

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
LUCAS CARVALHO MARTINS

**MELHORIA CONTÍNUA: ANÁLISES E MELHORIAS DE PROCESSO DE PRODUÇÃO NA
CÉLULA 258 VISANDO O AUMENTO DE OUTPUT DA PEÇA GUARNIÇÃO PARA
VEDAÇÃO**

Varginha
2024

LUCAS CARVALHO MARTINS

**MELHORIA CONTÍNUA: ANÁLISES E MELHORIAS DE PROCESSO DE PRODUÇÃO NA
CÉLULA 258 VISANDO O AUMENTO DE OUTPUT DA PEÇA GUARNIÇÃO PARA
VEDAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Fabiano Farias

**Varginha
2024**

LUCAS CARVALHO MARTINS

**MELHORIA CONTÍNUA: ANÁLISES E MELHORIAS DE PROCESSO DE PRODUÇÃO NA
CÉLULA 258 VISANDO O AUMENTO DE OUTPUT DA PEÇA GUARNIÇÃO PARA
VEDAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para a obtenção de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: / /

Prof.

Prof.

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela força que me deu durante a caminhada, a meus pais que sempre me apoiaram e a todos os demais presentes durante essa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que estiveram ao meu lado, me apoiando e incentivando se fazendo presente em minha vida nesses 5 anos, e que sempre me deram forças para concluir meus objetivos. E agradeço a todos os professores pelo empenho, e pelos ensinamentos.

“No lugar certo você brilha diferente”

José Jeivyson

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo o aumento da produtividade e o aprimoramento do aproveitamento da mão de obra no processo de injeção de polímeros, especificamente na produção de peças de vedação para o setor automobilístico. A pesquisa foi conduzida em uma empresa do ramo automobilístico, onde a alta produtividade é essencial para atender às exigências das montadoras de automóveis. O estudo foca na análise técnica dos parâmetros do processo de injeção de EPDM nas injetoras, assim como no mapeamento do fluxo de layout e da execução das tarefas manuais pelos operadores. Ao identificar oportunidades de melhoria nos ajustes dos parâmetros de processo e nas operações realizadas pelos trabalhadores, o trabalho visa aumentar a capacidade de produção, reduzir os tempos de ciclo e, conseqüentemente, melhorar os lucros da empresa. A implementação dessas melhorias técnicas e operacionais visa otimizar a utilização dos recursos humanos e garantir o melhor retorno sobre os investimentos feitos no projeto. O estudo também destaca a importância de testes e análises para o crescimento produtivo e a eficiência no processo produtivo.

Palavras-chave: Produtividade. Mão de obra. Melhoria. Capacidade.

ABSTRACT

This work aims to increase productivity and improve the use of labor in the polymer injection process, specifically in the production of sealing parts for the automotive sector. The research was conducted in an automotive company, where high productivity is essential to meet the demands of car manufacturers. The study focuses on the technical analysis of the parameters of the EPDM injection process in the injection molding machines, as well as mapping the layout flow and the execution of manual tasks by the operators. By identifying opportunities for improvement in the settings of process parameters and in the operations carried out by the workers, the work aims to increase production capacity, reduce cycle times and, consequently, improve the company's profits. The implementation of these technical and operational improvements aims to optimize the use of human resources and guarantee the best return on the investments made in the project. The study also highlights the importance of testing and analysis for productive growth and efficiency in the production process.

Keywords: *Productivity. Workforce. Improvement. Capacity.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Tempo de injeção antigo	19
Figura 2: Tempos operacionais antes	20
Figura 3: Cabeçalho da FTP desbalanceada	20
Figura 4: Novo tempo de resfriamento	22
Figura 5: Tempos operacionais depois	22
Figura 6: Cabeçalho da FTP balanceada	23
Figura 7: Ganhos	23
Figura 8: Ganhos/hora	24
Figura 9: Planilha de produção 2025	24
Figura 10: Ganho final	25

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Aumento de produtividade	13
2.1.1 Estudo de tempo e movimento	13
2.1.2 Fluxograma de processo	14
2.1.3 Cronoanálise	14
2.1.4 Balanceamento de produção.....	14
2.2 Injeção de materiais plásticos	14
2.2.1 Mecânica de injeção	16
2.2.2 Parâmetros de injeção.....	16
2.3 Termoplástico vulcanizado (TPV).....	17
3. ESTUDO DE CASO	18
3.1 Tempo de injeção.....	18
3.2 Aumento de capacidade.....	19
4. RESULTADOS E DISCUÇÕES	21
4.1 Projeto de aumento produtivo	21
4.2 Parâmetro ajustado	21
4.3 Cronoanálise atualizada.....	22
4.4 Ganho financeiro	23
CONCLUSÃO	26

1. INTRODUÇÃO

O ganho de produtividade envolve análises e testes realizados sobre determinado processo visando o crescimento produtivo e o melhor aproveitamento da mão de obra disponível. Tal ganho é de grande importância para as empresas, por contribuir com o crescimento do lucro. Estudos envolvendo as análises e os testes são realizados sobre o processo produtivo, composto por dois operadores e uma injetora de plásticos LWB, visando o aumento de capacidade. O conhecimento técnico sobre parâmetros do processo de injeção e análise de estudo de tempo e fluxo de layout, aliado com a oportunidade de ganho de *budget* no projeto abre a possibilidade de ganho de mão de obra e crescimento produtivo.

O estudo será realizado em uma empresa do ramo automobilístico, onde o sucesso da empresa depende da alta produtividade, pois tem de atender às demandas anuais impostas pelos clientes, que são as montadoras de automóveis.

Este trabalho tem como objetivo o aumento de produtividade e a busca do melhor aproveitamento possível da mão de obra disponível no processo de injeção de polímeros, para peças de vedação no setor automobilístico. O aumento da produção está diretamente ligado ao crescimento do lucro da empresa, e o bom aproveitamento da mão de obra contribui para que a empresa veja o seu investimento no projeto ser melhor aproveitado.

O trabalho busca relacionar melhorias técnicas, no que se diz respeito a ações e modificações sobre o equipamento, e melhorias operacionais voltadas para as operações manuais realizadas pelos operadores. Para realização do projeto foi necessário acompanhar o processo produtivo da célula e entender tecnicamente o processo de injeção de EPDM nas injetoras e moldes, devido a contribuição que o ajuste de parâmetros e ganhos de tempo nas ações operacionais podem oferecer para o aumento de produtividade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O aumento de produção é um dos principais objetivos das empresas que buscam maior competitividade e sustentabilidade no mercado. Com a crescente demanda por eficiência e a necessidade de otimizar processos, a capacidade produtiva tornou-se um fator estratégico em diversos setores. Segundo Chiavenato (2019), a administração eficiente da produção é essencial para que as empresas consigam alcançar seus objetivos operacionais, garantindo que os recursos disponíveis sejam utilizados de maneira eficaz. Assim, estudar o aumento de produção possibilita entender como as empresas podem adaptar suas práticas e alcançar melhores

resultados sem comprometer a qualidade dos produtos. Entender e identificar todos os possíveis pontos de melhoria é fundamental para a maior eficiência produtiva, tais pontos podem ser ligados à reduções de tempo de atividades manuais (dos operadores) e atividades automatizadas (dos equipamentos presentes no processo).

2.1 Aumento de produtividade

Os estudos e análises para aumentar a produtividade nas fábricas, especialmente na indústria de produção brasileira, se baseia na redução ou eliminação do tempo ocioso de trabalhadores, máquinas e materiais. Conseguindo reduzir ou até excluir o tempo ocioso, combinando com a melhor utilização de seus recursos, as empresas terão como resultado o aumento de produtividade.

O tempo inativo, chamado também de espera ou parada, seja do homem, da máquina e/ou do material, são os maiores causadores da ineficiência presente dentro das indústrias brasileiras.

Diante as atividades que buscam a eliminação desses tempos inativos, surge um potencial para aumentar a produtividade dentro do processo estudado. Uma das atividades mais importantes na busca pela eliminação do tempo ocioso, principalmente tratando dos operadores, é o estudo de tempo que determina o tempo necessário para realizar uma operação, como também para achar um padrão de referência de produção com o objetivo de determinar a capacidade produtiva da empresa, elaborar programas de produção, determinar o valor de mão-de-obra, julgar o custo de um novo produto durante o período de criação, balancear as linhas de produção e montagens (PEINADO;GRAEML, 2007).

2.1.1 Estudo de tempo e movimento

O estudo de tempo e movimento é um método que consiste em registrar, medir e avaliar todas as ações necessárias para realizar uma determinada tarefa.

Criado por Frederick Winslow Taylor, esse método começou com o foco na medição do tempo das atividades nas indústrias. Depois, Frank e Lillian Gilbreth melhoraram essa técnica, adicionando também uma análise dos movimentos feitos pelos trabalhadores.

O principal objetivo do estudo de tempo e movimento é cronometrar quanto tempo cada tarefa leva, e identificar os movimentos essenciais para sua execução, buscando reduzi-los ou reestruturá-los (NAVARRO, 2024).

Duas ferramentas importantes que complementam o estudo de tempo para identificar a eficiência e o melhor desempenho do processo são os chamados fluxograma de processos e cronoanálise.

2.1.2 Fluxograma de processo

O fluxograma de processo é uma das principais formas de representar os processos graficamente, sendo uma ferramenta essencial para qualquer organização que busca melhorar sua eficiência e eficácia operacional (CHARLES PRADA, 2020).

Esta ferramenta concede uma representação mais clara e direta do fluxo de operações, contribuindo para a identificação de ineficiências, e conseqüentemente a implementação de melhorias podendo diminuir custos ou elevar o desempenho e a produtividade (CHARLES PRADA, 2020).

Tem como objetivo descrever todas as operações que são necessárias para confecção do produto acabado. Tem como objetivo identificar os tipos de atividades e mostrar o andamento do fluxo de materiais, pessoas ou informações, tendo como vantagem o aperfeiçoamento do processo, assim aumentando sua eficiência (SLACK et al., 2009).

2.1.3 Cronoanálise

A cronoanálise visa principalmente avaliar a capacidade produtiva de um setor ou linha de produção. Baseado na medição do tempo necessário para executar diversas tarefas, essa técnica ajuda a identificar a eficiência das operações e a promover melhorias

Por meio da cronoanálise é possível reconhecer o tempo necessário de cada tarefa presente no processo produtivo. Baseado nos tempos coletados pode-se identificar o gargalo da operação, que se trata da etapa ou atividade que limita a capacidade total do processo.

E é sobre a etapa/operação gargalo que as melhorias devem ser primeiramente aplicadas, envolvendo alteração de layout, reorganização do fluxo de trabalho e mudança de atividades operacionais, visando realizar o balanceamento de produção, que capacita o projeto para uma maior produtividade.

A cronoanálise significa realizar análises dos tempos que um operador leva para executar uma tarefa dentro do processo produtivo, sendo admitido um tempo e tolerância para as necessidades pessoais, quebras de máquinas admissíveis, manutenções corretivas entre outros. Toda viabilidade econômica, planejamento e previsões, arranjo físico da indústria,

capacidade das máquinas e humana, programação de produção de acordo com as metas, controle de estoque, custos de produção, organização geral da empresa, entre outros, são os benefícios que a cronoanálise pode trazer para as indústrias (ANDRADE, 2019).

2.1.4 Balanceamento de produção

O balanceamento de linha é uma técnica que organiza a produção ao distribuir uma carga de trabalho de forma equilibrada entre os processos e postos de trabalho em uma indústria. Esse método ajuda a evitar pontos de congestionamento e a melhorar o aproveitamento da capacidade produtiva, pois garante que cada etapa da produção tenha uma quantidade de tarefas bem distribuídas. Com isso, o fluxo produtivo se torna mais eficiente, reduzindo o tempo ocioso e os custos, além de aumentar a produtividade ao eliminar esperas desnecessárias dentro do processo produtivo (SOUZA, 2024).

Balancear uma linha de produção significa ajustá-la para atender à demanda, aproveitando ao máximo os postos de trabalho ou estações. O objetivo é padronizar o tempo que cada unidade leva para ser processada em cada estação, mantendo o ritmo entre as etapas e garantindo que o fluxo de produção seja o mais contínuo e eficiente possível. Dessa forma, cada etapa trabalha em harmonia com o demais, evitando paradas e garantindo uma produção ágil e alinhada. (OLIVEIRA, 2001).

Em toda gestão de produção existe uma estratégia de balanceamento da produção, assegurando de forma eficaz que todo o tempo e operação para se produzir determinado produto seja distribuído de forma uniforme entre todos os operadores de um modo padronizado. Durante a criação das linhas de montagem de produção em massa o balanceamento era realizado por tentativa e erro, sem a presença de ferramentas para auxiliar no trabalho de padronização da produção (ANDRADE, 2019).

2.2 Injeção de materiais plásticos

Há mais de um século, desde 1912, começaram a surgir os primeiros revestimentos poliméricos na indústria automotiva. Atualmente, os materiais plásticos estão presentes em diversas áreas e seu uso cresce constantemente nas indústrias de construção civil, automotiva, alimentícia, médica, têxtil, entre outras. Para transformar a resina polimérica em matéria-prima e produto final que atendam a essa demanda, o processamento adequado e o desenvolvimento de técnicas de transformação tornam-se fundamentais. Um dos métodos de produção mais

comuns para fabricar produtos plásticos é o método de injeção que tem como objetivo moldar peças plásticas nos mais variados e complexos formatos, forçando ao material sob pressão dentro de uma cavidade, preenchendo todo o molde (AFINKO POLÍMEROS, 2018).

O processamento de polímeros ocorre em altas temperaturas para permitir a fusão do material, exigindo um conhecimento profundo sobre o comportamento da matéria-prima em relação ao fluxo e às características de solidificação, de modo a relacionar as condições de processamento com as propriedades finais do produto (AFINKO POLÍMEROS, 2018).

2.2.1 Mecânica de injeção

Através de um funil, o material é direcionado para a rosca, sem fim encontrada no interior da máquina, que tem a função de transportar, fundir, misturar, homogeneizar e plastificar o material. Finalizando o percurso, o material é injetado no molde através do bico de injeção. É importante que a pressão de injeção seja mantida até que todas as cavidades do molde estejam preenchidas, e até que todo material injetado tenha se solidificado com a ajuda do sistema de resfriamento contido no molde. Ao final das etapas citadas, a peça moldada pode ser retirada, tendo segmento no processo. O ciclo completo do processo de injeção compreende as seguintes etapas: fechamento do molde, injeção do material fundido, recalque, resfriamento, abertura de molde e extração da peça. (PRIMO INDUSTRIAL TERMOPLÁSTICOS LTDA)

2.2.2 Parâmetros de injeção

A injeção de polímeros desempenha um papel crucial na indústria de plásticos, sendo amplamente empregada na fabricação de diversos produtos, que vão desde componentes automotivos até embalagens. A qualidade do produto final está diretamente ligada à definição dos parâmetros de injeção ideais para o polímero, como temperatura, pressão, velocidade de injeção e tempo de resfriamento.

- **A temperatura de processamento:** Parâmetro crucial no processo de injeção de polímeros. O controle adequado da temperatura é fundamental para garantir uma fusão eficaz do material, a qualidade da peça produzida e as características finais do produto. Para determinar a faixa de temperatura ideal para o polímero utilizado, muitas vezes são necessários testes preliminares e experimentos.

- **Pressão de injeção:** Exerce grande influência na qualidade da peça moldada. Deve ser ajustada conforme o tamanho da peça, a complexidade do molde e as propriedades do material. Uma pressão muito baixa pode resultar em defeitos como falta de preenchimento ou formação de vazios, enquanto uma pressão excessiva pode gerar distorções, rebarbas ou tensões indesejadas no produto final. Encontrar o equilíbrio correto geralmente exige testes e ajustes iterativos.
- **A velocidade de injeção:** Fator importante que precisa ser cuidadosamente monitorado. Velocidades excessivamente altas podem gerar turbulências no fluxo do polímero, resultando em defeitos na peça. Por outro lado, uma velocidade muito baixa pode causar um preenchimento incompleto do molde. A determinação da velocidade ideal depende de uma análise detalhada da geometria do molde, das propriedades do polímero e das condições de resfriamento.
- **Tempo de resfriamento:** É a última etapa do processo de injeção. O polímero precisa esfriar o suficiente para se solidificar e manter a forma desejada antes de ser ejetado do molde. O tempo necessário para esse resfriamento depende de fatores como a espessura da peça, as propriedades térmicas do material e a eficiência do sistema de resfriamento. Para garantir um resfriamento otimizado, são realizados testes práticos que ajustam esse parâmetro conforme as especificações do produto.

A escolha adequada desses parâmetros é fundamental não apenas para garantir que o produto atenda às especificações estabelecidas, mas também para maximizar a eficiência do processo produtivo.

2.3 Termoplástico vulcanizado (TPV)

O Termoplástico Vulcanizado (TPV) é um material que combina as propriedades dos termoplásticos com as da borracha vulcanizada, e tem se destacado na indústria por suas características singulares e pela versatilidade de suas aplicações.

Surge da combinação de poliolefinas (termoplásticos) e elastômeros (borrachas), que passam por um processo de vulcanização em condições controladas. E tal processo transforma o material conferindo-lhe características semelhantes às da borracha vulcanizada, mas mantendo a capacidade de ser processado como um termoplástico.

O Termoplástico Vulcanizado (TPV) se consolidou como uma solução altamente versátil e resistente no campo dos materiais poliméricos unindo propriedades desejáveis dos termoplásticos e das borrachas vulcanizadas, ele oferece um material que pode ser moldado, reciclado e que apresenta boa resistência a condições extremas (importante para o sistema de vedação automobilístico). Indústrias focadas em sustentabilidade, eficiência e longevidade podem se beneficiar significativamente do TPV. No entanto, é fundamental avaliar as opções disponíveis e garantir a escolha de um TPV de qualidade superior para assegurar os melhores resultados em suas aplicações.

3. ESTUDO DE CASO

O projeto foi elaborado e executado em uma empresa do ramo automobilístico localizado na cidade de Varginha, no sul de Minas Gerais. A empresa tratada no estudo concilia operações manuais, automatizadas e semi-automatizadas, em um formato abundante.

Foi acompanhado um determinado processo produtivo formado por dois operadores, responsáveis pelas etapas manuais de produção, e uma injetora LWB, utilizada para realizar o processo de injeção automatizada, e claro, vale ressaltar que as operações semi-automatizadas, combinam as ações de um dos operadores com o equipamento em questão.

O estudo de caso foi realizado durante o período de 2 meses tempo em que foram feitas as análises com o objetivo de desenvolver o balanceamento produtivo e de determinar a real capacidade do processo.

A análise foi realizada em duas etapas, onde primeiramente foi analisada a possibilidade de alteração do tempo de injeção do equipamento que é definido como o tempo em que a prensa se encontra fechada realizando as etapas automáticas (período onde o material injetado preenche as cavidades do molde e é vulcanizado), que conseqüentemente diminuiria o tempo necessário para a produção das peças, e também a realização de todas as atividades de acompanhamento necessárias para determinar se existe a possibilidade de elevar a capacidade produtiva do processo alterando o fluxograma de processo ou alterando as atividades dos operadores por exemplo.

3.3 Tempo de injeção

Foi necessário verificar a possível diminuição do tempo de injeção, pois o material injetado precisa preencher totalmente as cavidades do molde, assim formando a peça, e ficar

completamente resfriada, e ambas as necessidades citadas dependem de um tempo de injeção correto para não sofrerem impacto negativo.

Figura 1: Tempo de resfriamento antigo



Fonte: O autor

Na figura 1 é mostrado o painel IHM da injetora do estudo, mostrando o antigo tempo de resfriamento (23 segundos) utilizado no processo de injeção. Quanto maior o tempo de resfriamento, maior será o tempo automático do equipamento, dito isso, pode-se afirmar que alterações em tal parâmetro, interfere na capacidade produtiva hora x hora.

3.2 Aumento de capacidade

Para dar seguimento ao estudo, foram feitas as etapas necessárias buscando o aumento de produtividade. Foi analisado o documento FTP (folha de trabalho padronizado) do processo para que fosse possível identificar as atividades dos operadores e possíveis desbalanceamentos entre elas, e após a verificação do documento foi feito uma gravação de todas as etapas do processo para realizar a cronoanálise, que possibilitará identificar possíveis melhorias nas atividades que contribuirão para que a produção seja maior que 31 peças por hora.

Figura 2: Tempos operacionais antes







No.	Descrição	Tempo Manual	Tempo Automático	Tempo de Espera
Operador 1				
1	Moldagem (Ciclo - 2 peças)	35,0	40,0	40,0
2				
3				
		86,3		
Operador 2				
1	Marcar 1ª pinta (Ciclo - 2 peças)	6,0		
2	Organizar peças + rebarbar (Ciclo - 2 peças)	13,0		
3	Organizar + passar primer (Ciclo - 2 peças)	14,0		
4	Colocar clip na moldagem (Ciclo - 2 peças)	32,0		
5	Colar tape + marcar 2ª pinta (Ciclo - 2 peças)	28,0		
6	Embalar (Ciclo - 2 peças)	6,0		
		113,9		

Fonte: Cooper Standard Automotive

Na figura 2 é possível observar a quantidade de operadores, todas as atividades presentes dentro do processo produtivo do projeto e os tempos destinados a cada atividade. O tempo de cada atividade é definido pelo tempo de filmagem operacional dividido pelo número de peças produzidas no período do vídeo e são separados em tempos manuais, automáticos e de espera. Automaticamente são somados os tempos de espera e manuais de cada operador multiplicado pela ineficiência de 1,15 gerando então o tempo que cada operador, de acordo com suas atividades, leva para finalizar um ciclo produtivo. E destacado na imagem, em amarelo, está o gargalo da operação com 113,9 segundos para finalizar um ciclo.

A figura 3 a seguir, necessita dos tempos tratados anteriormente na figura 2, pois é baseado no gargalo que será definida a meta hora x hora do projeto. Uma hora equivale a 3600 segundos, basta dividir este tempo em segundos, pelo gargalo de 113,9 segundos já definido, e então será possível encontrar a capacidade do processo e definir a meta dos operadores.

Figura 3: Cabeçalho da FTP desbalanceada

Área: Célula		Descrição dos Produtos:			Página:	
Processo: Acabamento		B PILLAR			1 de 1	
Nº de Operadores 2	Carros x Hora 31	Takt Time (seg/pçs) 116,1	T. Ciclo (seg/pçs) 113,9			
Avanço ----- Retorno -----	Característica Segurança 	Característica Crítica 	Segurança 	SWIP 	Qualidade 	Poka Yoke 

Fonte: O autor

É representado na figura 3 o cabeçalho da FTP do processo sem modificações, mostrando a capacidade de produção e o tempo gargalo do processo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base no seguimento das análises foi possível encontrar resultados positivos, e realizar a execução de todo o projeto, desde a análise ao entendimento de tudo que compõe o processo produtivo, até o aumento da produtividade.

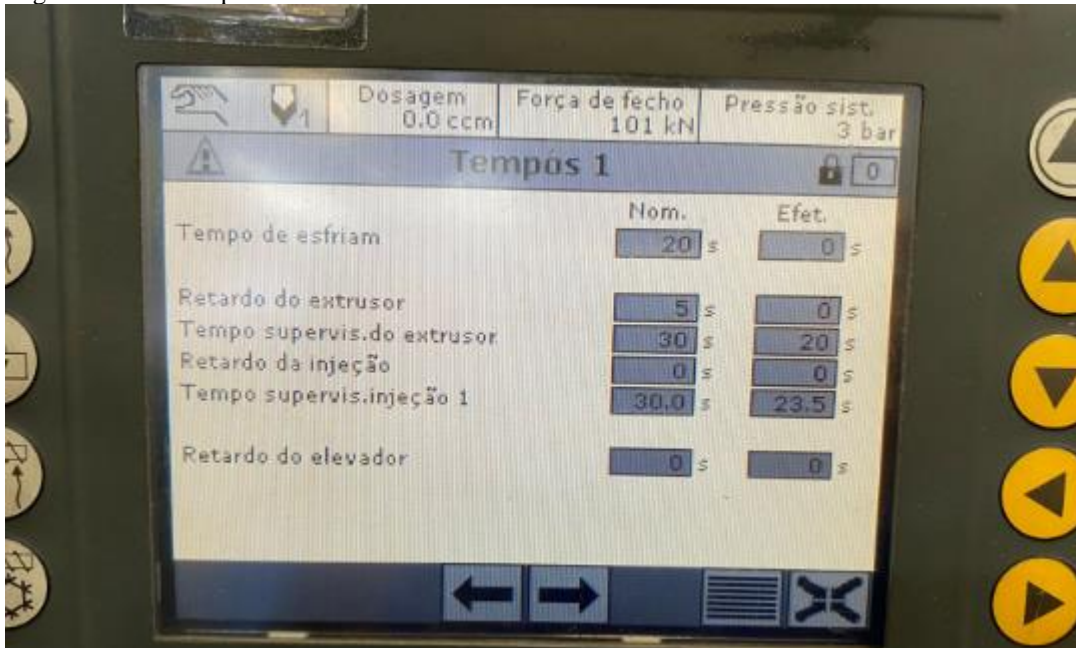
4.1 Projeto de aumento produtivo

O projeto de aumento produtivo da célula foi realizado pelo time de engenharia de acabamento, que possui total liberdade dentro do chão de fábrica para realizar este tipo de atividade, contanto que seja viável. O ajuste de um dos parâmetros da injetora e a cronoanálise possibilitaram o balanceamento produtivo entre os operadores e o aumento produtivo para o projeto.

4.2 Parâmetro ajustado

Através do acompanhamento produtivo, foi possível alterar o tempo de resfriamento final do molde, que de 23 segundos, foi modificado para 20 segundos. Tal alteração, não compromete a qualidade final do produto e possibilita o ganho em tempo automático do equipamento, fazendo com que o operador tenha menos tempo ocioso. É importante ressaltar que o ganho em tempo automático possibilitou uma alteração na cronoanálise, contribuindo com o aumento de produtividade por hora. A seguir na figura 4 é demonstrada a modificação do tempo de resfriamento de 23 segundos para 20 segundos, tornando possível o ganho de 3 segundos dentro da operação para cada ciclo de produção, sem interferir na qualidade final da peça moldada.

Figura 4: Novo tempo de resfriamento



Fonte: O autor

4.3 Cronoanálise atualizada

Através do acompanhamento produtivo e realização de todas as etapas que compõem a cronoanálise, além da diminuição do tempo de resfriamento do molde, também foi possível dividir operações entre os dois operadores do processo, e tal atividade foi de grande importância para a capacitação visando o aumento produtivo da célula.







Figura 5: Tempos operacionais depois

No.	Descrição	Tempo Manual	Tempo Automático	Tempo de Espera
Operador 1				
1	Moldagem (Ciclo - 2 peças)	35,0	37,0	5,0
2	Colocar clip na moldagem (Ciclo - 2 peças)	32,0		
3				
		82,8		
Operador 2				
1	Marcar 1ª pinta (Ciclo - 2 peças)	6,0		
2	Organizar peças + rebarbar (Ciclo - 2 peças)	13,0		
3	Organizar + passar primer (Ciclo - 2 peças)	14,0		
4	Colar tape + marcar 2ª pinta (Ciclo - 2 peças)	28,0		
5	Embalar (Ciclo - 2 peças)	6,0		
		77,1		

Fonte: Cooper Standard Automotive

Como mostrado na figura 5, a passagem da atividade de colocar clip na moldagem para o operador 1, fez com que o mesmo se tornasse o gargalo do processo, mas de certa forma tornando o processo mais balanceado e preenchendo mais o seu tempo ocioso.

Figura 6: Cabeçalho da FTP balanceada

Área: Célula		Descrição dos Produtos:			Página:	
Processo: Acabamento		B PILLAR			1 de 1	
Nº de Operadores: 2	Carros x Hora 43	Takt Time (seg/pçs) 83,7	T. Ciclo (seg/pçs) 82,8			
Avanço Retorno ---	Característica Segurança 	Característica Crítica 	Segurança 	SWIP 	Qualidade 	Poka Yoke 

Fonte: O autor

Com o balanceamento produtivo e o ganho em tempo automático do equipamento, a capacidade de produção foi elevada de 31 peças para 43 peças por hora, ou seja, o estudo realizado sobre a célula resultou em um ganho de 12 peças por hora.

4.4 Ganho financeiro

A partir da melhoria da capacidade produtiva do processo, foi possível preencher a base de cálculos que é disponibilizada pela equipe de melhoria contínua para a identificação de ganhos.

Primeiramente foi determinada a eficiência de tal melhoria comparando a capacidade antes X depois.

Figura 7: Ganhos

Investment type	AR / CAPEX
Investment required (USD)	\$ -
Capacidade Antes (pçs/h)	31
Capacidade Depois (pçs/h)	43
Ganho em % de eficiência	38,7%
Ganho Hora	\$ 26,83
% médio de custo (VOH)	34%
% médio de custo (FOH)	38%
% médio de custo (DL)	28%

Fonte: Cooper Standard Automotive

O aumento de capacidade gerou um ganho de 38,7% em eficiência dentro do processo. Este valor em porcentagem é automaticamente multiplicado pelo custo/hora do processo, para este caso dois operadores e uma injetora, para que ao final seja possível determinar o ganho/hora.

Figura 8: Ganho/hora

Centro de custo		Custo Hora (USD)	Nº Equip & Op Manuais	Custo Hora/ Processo (USD)	Ganho/ Hora (USD)
Posto 1	375062 - Mold.inject >100 ton	\$ 27,53	1	\$ 27,53	\$ 10,66
Posto 2	375066 - Manual Operations	\$ 20,89	2	\$ 41,78	\$ 16,17
Posto 3				\$ -	\$ -
Posto 4				\$ -	\$ -
Posto 5					
Posto 6					
Posto 7					
Total			3	\$ 69,31	\$ 26,83

Fonte: Planilha padrão Cooper

Como mostrado na figura 8 que representa a tabela de ganho/hora, o projeto resultou em uma economia de 26,83 dólares por hora.

Por fim, para o fechamento do lean saving, com a ajuda do time de programação de produção, foi preciso acessar a planilha IHS de produção mensal do produto referente ao projeto, para que fosse possível enxergar o lucro/economia anual que tal aumento de capacidade produtiva gerou para a empresa.

Figura 9: Planilha de produção 2025

210004824A	Renault	1	1200
210004824A	Renault	2	4000
210004824A	Renault	3	4000
210004824A	Renault	4	4000
210004824A	Renault	5	3400
210004824A	Renault	6	3500
210004824A	Renault	7	3800
210004824A	Renault	8	3500
210004824A	Renault	9	3500
210004824A	Renault	10	3800
210004824A	Renault	11	3500
210004824A	Renault	12	2000

Fonte: Cooper Standard Automotive

A partir dos dados obtidos da planilha de produção Cooper 2025 mostrados na figura 9, pode-se observar que a empresa possui uma demanda anual de 40200 peças. Por fim, agrupando os dados mostrados em imagens anteriores foi possível chegar aos seguintes resultados mostrados na seguinte planilha representada na figura a seguir:

Figura 10: Ganho final

Forecast (previous year)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	FY
Produção (M)	1200	4000	4000	4000	3400	3500	3800	3500	3500	3800	3500	2000	40200
Tempo de prod. antes (horas)	39	129	129	129	110	113	123	113	113	123	113	65	1297
Tempo de prod. depois (horas)	28	93	93	93	79	81	88	81	81	88	81	47	935
Ganho hora	11	36	36	36	31	32	34	32	32	34	32	18	362
Ganho (USD)	\$ 290	\$966	\$966	\$ 966	\$ 821	\$ 845	\$918	\$ 845	\$ 845	\$ 918	\$845	\$483	\$ 9.710
VOH	\$ 98	\$328	\$328	\$ 328	\$ 278	\$ 287	\$311	\$ 287	\$ 287	\$ 311	\$287	\$164	\$ 3.292
FOH	\$ 110	\$368	\$368	\$ 368	\$ 313	\$ 322	\$350	\$ 322	\$ 322	\$ 350	\$322	\$184	\$ 3.701
DL	\$ 81	\$270	\$270	\$ 270	\$ 230	\$ 237	\$257	\$ 237	\$ 237	\$ 257	\$237	\$135	\$ 2.717

Fonte: Planilha padrão Cooper

Tal planilha representada na figura 10, que foi preenchida manualmente com a demanda anual, e automaticamente com os dados vindos das planilhas de ganhos e ganhos/hora já demonstradas como figuras 8 e 9, fornece o ganho/economia em dólares e horas destinadas para atender a demanda de 40200 peças anuais.

Então, foi possível obter um melhor aproveitamento da mão de obra e também elevar a produtividade, possibilitando novos planejamentos produtivos, pois a demanda anual imposta pela montadora passa a exigir um tempo menor para ser finalizada pela empresa, disponibilizando a mão de obra para outros projetos da empresa.

CONCLUSÃO

O balanceamento produtivo é de grande importância para todas as empresas, pois é a partir de tal movimento que surgem as possibilidades de aumento de produção e melhor aproveitamento da mão de obra. Baseado no que foi apresentado no trabalho, é possível identificar a importância de se ter um processo produtivo balanceado e eficiente pois, com isso, as empresas terão a possibilidade de aproveitar melhor a sua mão de obra e elevar a sua capacidade produtiva, gerando menor desperdício, que por fim ocasiona em lucro para a mesma. Ficou evidenciado que o estudo em questão foi benéfico e eficaz para a empresa, pois o acompanhamento e as análises realizadas sobre o processo possibilitaram a realização do balanceamento produtivo, através de ajustes nas atividades dos operadores e ajuste em um dos parâmetros do processo automático da injetora. E tal balanceamento proporcionou um aumento de capacidade produtiva, que possibilita a utilização dos operadores e dos equipamentos do projeto para atender outras demandas gerando uma economia de aproximadamente 9.710,00 dólares anuais para a empresa.

REFERÊNCIAS

AGUIAR Giancarlo F. PEINADO Jurandir. GRAEML Alexandre R. **Simulações de arranjos físicos por produto balanceamento de linha de produção: O estudo de um caso real no ensino para estudantes de engenharia.** 2007. Disponível em <<https://pessoal.dainf.ct.utfpr.edu.br/graeml/ParticipacaoEventos/Cobenge/cobenge2007.pdf>> Acesso em 02 maio 2024.

ANDRADE Jéssica Nogueira. **Balanceamento de células de produção em uma empresa do polo de confecção.** 2019. Disponível em <<https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/43734/1/ANDRADE%2c%20J%2c%20a9ssika%20Nogueira%20de.pdf>> Acesso em 02 maio 2024.

GASPAR Vasco Luís Marcos. **Análise de tempos e métodos numa linha de produção de autocarros.**2016. Disponível em <<https://estudogeral.sib.uc.pt/handle/10316/36922>> Acesso em 07 maio 2024.

PEINALDO Jurandir; GRAEML Alexandre Reis. **Administração da produção: Operações industriais e de serviços.** 2007. Disponível em <<http://www.paulorodrigues.pro.br/arquivos/livro2folhas.pdf>> Acesso em 08 maio 2024.

SLACK Nigel; CHAMBERS Stuart; JOHNSTON Robert. **Administração da Produção.** 2^a ed.2022. Disponível em <<http://folgueral.com.br/producao/arquivos/adminstracao%20da%20producao/capitulo%201-administracao%20da%20producao.pdf>> Acesso em 08 Maio 2024.

CONTADOR José Celso. **Produtividade fabril I – Método para rápido aumento da produtividade fabril.** Disponível em <<https://www.scielo.br/j/gp/a/h4KhNVzzskZt99qCDg3pSGC/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em 21 de Outubro de 2024

NAVARRO Bruno. **Estudos de tempo e movimentos: o que é, como funciona e exemplos.** Disponível em <<https://www.escolaedti.com.br/estudo-de-tempos-e-movimentos/>> Acesso em 21 de Outubro de 2024

PRADA Charles. **Fluxograma de processo: o que é e como utilizar essa ferramenta na modelagem de processos.** Disponível em <<https://www.euax.com.br/2020/02/fluxograma-de-processo/>> Acesso em 21 de Outubro de 2024

EPR CONSULTORIA. **Cronoanálise: confira suas etapas e como aplicar em empresas.** Disponível em <<https://eprconsultoria.com.br/cronoanalise/>> Acesso em 21 de Outubro de 2024

OLIVEIRA Aline Alves; RIBEIRO Arthur Cunha Mendonça; RAMOS João Pedro Jardim Almeida; COSTA Flávio Henrique de Oliveira; TABAH June; LEAL Aleteia Cordero. **BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA CALÇADISTA.** Disponível em <<https://eprconsultoria.com.br/cronoanalise/>> Acesso em 23 de Outubro de 2024

NOMUS BLOG INDUSTRIAL. **Balanceamento de linha: o que é, quais os passos e exemplos.** Disponível em <<https://www.nomus.com.br/blog-industrial/balanceamento-de-linha/>> Acesso em 23 de Outubro de 2024

AFINKO. **Processamento de polímeros: Extrusão e injeção.** Disponível em <<https://afinkopolimeros.com.br/processamento-de-polimeros/>> Acesso em 01 de Outubro de 2024

PRIMO INDUSTRIAL TERMOPLÁSTICOS LTDA. **Injeção Plástica: Conheça o processo de injeção do plástico.** Disponível em <<https://www.primoindustrial.com.br/injecao-plastica-conheca-o-processo-de-injecao-do-plastico#>> Acesso em 16 de Setembro de 2024

AFINKO. **Injeção de Polímeros: Como Determinar os Parâmetros.** Disponível em <<https://afinkopolimeros.com.br/injecao-de-polimeros-como-determinar/>> Acesso em 16 de Setembro de 2024

MATERIAL PROPERTIES. **Termoplástico vulcanizado**. Disponível em <<https://material-properties.org/pt-br/termoplastico-vulcanizado/>> Acesso em 02 de Setembro de 2024