

BALANCEAMENTO DE PROCESSO DO SETOR DE MONTAGEM DE MATRIZ DE BORRACHA EM UMA EMPRESA DE JOIAS BRASILEIRAS

PROCESS BALANCING OF THE RUBBER MATRIX ASSEMBLY SECTOR IN A BRAZILIAN JEWELRY ENTERPRISE

Beatriz Vale*  E-mail: beatrizvalesantos@gmail.com
Jordânia Louse Silva Alves*  E-mail: jordania@ufam.edu.br
Joseanny Coutinho Kirst*  E-mail: joseannykirst.eng@gmail.com
Darlan Marques da Silva**  E-mail: darlan@unirv.edu.br

*Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, AM, Brasil.

**Universidade de Rio Verde (UniRV), Rio Verde, GO, Brasil.

Resumo: O presente estudo foi realizado em uma empresa de grande porte produtora de joias localizada na região norte do Brasil. Foi realizado um estudo de caso, partindo da análise e aplicação de tempos e métodos, no processo de montagem de matriz de borrachas, que apesar de parecer simples, o layout inicial utilizado era pouco produtivo e não atendia a demanda do processo, o que resultava em impactos para a empresa, como: parada de linhas e falha no controle de estoques. Com o objetivo de buscar eficiência, agilidade nos processos e aumentar a capacidade produtiva, buscou-se o balanceamento de processo. Utilizando a crono análise, pôde-se encontrar o tempo efetivo que agrega valor ao processo, o que resultou em uma proposta de alteração de layout, além da utilização do gráfico de balanceamento de operadores (GBO) que otimizou o processo estudado, sem que houvesse elevação de custos e alteração de mão de obra.

Palavras-chave: Crono análise. Tempos e Métodos. Balanceamento de processo.

Abstract: The present study was carried out in a large jewelry producing company located in the north of Brazil. A case study was carried out, starting from the analysis and application of times and methods, in the process of assembling a rubber matrix, which despite appearing simple, the initial layout used was not very productive and did not meet the demands of the process, which resulted in in impacts for the company, such as: stoppage of lines and failure in inventory control. With the aim of seeking efficiency, agility in processes and increasing production capacity, process balancing was sought. Using chrono analysis, it was possible to find the effective time that adds value to the process, which resulted in a proposal to change the layout, in addition to the use of the operator balancing chart (GBO) that optimized the process studied, without there being any elevation of.

Keywords: Chronoanalysis. Times and Methods. Process Balancing.

1 INTRODUÇÃO

Na indústria, em todos os setores, há exigência de entregas e melhorias, buscando não só atender às expectativas de produção como também melhorar a qualidade do produto para o cliente, para isso, é necessário haver eficiência operacional que garanta a produção e que atenda à demanda do mercado.

Para que a empresa atenda a expectativa de produção, e que atinja o balanceamento do processo, é necessária a utilização de ferramentas e métodos que visam aumentar a capacidade de produção, e que poderão reduzir custos, otimizar fluxos de processo e aumentar a qualidade dos produtos. Dentre as diversas estratégias, encontra-se a aplicação da análise de tempos e métodos que engloba o objeto de estudo deste trabalho.

Sotsek *et al.*, (2017) definem que o principal objetivo da crono análise é realizar as atividades durante a fabricação de produtos, de forma a conhecer a quantidade de tempo que está sendo efetivamente utilizado em tarefas que agregam valor ao processo. Ao notar que a atividade ou o layout adotado enfraquece a capacidade produtiva do setor, nota-se que cabe à gestão iniciar um projeto para minimizar os impactos e balancear o processo.

O presente estudo de caso apresenta a aplicação da metodologia de tempos e métodos em uma empresa de grande porte produtora de joias localizada na região Norte do Brasil. O estudo foi realizado no setor de Modelagem, trata-se do primeiro setor do fluxo de produção da fábrica, o processo de modelagem consiste na criação da matriz em manta de borracha para futura injeção de cera. O processo de modelagem é dividido em 3 subáreas: Prototipagem, Acabamento e Montagem da matriz de borracha.

O problema levantado trata-se da baixa capacidade produtiva, para uma alta demanda do processo, e a dificuldade para calcular o índice de capacidade de produção. O estudo procurou utilizar métodos voltados ao aumento da produtividade do setor em 25%.

O estudo teve início com o levantamento de dados para a identificação de melhorias no processo produtivo, seguido da construção do mapeamento do processo, coleta dos tempos, avaliação dos resultados de tempos e dos gargalo do processo. Buscou-se identificar fontes de aproveitamento no processo utilizando o gráfico de balanceamento de operadores – GBO, sendo os resultados de sua análise, utilizados para propor melhorias como redução da ociosidade e atendimento da demanda.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O mercado de joias no Brasil

Até a década de 1960 no Brasil, eram utilizados processos de produção tradicionais e reprodução de joias já consagradas. Só a partir da formação de joalheiros no país que foram feitas modificações nos processos produtivos de joias, sendo introduzidas novas técnicas e fundição de metais (Cattani *et al.*, 2020).

Desde então, o setor entrou em crescimento, hoje, o mercado de joias brasileiro é dominado por fornecedores nacionais, importando apenas 16,4% dos produtos deste setor. No ano de 2021, o país foi responsável pela produção de 9,7% do total da América Latina, chegando a cerca de US\$ 220 milhões em valores de produção (Euromonitor, 2020).

Atualmente, a cidade de Limeira – SP, abriga a maior quantidade de empresas produtoras de joias, seguida da cidade de Guaporé – RS (Soveral *et al.*, 2023). Vale acrescentar que as empresas desse polo dominam a tecnologia de produção de folheados.

2.2 Mapeamento de processo

Segundo Bueno *et al.* (2023), o mapeamento de processo começa com a coleta de dados através de entrevistas, questionários, reuniões, observações de campo e análise da documentação existente. A lógica, de modo geral obedece a seguinte sequência: Identificar quem são os participantes do processo, quais as suas necessidades e como está o desempenho do processo; Definir responsabilidades no processo e as interfaces entre os diversos participantes.

Para isso é necessário entender as regras de trabalho e de execução do processo. Usar diagramas de fluxo de dados para desenhar, sem muito detalhe, o marco do fluxo das atividades do processo, a fim de identificar quando e que tipo de informação é passada entre os diversos intervenientes; Descer ao nível máximo de detalhe do processo, para que a documentação gerada seja usada eficientemente pelos respectivos destinatários. Este último objetivo aplica-se habitualmente a processos operacionais, repetitivos e nos quais a padronização é um fator essencial para garantir a qualidade do trabalho (Araújo; Fernandes, 2020).

Sousa *et al.* (2022) entendem que o mapeamento de processos é uma ferramenta gerencial analítica e de comunicação que tem a intenção de ajudar a melhorar os processos existentes ou de implantar uma nova estrutura voltada para processos. A sua análise estruturada permite, ainda, a redução de custos no desenvolvimento de produtos e serviços, a redução nas falhas de integração entre sistemas e melhora do desempenho da organização; além de ser uma excelente ferramenta para possibilitar o melhor entendimento dos processos atuais e eliminar ou simplificar aqueles que necessitam de mudança.

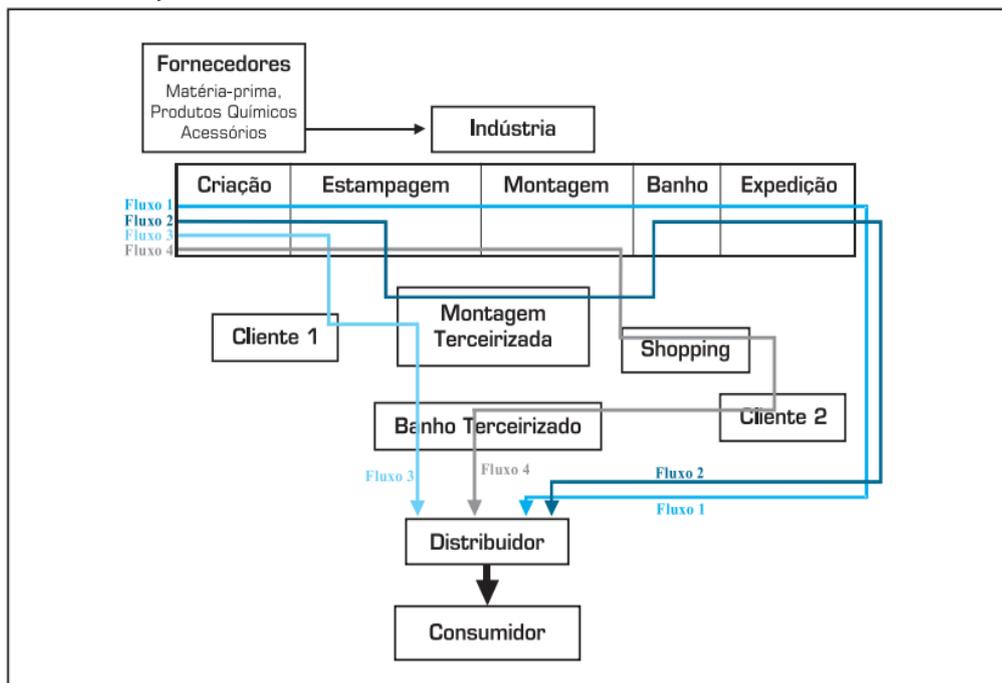
A estrutura organizacional comporta o cumprimento dos fluxos de trabalho por meio de processos até que o produto, ou serviço, seja disponibilizado ao consumidor. O entendimento dos processos compõe uma parte fundamental da mudança planejada, pois nenhuma equipe de projeto pode mudar aquilo que não entende e nenhuma mudança será colocada em prática se não houver um porquê para tal (Crivellaro *et al.*, 2021).

Melhorias nos processos podem resultar da documentação e exame dos relacionamentos input-output apresentados em um mapa de processos. A concretização dos mapas permite perceber as interfaces críticas, a definição de oportunidades para simulações de processos e a identificação de pontos desarmônicos ou ilógicos nos processos (Tupa, 2019).

2.3 Fluxograma

O fluxograma é uma técnica que descreve através de símbolos específicos, cada etapa de um processo. Apresenta-se de maneira resumida, incluindo os tempos de espera e os registros utilizados e gerados durante a execução do processo. Há etapas que seguem em sequência, outras que podem ocorrer paralelamente. São elencadas as diversas finalidades da utilização do fluxograma para a organização: fornece uma visão do processo como um todo, mostra a sequência das principais atividades, verifica como as várias etapas se relacionam entre si, permite definir o problema, vínculos e complexidades, e ajuda a documentar e padronizar o ajuste e o processo (Slack, 2023; Azevedo, 2016).

Figura 1 - Fluxograma da rede de produção e consumo da indústria de joias e bijuterias



Fonte: Vilela e Ferreira (2008, p. 187).

A Figura 1, apresenta um fluxograma do processo de uma fábrica de joias em Limeira - SP, representada por Vilela e Ferreira (2008), pode-se observar que parte do processo de montagem é terceirizado, pois ainda não existe um sistema de produção em escala industrial. É possível entender que o fluxo 1 é realizado do início até o fim pela indústria em um processo contínuo. É um processo que envolve a criação, estampagem, montagem, banho, comercialização, distribuição até chegar ao consumidor final.

2.4 Tempos e métodos

O estudo de tempos e métodos aborda técnicas que levam a uma precisa análise de uma atividade com o objetivo de eliminar itens desnecessários, encontrar o melhor método mais eficiente para ser executado (Araújo; Fernandes, 2020; Rockenbach *et al.*, 2018).

Os mesmos autores afirmam que trata-se de um estudo dos sistemas de trabalho, com os objetivos de desenvolver métodos de menores custos padronizados, determinar todos os tempos gastos por uma pessoa qualificada e devidamente treinada e orientar o treinamento do trabalhador no método escolhido.

Os equipamentos necessários à execução de um estudo de tempos consistem em: um cronômetro; uma filmadora; uma prancheta e uma folha de observações ou cronometragem (usada para o registro dos tempos, descrição da operação, nome do operador, especificações do material e ferramentas, data e local do estudo).

2.4.1 Mapeamento de atividades

De acordo com Martins e Laugeni (2012) e Goulart *et al.* (2019), há os seguintes métodos de desenvolvimento dos tempos padrão: cronometragem, tempos sintéticos e amostragem do trabalho. Segundo estes autores, o estudo de tempos tem como finalidade estabelecer padrões de produção, fornecer dados para determinação de custos e para o balanceamento de linhas de produção.

As etapas para a determinação do tempo padrão de uma operação são: Divisão da operação em elementos; Determinação do número de ciclos a serem cronometrados; Avaliação da velocidade do operador; Determinação das tolerâncias; Atendimento às necessidades pessoais; Alívio da fadiga; Determinação do tempo padrão.

Blanco (2020) e Rocha (2011) expõem que algumas etapas são necessárias para balancear uma linha, sendo elas: Estabelecer qual a sequência das tarefas, usando um diagrama de precedência; Definir o tempo de ciclo necessário; Definir o número mínimo teórico de estações de trabalho; Escolher uma regra básica na qual as tarefas têm de ser alocadas às estações de trabalho e uma regra secundária para desempatar; Atribuir as tarefas uma a uma à primeira estação até que a soma dos tempos da estação seja igual ao tempo de ciclo. Repetir o processo nas estações seguintes; avaliar a eficiência da linha.

2.4.2 Fator de tolerância e tempo padrão

Para determinar o tempo normal da operação deve-se observar que o expediente de trabalho possui intervalos, denominados de tolerâncias do trabalhador (Santos *et al.*, 2019), são eles: Tolerâncias pessoais: Expediente de 8 horas, podendo variar de 2% a 5%; Tolerância para esperas: Pode ocorrer para ajustes da produção, envolve máquinas, matéria prima, entre outros; Tolerância à fadiga: Os

movimentos feitos pelo operador, como carregamento de peso, ambientes de altas temperaturas, trabalho em pé, podem causar fadiga.

A Tabela 1 traz os fatores de Stevenson (2001) com as porcentagens das tolerâncias para os fatores do trabalho.

Tabela 1 - Fatores de fadiga e suas respectivas tolerâncias

Descrição	Classificação	Reserva de tempo	%
A - Tolerâncias Invariáveis	1	Necessidades pessoais	5%
	2	Sem necessidades (incluir no setup)	10 minutos
B - Tolerância Variável - Trabalho em pé e dorso	1	Trabalho realizado em pé	2%
B - Tolerância Variável - Trabalho sentado / situação do dorso	2.a	Postura adequada / apoiada	0%
	2.b	Trabalho em pé	1%
	2.b	Postura ligeiramente desajeitada	2%
	2.c	Muito desajeitada	7%
B - Tolerância Variável - Carga	3.a	até 2,5 quilos de carga	0%
	3.b	entre 2,51 e 5,0 quilos de carga	1%
	3.c	entre 5,01 e 7,5 quilos de carga	2%
	3.d	entre 7,51 e 10,0 quilos de carga	3%
	3.e	entre 10,01 e 12,5 quilos de carga	4%
	3.f	entre 12,51 e 15,0 quilos de carga	5%
	3.g	entre 15,01 e 17,5 quilos de carga	7%
	3.h	entre 17,51 e 20,0 quilos de carga	9%
	3.i	entre 20,01 e 22,5 quilos de carga	11%
	3.j	entre 22,51 e 25,0 quilos de carga	13%
	3.k	entre 25,01 e 27,5 quilos de carga	17%
B - Tolerância Variável - Iluminação	3.l	entre 27,51 e 30,0 quilos de carga	22%
	4.a	Entre 1000 e 2000 de luminância	0%
	4.b	Entre 500 e 999 de luminância	1%
B - Tolerância Variável - Temperatura	4.c	Abaixo de 500 de luminância	5%
	5.a	Temperatura entre 22° e 25° C	0%
	5.b	Temperatura entre 17° e 21°C	1%
	5.c	Temperatura entre 26° e 30°	1%
	5.d	Temperatura entre 30° e 35°	5%
B - Tolerância Variável – Atenção	5.e	Temperatura entre 10° e 16°	5%
	6.a	Trabalho com nenhuma atenção fina	0%
	6.b	Trabalho com relativa precisão	1%
B - Tolerância Variável - Ruído	6.c	Trabalho com grande precisão	2%
	7.a	Nível de Ruído 50 dB	0%
	7.b	Nível de Ruído entre 51 e 65 dB	1%
	7.c	Nível de Ruído entre 66 e 75 dB	2%
	7.d	Nível de Ruído entre 76 e 85 dB	3%
	7.e	Nível de Ruído entre 86 e 95 dB	4%

B - Tolerância Variável - Complexidade	8.a	Processo pouco complexo	1%
	8.b	Processo de complexidade média	4%
	8.c	Processo de complexidade alta	8%
B - Tolerância Variável - Tédio	9.a	Processo com REPETIÇÃO leve	0%
	9.b	Processo com REPETIÇÃO média	1%
	9.c	Processo com REPETIÇÃO alta	2%
	9.d	Processo com REPETIÇÃO elevadíssima	5%
B - Tolerância Variável - Monotonia	10.a	Operação possui revezamento em até 4 vezes ao dia	0%
	10.b	Operação possui revezamento em até 2 vezes ao dia	2%
	10.c	Operação não possui revezamento	5%

Fonte: adaptado Stevenson (2001)

Para calcular o tempo padrão de um processo, devem ser consideradas as tolerâncias de trabalho, a fim de encontrar o tempo ideal para a execução das atividades (Peinado; Graeml, 2004).

2.5 Balanceamento de Processos

Uma linha de produção balanceada busca eliminar desperdícios que possam bloquear a produtividade e aumentar o tempo de esperar, o balanceamento tem em seus objetivos a multiplicação da ação individual dos operadores (Moraes; Corso, 2023).

O balanceamento consiste em equilibrar as operações dos postos de trabalho dentro de um tempo ciclo capaz de atender uma demanda determinada, a partir das rotinas de operações sincronizadas, e da utilização de supermercados de abastecimento de linhas de montagem que utilizam *layouts* adequados a cada operação (Schluter; Ostermeier, 2022).

Segundo Freire (2020), o balanceamento de linha de montagem busca desenvolver ações eficazes para assegurar que a produção seja realizada de forma contínua e nivelada, evitando desperdícios gerados pela produção de estoques intermediários e ociosidade causada por tempo de espera. O balanceamento de linha de montagem visa anular o “gargalo” de produção, proporcionando o máximo de produtividade e eficiência, mantendo o ritmo de trabalho adequado do processo produtivo.

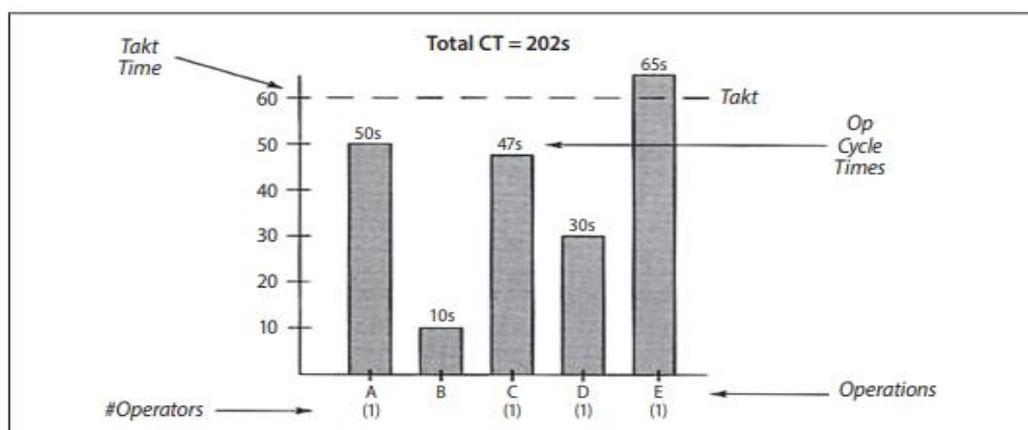
O takt-time é o tempo necessário para produzir uma peça ou produto em uma célula ou linha de produção, cabe esclarecer que a entidade pode ter opções tanto no atendimento da demanda quanto no uso da capacidade (Iwayama, 1997). Uma definição mais adequada parece ser a seguinte: o takt-time é a taxa de produção necessária para satisfazer um determinado nível de demanda considerado, levando em consideração as limitações de capacitância da linha ou célula, especificamente, o takt-time é a taxa de produção atribuída à produção de uma peça ou produto em uma linha ou célula (Moraes; Corso, 2023).

2.5.1 Gráfico de balanceamento de Operadores (GBO)

O *Yamazumi board*, também conhecido como Gráfico de Balanceamento de Operador (GBO), é usado para determinar quais as tarefas que cada operador deve realizar em seu posto de trabalho (Azevedo, 2019). Para sua construção, as atividades são divididas em operações que agregam e não agregam valor ao produto, o primeiro passo é cronometrar cada elemento de trabalho separadamente de toda a sequência de trabalho executada pelo operador.

A Figura 2 apresenta um exemplo de GBO, no qual é possível verificar a linha do *takt-time*, os tempos de ciclo abaixo do *takt* (operador A, B, C e D), a o tempo de ciclo acima do *takt* (operador E), demonstrando ser uma ferramenta visual para verificação e análise de desperdícios.

Figura 2 - Gráfico GBO



Fonte: Azevedo 2019

2.5.2 Layout

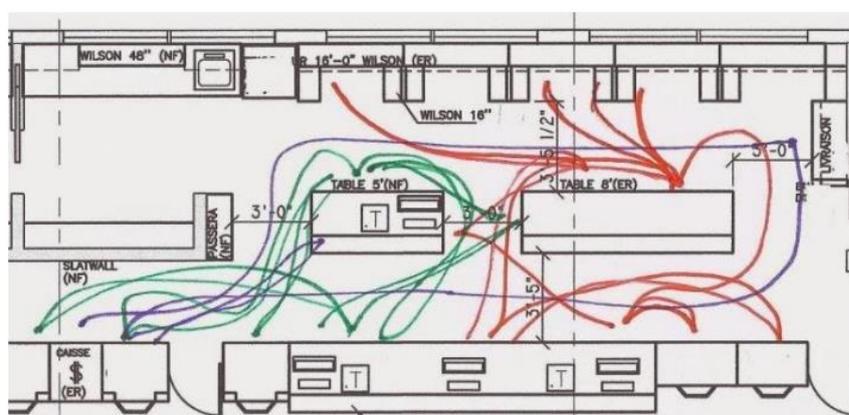
Slack (2023) define o arranjo físico de um processo como o posicionamento dos recursos transformadores, em relação às várias tarefas da operação. Juntas essas duas decisões ditarão o fluxo dos recursos transformados à medida que eles progridem pela operação ou processo.

A elaboração do arranjo físico considera planejar o todo e depois as partes, planejar o ideal e em seguida o prático, para que haja uma visão global. Deve-se considerar fatos importantes como definir a capacidade produtiva e a demanda existente, a fim de identificar gargalos no processo e definir termos de trabalho (Martins; Laugeni, 2012).

O Diagrama de *Spaghetti* é uma das ferramentas utilizadas para visualização de layout e possíveis movimentações no arranjo físico. O diagrama consiste em exibir as rotas, tempos e fluxos de movimentação no chão de fábrica. Ele é feito utilizando como base o layout local onde são desenhadas as movimentações de cada colaborador/produto e o tempo que se leva para se movimentarem. Esse diagrama é de grande importância para a redução do tempo de movimentação e a necessidade de se movimentar (Coutinho, 2020).

Para desenhar o diagrama de espaguete é necessário: Conhecer o layout da fábrica; entender a rotina e tempo de movimentação; estruturar melhores rotas e desvios; buscar redefinir as rotas sempre em busca do menor movimento.

Figura 3 - Diagrama de Spaghetti



Fonte: Coutinho, 2020.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Identificar as causas da baixa produtividade, propor melhorias para balancear o processo e aumentar a capacidade produtiva da produção utilizando uma análise de tempos e métodos e o GBO no processo de montagem de matriz de borracha do setor de modelagem em uma fábrica de joias na região Norte do Brasil.

3.2 Objetivo Específico

Para o alcance do objetivo geral, foram realizados os seguintes objetivos específicos:

- I. Levantamento de dados para a identificação de melhorias no processo produtivo;
- II. Construção do mapeamento do processo e coleta dos tempos;
- III. Aplicação de uma estratégia para balancear o processo e aumentar a produtividade em pelo menos 25%.

4 METODOLOGIA

Foi realizado um estudo de caso quali-quantitativo, em uma empresa que produz joias de ouro e prata em escala industrial localizada no Norte do Brasil.

O estudo foi realizado de agosto a outubro de 2022, com a validação dos resultados obtidos em novembro de 2022. A primeira parte do estudo identificou a demanda do processo e os motivos da capacidade de produção estar baixa, além dos seus possíveis impactos em outros setores. Para tal, foram utilizadas ferramentas como o fluxograma, crono análise e o GBO.

O estudo realizou a alteração do *layout* de operadores do processo sem alterar o custo de produção, e aumentou a produtividade do setor em 25%. Por fim, verificou-se se as alterações foram eficazes para o setor estudado.

5 ANÁLISE DO ESTUDO

5.1 Identificação do setor trabalhado

A empresa estudada produz cerca de 16 mil joias em prata e ouro ao dia, as peças em ouro representam cerca 55% da produção. As alianças são líderes de vendas, dividindo-se em 90,35% em ouro; 5,42% em ouro com prata e 4,23% em prata. Os ciclos de vida dos produtos são baseados no índice de vendas, no custo, coleções e design, conforme aceitação da peça junto ao cliente.

O processo de manufatura da produção de joias, possui um *lead time* de 3 dias desde o primeiro processo até o processo final. Sendo o primeiro processo direto iniciado na modelagem das peças, esta que é dividida em 3 subáreas: Prototipagem; Acabamento e Modelagem da Borracha.

Na prototipagem é realizada a modelagem 3D das peças, com suporte de *softwares*. O arquivo com o desenho principal é recebido na fábrica e com o suporte dos *softwares* é possível realizar pequenos ajustes, como alteração da espessura e inclusão de suportes que serão os responsáveis pelo apoio da peça durante todo o processo de impressão 3D da peça. O processo de impressão 3D permite imprimir de 40 a 60 peças por bandeja, com tempo de produção em torno de 4 horas para cada, sendo 3 a 4 bandejas por dia, a uma média de entrega de 300 peças/dia.

Na subárea do acabamento é realizada a avaliação da peça após impressão, com a verificação de possíveis falhas e marcas, retirada das possíveis imperfeições com o lixamento das peças de forma minuciosa, como resultado a matriz é montada refletindo exatamente todos os detalhes da peça impressa.

Posteriormente, inicia-se a modelagem da borracha, objeto de estudo deste artigo, utiliza-se um silicone de manta verde e a peça impressa é revestida com a manta formando um bloco, sendo vulcanizada a 170°C durante 40 minutos para endurecimento da borracha. Após este processo, são realizados o corte e a retirada na peça moldada, formando assim a matriz de silicone que é utilizada no processo após o cadastro e aprovação das amostras iniciais.

Nas análises das etapas do mapeamento de processo, para avaliar os impactos da gestão de tempos, foram consideradas questões referentes ao tempo disponível de produção, a função de cada operador, se houve alterações de custo e

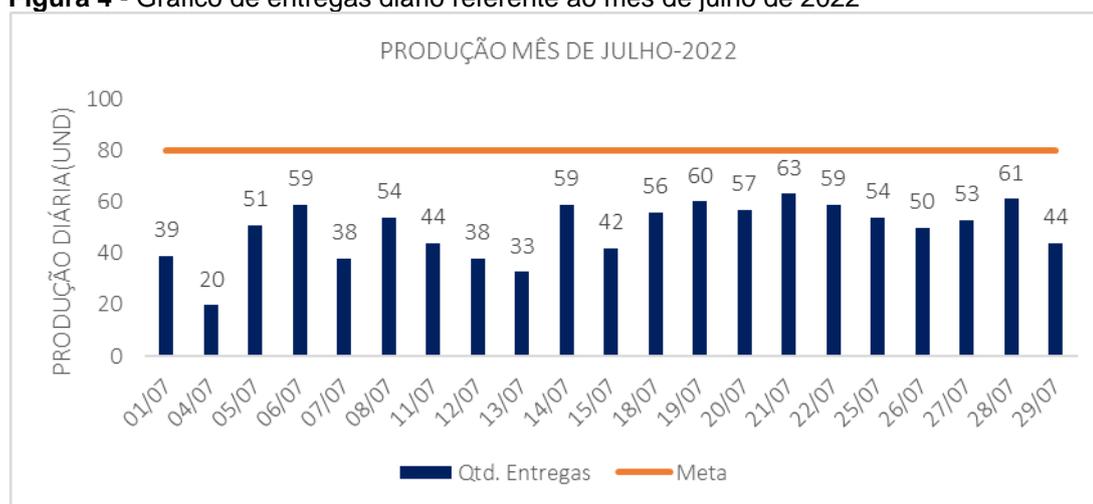
a disponibilidade de máquinas para a realização do processo, para consequentemente definir as ferramentas de trabalho (Azevedo, 2016).

5.2 Análise da situação inicial

O setor de montagem de matriz de borracha possui 8 operadores com carga horária diária de trabalho de 8 horas por dia, entrada às 7h12 e saída às 17h00, com 1 hora de intervalo para almoço. A empresa trabalha com produção puxada, um setor depende da produção do setor anterior.

A problemática refere-se à capacidade produtiva não atender à demanda solicitada pelo planejamento de produção, o que resulta em atraso no processo produtivo seguinte. O setor possui uma meta de entrega diária de 80 borrachas/dia estipulada pela necessidade do planejamento de produção, logo, para a disponibilidade de 8 operadores, a meta individual é 10 borrachas/dia. De acordo o histórico de dados, o setor de matriz possui um estoque que controla e reutiliza as matrizes que possuem a vida útil de até 500 injeções, após isso, necessita-se de reposição, conforme histórico do mês de julho de 2022, o setor atinge uma entrega média de 60 peças/dia, Figura 4.

Figura 4 - Gráfico de entregas diário referente ao mês de julho de 2022

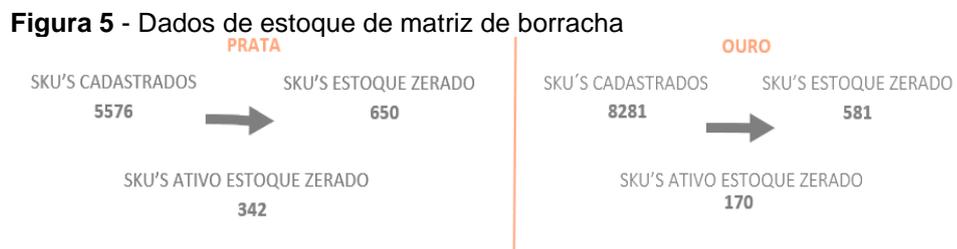


Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

Observa-se que não há padronização nas entregas, e que o histórico de entregas do setor não atende a demanda solicitada pelo processo, 80 peças/dia, prejudicando os setores seguintes, confirmando que o processo está

desbalanceado.

Apreciando a capacidade média atual de produção de 60 peças/dia, 53% das peças são reposição de matriz aprovadas para prata, 22% de grades (produção piloto), 10% das peças são reposição de matriz aprovadas para ouro e 15% são amostras de novos modelos, não considerando que do total, há +15% de peças não conformes, ou seja, perde-se mais 9 peças do total, podendo variar de acordo a demanda da produção. Reiterando que o estoque necessita de reposição para suprir as produções já perdidas dos dias anteriores, totalizadas em 512 matrizes. Foram coletados os dados a seguir na Figura 5:



Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

Para atender a demanda corrente e o lançamento de novos modelos, observou-se, utilizando os princípios de Iwayama (1997), que o tempo de produção total na entrega de uma borracha deverá ser de 42 minutos, sendo estimado o tempo de trabalho de 7h, resultado da subtração de 1h da carga horária diária para possíveis ocorrências no processo, conforme apresentado na Equação 1:

$$(1) \quad Takt\ time = \frac{TP}{DOP} = \frac{60 * 7}{10} = 42\ minutos$$

Onde: TP = Tempo diário disponível para produção.

DOP = Demanda de produção por operador.

A coleta de dados foi realizada durante o mês de agosto de 2022, com o acompanhamento diário de cronometragem e procedimentos de trabalhos dos operadores, Tabela 1. Os dados coletados foram analisados conforme Martins e Laugeni (2012), onde a primeira etapa trata da divisão da operação em elementos, ou seja, a divisão das atividades que cada operador realiza durante o seu horário de trabalho. A Tabela 2 evidencia o resumo do resultado da coleta de dados que

Revista Produção Online. Florianópolis, SC, v. 23, n. 4, e-4925, 2023.

demonstram todos os tempos de cada atividade e de cada operador divididos em modelos de peças de joias. Todos os tempos mensurados e revisados durante a montagem da matriz de borracha foram avaliados e aprovados pelo coordenador da área.

Tabela 2 - Divisão das atividades no processo de montagem de matriz de borracha

Elementos	Descrição
1	Limpeza da peça - pincel e sabão
2	Secagem da peça
3	Montagem da 1ª camada
4	Montagem da 2ª camada (manta amarela)
5	Posicionamento e ajuste da peça na 2ª camada
6	Montagem e ajuste da 3ª camada
7	Retirar excessos da camada
8	Ajustar excessos do lado inferior
9	Anotar referência
10	Papel alumínio
11	Posicionamento na vulcanizadora
12	Tempo de espera na vulcanizadora
13	Resfriamento pós vulcanização
14	Marcação dos 4 buracos nas extremidades
15	Corte lateral
16	Abrir com o apoio do suporte
17	Acabamento

Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

Após a etapa de divisão da operação em elementos, foi registrado o tempo gasto pelo operador em cada atividade. Foram realizadas 10 cronometragens de cada elemento para cada operador, durante 2 semanas.

Segundo Peinado e Graeml (2004), realizou-se o cálculo do fator de fadiga após a definição dos tempos padrão, a soma das cronometragens totais e a média desses processos, e os fatores pessoais e de trabalho para realizar a soma, obtendo como resultado o valor de 13% para todo o processo de trabalho no setor, Tabela 3.

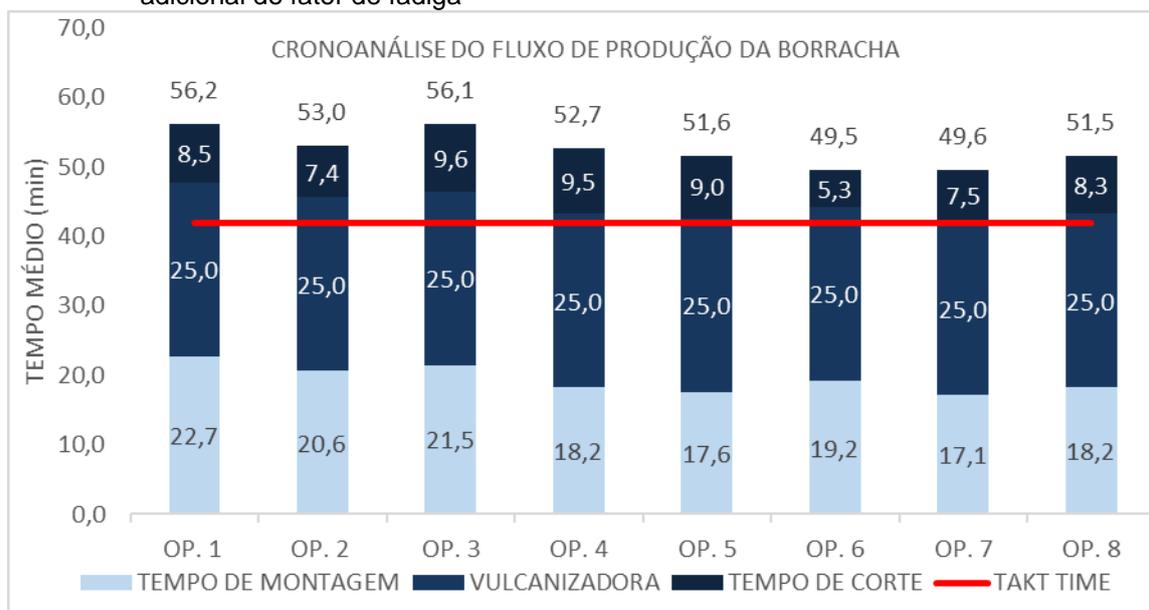
Tabela 3 - Definição do fator de fadiga

Ordem	Descrição dos Elementos	B1 - Trabalho em pé	B2 - Costas e pés	B3 - Cargas	B4 - Iluminação	B5 - Temperatura	B6 - Atenção	B7 - Ruído	B8 - Complexidade	B9 - Tédio	B10 - Monotonia	Fator final
1	Limpeza da peça - pincel e sabão	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%
2	Secagem da peça	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%
3	Montagem da 1ª camada	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%
4	Montagem da 2ª camada (manta amarela)	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%
5	Posicionamento e ajuste da peça na 2ª camada	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%
6	Montagem e ajuste da 3ª camada	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%
7	Retirar excessos da camada	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%
8	Ajustar excessos do lado inferior	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%
9	Anotar referência	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%
10	Papel alumínio	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%
11	Posicionamento na vulcanizadora	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%
12	Tempo de espera na vulcanizadora	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%
13	Resfriamento pós vulcanização	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%
14	Marcação dos 4 buracos nas extremidades	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%
15	Corte lateral	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%
16	Abrir com o apoio do suporte	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%
17	Acabamento	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%	0%	5%	13%

Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

Após a crono análise e definição dos tempos padrão, com a respectiva adição do fator de fadiga, os resultados desses processos foram analisados utilizando um GBO, Figura 6.

Figura 6 - Gráfico GBO de tempos de produção de matriz de borracha para cada operador com o adicional do fator de fadiga



Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

A Figura 6 demonstra que o processo está desbalanceado, mostrando que apesar do tempo da vulcanizadora ser acíclico e a produção de borrachas ser contínua, o operador pode levar a produzir em média uma peça em 52 minutos, provando através da análise, que o setor não está entregando a demanda solicitada, pois o tempo de produção é superior ao tempo de *takt-time* estipulado, com base nos tempos cronometrados, desta forma, foi realizado o cálculo de entrega de cada operador, Equação 2 a seguir:

$$(2)PD = \frac{60 \text{ (hora)}}{TMO} \times 7 \text{ HT}$$

Onde: PD = Produção por dia

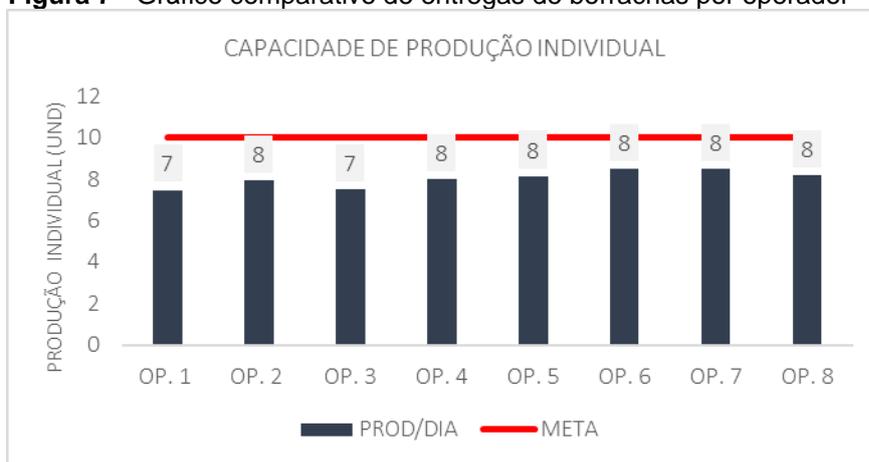
TMO = Tempo médio de cada operador

HT = Horas trabalhadas

O resultado da equação mostra uma média de entrega de aproximadamente 8 peças por dia, por operador, Figura 7, num total de 64 peças (valor bem próximo da média do histórico do setor), deixando um saldo devedor de 16 peças por dia,

considerando que a demanda é de 80 peças. Para este cálculo foi desconsiderado o índice de defeitos do setor, estipulado em 15%, e utilizado apenas o tempo gasto total na produção.

Figura 7 - Gráfico comparativo de entregas de borrachas por operador



Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

Os tempos coletados tratam do tempo de produção de apenas uma peça, no entanto, a vulcanizadora possui capacidade de produzir 2 a 3 peças por ciclo. A Figura 6 exibe que o gargalo da produção está no tempo de espera na vulcanizadora, pois trata-se do maior tempo gasto em todo o ciclo de produção, o tempo total na vulcanizadora é de 40 minutos, ou seja, um tempo acíclico, o que significa que é um tempo que o operador pode aproveitar e dar continuidade em outras atividades enquanto aguarda o tempo de vulcanização. Ainda de acordo com a Figura 6, o tempo de produção de uma borracha equivale a quase 52% do tempo de espera na vulcanizadora, conclui-se que devido o tempo acíclico, a cada 25 minutos uma nova borracha vulcanizada sai da máquina para posteriormente inserir a outra e seguir o processo.

A disponibilidade de máquinas também é um fator importante para o impacto na produção, posto que o tempo de montagem de matriz é menor do que o tempo de ciclo, prontamente há uma fila de espera de matrizes a serem vulcanizadas esperando o ciclo corrente terminar.

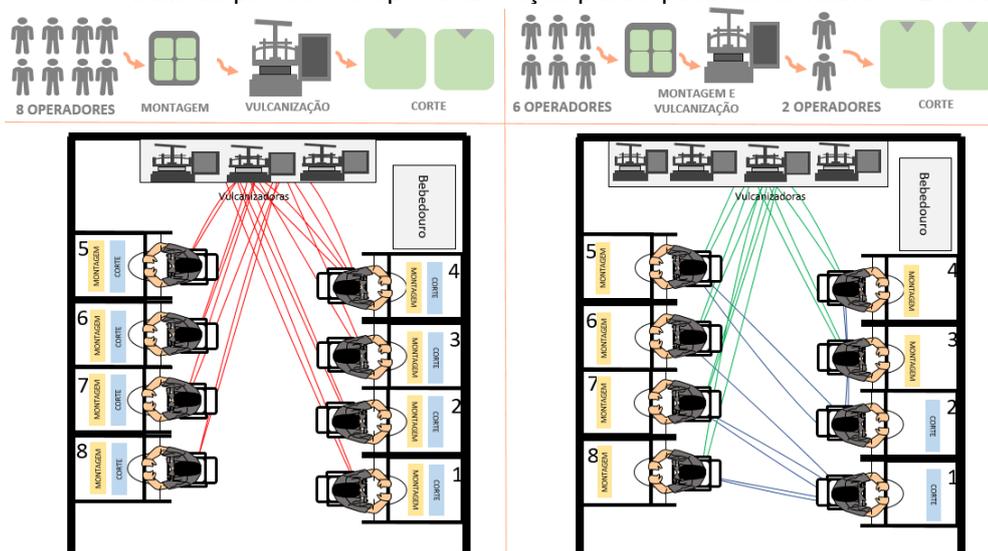
5.3 Aplicação do balanceamento do processo

Após a identificação das causas do problema, alinhados ao objetivo de aumentar a produtividade do setor e entregar a demanda estipulada, realizou-se a aplicação da análise dos conceitos de balanceamento de processo. A primeira movimentação realizada foi a de otimizar as atividades do setor, para isso, foi utilizada a estratégia de qualificação de mão de obra, alterando o *layout* dos operadores, de acordo com o grau de experiência em cada atividade.

Cada operador é responsável por realizar o fluxo de atividades que é constituído em 3 etapas: Montagem da borracha, Vulcanização e Corte da Borracha. Com a mão de obra de 8 operadores, um novo *layout* foi definido, onde 6 operadores são responsáveis por montar e vulcanizar as borrachas e 2 operadores são responsáveis por cortar.

Com as atividades bem definidas para cada operador e analisada a eficiência desta alteração, foi definido o novo fluxo de trabalho, Figura 8, utilizando o Diagrama de *Spaghetti* de Coutinho (2020).

Figura 8 - Comparativo do layout do processo inicial com 8 operadores realizando todo o fluxo do processo e após a alteração para 6 pessoas montando e 2 cortando



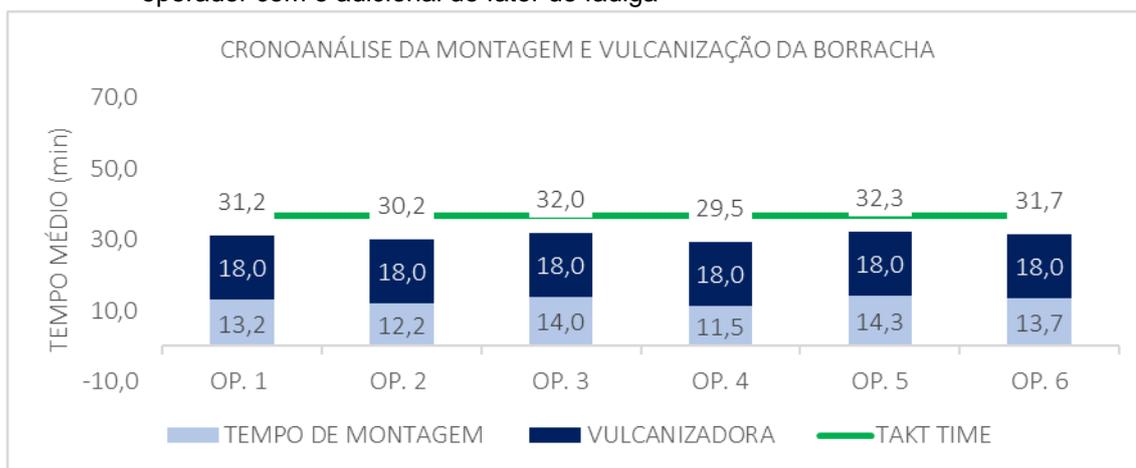
Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

Observa-se a diminuição da movimentação de pessoas no setor, fator importante considerando o espaço do *layout*. Para a alteração, os operadores mais

experientes e que alcançaram os melhores tempos cortando, ficaram responsáveis por cortar todas as borrachas produzidas pelos demais operadores.

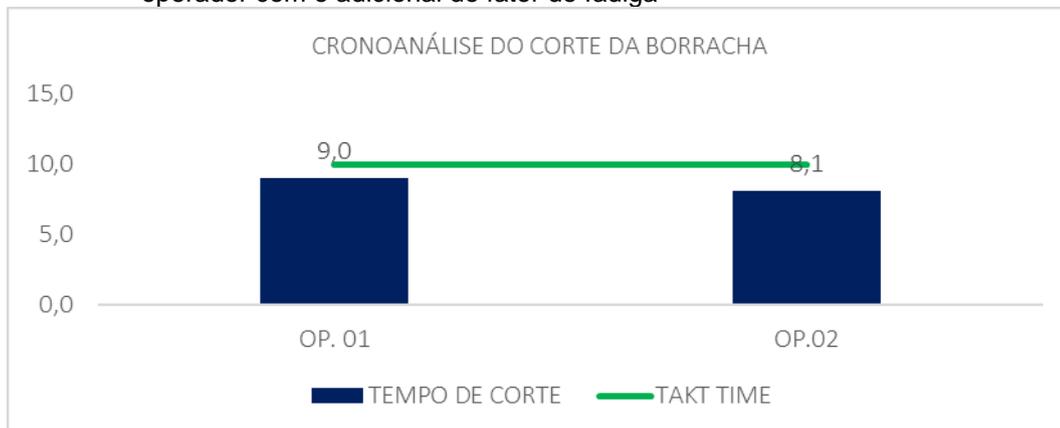
Após a alteração, foi realizada uma nova crono análise utilizando a porcentagem de 13% como adicional do fator de fadiga para confirmar a eficiência da nova estratégia adotada, Figuras 09 e 10.

Figura 9 - Gráfico GBO de tempos de produção de montagem da matriz de borracha para cada operador com o adicional do fator de fadiga



Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

Figura 10 - Gráfico GBO de tempos de produção do corte matriz de borracha para cada operador com o adicional do fator de fadiga



Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

Durante a coleta de dados, foi recalculado os *takt-time*, Equações 3 e 4, e a meta de entrega para cada operador da montagem, a fim de atingir a demanda de 80 peças por dia. A meta foi definida em 13 peças para os 6 operadores, e para os do corte, a meta foi dividida pela metade do total, sendo, 40 peças para cada.

Em relação à Montagem, seguem as equações 3 e 4.

Equação 3:

$$(3)TkM = \frac{TPD}{DO} = \frac{60 \times 7}{13} = 32,3 \text{ minutos}$$

Onde:

TkM = Takt time Montagem

TDP = Tempos disponível de produção

DO = Demanda de cada operador

Equação 4:

$$(4)PDM = \frac{60 \text{ (hora)}}{TMO} \times 7 \text{ HRT}$$
$$PRD = \frac{60}{31,1} \times 7 = 13 \text{ peças}$$

Onde:

PDM = Produção por dia (montagem)

TMO = Tempo médio de cada operador

HRT = Horas trabalhadas

PRD = Produção por dia

Em relação ao corte, seguem as equações 5 e 6.

Equação 5:

$$(5)TkC = \frac{TDP}{DOP} = \frac{60 \times 7}{40} = 10,5 \text{ MIN}$$

Onde:

TkC = Takt time (corte)

TDP = Tempo disponível de produção

DOP = Demanda de cada operador

MIN = Minutos

Equação 6.

$$(6)PDC = \frac{60 \text{ (hora)}}{TMO} \times 7 \text{ HTR}$$
$$PRD = \frac{60}{8,5} \times 7 = 49 \text{ PES}$$

Onde:

PDC = Produção por dia (corte)

TMO = Tempo médio de cada operador

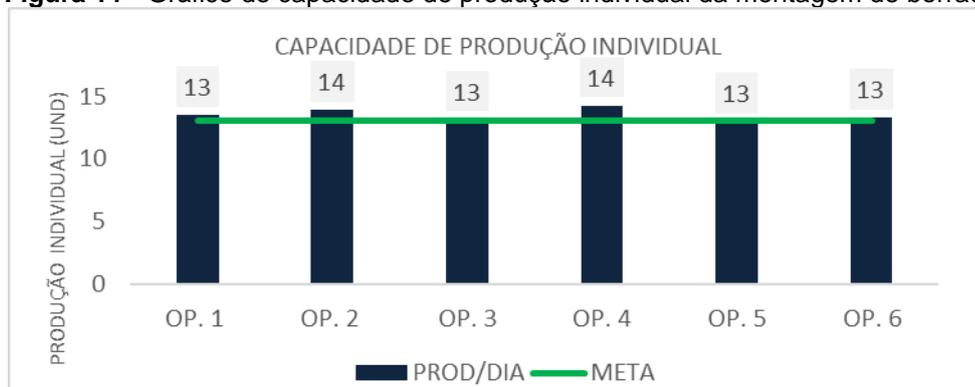
PRD = Produção por dia

HTR = Horas trabalhadas

PES = Peças

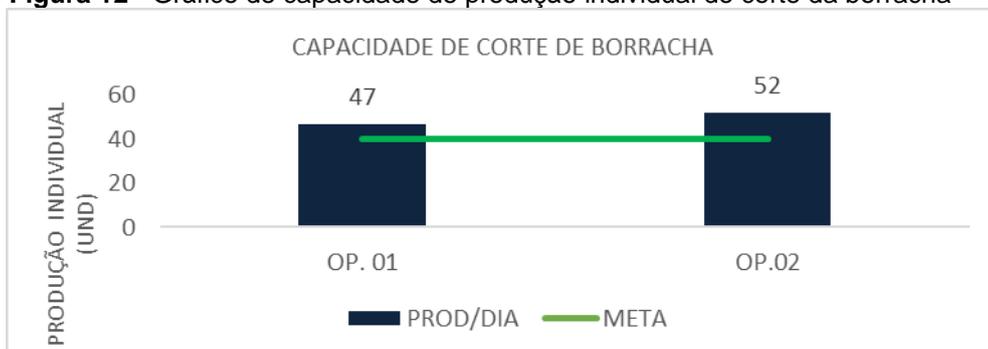
Nota-se que a alteração foi positiva pois os 6 operadores que ficaram responsáveis pela montagem conseguiram se dedicar a apenas uma atividade, com isso, a produtividade se tornou mais constante, levando a um *takt-time* de 32,3 minutos. Os operadores conseguiram realizar a atividade em até o máximo de 32,3 minutos, os 2 operadores responsáveis pelo corte possuem uma capacidade maior de produção devido ao tempo ser menor, com um *takt-time* de 10,5 minutos, os operadores conseguiram realizar abaixo deste tempo, com isso, a capacidade produtiva é muito maior do que a demanda necessária, tendo cada operador produzido até 9 peças a mais. Conforme as Figuras 11 e 12.

Figura 11 - Gráfico de capacidade de produção individual da montagem de borracha



Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

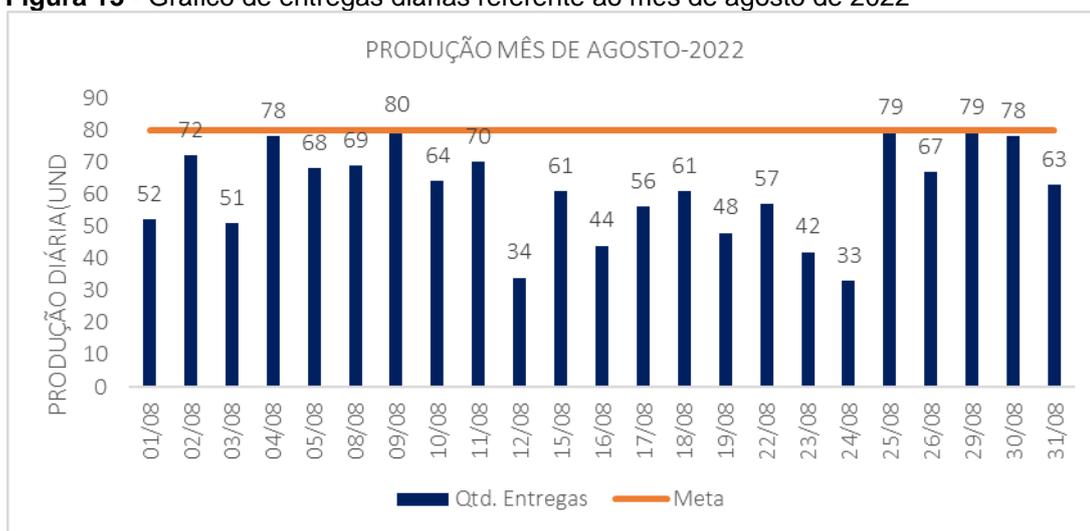
Figura 12 - Gráfico de capacidade de produção individual do corte da borracha



Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

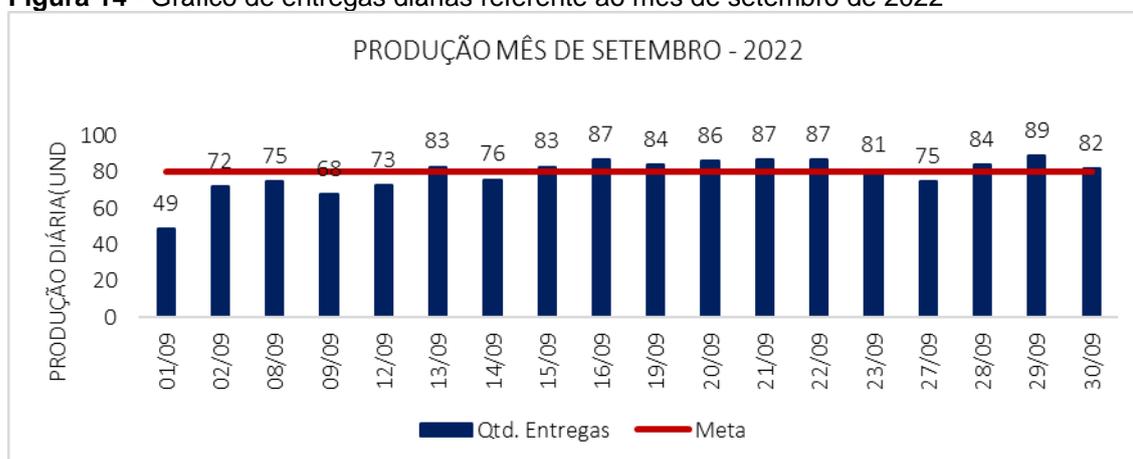
Após a finalização do estudo, o novo *layout* foi aprovado junto aos gestores da área e acatado permanentemente, já que foi comprovada a eficácia do balanceamento do processo realizado, como disposto no histórico de entregas do setor, Figuras 13,14 e 15. Os dados foram coletados nos meses após a modificação.

Figura 13 - Gráfico de entregas diárias referente ao mês de agosto de 2022



Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

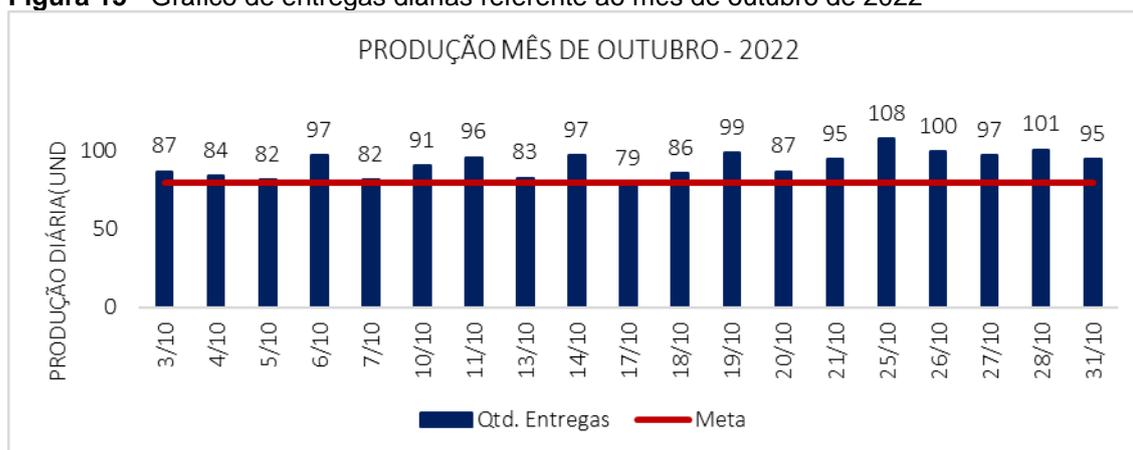
Figura 14 - Gráfico de entregas diárias referente ao mês de setembro de 2022



Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

As Figuras 13 e 14 demonstram os resultados dos meses de agosto e setembro, meses de adaptação, mas com uma exibição de resultados muito satisfatórios.

Figura 15 - Gráfico de entregas diárias referente ao mês de outubro de 2022



Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

Os dados do mês de Outubro, dispostos na Figura 15, comprovaram a eficácia da alteração, com uma entrega maior que a demanda solicitada para o setor em todos os dias do mês, dando uma média de entrega do mês de 91 peças/dia, o que ultrapassa 13% da meta de 80 peças/dia, e 51% da média de entregas do mês de julho, de 60 peças/dia. A Tabela 4, traz um comparativo do aumento da produtividade a cada mês, e na Tabela 5 o resultado da produtividade.

Tabela 4 - Comparativo do aumento da produtividade por mês durante o período de estudo

Mês	Meta	Entrega Mensal	Dif Entrega	Dif Saldo	% Indicador	% Aumento de Produtividade a cada mês
JULHO	1872	1109	-763	-	59%	-
AGOSTO	1968	1465	-503	356	74%	32%
SETEMBRO	1760	1711	-49	246	97%	17%
OUTUBRO	1904	2059	155	348	108%	20%

Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

Tabela 5 - Resultado do estudo do balanceamento de processo

Tempo do Estudo	Entregas	Dif Saldo	% Aumento de Produtividade Total
Início (Julho)	1109		
Fim (Outubro)	2059	950	54%

Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo teve como objetivo inicial o aumento da produtividade do

setor estudado em 25%, utilizando as aplicações e os conceitos de tempos e métodos e uma análise GBO. Foi possível obter um estudo de produtividade sendo comparado com o já praticado e obtendo resultados favoráveis.

Ao realizar a alteração de layout no processo, após uma nova análise e acompanhamento, foi observada a eficácia da modificação pois a cada mês o setor aumentava mais a capacidade de entregas, logo, no total a entrega do setor ao longo dos meses, comparado com o valor do início do primeiro mês de estudo, obteve-se um aumento de 54% de produtividade total e 51% de produtividade diária, ultrapassando o objetivo estipulado sem alteração de custo de mão de obra e maquinário e assim, reabastecendo o estoque de matrizes.

É importante ressaltar que há a possibilidade de aumento da produtividade, com o investimento de novas máquinas vulcanizadoras, mais eficientes e tecnológicas, assim, diminuindo o gargalo de produção do processo e o tempo de produção das matrizes de borracha.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Josefa Batista de Oliveira. **Viabilidade de inserção competitiva do setor de joias de Pernambuco no comércio exterior**. Josefa Batista e Oliveira Andrade – Recife: O Autor, 2006.

FERNANDES, P. R.; ARAÚJO, M. F. N. **Estudo de tempos e métodos em uma empresa potiguar de alimentos embutidos**. Revista latino-americana de inovação e engenharia de produção. Curitiba, v. 8 n. 14 p. 06 – 26, 2020.

AZEVEDO, Matheus Moreira; ALMEIDA, Ely Sena. **Balanceamento de uma linha de manufatura integrando análise GBO e simulação computacional**: estudo de caso em uma empresa de linha branca. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 15, nº 1, jan-mar/2019, p. 210-230.

BLANCO, B. B. Gestão de processos em pequenas empresas: resultados de uma pesquisa-ação em uma fábrica de óculos de madeira no Rio de Janeiro. **Revista Produção Online**, v. 20, n. 3, p. 923–947, 2020. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v20i3.4010>

ROCKENBACH, B. V. Grasielly *et al.* **Estudo de tempos e métodos na produção leiteira no oeste paranaense**. 19 out. 18. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_290_1639_38234.pdf. Acesso em: 4 fev. 2023.

BUENO, R. V.; MACULAN, B. C. M. S.; AGANETTE, E. C. Revisão Sistemática Mapeamento de processos e BPM em organizações. **Múltiplos olhares em ciência da informação**, v. 13, 2023.

CATTANI, I. M.; LEITE, E.; DE HELD, M.S.B. *et al.* Natural textile fibers in contemporary Brazilian jewelry. *SN Appl. Sci.* v. 2, n. 55, 2020.
<https://doi.org/10.1007/s42452-019-1860-y>.

COUTINHO, T. **O diagrama de espaguete atua como grande aliado nos projetos de otimização de layout**. Disponível em:
<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-espaguete>. Acesso em: 03 fev. 2023.

CRIVELLARO, F. F.; DE CARVALHO PAZIN VITORIANO, M. C. Mapeamento de Processos como ferramenta para Gestão de Documentos. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 28, n. 1, p. 90–127, 2021. DOI: 10.19132/1808-5245281.90-127. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/EmQuestao/article/view/112200>. Acesso em: 14 set. 2023.

DE AZEVEDO, Irene Conceição Gouvêa. **Fluxograma como ferramenta de mapeamento de processo no controle de qualidade de uma indústria de confecção**. Congresso Nacional de Excelência em Gestão. LATEC/UFF, 2016.

EUROMONITOR. **Jewellery in Brazil**. Euromonitor, 2020. Accessed July 16, 2021. Disponível em: <https://www.euromonitor.com/jewellery-in-brazil/report>.

FREIRE, Matheus Henrique *et al.* **Balanceamento de tempo em linha de montagem de máquinas pesadas**, v. 6, n. 1, 2020.

IWAYAMA, H. **Basic Concept of Just-in-time System**, mimeo, IBQP-PR, Curitiba, PR, 1997. Acesso em: 3 fe. 2023.

MARTINS P, LAUGENI F. **Administração da Produção**. 2 ed. São Paulo: editora Saraiva, 2012.

MORAES, N. T.; CORSO, L. L. Aplicação de balanceamento de linha otimizado considerando previsão de demanda e redes neurais artificiais. **Revista Produção Online**, v. 22, n. 2, p. 2886–2912, 2023. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v22i2.4734>

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção** (Operações Industriais e de Serviços). Curitiba: [s.n.], 2004.

ROCHA, D. R. **Balanceamento de linha**: um enfoque simplificado. 2011.

SANTOS, P. V. S.; FERRAZ, A. DE V.; CASTRO SILVA, A. C. G. Utilização da ferramenta mapeamento de fluxo de valor (MFV) para identificação de desperdícios no processo produtivo de uma empresa fabricante de gesso. **Revista Produção**

Online, v. 19, n. 4, p. 1197–1230, 2019. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v19i4.3310>.

SCHLUTER, M. J.; OSTERMEIER, F. F., Dynamic line balancing in unpaced mixed-model assembly lines: A problem classification, *CIRP. Journal of Manufacturing Science and Technology*, v. 37, p. 134-142, 2022.

SLACK, N., BRANDON-JONES, A., JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Editora Atlas, 2023.

SOTSEK, Nicolle Christine; BONDUELLE, Ghislaine Miranda. Melhorias em uma empresa de embalagens de madeira através da utilização da cronoanálise e rearranjo de layout, **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 519-530, 2017.

SOUSA, N. L. L.; RIBEIRO, S. C. A.; MELO, A. C. S. Mapeamento de processos de incubação de empresas: uma proposta baseada em BPM adaptada ao modelo cerne de gestão. **Revista Brasileira de Administração Científica**, v.13, n.2, p.206-223, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-684X.2022.002.0014>

SOVERAL, José Roberto da Silva; PADILHA, Ana Claudia Machado; SIMIONATO, Thais Muraro. O paradigma Estrutura-Condução-Desempenho: um estudo nas empresas das indústrias de jóias de Guaporé-RS. **Iberoamerican Journal of Strategic Management (IJSM)**, v. 22, n. 1, p. 1-35, 2023. <https://doi.org/10.5585/2023.21113>

TUPA, J.; STEINER, F. Industry 4.0 and business process management. **Tehnički glasnik**, v. 13, n. 4, p. 349–355, 2019.

VILELA, R. A. G. FERREIRA, M. A. L. Nem tudo brilha na produção de joias de Limeira. **Produção**, v. 18, n.1, p. 183-194, 2008.

AUTORES

Beatriz Vale

Bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Amazonas.

Jordânia Louse Silva Alves

Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco. Professora da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, AM-Brasil.

Joseanny Coutinho Kirst

Bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Amazonas

Darlan Marques da Silva

Doutorando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco. Professor da Universidade de Rio Verde - FESURV, GO-Brasil.



Artigo recebido em: 19/06/2023 e aceito para publicação em: 05/10/2023
DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v23i4.4925>