de oferecer produtos de alta qualidade que atendam às necessidades dos clientes, elas também estão buscando constantemente processos e ferramentas que aumentem a produtividade e reduzam os custos operacionais e desperdícios. A demanda por produção *just-in-time* ressalta a importância fundamental da capacidade de uma empresa em realizar transições rápidas entre diferentes produtos. Uma abordagem eficaz para alcançar isso é através da redução do tempo de *setup* das máquinas, focando na eliminação de ajustes

necessários entre a produção da última peça boa do lote anterior e a primeira peça boa do próximo lote (MENEZES; SANTIAGO, 2023).

A busca por melhores resultados impulsionou o desenvolvimento de metodologias e técnicas aplicadas nos ambientes produtivos, com o objetivo principal de reduzir custos, aumentar a eficiência, melhorar a produtividade, eliminar desperdícios e garantir a satisfação de toda a cadeia, desde a produção até o consumidor final. Esses esforços visam evitar que elementos do processo produtivo aumentem os custos sem agregar valor. Para aprimorar o desempenho, as estratégias baseadas no conceito *Lean* foram amplamente adotadas ao longo das décadas, derivadas do Sistema Toyota de Produção (AMARAL, 2023).

A essência do pensamento enxuto se baseia em cinco princípios fundamentais: 1- especificar valor; 2- alinhar as atividades que criam valor na melhor sequência possível (fluxo de valor); 3- realizar essas atividades sem interrupção sempre que solicitadas; 4- melhorar continuamente a eficiência das operações (produção puxada) e; 5- buscar a perfeição. Os princípios fundamentais do *Lean manufacturing* incluem certos requisitos essenciais (GARCIA; WUSNIESKI; FELTRIN, 2024):

- a busca pela qualidade total imediata, que visa alcançar o "zero defeito" e resolver problemas em sua origem;
- minimização do desperdício, eliminando atividades sem valor agregado e otimizando o uso de recursos escassos como capital, pessoas e espaço;
- a prática da melhoria contínua, que envolve a redução de custos, aumento da qualidade, incremento da produtividade e compartilhamento de informações;
- a adoção de processos *pull*, nos quais os produtos são demandados pelo cliente final, evitando o empurramento excessivo na cadeia de produção;
- flexibilidade na produção rápida de diferentes lotes de uma ampla gama de produtos, sem comprometer a eficiência, mesmo em volumes menores de produção;
- estabelecimento e manutenção de relações de longo prazo com fornecedores, incluindo acordos para compartilhar riscos, custos e informações.

A motivação principal deste estudo foi examinar e diminuir o tempo médio de *setup* em uma impressora flexográfica considerando os princípios da manufatura enxuta, por meio da implementação de um projeto estratégico. Essa iniciativa visa não apenas aumentar a capacidade de produção, mas também contribuir de maneira significativa para os resultados globais da empresa no mercado de embalagens.

As indústrias de embalagens de papelão ondulado desempenham um papel fundamental na cadeia de suprimentos, assegurando a proteção e o transporte seguro em acomodar diversos produtos em diversos setores de atuação (SOUSA, 2022). No cenário atual competitivo, a eficiência das operações e a agilidade na produção tornaram-se cruciais para as empresas que buscam se destacar no mercado. Desta forma, a redução do tempo médio de *setup* e o aumento da eficiência na capacidade de produção das impressoras flexográficas para a fabricação das caixas se torna um grande desafio.

O tempo de *setup*, definido como o período necessário para regular e preparar uma máquina para a produção de um novo item, tem um impacto significativo na eficiência da operação e na rentabilidade das organizações. Reduzir o tempo de *setup* pode resultar em maior produtividade, redução de custos e aumento da capacidade de produção sobre às demandas do mercado. Além disso, melhorar a eficiência na capacidade de produção, permite às empresas atenderem melhor às necessidades dos clientes, proporcionando um lead time mais ágil em prazos mais curtos, mantendo a mesma qualidade (GONÇALVES; ARAUJO; MARTINS, 2024).

O *Single Minute Exchange of Die* (SMED) ou Troca Rápida de Ferramentas (TRF) é uma abordagem do *Lean manufacturing* que focaliza a identificação e otimização das atividades de *setup*, abrangendo desde a troca de ferramentas até ajustes e correções no processo de fabricação (FRASCARELI; RODRIGUES, 2013). Esses tempos são considerados desperdício, pois não agregam valor, apenas aumentam custos e tempo de produção. Pinto (2014) enfatiza que as estratégias de redução de *setup* baseiam-se em trabalho colaborativo, planejamento meticuloso e uma abordagem sistemática para diminuir esses tempos e as atividades associadas, visando maximizar a eficiência dos recursos e aumentar a flexibilidade dos processos.

Ele destaca ainda que a redução dos tempos de *setup* resulta diretamente em menor custo e possibilita a fabricação de lotes menores.

Este estudo tem como objetivo investigar estratégias para aprimorar o desempenho da linha de impressão flexográfica em uma empresa do ramo de embalagens de papelão ondulado, por meio de um estudo de caso. Foram exploradas diversas técnicas e práticas para reduzir o tempo de *setup*, bem como a padronização de procedimentos, a utilização de dispositivos de troca de ferramentas e a implementação de programas de capacitação para os operadores. A abordagem SMED ganha destaque para a resolução do problema em estudo.

702

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de revisão bibliográfica narrativa, que visa explorar processos metodológicos que possibilitem a redução de *setup* de empresas de embalagem que se utilizam da impressão flexográfica. Esta abordagem permite uma compreensão ampla e detalhada das principais descobertas, teorias e aplicações práticas relacionadas ao tema, utilizando uma variedade de fontes acadêmicas e científicas para sustentar os argumentos apresentados. Também há uma análise baseada em experiência, que se fundamenta no conhecimento e nas vivências práticas dos autores para compreender, resolver problemas e melhorar processos relativos ao tema deste estudo. Diferente de métodos que se baseiam exclusivamente em teorias ou modelos abstratos, a análise baseada em experiência valoriza a aplicação direta e prática de conhecimentos obtidos em situações reais.

A estratégia de busca de literatura envolveu a utilização das bases de dados acadêmicas disponibilizadas no Portal de Periódicos da CAPES, utilizando palavras-chave relevantes e suas diferentes combinações: “*setup*”, “papelão ondulado”, “impressora flexográfica”, “melhoria de qualidade” e “SMED”. A seleção de estudos incluiu a análise de artigos que explorassem diretamente a aplicação das metodologias de análise de cenários na perspectiva do *setup* de impressora

flexográfica, para que no final houvesse a proposição de implementação da metodologia SMED, garantindo assim a qualidade e a relevância dos dados obtidos.

Cada fonte selecionada foi submetida a uma leitura detalhada, permitindo a extração de informações essenciais, como conceitos-chave, metodologias utilizadas e principais descobertas. Essa abordagem facilitou a síntese dos resultados, identificando padrões emergentes na literatura e lacunas de conhecimento que merecem atenção adicional.

703

RESULTADOS

Nos resultados são apresentados os principais achados derivados da análise detalhada das melhorias implementadas no processo de *setup* das máquinas de produção de papelão ondulado, com foco na impressora flexográfica. Este segmento destaca os impactos quantitativos e qualitativos das medidas adotadas, fornecendo uma visão clara sobre como as mudanças influenciaram positivamente a eficiência operacional, a redução de custos e a capacidade de resposta às demandas do mercado. Além disso, são discutidas as lições aprendidas ao longo do processo de implementação, oferecendo achados valiosos para futuras iniciativas de melhoria contínua dentro da organização.

Passo 1: Definição da Metodologia do Processo

O SMED foi inicialmente desenvolvido por Taiichi Ohno e, posteriormente, padronizado e consolidado metodologicamente por Shigeo Shingo. Essa técnica é utilizada na indústria para reduzir o tempo de *setup*, que envolve a preparação de máquinas, equipamentos e linhas de produção. A redução é alcançada por meio da otimização do processo de reconfiguração das ferramentas e dispositivos de fixação de materiais (SHINGO, 2008). No contexto do estudo em questão, isso implica realizar a troca do ferramental do grupo impressor, como bandejas de contenção, caçapas de tintas, câmaras de tinta e calhas, de modo a preparar a linha de produção ou a máquina para iniciar o próximo lote com qualidade e dentro de um tempo inferior a nove minutos e cinquenta e nove segundos.

Com a aplicação contínua dessa técnica, o tempo necessário para a atividade tende a diminuir gradativamente, devido às sugestões dos operadores ou grupos de trabalho. As fases de melhoria envolvem a classificação e separação das atividades de *setup* em internas e externas, a conversão do maior número possível de atividades internas em externas e, por fim, a racionalização de todas as operações de *setup* (COSTA et al., 2017). Quanto a divisão de *setups* em internos e externos, Pires (2017) estabelecem: *setup* interno seriam as operações relacionadas com as trocas de ferramentas que implicam a paragem da máquina. Por exemplo, retirar a matriz da máquina e instalação de nova matriz no rolo; *setup* externo seriam todas as operações que podem ser realizadas enquanto a máquina se encontra em funcionamento. Por exemplo, transporte das matrizes do armazém para junto da máquina, preparar os parafusos necessários para a troca da matriz, entre outros.

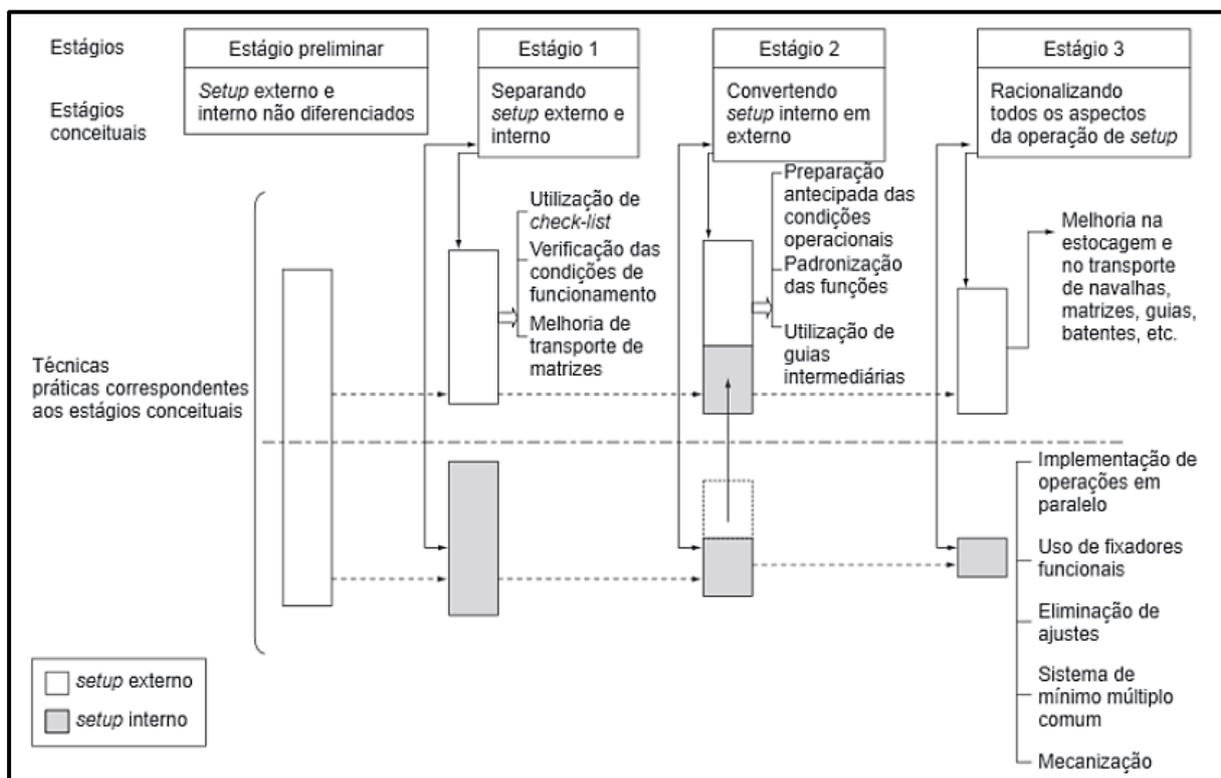
O SMED é uma metodologia desenvolvida para reduzir o tempo necessário para realizar as trocas de ferramentas em processos industriais. A implementação do SMED envolve um processo estruturado para identificar e eliminar atividades que não agregam valor durante a troca de ferramentas, resultando em redução significativa do tempo de *setup*. A implementação do SMED não é apenas sobre reduzir o tempo de *setup*, mas também sobre melhorar a flexibilidade operacional, aumentar a capacidade de resposta do processo produtivo e, em última análise, aumentar a eficiência geral da produção na empresa (MENEZES; SANTIAGO, 2023).

Branco e Silva (2019) explicam que o SMED é uma ferramenta que define todo o processo de troca de produto/material (*setup*), e serve para identificar atividades que comprometem o sistema. São estas as suas etapas: 1) Reúna pessoas que tem conhecimento dos processos envolvidos; 2) Faça o vídeo (filmagem) da atividade; 3) Descreva todas as atividades; 4) Verifique o deslocamento de cada pessoa envolvida; 5) Identifique quais atividades tem valor agregado e quais não tem; 6) Identifique quais atividades são efetuadas antes/durante e depois do período de *setup*; 7) Identifique as atividades críticas; 8) Estabeleça padrões.

A redução de *setup* é conseguida através da otimização do processo de reconfiguração das ferramentas e dispositivos de fixação de materiais. À medida que

se pratica esta técnica o tempo desta atividade tende a se reduzir gradativamente com sugestões dos operadores ou grupos de trabalhos. Pode-se identificar as fases de melhoria que se iniciam com a classificação e a separação das atividades de *setup* em internas e externas, converte-se a maior quantidade possível de atividades internas em externas e, finalmente, racionaliza-se todas as operações de *setup* (BRANCO, SILVA, 2019). Abaixo, tem-se a **Figura 1**, que esquematiza as fases do SMED, que será detalhada na Etapa 8 (Elaboração do SMED):

Figura 1. Etapas do SMED.



Fonte: adaptado de Shingo (2008).

Os resultados da aplicação dos conceitos da metodologia SMED mostram a redução de desperdício de tempo, os ganhos de produtividade na fabricação e os benefícios obtidos com o comprometimento dos funcionários.

Passo 2: Diagrama de Fluxo de Processo

Giffhorn e Guerra (2019) explicam que uma vez que a arte está definida, o processo de produção de embalagens flexíveis começa com o envio para uma impressora flexográfica. Em certos casos, a embalagem requer passar pelo processo de laminação, adicionando uma camada extra que atua como barreira. A etapa final inclui o corte das bobinas resultantes dos passos anteriores, onde o produto é cortado e embalado conforme as especificações do cliente.

A flexografia, um tipo de impressão conhecido como carimbo, inicia-se no departamento de artes, onde a mídia do cliente passa por tratamento de imagem para se adequar ao sistema de gravação necessário para a produção. Cada método de impressão demanda uma análise minuciosa da arte do cliente para determinar a quantidade de linhas (resolução da imagem), o que influencia na seleção do tipo de chapa a ser gravada (clicheria), seja digital ou analógica, cada uma com características de impressão específicas. Após a definição dos parâmetros da clicheria, as chapas são montadas nos cilindros, utilizando-se borrachas conhecidas como fitas dupla face para fixar os clichês. A elasticidade dessas fitas varia de acordo com a cor a ser impressa (GIFFHORN; GUERRA, 2019).

Devido à ampla variedade de artes de embalagens possíveis, existe uma necessidade significativa de *setup* para a transição entre os produtos finais a serem fabricados, o que pode afetar prazos e a rentabilidade operacional (BRANDI; GIACAGLIA, 2012). Diante desse desafio, é necessário implementar processos de coleta de dados da capacidade produtiva e adotar procedimentos contínuos para melhorar a produção, concentrando-se na redução dos tempos médios de *setup* das máquinas flexográficas.

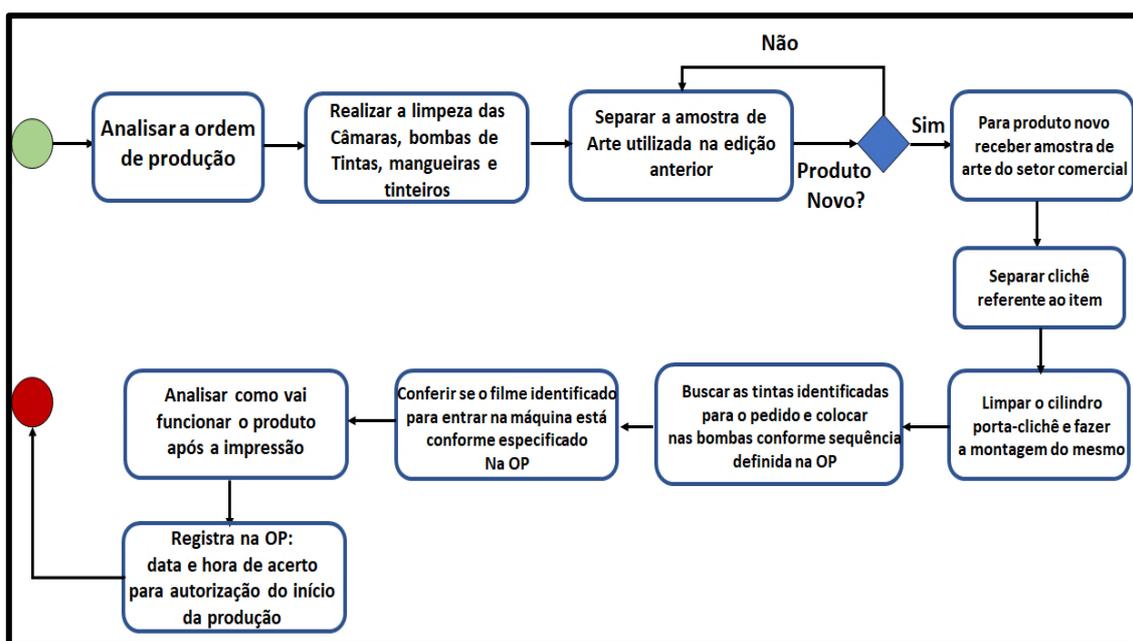
O **Diagrama de Fluxo de Processo**, ou fluxograma, é uma representação gráfica que ilustra um fluxo de trabalho, processo ou sistema. Geralmente, representa a ordem das etapas ou tarefas envolvidas, muitas vezes usando linhas ou setas para direcionar o fluxo de informações. Um bom exemplo fluxograma pode melhorar o processo de tomada de decisões. Além de permitir a visualização de processos e ajudar a organizar o fluxo de informações (OLIVEIRA, 2022). A dinâmica de sistemas é uma metodologia empregada para compreender e modelar problemas complexos

nos quais os mecanismos de realimentação, ou feedback, desempenham um papel fundamental no funcionamento do sistema. O foco da modelagem de um sistema dinâmico reside nas relações de causa e efeito entre suas variáveis ou elementos. As retroalimentações constituem a base dos modelos de sistemas dinâmicos (CHWIF; MEDINA, 2014).

A técnica de desenvolvimento de um modelo, sob a perspectiva da Dinâmica de Sistemas, utiliza a evolução histórica das variáveis declaradas como independentes, além da aplicação de métodos estatísticos para determinar os parâmetros do conjunto de equações que interligam estas variáveis independentes. Dessa forma, busca-se estabelecer o comportamento do sistema, sem considerar detalhes específicos do seu funcionamento interno. O objetivo desta abordagem é compreender as causas. Um dos usos mais populares para a criação desse tipo de diagrama é o auxílio no processo de escolha. Mesmo quando o assunto do fluxograma é o próprio fluxograma, como neste exemplo, a estrutura básica é simples e clara.

A **Figura 2** apresenta o Diagrama de Fluxo e Processo para a utilização da impressora flexográfica.

Figura 1. Diagrama de fluxo de processos de funcionamento da impressora flexográfica.



Fonte: elaborado pelos autores.

A **Figura 2** mostra que o processo se inicia com a limpeza das câmaras, bombas de tintas, mangueiras e tinteiros, para garantir que não haja falhas e imprecisões no processo de impressão. De fato, o processo inicia-se com a definição da arte final da embalagem, que é preparada no departamento de artes. Em seguida, o arquivo de arte é convertido e adaptado para o processo de impressão flexográfica, onde são determinados parâmetros como resolução de imagem e tipo de chapa a ser utilizada. Quando é uma arte destinada para um novo produto, verifica-se com muita atenção as especificações determinadas tanto pelo setor comercial e aquelas desenvolvidas pelo setor de arte.

No caso de arte que vinha sendo utilizada na sessão anterior, separa-se a arte e verifica os procedimentos de continuidade. Após essa preparação, as chapas são montadas nos cilindros da impressora, utilizando fitas dupla face para fixação dos clichês. A embalagem é então alimentada na impressora flexográfica, onde passa pelo processo de impressão. Dependendo das especificações do cliente e do produto, pode ser necessário um processo adicional de laminação para adicionar camadas protetoras. Por fim, as bobinas impressas são cortadas conforme as dimensões desejadas e embaladas de acordo com as instruções do cliente. Este fluxo contínuo de operações é monitorado para otimização dos tempos de *setup* e eficiência da produção, visando garantir qualidade e cumprimento dos prazos estabelecidos.

Passo 3: Identificação dos Tipos de *Setup* da Impressora Flexográfica

O projeto de redução de *setup* da impressora flexográfica começa com a identificação dos tipos de *setup* necessários (GIFFHORN; GUERRA, 2019). Para determinar os principais causadores de paradas devido ao *setup*, pode ser utilizado dados coletados pelo *software* SYSPROD. Essa análise permite a classificação dos diferentes tipos de *setup* realizados pela máquina. Com base nisso, consegue-se estabelecer uma categorização dos tipos de *setup* em três famílias distintas:

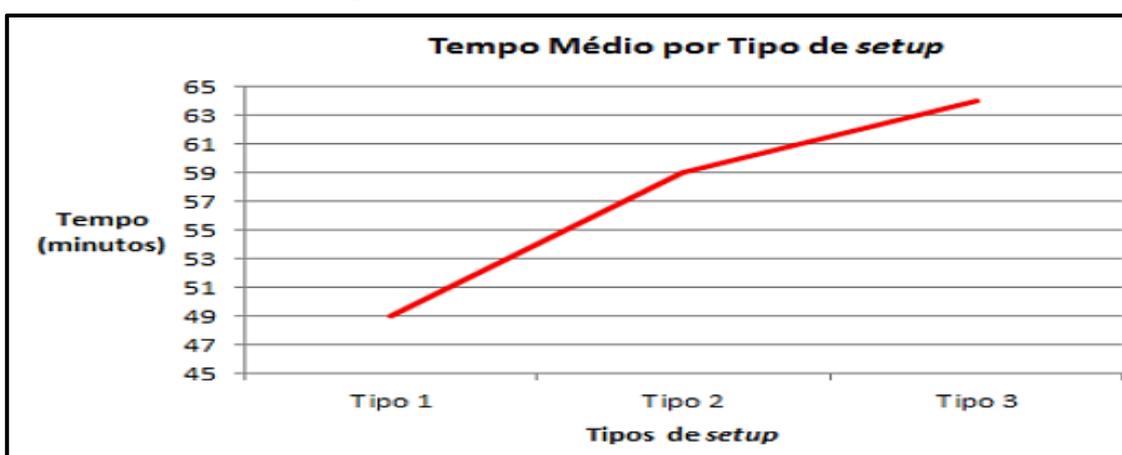
- **Setup tipo 1 (troca de clichê):** envolve a substituição do clichê, um polímero gravado no setor de clicheria da planta, responsável pela imagem impressa na

embalagem flexível. Este *setup* é caracterizado por ser rápido e de execução simples, raramente apresentando problemas ou falhas significativas.

- **Setup tipo 2 (troca de clichê + tinteiros):** além da troca do clichê, este tipo de *setup* também inclui a substituição dos tinteiros, recipientes que armazenam diversas cores de tintas utilizadas no processo de impressão. Na máquina em análise, são utilizadas dez cores diferentes de tintas.
- **Setup tipo 3 (troca de clichê + tinteiros + anilox):** além da troca do clichê e dos tinteiros, este *setup* também envolve a substituição do anilox. O anilox é crucial para distribuir a tinta de maneira uniforme no clichê durante o processo de impressão, garantindo alta qualidade na impressão do substrato.

Essa categorização facilita a gestão e a análise dos tempos de *setup*, sendo essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de redução de tempo e aumento da eficiência operacional da impressora flexográfica (GIFFHORN; GUERRA, 2019). Neste estudo, o *setup* tipo 1 possuía um tempo médio de 49 minutos. Com relação ao *setup* tipo 3, nota-se que se trata de uma troca de serviço mais demorada, possuindo um tempo médio de 64 minutos, conforme visto na **Figura 3**:

Figura 3. Tempo médio por tipo de *setup*.



Fonte: adaptado de Giffhorn e Guerra (2019).

A empresa estabeleceu como objetivo reduzir a média de tempo do *setup* tipo 3 para 50 minutos, com uma variabilidade máxima entre 50 a 60 minutos. Para visualizar as mudanças, necessárias em relação ao método atualmente utilizado no *setup*, foram cronometradas e detalhadas as atividades essenciais para iniciar a

produção. Um aspecto importante para alcançar essa redução foi a modificação dos hábitos dos operadores. Para isso, foram realizados treinamentos e acompanhamentos dos colaboradores para garantir a correta execução dos novos procedimentos. Vídeos foram utilizados para demonstrar as atividades práticas diárias dos operadores, permitindo que eles visualizassem as mudanças e as comparassem com os processos anteriores. Isso promoveu uma reflexão sobre as práticas individuais e incentivou o engajamento de todos na implementação do novo método. Como parte da terceira etapa do ciclo PDCA, o acompanhamento da implementação do processo focou na identificação e eliminação de anomalias, atribuindo responsabilidades aos membros do projeto em reuniões para resolver os problemas de forma definitiva (quarta etapa do PDCA) (GIFFHORN; GUERRA, 2019).

710

Passo 4: Cronoanálise

Segundo Krause (2019), aumentar a eficiência no uso do tempo é um grande aliado para o desenvolvimento da organização. No entanto, produzir de acordo com a demanda do cliente, utilizando o sistema puxado (zero estoque), tornou-se essencial e vantajoso em comparação com a produção que gera estoque e desperdícios pelo sistema empurrado. Dessa forma, torna-se mais viável alcançar o principal objetivo da empresa. Para alcançar esse objetivo, utiliza-se a prática do controle da qualidade total, que envolve o reconhecimento e atendimento das necessidades das pessoas, visando melhorar e otimizar padrões através de estratégias bem elaboradas. Na indústria, a preocupação com o controle da produção tem crescido significativamente devido ao aumento e à variabilidade dos produtos, tornando crucial saber exatamente quanto uma indústria produz em determinado período para aumentar lucros e otimizar processos. Isso auxilia na tomada de decisões e na aplicação de ferramentas de qualidade, assegurando equilíbrio nas operações.

Neste contexto, a análise de tempo, ou cronoanálise, é fundamental para determinar a capacidade, controlar a ociosidade e identificar as necessidades dos operadores e máquinas. A partir dessa análise, surgem indicadores numéricos que acompanham o fluxo de produção diário, fornecendo insights para futuras melhorias

organizacionais. Geralmente, o tempo de *setup* é constituído por quatro funções (SHINGO, 2008):

- Preparação da matéria-prima, dispositivos de montagem acessórios(30%);
- Fixação e remoção de matrizes e ferramentas(5%);
- Centragem e determinação das dimensões das ferramentas (15%);
- Processamentos iniciais e ajustes (50%). Cada uma dessas etapas deve ser abordada de formas diferentes, porém sempre visando a redução de tempo das atividades.

O *setup* refere-se ao tempo total necessário para mudar o processo de uma atividade para outra (TEIXEIRA, 2017). Uma ilustração clara da diferença entre um *setup* convencional e um *setup* otimizado é comparar uma pessoa comum trocando os pneus do seu carro com uma equipe treinada e preparada que realiza a troca dos quatro pneus de um carro de Fórmula 1. Segundo Pereira e colaboradores (2023), a busca pela redução do tempo de *setup* deve ser contínua, pois cada momento em que uma máquina fica parada representa uma perda de produção e de lucro para a empresa. O autor cita quatro principais conceitos de preparação que são fundamentais na redução de tempo de preparação, conforme é mostrado no **Quadro 1**.

Quadro1. Quatro conceitos de preparação para redução de tempo.

Conceito 1	Separe a preparação interna da preparação externa. Preparação interna é toda ação que necessita ser tomada com a máquina parada e a preparação externa é toda ação que pode ser feita antes ou depois que a máquina esteja operando..
Conceito 2	Converta o máximo possível a preparação interna em preparação externa. O ideal é que a máquina fique o menor tempo possível em preparação, por isso, deve-se buscar reduzir o número de ações a serem feitas com a máquina parada
Conceito 3	elimine o processo de ajuste. Os ajustes podem responsáveis por 50% até 70% do tempo total da preparação interna, o que é um tempo considerável. Para obter uma redução significativa deve-se dar muita atenção para esta etapa do processo.
Conceito 4	busque a eliminação do passo de preparação propriamente dito. Aqui são possíveis duas abordagens a serem praticadas, uma é usar um projeto uniforme de produtos usando a mesma peça para diversos produtos. A segunda abordagem é produzir diversas peças ao mesmo tempo.

Fonte: Adaptado de Monden (2015).

Para estabelecer processos de *setups* eficientes, torna-se fundamental compreender as etapas do processo de impressão flexográfica (PIRES, 2017):

- **Pré-impressão.** Esta etapa envolve a preparação do design e a criação dos clichês que serão usados na impressão. É essencial garantir a qualidade e a precisão dos clichês para obter resultados satisfatórios.
- **Preparação da máquina.** Nesta etapa, a máquina de impressão é configurada de acordo com as especificações do trabalho. Isso inclui ajustes nos rolos de tinta, cilindros de impressão e outros elementos da máquina.
- **Alimentação do substrato.** O substrato, como papel ou filme plástico, é alimentado na máquina de impressão. É importante garantir uma alimentação adequada e contínua para evitar falhas no processo.
- **Impressão.** Nesta fase, a tinta é transferida para o substrato por meio dos clichês. A qualidade da impressão depende de vários fatores, como pressão, velocidade da máquina e alinhamento preciso dos clichês.
- **Secagem e cura.** Após a impressão, o substrato passa por um processo de secagem e cura, no qual a tinta é fixada de forma permanente. Isso garante que a impressão seja resistente e duradoura.
- **Acabamento:** O acabamento inclui etapas como corte, laminação e aplicação de verniz. Essas etapas adicionais melhoram a aparência e a proteção do produto final.
- **Inspeção e controle de qualidade:** Por fim, o produto impresso passa por uma inspeção rigorosa para garantir que atenda aos padrões de qualidade estabelecidos. Qualquer defeito ou imperfeição é identificado e corrigido, se possível.

No processo de impressão flexográfica, várias etapas são fundamentais para garantir a qualidade e eficiência na produção de embalagens. Começando pelo tratamento da arte recebida, conforme apresentado acima, onde se ajusta a imagem para o sistema de gravação adequado, passando pela seleção das chapas de clichê, seja digital ou analógica, cada uma escolhida com base na resolução necessária. As chapas são montadas nos cilindros, e as fitas dupla face, que variam em resiliência conforme a cor a ser impressa, são aplicadas para fixá-las.

Após a impressão, a cronoanálise pode vir a desempenhar um papel fundamental, analisando o tempo gasto em cada etapa do processo. Esta metodologia permite identificar oportunidades de otimização, reduzindo os tempos de *setup* e melhorando a eficiência operacional, essencial para atender às demandas variáveis da produção de embalagens (AGUILAR et al., 2021). A metodologia da cronoanálise envolve os seguintes passos:

- **Observação detalhada.** Observar e registrar cada passo do processo de *setup*, desde o momento em que o equipamento é parado até estar completamente pronto para a produção.
- **Medição de tempo.** Usar instrumentos de medição de tempo, como cronômetros ou sistemas automatizados, para registrar com precisão o tempo gasto em cada atividade de *setup*.
- **Análise de tempo padrão.** Comparar o tempo registrado com tempos padrão ou ideais previamente estabelecidos para determinar a eficiência do *setup*. Isso inclui identificar e analisar variações e oportunidades de melhoria.
- **Identificação de desperdícios.** Identificar e eliminar atividades que não agregam valor ao *setup*, como movimentos desnecessários, excesso de ajustes ou espera por materiais.
- **Proposição de melhorias.** Com base nos dados coletados, propor mudanças no processo de *setup* para reduzir o tempo total necessário. Isso pode incluir a reorganização das etapas, a introdução de ferramentas e métodos mais eficientes, e o treinamento adequado dos operadores.

A cronoanálise não só quantifica o tempo gasto em cada fase do *setup*, mas também proporciona insights cruciais para otimizar o processo, melhorar a eficiência operacional e aumentar a capacidade de resposta da produção às demandas do mercado. A troca rápida de ferramentas (TRF) é fundamental para que uma empresa consiga atingir uma produção *just-in-time*, onde para isso ser possível deve-se reduzir o tempo do lead time (AVI JÚNIOR; ARAÚJO; RIBEIRO, 2010). Para a redução do lead time é necessário que sejam reduzidos os estoques intermediários e também que o tamanho dos lotes de fabricação e a produção sejam sincronizados (THEOBALD; FRANCISCO; SOARES, 2023). Os tempos de *setup* influenciam

diretamente no tamanho dos lotes intermediários e são dependentes da TRF. Para Shingo (2008), a TRF um método capaz de reduzir qualquer processo de *setup* em um tempo inferior a 10 minutos. A TRF é dividida em 8 técnicas, que são mostradas no **Quadro 2**:

Quadro 2. Oito técnicas da TRF.

Ordem da Técnica	Descrição
Técnica 1	Separação das operações de <i>setup</i> internas e externas
Técnica 2	Converter <i>setup</i> interno em externo
Técnica 3	Padronizar a função, não a forma
Técnica 4	Utilizar grampos funcionais ou eliminar grampos
Técnica 5	Usar dispositivos intermediários
Técnica 6	Adotar operações paralelas
Técnica 7	Eliminar ajustes
Técnica 8	Mecanização

Fonte: Adaptado de Shingo (2000).

A cronometragem das atividades antes da implantação do SMED desempenha um papel fundamental na identificação precisa dos tempos envolvidos em cada etapa do *setup*. Este processo meticuloso permite uma análise detalhada dos procedimentos existentes, revelando oportunidades claras de redução de tempo. Ao cronometrar as atividades, torna-se possível identificar gargalos, etapas redundantes e momentos de ineficiência que contribuem para prolongar desnecessariamente o tempo de *setup* (BRANCO; SILVA, 2019).

Essa informação é essencial para orientar as estratégias de melhoria, permitindo que as equipes de trabalho desenvolvam e implementem ações específicas para otimizar cada etapa do processo de troca rápida de ferramentas. Dessa forma, a cronometragem não apenas fornece uma base sólida de dados para a implementação eficaz do SMED, mas também promove uma abordagem fundamentada e direcionada para alcançar reduções significativas no tempo de *setup*, aumentando a produtividade e a competitividade da empresa.

O **Quadro 3**, obtido no estudo de Costa e colaboradores (2017), apresenta a cronoanálise antes e após a implementação do método SMED no setor específico de impressão flexográfica:

Quadro 3. Cronoanálise das atividades durante o *setup* em uma impressora flexográfica.

Cronômetro das atividades antes e depois da implantação da ferramenta SMED			
Sequencia/atividades durante o setup		Tempo em (min.) antes do SMED	Tempo em (min.) depois do SMED
1	Tirar bobina da máquina	5	0
2	Levar a bobina para estoque	3	0
3	Procurar bobina de acerto	10	0
4	Transportar a bobina de acerto do estoque para a máquina	8	0
5	montar bobina de acerto na máquina	8	0
6	Procurar as bobinas da Ordem de Fabricação (OF)	5	0
7	Transportar as bobinas da OF do estoque até a máquina	8	0
8	limpeza de tambor	30	10
9	Troca de anilox	60	21
10	Bater rolo	25	11
11	trocar facas	18	8
12	Trocar camisas	25	13
13	Ajustar pressão	20	9
14	Viscosidade	15	8
15	Ajustar padrão de cor	40	25
16	Colocar tubete de pcp para iniciar produção	7	3
Total		287	108

Fonte: Adaptado de Costa et al. (2017).

Observa-se no **Quadro 3** que foram exploradas as possibilidades de transição dos *setups* internos para externos, sendo examinadas todas as potenciais falhas nos *setups* externos. Isso resultou na redução significativa do tempo de *setup* da impressora, especialmente para ordens de fabricação de 6 cores, de uma média de 4 horas, 46 minutos e 48 segundos para 1 hora e 48 minutos, representando uma redução de 62,4%. Esse processo foi replicado em outras três máquinas até que os resultados se alinhassem com os da Tabela 1 após a implementação do SMED (COSTA et al., 2017).

Os autores mostram que além dos benefícios evidentes na redução do tempo ocioso, a aplicação do SMED e a manutenção preventiva surpreendentemente resultaram em uma redução das aparas, algo incomum para ferramentas que visam minimizar o tempo de inatividade. Isso pode ser explicado pelo fato de que os operadores inicialmente careciam de experiência, o que contribuía para um alto índice de aparas de 30,89%, considerado elevado para o setor de filmes plásticos flexíveis. Com treinamento e padronização de outras ferramentas mencionadas, esse percentual foi corrigido para um intervalo aceitável de 10 a 15% (COSTA et al., 2017).

Em estudo de Maia e Souza Neto (2016), com foco na produtividade, considerar apenas o número de ocorrências, levaria a um erro de priorização das ações, portanto foi considerado o tempo de parada para a solução dos mesmos, e de acordo como os registros foram encontradas e contabilizadas as situações, sendo ordenadas da maior para a menor frequência conforme o **Quadro 4**:

Quadro 4. Lista de Frequência – Falhas na produção.

Falhas encontradas	Nº de Ocorrências	Tempo Total Horas	Frequência	Frequência Acumulada
Impressão borrada	55	75:13	36,4 %	36,4 %
Impressão com falha	18	47:45	23,1 %	59,5 %
Filme com bolhas	29	20:57	10,1 %	69,6 %
Falha no alinhamento das bobinas	38	18:15	8,8 %	78,4 %
Filme com espessura irregular	4	09:59	4,8 %	83,2 %
Cores impressas irregular	5	07:45	3,7 %	86,9 %
Filme não aderido	17	06:30	3,1 %	90,0 %
Filme com granulação	3	05:25	2,6 %	92,6 %
Bobinamento frouxo	8	04:22	2,1 %	94,7 %
Filme com contaminação	5	03:47	1,8 %	96,5 %
Filme aderido – extrusão	7	03:15	1,6 %	98,1 %
Falha no corte	8	02:55	1,4 %	99,5 %
Filme com coloração disforme	3	00:59	0,5 %	100%
Total	175	207:07	100%	

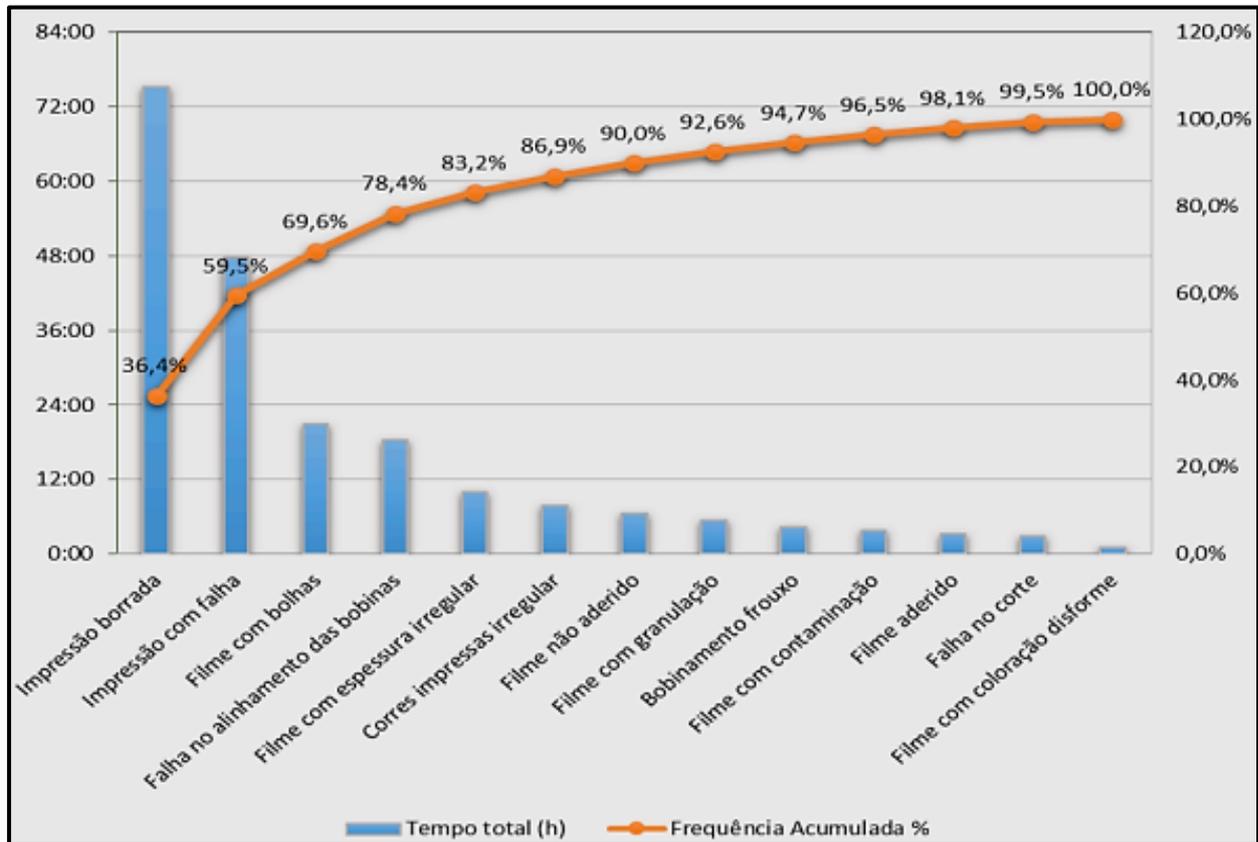
Fonte: adaptado de Maia e Souza Neto (2016).

Em posse destes dados, realizou-se Diagrama de Pareto, uma técnica de análise gráfica que busca identificar e priorizar os principais problemas, causas ou elementos que contribuem significativamente para um determinado resultado ou problema. Essa ferramenta é baseada na proporção 80/20, que indica que, em muitas situações, apenas 20% dos elementos ou causas são responsáveis por 80% dos efeitos (MEIRELLES, 2001).

Passo 4: Diagrama de Pareto

Pelo Diagrama de Pareto, Maia e Souza Neto (2016) identificaram a ocorrência de impressão borrada 36,4%, impressão com falha 23,1%, filme com bolhas 10,1% e falha de alinhamento das bobinas 8,8%, como sendo responsáveis por 78,4% do tempo de paralização da produção. A **Figura 4** possibilita ter melhor visualização e maior percepção da dimensão dos problemas:

Figura 4. Diagrama de Pareto do estudo de Maia e Souza (2016).



718

Fonte: adaptado de Maia e Souza Neto (2016).

Assim, essencialmente, o Diagrama de Pareto permite visualizar graficamente a distribuição dos problemas ou causas em ordem decrescente de importância, destacando aqueles que têm o maior impacto e merecem atenção prioritária. Sendo identificados os principais problemas, realiza-se o *brainstorming*, com o gerente do setor de produção, coordenadores de produção e de manutenção, operadores e pessoal da manutenção, a fim de identificar as principais causas dos problemas elencados.

Passo 5: Diagrama de Ishikawa

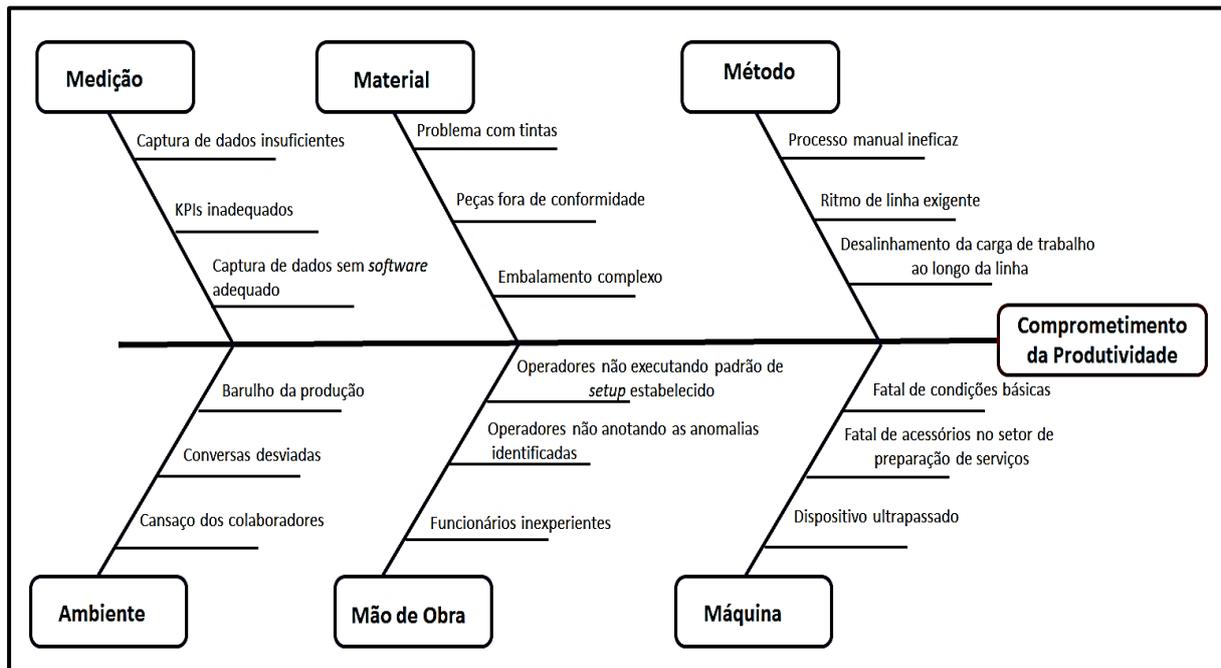
A ferramenta, conhecida por Diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe, devido ao seu formato, tem sido utilizada para identificar a relação entre motivos e efeitos de

um determinado processo. A estrutura de espinha de peixe pode ser usada para eliminar causas que influenciem negativamente o processo ou para intensificar elementos que afetem de forma positiva um conjunto de operações. No intuito de avaliação da qualidade em um processo organizacional, a análise é representada por categorias, de acordo com os 6 M's, referentes a materiais, máquina, método, meio ambiente, mão de obra e medida (ALVES; SILVA; SOARES, 2022).

Quando aplicado ao contexto da impressora flexográfica, o Diagrama de Ishikawa revela-se fundamental para identificar e categorizar as diversas variáveis que podem influenciar na qualidade e eficiência da impressão. As principais categorias frequentemente exploradas incluem Materiais (tais como tipos de tintas e substratos utilizados), Mão-de-obra (como treinamento e habilidades dos operadores), Métodos (processos e procedimentos de impressão), Máquinas (condições e ajustes da impressora flexográfica) e Meio Ambiente (condições ambientais que podem afetar a produção). Ao analisar cada uma dessas categorias em detalhes, o Diagrama de Ishikawa permite uma abordagem sistemática na identificação das causas potenciais de problemas como falhas de registro, qualidade inconsistente da impressão ou tempos de *setup* prolongados. Assim, este diagrama não apenas facilita a resolução de problemas, mas também contribui significativamente para o aprimoramento contínuo dos processos na impressão flexográfica, promovendo maior eficiência operacional e qualidade final do produto.

A **Figura 5** apresenta um Diagrama de Ishikawa provável para colaborar no aumento do tempo de *setup*:

Figura 5. Diagrama de Ishikawa da impressora flexográfica.



Fonte: elaborado pelos autores.

Neste diagrama hipotético de causa e efeito, pode-se identificar a falta de rotina para captação de dados e registros (durabilidade, desempenho de peças de reposição e de materiais de produção, como clichês, borrachas e cilindros, pois muitas das causas relatadas estavam associados ao desgaste dos mesmos. Também se nota que o plano de manutenção não foi seguido de forma adequada, não sendo realizando vários ciclos de manutenção preventiva em um mesmo equipamento. Outra observação surgida foi que quando há uma maior variabilidade da produção, por conta dos altos tempos de *setup* necessário para ajustar as impressoras, não há disponibilidade de mecânico para a realização de manutenção preventiva, os planos de manutenção preventiva não apresentam “flexibilização” quanto ao período para a realização da manutenção. Tais achados também podem ser vistos no estudo de Maia e Souza Neto (2016).

Na análise do *setup* de processo de impressão flexográfica, o Diagrama de Ishikawa pode oferecer indicadores profundos ao identificar as causas raízes dos tempos prolongados de *setup*. Ao categorizar os potenciais fatores que contribuem para esses problemas, como variações nos materiais utilizados, métodos de preparação da máquina, habilidades dos operadores, condições das máquinas e ambiente de trabalho, o diagrama possibilita uma visualização clara e estruturada dos pontos críticos do processo. Essa abordagem sistemática não apenas facilita a identificação das causas principais, mas também orienta a implementação de medidas corretivas específicas. Por exemplo, ao destacar que variações nos materiais são uma causa significativa, pode-se explorar a padronização de fornecedores ou revisar os procedimentos de verificação de qualidade dos materiais antes do *setup*. Assim, o Diagrama de Ishikawa não só contribui para a redução dos tempos de *setup*, mas também para a melhoria contínua da eficiência e qualidade na produção flexográfica.

Passo 6: Tempo Padrão de Produção

O Trabalho Normalizado é o método acordado por todos para realizar uma atividade da forma mais fácil, segura e eficaz possível. Normalizar significa que todos devem executar a atividade da mesma maneira, seguindo a mesma sequência de operações e utilizando as mesmas ferramentas. Esse processo visa alcançar uma fluidez nos movimentos dos colaboradores, permitindo que o trabalho seja realizado no menor tempo possível e com alta qualidade (FERREIRA et al., 2022).

De acordo com a CNI (2021), a realidade para pequenas e médias empresas diverge consideravelmente dos altos níveis de OEE alcançados pelas indústrias de excelência, devido à falta de recursos para implementar tais melhorias, falta de conhecimento e outros fatores limitantes específicos para empresas de porte menor. Essa disparidade é ainda mais evidente em países emergentes, onde a tecnologia pode ser menos avançada em comparação com economias altamente eficientes industrialmente, além de uma estrutura de custos que torna difícil realizar investimentos significativos em melhorias operacionais. Desta forma, a padronização

do trabalho deve ser foco para as empresas que buscam melhoria nos seus indicadores de desempenho.

Segundo Pinto (2014), na aplicação do trabalho padronizado, três conceitos são essenciais: (i) o tempo de ciclo, que representa o tempo necessário para completar cada etapa da produção; (ii) a sequência de trabalho, que consiste no método mais eficiente para minimizar desperdícios; e (iii) o nível de WIP (*Work in Progress*), que é a quantidade mínima de trabalho em processo necessária para manter a produção sem interrupções. O objetivo é otimizar o uso de recursos, priorizando a flexibilidade das pessoas sobre as máquinas, devido aos benefícios superiores que a adaptação humana pode proporcionar.

É fundamental entender que o conceito de trabalho padronizado está sempre sujeito a melhorias. No entanto, o momento correto para propor melhorias é crucial para garantir a correta aplicação do conceito. É essencial que o padrão esteja sendo utilizado e estabilizando o desempenho das equipes antes de qualquer modificação ser introduzida. Portanto, são introduzidos os princípios do ciclo PDCA para orientar o desenvolvimento estruturado de todo o processo. Para desenvolver o trabalho padronizado de forma eficaz, é importante seguir algumas etapas fundamentais. Primeiramente, é necessário identificar as tarefas e processos que precisam de padronização. Em seguida, é preciso analisar essas atividades e documentar os procedimentos recomendados, levando em consideração as melhores práticas e as normas da indústria. É essencial envolver os colaboradores nesse processo, pois eles possuem um conhecimento prático valioso sobre as tarefas que realizam diariamente. Ao ouvir suas opiniões e sugestões, é possível obter informativos importantes para a criação do trabalho padronizado (FERREIRA et al., 2022).

Passo 7: Análise do Processo

A partir de filmagens feitas pelos pesquisadores, coletou-se o detalhamento preciso das operações presentes no *setup*, e efetuadas inferências sobre melhorias para a operação. Os vídeos evidenciaram todas as etapas de preparo da máquina que culminaram na elaboração da planilha dos tipos de *setup*, dividido por tempo de cada

tarefa, tendo ainda uma segunda função de auxílio para a cronoanálise. Pode-se perceber que a atividade de acerto de serviço realizada pelo operador ao final das atividades de *setup* necessita uma demanda significativa de tempo ao qual não se tem controle sobre, por não depender de melhorias adotadas e sim a depender da experiência do operador responsável. A partir disto determinaram-se que as melhorias seriam realizadas nas atividades em que eram possíveis a aplicação das ferramentas de qualidade. O diagnóstico inicial das filmagens trouxe os pontos a serem modificados para a melhoria imediata, estão apresentados no **Quadro 5**:

723

Quadro 5. Ações para melhoria.

Ação detratora de tempo	Solução
Ferramentas individuais que são utilizadas durante o <i>setup</i> ficam longe do operador.	Utilização de cinto para a acomodação das ferramentas.
Deslocamento excessivo para descarte da lâmina raspadora que está suja.	Criar uma área no setor de impressão para colocar a lâmina raspadora suja.
A falta de conservação das peças, causando demora no momento de sua troca, onde o operador precisa procurar uma peça aceitável.	Nivelar de forma igual a qualidade das peças.
Limpeza dos filtros da bomba.	Substituição por filtros limpos ou bombas reservas
Troca e limpeza de peças.	Peças limpas já disponíveis para a troca como a faca, mangueira, rolamento, engate rápido, engrenagem, folga zero e entre outros.

Fonte: adaptado de Sousa et al. (2022).

A implementação da metodologia SMED em uma indústria de embalagens que utiliza impressão flexográfica requer um enfoque meticuloso e integrado para reduzir os tempos de *setup* de forma significativa. Primeiramente, é essencial uma análise detalhada do processo atual de troca de *setup*, identificando todas as etapas envolvidas, desde a preparação da máquina até o reinício da produção. Isso inclui avaliar a sequência das operações, a função de cada componente e a interação entre diferentes equipes e departamentos. Além disso, a padronização dos procedimentos é crucial para minimizar variações e eliminar atividades desnecessárias durante o *setup*. Investimentos em treinamento contínuo dos operadores são indispensáveis para garantir que todos compreendam e executem os novos métodos de forma

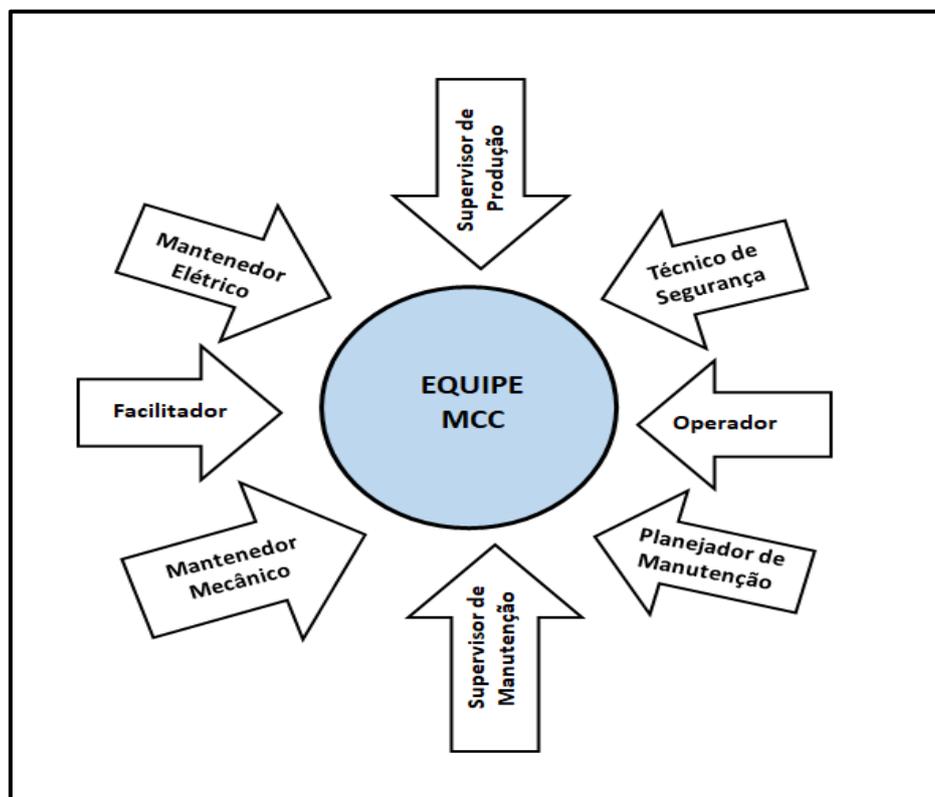
eficiente. A adoção de tecnologias avançadas, como ferramentas de medição de tempo e sistemas de controle de qualidade integrados, também pode ser benéfica para monitorar e otimizar continuamente o processo de *setup*, garantindo uma implementação bem-sucedida da metodologia SMED na produção flexográfica de embalagens.

Passo 8: Elaboração do SMED

Atualmente, as organizações têm buscado estratégias que as tornem competitivas diante do mercado. Para isso, além de entregar um produto de qualidade e que atenda às necessidades do cliente, também devem buscar processos e ferramentas que aumentem sua produtividade e diminuam seus custos e desperdícios operacionais. A tendência também evidencia a necessidade de produzir no tempo certo e, nesse sentido, a capacidade de uma empresa fazer a transição rápida de um produto para o outro é essencial. Uma maneira de conseguir isso, é através da redução do tempo de *setup* da máquina, por meio da eliminação de ajustes necessários durante o tempo entre a produção da última parte boa do lote anterior e a produção da primeira parte boa do próximo lote (GONÇALVES; ARAÚJO; MARTINS, 2024).

A implantação de qualquer processo nas organizações deve ser apoiada pela alta gerência, de modo que haja comprometimento e sejam aportados os recursos necessários, por que a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) também como outros processos, requer a participação de todos os níveis da organização (KARDEK; NASCIF, 2009). A **Figura 6** apresenta a constituição da equipe MCC:

Figura 6. Composição da equipe MCC.



Fonte: adaptado de Souza (2017).

De acordo com Kardek e Nascif (2009), esse grupo deve possuir as seguintes características: a) Grupo pequeno; b) Habilidades complementares; c) Propósito comum; d) Conjunto de objetivos de desempenho, normalmente traduzidos por indicadores; e) Conjunto de princípios comuns a outros da planta; f) Responsabilidade mútua. Montada a equipe de MCC, ela buscará o alcance dos quatro objetivos da Manutenção Centrada em Confiabilidade, segundo Souza (2017): 1) Preservar as funções do Sistema; 2) Identificar modos de falha que influenciem tais funções; 3) Identificar a importância de cada falha funcional; 4) Definir tarefas preventivas em relação às falhas funcionais.

De acordo com Souza (2017), para chegar à concretização destes quatro objetivos, deve-se desenvolver o trabalho de MCC seguindo os seguintes passos: Seleção do Sistema de Levantamento de Dados (escolher o sistema a ser estudado e verificar quais os tipos de dados esse sistema oferece para o acompanhamento da produção; Definição das Fronteiras do Sistema; Descrição do Sistema e Subsistemas;

Identificação das Funções e Falhas Funcionais. Realizar um levantamento histórico de manutenção dos equipamentos, pois desta forma teremos um bom balizador para análise, após esta etapa deve-se especificar as funções de cada subsistema, e as possíveis falhas funcionais dos mesmos (VIANA, 2012).

Fogliatto e Fagundes (2003) propõem uma metodologia complementar a de Shingo (2008), dividida em quatro estágios: Estratégico, Preparatório, Operacional e Comprovação:

1. **Estratégico.** Neste estágio é importante a participação da alta gerencia uma vez que esta possui maior grau de influência nas decisões do processo de manufatura. O convencimento da alta gerencia pode ser promovido pela visualização dos possíveis resultados de melhoria. A escolha da equipe de implantação e seu treinamento faz parte dessa etapa.
2. **Preparatório.** Há a definição do produto, processo e operação a serem inicialmente abordados. Neste estágio deve ser feito um mapeamento dos produtos que causam maior impacto financeiro, caso necessário aplicar uma curva ABC para localizar os produtos “A”. Após definir o produto, estuda-se o processo a fim de verificar onde existe o problema/gargalo para tentar reduzi-lo por meio de uma operação específica.
3. **Operacional.** Para Shingo (2008), esta etapa seria responsável por quatro estágios:
 - a. **Estágio preliminar:** *setups* internos e externos não se distinguem. Nessa etapa realiza-se a descrição de todas as atividades, seus respectivos tempos de processamento e responsáveis de cada tarefa. Para sua realização deve-se utilizar a cronoanálise, que se baseia por cronômetros e filmadoras para coletas de dados.
 - b. **Estágio 1:** separando *setup* interno e externo. As preparações externas são realizadas com as máquinas funcionando, enquanto que as preparações internas são realizadas com máquinas paradas, implicando aumentar desnecessariamente o tempo de preparação. Dessa forma procura-se distinguir os *setups* internos dos externos.
 - c. **Estágio 2:** convertendo *setup* interno em externo. O tempo de *setup* interno é superior ao de *setup* externo, dessa forma devem-se converter os *setups* internos em externos. Caso algum *setup* interno não possa

ser convertido em externo, esse por sua vez deverá ser reduzido ao máximo ou ainda fazer uma análise de custo benefício para a sua automação.

- d. **Estágio 3:** racionalizando todos os aspectos da operação de *setup*. Como no estágio anterior o objetivo foi converter o *setup* interno em externo, nesse estágio é diminuir o tempo das operações externas. As falhas dos *setups* externos podem ser reduzidas buscando maneiras mais fáceis de executar a operação.

4. **Comprovação.** Neste estágio os resultados são avaliados e contabilizados: analisando-se ganhos com mão-de-obra, aumento de produtividade e tempo reduzido de *setup*.

A aplicação do método SMED em uma empresa de papelão ondulado pode trazer significativos benefícios ao minimizar o tempo de preparação (*setup*) nos ambientes de produção. A implementação bem-sucedida do SMED em uma empresa de papelão ondulado reduz o tempo de preparação, bem como aumenta a flexibilidade operacional, melhora a eficiência da produção e reduz custos associados à ociosidade da máquina durante os *setups*. Essa abordagem tende a impactar positivamente a produtividade da empresa e sua capacidade de responder de forma ágil às demandas do mercado.

Uma boa proposta é a implantação de um Procedimento de *Setup* Padrão (PSP) para uma impressora flexográfica, que será de grande importância para otimizar a eficiência operacional e reduzir o tempo de inatividade entre trocas de produção. Esse procedimento define uma sequência de passos padronizada, incluindo desde a preparação dos clichês e tinteiros até a montagem nos cilindros da máquina.

. O **Quadro 6** apresenta uma proposta elaborada de SMED a ser aplicada no processo de impressão flexográfica:

Quadro 6. Proposta de SMED para uma impressora flexográfica.**1. Análise detalhada do *setup* atual:**

O primeiro passo é realizar uma análise detalhada de todas as etapas envolvidas no *setup* de produção de papelão ondulado até chegar no processo de impressão flexográfica. Isso inclui desde o momento em que uma ordem de produção é concluída até o início da próxima, identificando todas as atividades necessárias, como ajustes de máquinas, troca de rolos de papel, preparação de tintas, entre outros.

2. Identificação de atividades internas e externas:

Classificar as atividades em internas (que só podem ser realizadas com a máquina parada) e externas (que podem ser realizadas enquanto a máquina ainda está em operação). Isso ajuda a determinar quais atividades podem ser convertidas de internas para externas, reduzindo assim o tempo total de *setup*.

3. Padronização de procedimentos:

Desenvolver procedimentos operacionais padronizados (POPs) para todas as etapas do *setup*, garantindo que cada atividade seja realizada de maneira consistente e eficiente. Isso pode incluir listas de verificação, instruções visuais e treinamento adequado para os operadores.

4. Utilização de dispositivos e ferramentas auxiliares:

Introduzir dispositivos e ferramentas auxiliares que possam facilitar o *setup* mais rápido e eficiente. Por exemplo, sistemas de troca rápida de rolos de papel, sistemas de fixação rápida de matrizes ou dispositivos para preparação antecipada de tintas e ajustes de máquinas.

5. Redução de ajustes e tempos de espera:

Minimizar ajustes manuais através de automação sempre que possível. Isso não apenas reduz o tempo de *setup*, mas também elimina erros humanos que podem ocorrer durante o ajuste manual de máquinas e ferramentas.

6. Treinamento e envolvimento dos funcionários:

Envolver os funcionários no processo de implementação do SMED, incentivando sua participação ativa na identificação de oportunidades de melhoria e na implementação de novos procedimentos. Além disso, fornecer treinamento contínuo para garantir que todos compreendam e executem as novas práticas de *setup* de maneira eficaz.

7. Implementação de melhorias contínuas:

Após a implementação inicial do SMED, é essencial monitorar o desempenho do novo processo e realizar melhorias contínuas conforme necessário. Isso pode incluir ajustes adicionais nos procedimentos, identificação de novas oportunidades de redução de tempo de *setup* e adaptação às mudanças nas demandas de produção.

Fonte: elaborado pelos autores.

Ao estabelecer um método claro e consistente para realizar *setups*, a empresa pode minimizar erros, reduzir o tempo necessário para ajustes e garantir uma transição suave entre diferentes trabalhos de impressão. Isso não apenas aumenta a produtividade ao permitir que mais tempo seja dedicado à produção efetiva, mas também melhora a qualidade dos produtos finais ao minimizar variações no processo. Além disso, um PSP facilita o treinamento de novos operadores e proporciona uma base sólida para a implementação de melhorias contínuas no processo de impressão flexográfica, contribuindo para a competitividade e eficiência geral da empresa no mercado.

729

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais deste artigo destacam a eficácia das abordagens e ferramentas utilizadas para a redução do tempo de *setup* em impressoras de papelão ondulado. A análise detalhada do Diagrama de Fluxo de Processo permitiu a identificação de etapas críticas e áreas de desperdício, enquanto a categorização dos tipos de *setup* e a cronoanálise forneceram insights valiosos sobre a distribuição do tempo gasto. O Diagrama de Pareto ajudou a focar nas causas principais dos problemas, e o Diagrama de Ishikawa revelou fatores subjacentes que contribuíam para a ineficiência. A definição de um Tempo Padrão de Produção e a análise contínua do processo foram essenciais para medir e validar as melhorias implementadas. Finalmente, a aplicação da metodologia SMED possibilitou uma redução significativa no tempo de *setup*, aumentando a flexibilidade e a capacidade de resposta da produção. A integração dessas técnicas e ferramentas demonstrou ser fundamental para alcançar uma significativa otimização dos processos, resultando em ganhos substanciais em eficiência e competitividade. A experiência prática reforça a importância da análise sistemática e da adaptação contínua para a manutenção e ampliação dos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

ABRE. (2023) **Consumo per capita de embalagens plásticas flexíveis cresce no Brasil em 2023**. Recuperado de <https://www.abre.org.br/inovacao/comunicacao/cons umo-per-capita-de-embalagens-plasticas-flexiveiscresce-no-brasil-em-2023/>

AGUILAR, D. M. A. et al. **Análise de melhoria na capacidade produtiva e mensuração em um setor de PCP na Empresa Eco System**. 2021. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2021.

ALVES, T. Z.; SILVA, J. N.; SOARES, G. J. V. Diagnóstico situacional e gestão da água: o uso do diagrama de Ishikawa na pedagogia ambiental. **International Journal of Management-PDVG**, v. 2, n. 1, p. 1-19, 2022.

AMARAL, M A. **Aplicação de ferramentas lean para impulsionar melhorias no tempo de setup em empresas do setor de cuidados pessoais**. 2023. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2023.

AVI JUNIOR, E.; ARAÚJO, D. G.; RIBEIRO, A. M. Troca rápida de ferramenta: redução do tempo de setup de uma linha de montagem de braço de controle. **Revista Ciências Exatas UNITAU**, v. 16, n. 1, p. 22-32, 2010.

BRANCO, F. J. C.; SILVA, E. P. Aplicação da metodologia SMED para redução no tempo de setup na produção de embalagens cartonadas. **Produção & Engenharia**, v. 9, n. 2, p.771-789, 2019.

BRANDI, D., GIACAGLIA, G. E. O. Aumento da produtividade em uma indústria gráfica de embalagens por meio da redução dos tempos de setup de impressão e uso de tecnologias sustentáveis. **Sistemas & Gestão**, vol. 7, pp. 584-593, 2012.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações**. 4ª edição. São Paulo: Elsevier Brasil, 2014. 320 p.

CNI. **Média geral do Brasil no ranking de competitividade cresce, mas resultado não tira país do penúltimo lugar**. [S. l.], 2020. Disponível em: https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/competitividade-brasil-comparacao-compaisesselecionados/?utm_source=gpc_agencia_de_noticias&utm_medium=site &utm_campaign=Co mpetBR_2019_2020. Acesso em: 25 jul. 2024.

COSTA, I. S. et al. O Planejamento e Controle da Produção Ecoeficiente: Um Estudo de Caso no Segmento Plástico. **6th. International Workshop Advances in Cleaner Production**. São Paulo, Brasil, 2017.

FERREIRA, B. M. S. et al. Determinação do tempo padrão de produção em uma indústria do setor da saúde do Rio Grande do Sul. **Revista Prociências**, v. 5, n. 2, p. 49-67, 2022.

FOGLIATTO, F. S. FAGUNDES, R. M. F. Troca Rápida de Ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso. **Gestão & Produção**, v.10, n.2, p.163-181, 2023.

FRASCARELI, F. C. O.; RODRIGUES, J. S. Redução de tempos de setup para aumento de produtividade em uma indústria metal-mecânica. **XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, p. 26, 2013.

GARCIA, L. M.; WUSNIESKI, M.; FELTRIN, R. F. Análise comparativa entre a aplicação do *Lean Manufacturing* e a teoria das restrições. **Revista UNICREA - Revista Técnico Científica da Universidade Corporativa do Crea-SC**, v. 2, n. 1, p. 3–25, 2024.

GIFFHORN, E.; GUERRA, V. R. D. Redução de tempo de setup de impressora flexográfica por meio das metodologias do WCOM E PDCA. **Revista Gestão Industrial**, v. 15, n. 4, p. 28-41, 2019.

GONÇALVES, C. M.; ARAUJO, A. C. B.; MARTINS, L. O. S. Investigação do impacto do tempo de setup na produtividade: um estudo de caso numa empresa de embalagens. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 10, n. 3, p. 112-119, 2024.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção Função Estratégica**. 3ª edição, 1ª Reimpressão. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, Coleção Manutenção, Abraman, 2009.

KRAUSE, A R. **Importância da cronoanálise na gestão da produção**: uma análise em um setor de fabricação de perfil de alumínio. 2019. Disponível em: <https://shre.ink/DbMI>. Acesso em: 20 jul. 2024.

MAIA, W. E. L.; SOUZA NETO, A M. Aplicação do método PDCA em processo produtivo através do uso de ferramentas básicas da qualidade em indústria de embalagem, **Revista de Trabalhos Acadêmicos Universo Recife**, v. 3, n. 4, p. 1-20, 2016.

MEIRELES, M. **Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas**, v. II. São Paulo: Arte & Ciência, 2001.

MENEZES, M. L.; SANTIAGO, S. B. Aplicação da metodologia SMED para redução do tempo total de setup em uma indústria de fabricação de pneus: estudo de caso para implementação em extrusora de borracha. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 5, 8378-8391, 2023.

OLIVEIRA, C. A. M. **Mensuração dos desperdícios na fabricação de caixas de papelão ondulado para pizzas em uma fábrica localizada em João Pessoa-Pb.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, 2022.

PEREIRA, A. S. C. **Implementação de uma metodologia de OEE nas impressoras flexográficas da Tecnoprint Etiquetas.** 2023, 69 f. Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Instituto Mauá de Tecnologia, Centro Universitário, São Caetano do Sul, 2023.

PINTO, J. P. **Pensamento Lean:** A filosofia nas organizações vencedoras: Criar valor para todos os stakeholders, eliminando o desperdício nas organizações. 6. Ed. Lisboa: Lidel Edições Técnicas Ltda, 2014.

PIRES, F. M. S. **Implementação de ferramentas *Lean* numa linha de impressão flexográfica.** 2017, 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Escola Superior de Tecnologia e Gestão. 2017.

SHINGO, S. **Sistema de troca rápida de ferramenta:** uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman, 2008. 319 p

SOUSA, C. R. et al. **Estudo para aumento de eficiência de uma impressora flexográfica em uma empresa produtora de embalagens flexíveis.** 2022, 168 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, Escola de Engenharia Mauá, 2022.

SOUZA, B. M. **Manutenção centrada na confiabilidade:** estudo de caso nas impressoras de uma indústria de embalagens flexíveis. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2017.

TEIXEIRA, M. S. **Métodos e ferramentas para uma troca de produto rápida em uma linha produtiva.** 2017, 21 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Centro Universitário FACVEST – UNIFACVEST, Curso de Engenharia de Produção, 2017.

THEOBALD, L. S.; FRANCISCO, A. O.; SOARES, V. Tempos de setup no processo produtivo: uma análise em uma empresa de rafia em Santa Catarina. **Anais da Engenharia de Produção**, v. 4, n. 1, p. 471-487, 2023.

VIANA, H. R. G. **PCM:** Planejamento e Controle de Manutenção. 1ª edição, 3ª Reimpressão. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, Coleção Manutenção, Abraman, 2012.

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