

APPLICATION OF THE SMED METHODOLOGY FOR REDUCING SETUP TIME IN THE ASSEMBLY OF ELECTRONIC COMPONENTS ON PRINTED CIRCUIT BOARDS**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA REDUÇÃO NO TEMPO DE SETUP NA MONTAGEM DE COMPONENTES ELETRÔNICOS EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO****BRUNO LOPES BANDEIRA**<https://orcid.org/0009-0002-4691-701X/> brunoband13@gmail.com
Universidade Federal do Amazonas**DÉRCIO LUIZ REIS**<https://orcid.org/0000-0001-8175-3212/> dercioreis@ufam.edu.br
Universidade Federal do Amazonas**RESUMO**

Este trabalho apresenta um estudo de caso que utiliza uma das ferramentas do sistema de gestão TPM (Total Productive Maintenance) ou "Manutenção Produtiva Total", conhecida como SMED (Single Minute Exchange of Die) "Troca de ferramental em apenas um dígito de minuto", criada por Shigeo Shingo. Neste trabalho foram utilizados gráfico de Pareto e diagrama de causa e efeito. Seu objetivo compreende-se por demonstrar uma proposta de melhoria alcançada por uma Indústria do Polo De Duas Rodas em Manaus/AM que reduziu a quantidade de horas paradas em uma linha de produção de montagem de componentes, estando assim aptas a corresponderem com o aumento das demandas de seus clientes. Conclui-se esta pesquisa enfatizando-se que com a implantação dos passos desta metodologia, foi possível alcançar aumento de produção expressivo, com a redução de 78% do tempo gasto para realização do setup da linha de produção.

Palavras-chave: produção; setup; tpm.

ABSTRACT

This work presents a case study that uses one of the tools of the management system TPM (Total Productive Maintenance) or "Total Productive Maintenance", known as SMED (Single Minute Exchange of Die) "Tool exchange in just one minute digit", created by Shigeo Shingo. In this work, a Pareto chart and a cause-and-effect diagram were used. Its objective is to demonstrate an improvement proposal achieved by an Industry of Polo De Duas Rodas in Manaus / AM that reduced the number of hours stopped in a production line assembly of components, thus being able to respond to the increased demands of its customers. This research concludes emphasizing that with the implementation of the steps of this methodology, it was possible to achieve an expressive increase in production, with a 78% reduction in the time spent to carry out the setup of the production line.

Keywords: production; setup; tpm.

1 INTRODUÇÃO

Uma das principais atividades econômicas no estado do Amazonas é o setor industrial de duas rodas. Durante a pandemia de COVID-19, o mercado de fabricação de motocicletas quase não encontrou dificuldades para que o crescimento dos negócios mês a mês para atender o consumidor. De acordo com a Abraciclo (Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares), a produção de motocicletas no Polo Industrial de Manaus (PIM), sofreu um aumento de cerca de 12,6% em 2021 e 18,2% em 2022. Isso se deve ao fato de que os veículos de duas rodas são econômicos, principalmente em relação à alta dos combustíveis, e pelo seu protagonismo em serviços de Delivery. (VASCONCELOS, 2023)

No cenário atual em que as empresas visam reduzir custos e maximizar lucros, a preocupação se resume ao compromisso de atender às demandas de mercados e durante o percurso se deparam com condições de mudança como preocupações com requerimentos de qualidade mais exigentes, ciclo de vida de produtos curto, demandas para tempo de entregas menores e necessidade de reduzir os custos de manufatura continuamente. (INTRA e ZAHN, 2014)

Para Ferraz, Kupfer e Haguenuer (1995), a competitividade de mercado compreende-se na capacidade da empresa em formular e implementar estratégias concorrenciais, que lhes permitam ampliar ou conservar, de forma duradoura, uma posição sustentável no mercado com o compromisso em atender as demandas.

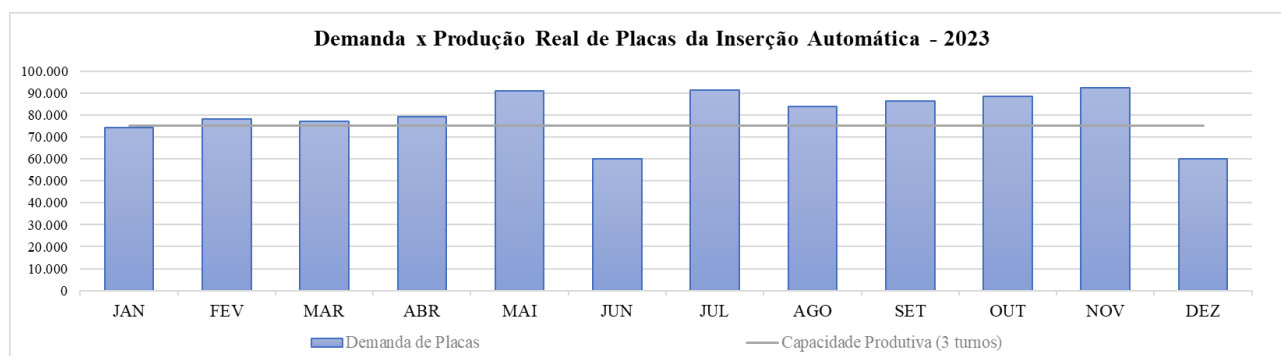
Sendo assim, o presente artigo tem como objetivo geral aumentar a capacidade produtiva no setor de Inserção Automática de uma empresa que fornece painéis de instrumento para veículos de duas rodas de Manaus/AM, através da melhoria na redução de horas paradas de produção. Durante o estudo, será apresentada a forma análise e desafios enfrentados na implantação do projeto e algumas soluções para melhorar o desempenho do processo. O intuito é atender o aumento da demanda dos clientes e através da melhoria da produtividade, aumentar a qualidade e reduzir os custos. Além disso, serão discutidos os resultados alcançados com as mudanças implementadas e as lições aprendidas ao longo do processo de melhoria.

2. JUSTIFICATIVA

A qualidade dos bens produzidos e a redução dos tempos de produção são fatores altamente desejáveis ao meio fabril. Um fator significativo que justifica a preocupação com a qualidade é a

ascensão da qualidade do produto a uma posição proeminente na mentalidade do público (LIDAK 2005 apud BAPTISTA, 2000). No que tange à qualidade na manufatura de equipamentos eletrônicos, a alta capacidade de produção seriada de uma linha de Produção SMT (do inglês, Surface Mounting Technology em Tecnologia de Montagem Superficial) pode decorrer na montagem de muitas placas boas ou ruins, de acordo com o setup submetido às linhas de produção. E isto se deve a velocidade de montagem dos equipamentos SMT. Muitas organizações e profissionais consideram a manufatura enxuta um modismo, e até utilizavam uma ou outra ferramenta porque a gerência optou por esta filosofia, muitos gestores e funcionários ainda não acreditam nos benefícios da Lean Manufacturing e resiste à mudança. No entanto, algumas empresas orientais já experimentaram e corroboraram que essa transformação dos sistemas de produção em massa está associada ao aumento da qualidade eficiência, competitividade e, portanto, rentabilidade.

Figura 1 – Análise de atendimento ao plano de produção (situação anterior ao projeto de melhoria)



Fonte: Os autores (2023)

O gráfico 1 mostra o plano de atendimento de produção no ano de 2022. Observa-se que já no primeiro trimestre, a quantidade de placas solicitadas pelo setor de Montagem Final (cliente interno) enfrenta dificuldades no atendimento. Logo, para evitar a implementação de mais um turno de produção ou o pior, a não entrega dos produtos, é necessário aumentar a produtividade de eficiência.

Sendo assim, o presente artigo visa responder a seguinte questão: Que metodologias da literatura podem contribuir para análise do aumento de produção de processo SMT? De que

maneira e quais as melhorias? Sendo assim, o principal objetivo do presente trabalho é de realizar uma pesquisa bibliográfica de cunho qualitativo, assim, a escolha do tema justifica-se pelas oportunidades que ele trará.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Buscar entender através das ferramentas do Lean Manufacturing fatores que impedem o aumento de capacidade produtiva da linha de produção SMT de uma Indústria do Polo De Duas Rodas em Manaus/AM.

3.2 Objetivo Específico

Conceituar ferramentas do Lean Manufacturing e de que forma elas podem ser aplicadas.

Traçar planos de aplicação dos eventos para melhoria do processo.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1 MONTAGEM DE PCB

A montagem de PCB, ou placas de circuito impresso, é um processo essencial na produção de dispositivos eletrônicos. Através desse processo, os componentes eletrônicos são soldados na placa, formando um circuito funcional. A montagem de PCB pode ser feita de forma manual ou automatizada, dependendo do volume de produção e da complexidade do circuito. O processo manual é mais indicado para pequenas quantidades, enquanto a montagem automatizada é mais eficiente para grandes volumes de produção. Além disso, é importante escolher o tipo certo de placa e componentes para garantir a qualidade e confiabilidade do circuito. Em resumo, a montagem de PCB é um processo crucial para a indústria eletrônica e deve ser realizada com atenção aos detalhes para garantir o bom funcionamento dos dispositivos. O planejamento inclui a definição da capacidade do sistema, levando em consideração os tempos de ciclo de cada máquina inserora de componentes, taxa de ocupação e os dispositivos auxiliares. (BOYSEN; FLIEDNER; SCHOLL, 2007). O conceito de balanceamento de linhas é a atribuição de tarefas às estações em uma linha de modo a se obter um tempo de ciclo desejado com menor número de estações de trabalho (MAGATAO et al., 2011). O balanceamento do fluxo de uma linha é uma das técnicas aplicadas para melhorar e simplificar o processo de gestão. Primeiramente deve-se determinar o tempo de

ciclo das operações, para depois se realizar um balanceamento de linha. Este tempo de ciclo expressa o intervalo de tempo em que uma peça ou mais, são produzidas (MARTINS; LAUGENI 2005). O problema do balanceamento de linhas de montagens tem sido estudado há mais de 50 anos e diferentes enfoques e considerações tem sido apresentado durante esse período (HAMTA et al., 2013). Desde então, vários modelos de otimização buscam dar suporte ao processo decisório sobre o balanceamento de linhas de montagem. Sabe-se que a proposta do problema de balanceamento é encontrar uma linha de montagem factível, para isso, atribui-se tarefas as estações de trabalho de forma que as relações de precedência e outras restrições não sejam violadas e que alguma medida de efetividade seja alcançada (BENZER et al., 2006; EREL; SARIN, 1998). Conforme Gaither e Frazier (2002), o procedimento geral para balanceamento de uma linha segue necessariamente algumas etapas, são elas:

determinar quais as tarefas devem ser executadas para concluir uma unidade de um produto em particular; determinar a ordem ou sequência na qual as tarefas devem ser executadas; traçar um diagrama de precedência; estimar a duração das tarefas; calcular o tempo de ciclo; calcular o número mínimo de estações de trabalho; usar uma regra para atribuir as tarefas as estações de trabalho de forma que a linha seja balanceada.

A tecnologia de linha SMT permite uma produção mais rápida, precisa e eficiente de dispositivos eletrônicos, como smartphones, tablets e computadores. A linha de produção SMT é composta por várias etapas, incluindo a aplicação de pasta de solda, a colocação de componentes, a soldagem e a inspeção final. Cada etapa é realizada por máquinas automatizadas e operadores humanos, garantindo a qualidade do produto, permitindo a produção em massa de dispositivos eletrônicos, atendendo à crescente demanda do mercado. Segundo autores, os quatro primeiros passos sempre serão seguidos para a equalização, independentemente do método escolhido. O balanceamento de mão de obra para uma linha de produção ocorre com base no tempo de produção padrão calculado. Sempre que forem montados vários produtos numa linha de produção, deve ser utilizado o “tempo ponderado”, que é obtido a partir da quantidade de produção de cada produto e do tempo padrão de cada produto. Para encontrar o número de operadores que serão necessários para esse tempo padrão ou tempo ponderado, no caso de uma linha de produção multiprodutos com essa quantidade divide-se o resultado da multiplicação desses dois fatores, tempo padrão e massa pelo tempo disponível para fabricação, produção por tempo disponível fabricado para ser padrão de tempo integral (ROCHA, 2005).

4.2 SMED

A pesquisa (Gest. Prod. 2007) definiu o SMED, Single Minute Exchange of Die, como uma técnica de gestão de produção a qual visa reduzir o tempo de troca de ferramentas em máquinas industriais para menos de 10 minutos. Essa técnica é importante porque permite que a empresa produza em lotes menores, reduzindo o estoque e aumentando a flexibilidade para atender a demandas variáveis do mercado. Além disso, a redução do tempo de setup também pode aumentar a produtividade, já que a máquina fica menos tempo parada. Para implementar o SMED, é necessário fazer uma análise detalhada do processo de troca de ferramentas, identificando as atividades que não agregam valor e eliminando-as ou simplificando-as. É importante também envolver toda a equipe no processo, desde os operadores até a alta gestão, para que todos entendam a importância da técnica e contribuam para a sua implementação e melhoria contínua.

4.3. LEAN MANUFACTURING

A origem do sistema Lean Manufacturing foi após o fim da Segunda Guerra Mundial. Nesse período, o Japão foi devastado pela guerra e, portanto, não recursos suficientes para fazer os grandes investimentos necessários implementar sistema de produção em massa caracterizado por sistema de implante por Henry Ford e General Motors. Existem ainda outros entraves no país e obstáculos a superar, tais como: mercado interno limitado e exigem uma ampla gama de produtos; trabalho organizado, a existência de diversas montadoras do mundo, interessadas em entrar no Japão, entre outros. Diante desse problema, a indústria japonesa considera necessário repensar todo o sistema de produção. O seu objetivo é reduzir os desperdícios, ter maior qualidade dos produtos e redução do tempo de entrega ao cliente, a partir desse conceito de se produzir mais com cada vez menos, o sistema passou a ser denominado Lean Manufacturing por James P. Womack e Daniel T. Jones, em seu livro "A Máquina que Mudou o Mundo", o conceito foi destacado no mundo inteiro, devido a sua eliminação de desperdícios e elementos desnecessários que visam reduzir custos, a ideia base é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida (OHNO, 1997), ou seja, assim produzir a quantidade exata de um produto, de acordo com a demanda, sem a necessidade da formação de estoques. Já o método Kaizen: Baseado no PDCA (Plan, Do, Check, Action - Planejar, Fazer, Verificar e Agir). O Kaizen é uma técnica de resolução de problema, seu significado é melhoria contínua, com ela atribuiu-se melhoria de processo e sistema visando no conjunto envolvimento dos trabalhadores, pois tem por objetivo facilitar o

trabalho com redução de desperdício. Também chamado de Círculo de Kaizen mais adequada (Kishida, 2009), que desde 1964 sustenta o crescimento da Toyota, (KISHIDA, 2009). Qualquer empresa independente da sua nacionalidade pode se beneficiar do Kaizen. (IMAI, 1996).

Kanban: O controle de Kanban, Segundo SLACK (2002), é um método de operacionalizar o sistema de planejamento e controle puxado com isso é possível melhorar a comunicação e agilidade nas reposições de material diminuindo o tempo de linha parada. O sistema de utiliza o sistema de Gestão a vista integrando o time de trabalho tornando processos ágeis promove um ambiente sustentável. O Kanban visto por Moura (1989) como uma grande alternativa que por ser um sistema barato, qualquer empresa pode empregá-lo. O Kanban é dividido em dois Grupos Kanban de produção onde visa as atividades de montagem e Kanban de movimentação onde as produções são feitas em lotes para determinada etapa ou engrada a um fornecedor. “A teoria do Kanban não soa muito revolucionária nem parece afetar profundamente o desempenho, cultura, capacidade e maturidade de uma equipe e a organização na qual está inserida. Mas o impressionante é que afeta! O Kanban parece uma mudança pequena e, no entanto, muda tudo a respeito de uma empresa.” (ANDERSON, 2010). Outro método citado por Ribeiro (2015) fala sobre 5 Passos para implantação do Sucesso o maior desejo das empresas que tentam implantar o programa. Por ser uma base física e comportamental para o sucesso de outros programas, normas, ferramentas e sistemas de gestão, a grande maioria das empresas enfrentam grandes dificuldades para implantar o programa, criado na década de 50 por Kaoru Ishikawa, com o objetivo suprir as necessidades PÓS-GUERRA. O Programa demonstrou ser eficaz é considerado o principal instrumento de gestão da qualidade. Através deste sistema buscaram-se condições favoráveis a organização chamada dos cinco sentidos, Seiri, seiton, seiso, seiktsu, shitsuke. A esse respeito Ribeiro (2015) propõe que:

- Seiri - Senso de utilização: objeto ou materiais de trabalho de acordo com sua necessidade de utilização;
- Seiton - Senso de organização: objetos que são menos utilizados mais distantes ou guardados prioridade matérias que são utilizadas com mais frequência;
- Seiso - Senso de limpeza: local limpo e arrumado aumenta a satisfação nos funcionários;
- Seiktsu - Senso de padronização: gestão a vista aliado a padronização das matérias necessária contribuem para organização;

- Shitsuke - Senso de disciplina: cada deve fazer a sua parte para a manter ambiente organizado.

Lean é trazer as coisas certas para os lugares certos. Certo, quantidade certa, reduza o desperdício, seja flexível e aberto a mudar. O Lean Thinking consiste em um conjunto de princípios que visam simplificar o método. As organizações criam e entregam valor aos clientes e, ao mesmo tempo, o restante será liquidado. É orientado para a atividade com uma abordagem inovadora para as práticas de gestão. Eliminação gradual de desperdícios de forma a otimizar resultados por procedimento simples. Usado pela primeira vez por James Womack e Daniel Jones, (1996) na referência de mesmo nome. Desde então, o termo se espalhou pelo mundo. A aplicação refere-se a uma filosofia de gestão e liderança que visa: Eliminação sistemática de desperdícios e criação de valor. A indústria automotiva O berço da filosofia lean que há muito tempo cresceu e se desenvolveu para outras indústrias. O principal desafio no combate ao pensamento enxuto é o tamanho do investimento, tornam-se resíduos e afetam seriamente a competitividade dos negócios. Desperdício significa qualquer atividade que não agrega valor, ou seja, atividade. O mau uso de recursos contribui para o aumento de custos, tempo reclamações de clientes ou outras partes interessadas da empresa. A implementação do pensamento enxuto é alcançada usando uma variedade de ferramentas. Uma metodologia que permite a implementação. No entanto, para começar a aplicar sua organização precisa desta ferramenta e metodologia TPS/JIT, a mudança cultural, a vontade de mudar, precede-a (Pinto, 2006). Essa mudança de cultura envolve preferencialmente todos os membros da organização. Faz-se necessário iniciar com a alta administração. Uma maneira mais fácil de aumentar a conscientização mais importante do que a educação e a formação (Pinto, 2006). Os dois paradigmas filosóficos do TPS/JIT são a melhoria contínua e o trabalho árduo em equipe. O primeiro é o ciclo de melhoria contínua, PDCA (planejar, fazer, verificar, agir), (Pinto, 2006). Para participar livremente da operação da empresa e exercer a criatividade e a imaginação ao máximo A melhoria contínua como forma de obtenção de vantagem competitiva (Pinto, 2006). Lean Manufacturing significa "fazer mais com menos". Tempo, - Economia de Espaço, - Redução do Esforço Humano, - Redução de Equipamentos, - Redução de Materiais', (Dennis, 2008, p. 31). É um método completo de eliminação de resíduos, nada mais é do que um fator que agrega custo sem agregar valor. Ohno (1997) argumenta que o pensamento evoluiu porque esse sistema é necessário. Vamos mudar de ideia. Lean Manufacturing abrange uma

série de coisas. É crítico, mas é porque você não entende o sistema. Lean Manufacturing apresenta uma nova forma de pensar: Lean Thinking. Lean Thinking é uma filosofia de estratégia de negócios para melhorar a satisfação do cliente. Melhor aproveitamento dos recursos. De acordo com Dennis (2008, p. 35), as frases chaves do Lean são:

"A produção nunca pode parar": Isso enfatiza a importância da manutenção de fluxo contínuo na produção, minimizando paralisações e interrupções.

"Produzir apenas o que o cliente pediu": Isso se relaciona com a ideia de evitar superprodução e produzir apenas o que tem demanda real do cliente, reduzindo assim o desperdício de recursos.

"Produzir os objetos um de cada vez e movê-los rapidamente pelo sistema": Isso promove a produção de um item de cada vez para manter o fluxo suave e a movimentação rápida de produtos pelo sistema, reduzindo estoques e tempos de espera.

"Ter padrões visuais simples para todas as coisas importantes": Os padrões visuais ajudam a garantir que os processos sejam claros e facilmente compreensíveis, o que facilita a identificação de problemas e a padronização das melhores práticas.

"O pessoal mais próximo do trabalho desenvolve os padrões e chama os especialistas quando for necessário": Isso sugere que os funcionários que realizam o trabalho diariamente são os mais indicados para desenvolver padrões operacionais, mas podem buscar ajuda de especialistas quando necessário para melhorias.

5. METODOLOGIA

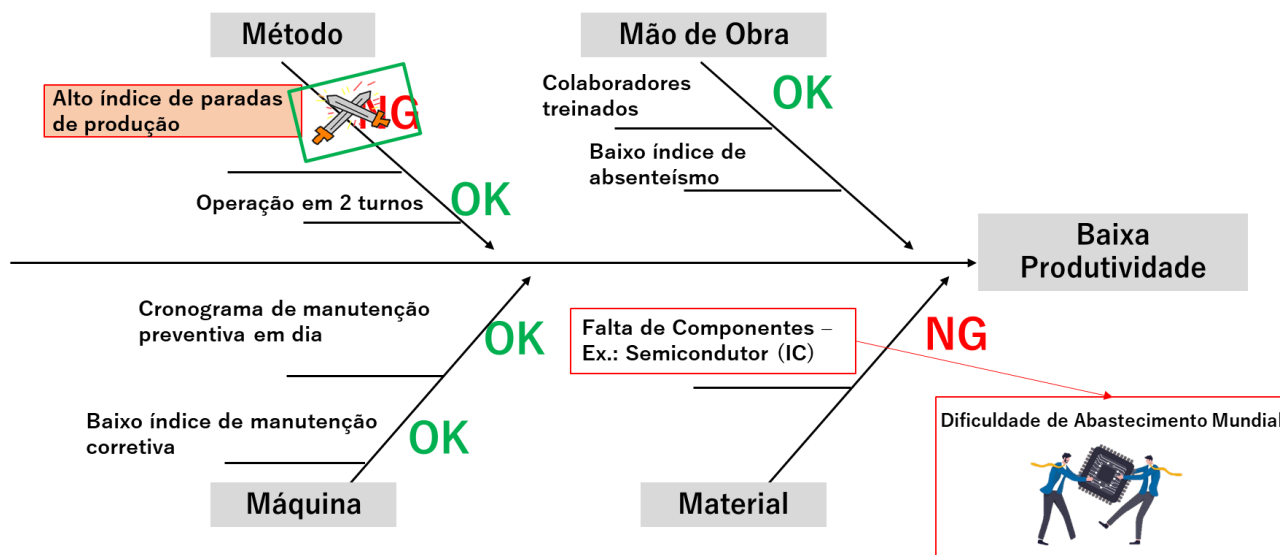
O presente estudo trata-se de uma pesquisa bibliográfica e estudo de caso, a qual foi realizada na Empresa na Categoria Indústria Automotiva em Manaus/AM consolidada no Brasil, que atende a produção de painéis de instrumentos de automóveis de duas rodas. Através de uma ação realizada de modo a maximizar o tempo de produção, usando o PIT STOP da Fórmula 1 como modelo para intervenção, esse trabalho, pode ser intitulado, pesquisa-ação, pois de acordo com MIGUEL (2012) é um tipo de pesquisa empírica, concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou resolução de um problema coletivo no qual os participantes e o pesquisador estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. O estudo se dividiu em duas fases, sendo que a primeira consistiu em uma análise da quantidade de horas paradas de produção de montagem de placas de circuito impresso, observando-se os principais fatores que possibilitaram tal fato, fluxo produtivo, os principais tipos de eixos fabricados e, com a proposta de reduzir as quantidades de horas paradas de forma a aumentar a produtividade para atendimento ao plano de produção, reduzir de um tempo de setup de 10 min para 2 min (redução de 78%), devido a identificação de um alto

índice de paradas de produção, com estudos de implantação das soluções através de brainstorming duas possibilidades foram abordadas e serão citadas neste trabalho. A segunda fase consistiu em pesquisas bibliográfica que consiste em trazer teóricos que comprovem as técnicas e métodos propostos nesse estudo.

6. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Considerando que se faz necessário aumentar a produtividade, foi analisada as quantidades de horas paradas a fim de entender quais áreas dentro dos 4Ms (Máquina, Material, Método e Mão de Obra) contribuem para o não atendimento ao plano de produção, conforme figura 2 abaixo.

Figura 2 – Análise 4M da baixa produtividade da linha SMT



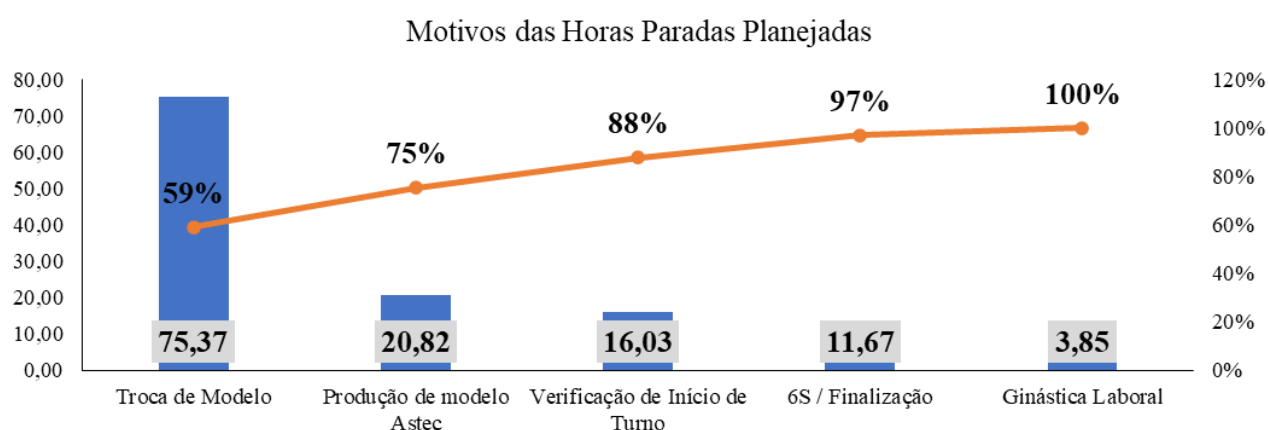
Fonte: Os autores (2023)

Dentro dos 4Ms, pode-se perceber que os operadores eram bem treinados e tinham baixo índice de absenteísmo o que justifica o fato da categoria Mão de Obra não ser um fator preponderante para a baixa produtividade. Na categoria máquina, por sua vez, foi constatado um

baixo índice de manutenção isso muito provavelmente devido ao fato de as manutenções preventivas estarem dia com seus cronogramas. Já nas categorias Material e Métodos, foram encontrados pontos relevantes para a viabilização da perda de produtividade. Dentre essas duas categorias, a primeira apresenta uma dificuldade de abastecimento de semicondutores, porém como esse fator não pode ser controlado pelo fato de ser uma crise no fornecimento pela cadeia suprimentos global das fabricantes orientais e ocidentais, a hipótese foi descartada do estudo (TRIVEDI, 2021).

Contudo, dentro da categoria Método foi possível perceber um alto índice de paradas de produção. Por esse motivo, foi realizado o diagrama de Pareto conforme figura 3, afim de entender os principais da quantidade de horas paradas que contribuiu para a baixa produtividade da linha de produção.

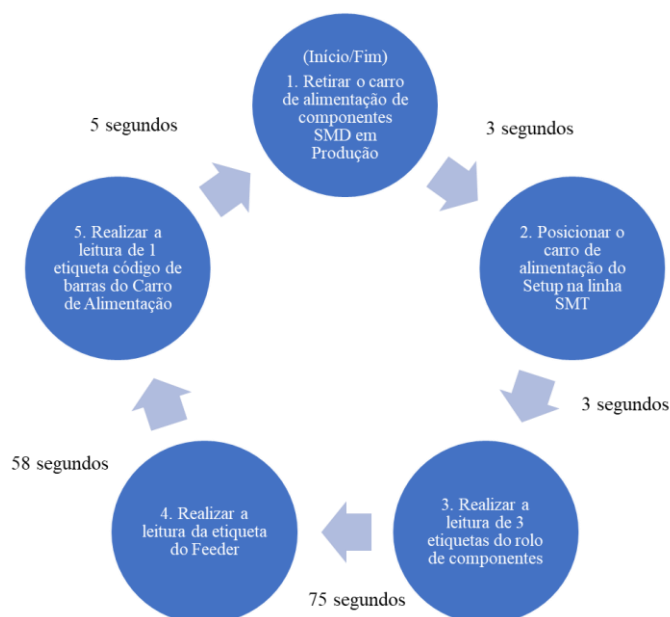
Figura 3 – Principais fatores contribuintes para o índice de horas paradas planejadas



Fonte: Os autores (2023)

Dentre os fatores apresentados que possibilitam o índice de paradas planejadas, pode-se perceber que a Troca de Modelo aparece como o principal motivo. Por isso, foi decidido pelo setor de Engenharia avaliar minuciosamente toda a etapa do processo de troca de modelo conforme identificado no fluxograma da figura 4.

Figura 4 – Fluxograma para troca de modelo (antes da melhoria)

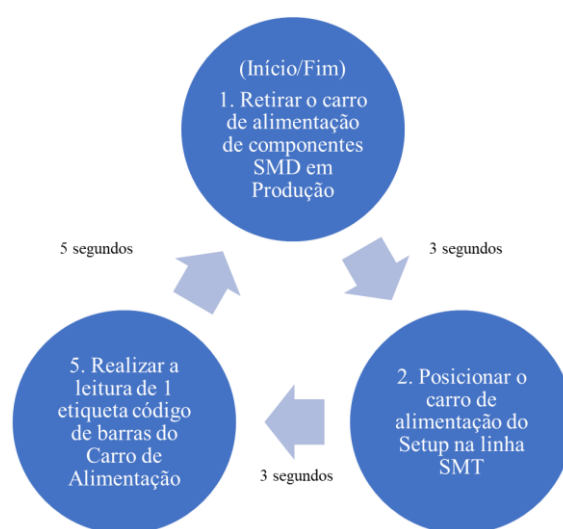


Fonte: Os autores (2023)

(Gest. Prod. 2007) enfatiza que o estágio preliminar da ferramenta SMED oferece inicialmente apenas os parâmetros de tempo inicial das atividades realizadas no setup. Com base nisso, para obter os tempos das atividades, foi utilizado um cronômetro para aferir tempo do método, em seguida uma entrevista com operadores. Sendo assim, foi obtida a conclusão de que o processo de leitura das etiquetas para validação da montagem do tipo de componente na placa de circuito impresso é o processo que apresentou mais tempo. Considerando o fluxo do processo 1→2→3→4→5 e o fato de que os tempos coletados acima são provenientes de apenas 1 máquina inseridora de componentes e a linha de produção possui 4 máquinas, o tempo de setup total realizava-se em 10 minutos.

Com a utilização de script de macro VBA do software excel, foi elaborado um relatório que permitia a validação dos componentes, em outras palavras as fases 3 e 4 da figura 4 (acima), fora da linha. Isso fez com que todo o processo gargalo, que levava mais tempo, fosse realizado enquanto a linha continuava em produção, conforme Figura 5.

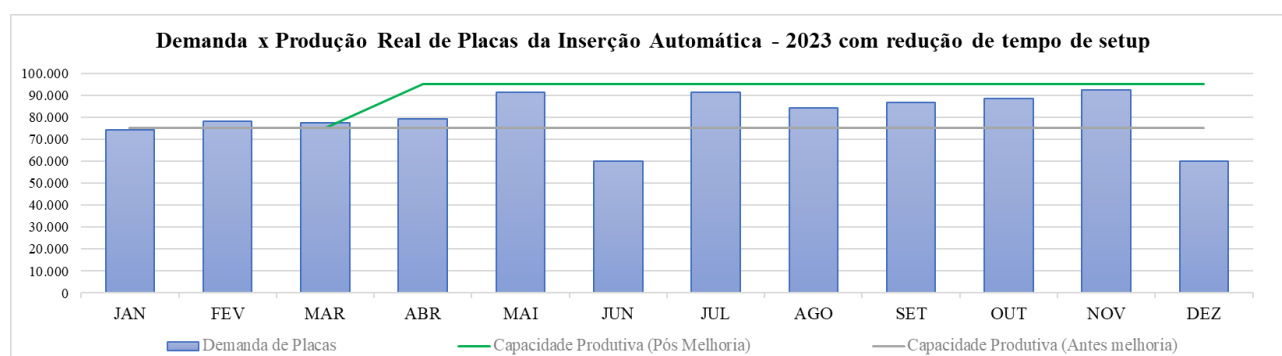
Figura 5 – Fluxograma para troca de modelo (após a melhoria)



Fonte: Os autores (2023)

Dessa forma, observa-se através da figura 5, o fluxo do processo produtivo considera nesse momento as fases 1→2→5, o tempo do setup para 1 máquina se resume à 15 segundos e para as 4 máquinas, o tempo total de setup em 1 minuto demonstra uma redução de 75% e o efeito dessa melhoria pode ser identificado na Figura 6, no plano de atendimento após a melhoria.

Figura 6 – Análise de atendimento ao plano de produção (situação após o projeto de melhoria)



Fonte: Os autores (2023)

3 CONCLUSÃO

Com base nos resultados, pôde-se observar que houve um aumento considerável de produtividade, quando se compara o primeiro trimestre e o segundo trimestre. Devido ao aumento de produção, satisfatoriamente o setor de engenharia da empresa conseguiu atingir uma melhoria

suficiente para atender a demanda do cliente interno Montagem Final. Considerando-se que a meta de redução inicial era reduzir 80% o tempo de setup, de 10 minutos para 2 minutos, o resultado superou as expectativas, chegando a 90% por de redução, o equivalente a 1 minutos para 4 máquinas e 15 segundos por máquina. Isso se fez possível graças à implementação bem-sucedida do plano de ação e seu acompanhamento durante todo o mês de contando com colaboração de todos os setores envolvidos nesse processo. Ademais, este trabalho é o início para a linha de pesquisa SMED para troca rápida, que visou atingir o aumento de produtividade para produção dos painéis de instrumento e seus resultados podem servir de suporte para próximos estudos da mesma natureza. Como sugestão para trabalhos futuros, é recomendado aprofundar a análise com o foco nos ganhos financeiros obtidos através dos dados levantados para a lucratividade da empresa.

REFERÊNCIAS

VASCONCELOS, Lucas. **Produção de motocicletas no Polo Industrial de Manaus cresceu 18%, aponta Abraciclo**. Acrítica, 2023. Disponível em: <https://www.acritica.com/politica/producao-de-motocicletas-no-polo-industrial-de-manaus-cresceu-18-aponta-abraciclo-1.291812>. Acesso em 15 de abril de 2023.

BENZER, R.; AGPAK, K.; GOKCEN, H. **Balancing of parallel assembly lines**. *International Journal of Production Economics*. Turquia, v. 103, n. 2, p. 600-609, 2006.

FERRAZ, João C.; KUPFER, David; HAGUENAUER, Lia. **Made in Brazil: desafios competitivos para a indústria**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

Trivedi, Anjani. *The Long-Term Costs of Shortcuts in the Semiconductor Crisis*, bloomberg, 2021.

SUGAI, Miguel; MCINTOSH, Richard; NOVASKI, Olívio. **Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso**. *Gestão & Produção*, 2007. Disponível em: <https://doaj.org/article/887b8d21c9d44faaad13980dc88df08e>. Acesso em 15 de abril de 2023.

BOYSEN, N.; FLIEDNER, M.; SCHOOL, A. **A classification of assembly line balancing problems**. *European Journal of Operational Research*, vol. 183, p. 674-693, 2007.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2a. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

EREL, E.; SARIN, S.C. **A survey of the assembly line balancing procedures**. *Production Planning and Control*, vol. 9, p 414-434, 1998.

FILHO, Mauro Rezende; DURANTE, Felipe. **Aumento da disponibilidade em uma linha smt através da redução do tempo de setup.** In: Anais do Simpósio de Engenharia de Produção - SIMEP. Anais...Joinville(SC) UDESC/UNIVILLE, 2017. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/5simep/42661-AUMENTO-DA-DISPONIBILIDADE-EM-UMA-LINHA-SMT-ATRAVES-DA-REDUCAO-DO-TEMPO-DE-SETUP>>. Acesso em: 01/05/2023 05:42

FRAZZON, E. M., & CAMPOS, L. M. DE S. (2016). EDITORIAL. REVISTA PRODUÇÃO ONLINE, 16(4), 1116–1117. [HTTPS://DOI.ORG/10.14488/1676-1901.V16I4.2655](https://doi.org/10.14488/1676-1901.V16I4.2655).

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Thomson Learning, 2002.

HAMTA, N.; GHOMI, S.M.T.F.; JOLAI, F.; SHIRAZI, M.A. **A hybrid PSO algorithm for a multi-objectives assembly line balancing problem with flexible operation times, sequence-dependent setup times and learning effect**. International Journal Production Economics, vol. 141, p 99-111, 2013.

KIMMS, A. **Minimal investment budgets for flow line configuration**. Institute of Industrial Engineers Transactions, v. 32, n. 4, p. 287-298, 2000.