

EFICIÊNCIA OPERACIONAL NA INDÚSTRIA DO CALÇADO

PAULO ROBERTO O. TAVARES DE MELO JÚNIOR
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA À FACULDADE
DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

LUÍS FILIPE GUIMARÃES
ORIENTADOR FEUP

MÁRCIO MACHADO
ORIENTADOR PROCALÇADO S.A.

CANDIDATO	PAULO ROBERTO O. TAVARES DE MELO JÚNIOR	Código	201601885
TÍTULO	EFICIÊNCIA OPERACIONAL NA INDÚSTRIA DO CALÇADO		
DATA	03 DE SETEMBRO DE 2021		
LOCAL	FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO		
JÚRI			
Presidente	LAURA MARIA MELO RIBEIRO	DEMM/FEUP	
Arguente	JOSÉ ANTÓNIO DE SOUSA BARROS BASTO	DEGI/FEUP	
Orientador	LUÍS FILIPE RIBEIRO DOS SANTOS GUIMARÃES	DEGI/FEUP	

Resumo

A melhoria contínua é um conceito que tem sido cada vez mais desenvolvido e estudado conforme os avanços tecnológicos e o aumento da competitividade industrial como uma maneira para melhorar a qualidade de seus produtos e a sua eficiência operacional. De maneira a manter-se competitivo, a Procalçado S.A., uma empresa produtora de calçados e solas de sapato, começou a investir mais na implementação deste conceito em sua empresa, contexto pelo qual foi escrita esta dissertação de mestrado.

A fim de analisar os processos de fabrico da empresa e identificar fontes de desperdício, atuou-se no chão de fábrica com especial foco em dois setores da fábrica: O fabrico de socas e a colagem de solas e gáspeas. Nestes setores foi aplicada uma diversidade de conceitos, tais como *value stream mapping*, *catchball*, gestão de tempo e modificação de *layout*.

Ao começo do projeto em abril de 2021, no setor da colagem havia uma produção média diária de 341 pares com necessidade de 650 pares diários, alcançando-se um total de 725 pares diários produzidos até o mês de julho. No entanto, devido a atrasos para obter este valor foi necessária a adição de horas extras para alcançar a meta e cumprir o que acordado com o cliente. Já para a produção de socas, observou-se um aumento de produtividade de 43% com melhorias de processo e de 59% para mudanças de *layout*.

Palavras-Chave

Kaizen, Layout, Melhoria Contínua, Eficiência, Produtividade, Gestão de tempo.

Abstract

Continuous improvement is a concept that has been increasingly studied because of technological advances and the increase in industrial competitiveness as a way to improve the quality of its products and its operational efficiency. To stay competitive, Procalçado S.A., a company that produces shoes and shoe soles, started to invest more in the implementation of this concept in its company, the context for which this master's thesis was written.

To analyze the company's manufacturing processes and identify sources of waste, the gemba concept was explored on the factory floor with special focus on two sectors of the factory: the manufacture of sandals and the gluing of soles and uppers. In these sectors a variety of concepts were applied, such as value stream mapping, Catchball, time management and layout modification.

In the gluing sector, there was a daily production requirement of approximately 650 pairs, reaching a total of 725 pairs produced per day. However, due to delays in obtaining these values it was necessary to add overtime to reach the goal and meet what was agreed with the customer. To produce sandals, we observed an increase in productivity of 43% with process improvements and 59% for layout changes.

Índice

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. PROCALÇADO S.A.	1
1.2. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. A VISÃO DO CONSUMIDOR, DA EMPRESA E DO FUNCIONÁRIO	2
2.2. PANORAMA ATUAL LEAN MANUFACTURING	2
2.3. LEAN MANUFACTURING	3
2.4. KAIZEN	4
2.5. PRINCÍPIOS E FUNDAMENTOS	5
2.6. METODOLOGIAS	8
2.6.1. TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)	9
2.6.2. TOTAL QUALITY MANAGEMENT (TQM)	10
2.6.3. TOTAL FLOW MANAGEMENT (TFM)	12
2.6.4. HOSHIN KANRI	14
2.7. FERRAMENTAS DE MELHORIA CONTÍNUA	17
2.7.1. O SISTEMA KANBAN	18
2.7.2. 5S	18
2.7.3. VALUE STREAM MAPPING (VSM)	19
3. PROJETOS DE MELHORIA	21
3.1. CATCHBALL	21
3.2. COLAGEM	23
3.2.1. PROCESSO	23
3.2.2. GESTÃO DO TEMPO	24
3.2.3. ORGANIZAÇÃO INTERNA E LAYOUT	29
3.2.4. QUALIDADE	30
3.2.5. RESULTADOS	31
3.3. PRODUÇÃO DE SOCAS	31
3.3.1. ABORDAGEM	31
3.3.2. MELHORIAS DE PROCESSO	32
3.3.3. LAYOUT E TEMPOS DE PRODUÇÃO	35
3.3.4. RESULTADOS	39
4. CONCLUSÃO	40
5. REFERÊNCIAS	42
ANEXO A: Pontos críticos para processo de colagem.	46
ANEXO B: Mapa de <i>Gantt</i> para colagem.	47
ANEXO C: Matriz de polivalência da colagem	48
ANEXO D: Bill Of Materials (BOM)	49
ANEXO E: Lead Time e tempos do processo de produção de socas	51

Lista de Figuras

FIGURA 1- OS CINCO PRINCÍPIOS DO LEAN MANUFACTURING. ADAPTADO DE [8, 15].	3
FIGURA 2- KAIZEN HOUSE OU CASA LEAN [16].	4
FIGURA 3- ESTRUTURA DE MATRIZ QFD [37]	10
FIGURA 4- EXEMPLO DE DISPOSITIVO FÍSICO POKA-YOKE.	11
FIGURA 5- EXEMPLO DE DISPOSITIVO SIMBÓLICO POKA-YOKE: CARTÃO INFORMATIVO.	12
FIGURA 6 - PASSO A PASSO DE HOSHIN PLANNING E HOSHIN REVIEW. [42].	14
FIGURA 7- EXEMPLO DE UMA MATRIZ X. REPRODUZIDO DE [43].	16
FIGURA 8- PROCESSO DE MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR.	20
FIGURA 9- ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DA COLAGEM	23
FIGURA 10- MAPA DE GANTT PARA PROCESSO DE COLAGEM.	28
FIGURA 11- MODELO DE SOCA NUBE COM DENOMINAÇÃO DOS PRINCIPAIS COMPONENTES.	32
FIGURA 12- ESTADO ORIGINAL DO EQUIPAMENTO DE PRENSAGEM DE AMORTECEDORES (A) E CORREÇÃO MANUAL DO AMORTECEDOR (B).	33
FIGURA 13- CUSTOMIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE PRENSAGEM DE AMORTECEDORES.	34
FIGURA 14- MÉTODO MANUAL DE INSERÇÃO DA TIRA (LADO ESQUERDO) UTILIZANDO-SE FIXADORES (LADO DIREITO).	35
FIGURA 15- MÉTODO DE INSERÇÃO DA TIRA COM FIXADORES POR MEIO DE UM ALICATE DE PRESSÃO.	35
FIGURA 16- REPRESENTAÇÃO DO LAYOUT DA LINHA DE PRODUÇÃO COM POSTOS DE TRABALHO E TRANSPORTE DE PRODUTOS POR TROLLEYS.	36
FIGURA 17- DURAÇÃO DE OPERAÇÕES PARA PRODUÇÃO DE SOCAS NUBE NA LINHA DE PRODUÇÃO ORIGINAL.	36
FIGURA 18- LAYOUT DA LINHA DE PRODUÇÃO PARA PRODUÇÃO DE SOCAS NUBE APÓS ADOÇÃO DE UM TAPETE AUTOMÁTICO.	38
FIGURA 19- GRÁFICO DE TEMPOS PARA CONJUNTO DE ATIVIDADES.	38
FIGURA 20- PRODUTIVIDADE MÉDIA DIÁRIA CONFORME MUDANÇAS NA LINHA DE PRODUÇÃO DE SOCAS NUBE.	39

Lista de Tabelas

TABELA 1- TIPOS DE DESPERDÍCIO E RESPETIVAS CARATERIZAÇÕES [23-25].	7
TABELA 2- MODELO TFM: ESTRATÉGIAS PARA OTIMIZAÇÃO [2].	12
TABELA 3- EXEMPLO DE BOWLER CHART ADAPTADO DE [40].	17
TABELA 4- TEMPOS POR OPERAÇÃO.	24
TABELA 5- TEMPOS DE OPERAÇÕES PARA LEAD TIME.	25
TABELA 6- DADOS PARA CÁLCULO.	26
TABELA 7- DADOS PARA MATRIZ DE POLIVALÊNCIA.	30
TABELA 8- OPERAÇÕES-CHAVE PARA LINHA DE PRODUÇÃO DE SOCAS NUBE COM RESPETIVA QUANTIDADE DE FUNCIONÁRIOS	33
TABELA 9- EVOLUÇÃO DE PRODUTIVIDADE NO FABRICO DE SOCAS.	40

Lista de Nomenclaturas

CTCP- *Centro Tecnológico de Calçado de Portugal*

FPY – *First Pass Yield*

GAP – *Grupos Autónomos de Produção*

ISO – *International Organization for Standardization*

JIT – *Just-in-Time*

QC – *Quality Circles*

QCD – *Quality, Cost and Delivery*

QFD – *Quality Function Deployment*

OEE – *Overall Equipment Efficiency*

OPE – *Overall Production Effectiveness*

SMED- *Single Minute Exchange of Die*

TFM – *Total Flow Management*

TPM – *Total Productive Management*

TPS – *Toyota Production System*

TQM – *Total Quality Management*

VSM – *Value Stream Mapping*

WC – *Work Content*

WIP – *Work in process*

1. Introdução

Esta dissertação de mestrado foi desenvolvida por meio de um projeto realizado em uma empresa da indústria do calçado, nomeadamente a Procalçado. Através da aplicação de diferentes métodos e ferramentas de melhoria contínua, foram estudados os sistemas de produção e seus produtos com o intuito de aumentar a eficiência operacional da empresa.

1.1. Procalçado S.A.

Procalçado S.A. é uma empresa de origem portuguesa e uma das líderes europeias na fabricação de solas e calçados. A empresa começou a produzir solas de sapatos a partir de 1973 com o objetivo de disponibilizar materiais, soluções e tecnologias inovadoras para a indústria do calçado [1].

Posteriormente, o negócio se expandiu e segmentou-se em três projetos distintos. Um destes projetos é denominado FOR EVER®, responsável pela produção de solas e atendimento de projetos personalizados. Além disso, também são produzidos calçados injetados para o mercado profissional, tais como para ambientes hospitalares, pela WOOCK® e para o segmento de moda, LEMON JELLY®.

Atualmente, a Procalçado produz anualmente cerca de 6 milhões de pares, dos quais 90% são exportados. Com o objetivo de alcançar a sua visão, a empresa tem evoluído seus processos e produtos, garantindo um elevado padrão de qualidade e adaptando-se às necessidades do futuro. Uma das maneiras para explorar seu potencial foi voltar-se à melhoria contínua [1].

1.2. Objetivos da dissertação

Esta dissertação teve como objetivo a exploração do conceito de *gemba* para observação dos processos de fabrico na indústria de calçado e desenvolvimento de soluções para minimização do desperdício e aumento da produtividade.

Nesse sentido, foram desenvolvidos e analisados KPIs relativos à gestão operacional da unidade. Também foram utilizadas uma diversidade de metodologias e ferramentas de melhoria contínua para o planeamento de produção e definição das melhores abordagens para resolução de problemas.

A partir da gestão do tempo e redesign do layout, foram analisados processos de diferentes setores da empresa e calculados taxas de ocupação para identificação dos principais desperdícios de tempo nas atividades dos funcionários.

Todas essas alterações de processo foram realizadas com base nos prazos de entrega acordados com os clientes e prioridades de produção ou de aumento do desempenho. Dessa maneira, era possível analisar e melhorar o fluxo de produção da empresa.

2. Revisão Bibliográfica

Para a realização deste projeto, foi inicialmente realizada uma pesquisa para contextualizar como foi desenvolvido o conceito melhoria contínua. Este nasce a partir da evolução do mercado, adaptando-se às mudanças no comportamento do consumidor, o que por sua vez também afeta o funcionamento interno da empresa. Dessa forma, para compreender a globalidade do projeto e a sua necessidade, torna-se indispensável perceber qual o papel do cliente e da empresa.

2.1. A visão do consumidor, da empresa e do funcionário

Segundo a visão de Porter, o conceito de valor pode ser definido como o quanto um cliente está disposto a pagar por um determinado produto ou serviço. O valor acrescentado depende, portanto, de diversos fatores, tais como a qualidade, o custo e o tempo de entrega (QCD). Para a aplicação de *Kaizen* nas empresas, é necessário identificar este valor por meio dos clientes, uma vez que esta baseia-se no paradigma *pull-flow*. Em outras palavras, cria-se um fluxo de produção a partir da procura do consumidor e, posteriormente, esse sistema deve ser constantemente aperfeiçoado[2-5].

A partir da identificação do valor acrescentado de uma organização, é possível construir a visão da empresa e alinhar objetivos. A falta desse alinhamento significa que cada membro da organização possui diferentes visões e, conseqüentemente, diferentes prioridades. Isso pode provocar o adiamento de decisões, dificuldade na implementação de projetos transversais e carência de sinergia. Por isso, a aplicação de diferentes métodos de melhoria contínua exige uma gestão participativa, que permita que todos os funcionários manifestem suas opiniões [6-8].

Além desse alinhamento ser vantajoso na construção de um objetivo comum da organização, ele permite um maior envolvimento mental e emocional dos operários. Isso é extremamente vantajoso para a empresa, uma vez que a mudança de abordagens e processos aplicados durante a melhoria contínua pode provocar resistência por parte dos funcionários. A razão disso é que cada pessoa possui um conjunto de hábitos e comportamentos, os quais estão acostumados e pensam ser os mais eficientes. Porém, é importante ter uma mente aberta e apresentar a disposição para adotar diferentes métodos de melhoria contínua [2, 9, 10].

2.2. Panorama atual

Ao explorar o atual cenário mundial, percebe-se que a evolução tecnológica avança exponencialmente, mudando o comportamento do mercado e as necessidades do consumidor. Para corresponder aos padrões de qualidade do consumidor e ser capaz de competir com outras empresas, torna-se indispensável a aplicação de conceitos *kaizen* ou *lean manufacturing*, que visam um melhor desempenho, custo e qualidade [7, 11].

A partir desse panorama, surge este trabalho, que consiste no estudo de ferramentas da qualidade com o objetivo de aumentar a produtividade em empresas por meio da

simplificação de sistemas, melhorias incrementais e alcance do potencial organizacional.

2.3. *Lean Manufacturing*

Lean manufacturing, também chamado de *Lean System* ou *Lean Production*, é uma prática de produção que mapeia o fluxo de valor de um negócio ou processo, identificando onde estão as atividades que agregam valor ao cliente e eliminando os desperdícios. O principal objetivo do *Lean System* é reduzir o desperdício, o que consequentemente melhora a qualidade do produto ou serviço. Outros objetivos secundários são a redução do esforço humano, do espaço ocupado, de investimentos em ferramentas e de complexidade de trabalho [12, 13].

Para implementação do *Lean Production* é necessário haver um departamento da empresa responsável pela garantia de um fluxo de trabalho, avaliação e correção de falhas de um determinado produto. O tamanho do lote também deve ser cuidadosamente planejado de forma a obter uma maior eficiência [8, 13, 14].

Os princípios do *lean manufacturing* podem ser divididos em cinco categorias que se relacionam de forma cíclica.

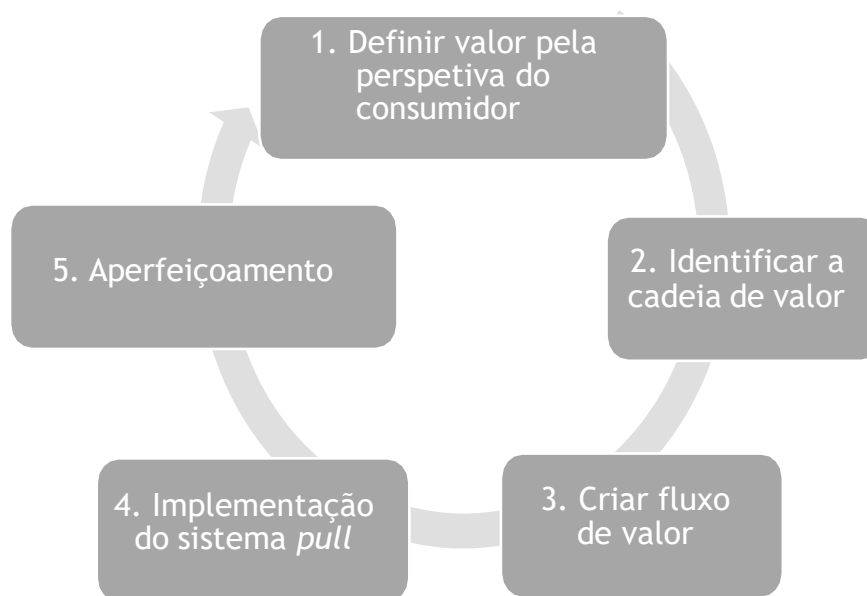


Figura 1- Os cinco princípios do Lean Manufacturing. Adaptado de [8, 15].

O primeiro princípio baseia-se em identificar quais são as funções e características atrativas de um produto que um cliente está disposto a comprar. Segundo Womack e Jones, as empresas precisam ser específicas ao definir os valores de acordo com as capacidades e preço do produto por meio da pesquisa de opinião do consumidor. Seguidamente, verifica-se dentro da cadeia de produção quais são os processos que acrescentam valor ao cliente. As atividades que mais geram valor são as que promovem a resolução de problemas, gestão de informação ou transformação física de um material. A partir disso, é possível eliminar as atividades que não agregam valor e melhorar

equipamentos e processos para criar um fluxo mais eficiente, o que incorpora o terceiro princípio. Após alcançar essa melhor eficiência organizacional, chega-se à quarta etapa: a implementação do sistema *pull*, no qual a demanda dos clientes definirá a quantidade de produção. Por fim, o último passo caracteriza-se como um esforço da gestão para procurar por novas oportunidades de melhoria e recomeçar o ciclo [4, 14, 15].

2.4. Kaizen

A principal diferença entre *Lean Manufacturing* e *Kaizen* é o seu objetivo primário. Como já foi abordado, *Lean production* tem como meta a redução ou eliminação do desperdício, enquanto *Kaizen* foca na aplicação de métodos que criem hábitos organizacionais na empresa. Em outras palavras, essa filosofia incentiva os funcionários a aderir uma rotina disciplinada e eficiente por meio da organização e adoção de diferentes métodos de melhoria contínua. Dessa maneira, o trabalho se torna mais prático e rápido, uma vez que a melhora de cada indivíduo terá efeitos positivos tanto no grupo quanto na qualidade do produto.

No entanto, é importante destacar que ambos os conceitos apresentados se intercetam diversas vezes, possuindo diversas similaridades de princípios e ferramentas. Logo, é impossível mencionar um desses conceitos sem envolver o outro. Isso ocorre porque processo e resultado estão diretamente relacionados: a eliminação do desperdício requer hábitos de disciplina, os quais aumentam a eficiência do processo e a qualidade do produto [6, 7, 11].

Um exemplo dessa relação entre essas duas filosofias é a casa *lean* ou *kaizen house*, apresentada na Figura 2.



Figura 2- Kaizen House ou Casa Lean [16].

A figura demonstra que o conceito de melhoria contínua se apoia inicialmente na estabilidade da própria empresa, que precisa cumprir requisitos mínimos para o seu funcionamento. Outras condições para tal é a presença do trabalho padronizado, uma

cultura de empresa disciplinada (*kaizen*) e o nivelamento, também chamado de *heijunka*. Este último procura promover o equilíbrio da carga de trabalho em um determinado intervalo de tempo de maneira a aproveitar ao máximo a capacidade do processo, além de possibilitar rápidas reações às mudanças de demanda [17, 18].

Por fim, para obter a melhor qualidade ao menor custo e menor prazo, o *Lean System* apoia-se em dois pilares. O primeiro é o *just-in-time* que se refere à produção na quantidade e tempo exatos que são necessários. Para isso, emprega-se um sistema *pull* com fluxo contínuo (sem interrupções) e com cálculo do *takt-time*, que avalia o tempo de fluxo dos materiais. O segundo pilar é conhecido como *Jidoka* ou autonomia, que se baseia em um sistema no qual uma máquina interrompe automaticamente o processo de produção quando um problema é detectado e, dessa forma, evita a persistência de peças defeituosas. A partir disso, um funcionário deve investigar a causa desse problema, solucionando-o o mais rápido possível para retomar a produção sem grandes danos ao sistema de produção. O conjunto de todos esses fundamentos dá origem ao processo de melhoria contínua [19-22].

2.5. Princípios e fundamentos

Para implementar um modelo funcional *kaizen-lean*, é necessário que haja adesão e comprometimento aos sete princípios *pull-flow*:

- Qualidade em primeiro lugar: Este princípio é um dos mais importantes e baseia-se em três pilares. O primeiro é o *market in*, segundo o qual devem-se utilizar dados reais e concretos para identificar a necessidade do consumidor e a sua relação com a qualidade, o custo e a entrega. A partir disso, é possível entender melhor o cliente e antecipar os seus desejos. O segundo pilar trata-se da ideia de que a próxima operação é o cliente. Dentro de uma mesma empresa, existe uma cadeia de fornecedores e clientes. Para que um produto passe para o próximo setor, deve-se realizar o *market in* com o objetivo de ter uma peça com zero defeitos. O último pilar, *upstream improvement*, defende que a causa de um problema ou defeito geralmente encontra-se no começo do processo e este precisa ser investigado [2].
- Orientação *gemba*: *Gemba* é uma palavra japonesa que pode ser traduzida como “lugar real”, onde ocorrem processos e atividades que podem ou não agregar valor. É essencial observar onde acontecem os processos de fabrico e conversar com as pessoas responsáveis. Sendo, então, possível documentar e gerar dados que demonstrem a situação. Dentre os principais fatores que devem ser observados, estão: funcionários, informação, material bruto, produto acabado, processo, equipamentos e ferramentas [23].

- Desenvolvimento pessoal: Assim como já foi mencionado, a aplicação *kaizen* envolve pessoas de todas as posições da empresa, independentemente da hierarquia. A partir da observação, é possível identificar o desperdício e a ineficiência de alguns processos, introduzindo novos hábitos aos funcionários e uma melhor capacidade crítica de analisar o processo [2].

- Visual Standards: Ao analisar cada tarefa dentro de uma empresa, é essencial que se verifique a maneira mais eficiente de realizá-lo. Uma das possíveis formas é a utilização de imagens, que são facilmente e mais rapidamente compreendidas, ao invés de textos e longas descrições. Além disso, a utilização de padrões uniformiza o trabalho e diminui a variabilidade de resultados. A mudança de operadores para execução de uma determinada tarefa também pode gerar variâncias que podem ser reduzidas pela implementação do trabalho padronizado, uma subcategoria de *Visual Standards* que melhora o movimento dos trabalhadores por facilitar reconhecimento visual de informações, o que acelera a velocidade de pensamento e chegada a conclusões [2].

- Processos e resultados: O estado final do produto está diretamente relacionado com um conjunto de características e detalhes de seu processo de fabrico. Ao definir um objetivo, torna-se necessário analisar os pormenores de cada atividade e ter foco em melhorá-los. Para avaliar o efeito das modificações implementadas, podem-se utilizar indicadores de desempenho para avaliar os resultados [2].

- Eliminação dos três Ms (*muda*, *mura* e *muri*): *Muda* é uma palavra de origem japonesa que se refere ao desperdício. A eliminação da *muda* é um dos principais objetivos dos fundamentos *kaizen lean*, uma vez que este afeta diretamente o valor de um produto [23]. Dessa maneira, torna-se imprescindível identificar quais são os pontos que geram desperdício e aumentar o aproveitamento de recursos, obtendo assim uma vantagem competitiva [9].

Associado a estas ideias estão a variabilidade, *mura*, e a sobrecarga, *muri*. Um exemplo de *mura* são cronogramas rotativos, que evidenciam a falta de estabilidade e confiabilidade. Neste caso, pode haver conflitos de horários, gerando uma espera excessiva ou apressamento de algumas atividades. Por outro lado, *Muri* representa

principalmente o tempo e o gasto de energia. Ao tentar cumprir um objetivo ambicioso ou uma grande demanda, é possível que se exija mais de equipamentos, processos e pessoas. Ao ir para além da sua capacidade, seja por questões tecnológicas ou ergonômicas, há uma sobrecarga que pode afetar os produtos, criando problemas de qualidade [2, 23].

Taiichi Ohno classificou o desperdício em sete categorias, apresentadas na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1- Tipos de desperdício e respectivas caracterizações [24-26].

Tipos de desperdício
Defeitos: O tipo mais simples de desperdício são os defeitos, que exigem ações corretivas. A procura pela causa deve se tornar prioridade para evitar futuros erros.
Movimento: Advém de movimentos ineficazes de operadores devido às condições do ambiente em que se encontram. Por exemplo, alcançar um objeto em uma prateleira alta ou a deslocação de pesados que precisam de equipamentos para serem carregados.
Processamento: Quando um produto possui configurações complexas, precisa-se diferenciar o que cria ou não valor para o consumidor. Ou seja, o produto apresenta funcionalidades que não são utilizadas pelos clientes, mas que acrescenta diversas etapas e detalhes no processo de produção. Este desperdício também pode ocorrer no uso de um material específico que exige um processamento caro ou demorado.
Produção excessiva: Refere-se a produzir mais ou mais rápido do que o necessário, acumulando um maior inventário. A existência de mais mercadorias gera documentação desnecessária e custos de armazenamento. Alguns possíveis motivos para isso ocorrer são erros na previsão de demanda ou disparidades no sistema de produção.
Stock: Um inventário muito superior à demanda dos clientes acarreta em custos de manutenção de um espaço que poderia ser mais bem aproveitado. Se a função desse inventário for prevenir possíveis peças defeituosas ou atrasos nos processos, deve-se melhorar a eficiência por meio do sistema JIT ou aumentando a confiabilidade de processos e equipamentos.
Tempo: Este desperdício refere-se ao tempo em que máquinas ou operadores permanecem inativos devido ao mal planejamento do sistema de produção ou a processos não sincronizados.

Transporte: A deslocação desnecessária de materiais, ferramentas ou equipamentos gera gastos de tempo e energia. Esses problemas geralmente são causados devido a má disposição de objetos e equipamentos dentro de uma empresa ou distância significativa entre o fornecedor e a fábrica.

Aplicando esses conceitos no contexto mundial de pandemia em 2020, pode-se verificar um aumento do desperdício de *stock* e de transporte. Muitas empresas precisaram abater parcialmente o seu inventário ou interromper a produção pela redução brusca de demanda. Enquanto isso, empresas com longas cadeias de produção encontraram um tráfego limitado que dificultou a deslocação de materiais, criando atrasos ou suspensão de atividades pela falta de recursos [28-30].

▪ *Pull-flow thinking*: Este é um princípio controverso porque envolve uma grande mudança de *mindset* e *gemba*. Atualmente, a maioria dos produtos são fabricados por lotes por este ser um meio economicamente viável. No entanto, a proposta deste conceito é a aplicação *pull*, que define a demanda com base na procura do consumidor, com o sistema *Just-in-time* (JIT). Ou seja, para satisfazer a procura do cliente, seja este externo ou interno, organiza-se o fluxo de materiais e informação de maneira que não haja excesso de produção, eliminando a *muda* do inventário [2, 25].

Esta estratégia encontra-se aplicada ao modelo TPS, que também pode ser chamado de *Total Flow Management* (TFM), demonstrando grandes resultados para o aumento da eficiência [2, 24].

2.6. Metodologias

Durante o desenvolvimento do conceito de melhoria contínua, foram desenvolvidas diversas metodologias que auxiliam a implementação desta ideia. Estes métodos não têm como pressuposto dar a solução para um problema, mas estudar a melhor maneira de abordá-lo. A partir de uma visão global de um determinado sistema de produção é possível criar ou realizar ajustes a um plano de trabalho. Nesta dissertação, apresentam-se quatro metodologias distintas: uma que apresenta a gestão de equipamentos e produção, uma para o aumento da qualidade de maneira geral, uma para criar um fluxo de trabalho mais contínuo e eficaz e uma para planejar a produção.

2.6.1. Total Productive Maintenance (TPM)

O principal objetivo do TPM é a redução de perdas de tempo ou de produtos que podem acontecer devido à falha de equipamentos, velocidades baixas de produção ou presença de defeitos em equipamentos.

Dessa maneira, decorre-se um aumento de produtividade, redução de custos e mudança do cenário económico. Os funcionários são, portanto, ensinados e estimulados a realizar diariamente atividades de manutenção [30, 31].

Dentro do *Total Productive Maintenance*, existem quatro tipos de manutenção:

- Manutenção de avarias: O equipamento só é reparado após a sua falha, o que pode ocorrer quando a avaria do equipamento não implica mudanças significativas nas operações de produção nem geram perdas além de custos de reparo [32].
- Manutenção preventiva: Refere-se ao cuidado diário com o equipamento para preservar o bom estado, efetuando-se limpezas, inspeções, lubrificações. Este tipo de manutenção pode ocorrer periodicamente ou por meio de previsões de falha. Neste segundo caso, a deterioração é medida e analisada por meio de dados obtidos por um sistema de vigilância [32].
- Manutenção corretiva: Categoriza-se como a melhoria de equipamentos e seus componentes, tornando a manutenção preventiva mais confiável. Este é o caso de equipamentos que são redesenhados para eliminação de pontos frágeis [32].
- Prevenção de manutenção: Corresponde ao estudo das desvantagens de um equipamento, tais como prevenções de falhas, facilidade de manutenção e prevenção de defeitos). A partir disso, pode-se analisar as diferentes opções de novos equipamentos para evitar a ocorrência de falhas [32].

Para uma análise quantitativa do efeito do TPM, pode-se observar o *Overall Production Effectiveness* (OPE), também conhecido como TEEP - *Total Effectiveness Equipment Performance*, e o *Overall Equipment Efficiency* (OEE), que analisam o desempenho da produção e dos equipamentos. Em questão de resultados, o objetivo é obter um mínimo de eficiência de 80% para o OPE e 90% para o OEE. Além disso, a redução de custos esperada pela aplicação deste processo é de aproximadamente 30% [32]. Pode-se calcular o OPE e o OEE por meio das seguintes equações:

$$OEE = A \times PE \times Q \quad \text{Equação 1}$$

$$OPE = EU \times A \times PE \times Q \quad \text{Equação 2}$$

Em que, A representa a disponibilidade da máquina comparada ao número de falhas e tempo para repará-la. PE demonstra o nível de desempenho da máquina com base na perda de velocidade e Q mostra a taxa de peças não defeituosas que o equipamento produz. EU refere-se à utilização do equipamento, incluindo no cálculo horários de desligamento planejado da máquina. Dessa forma, o TEEP calcula a efetividade global do processo em relação à sua capacidade máxima, considerando a eficiência do equipamento numa base de 24 horas por dia e 365 dias por ano ao invés de considerar apenas o horário de trabalho planejado [32,33].

2.6.2. Total Quality Management (TQM)

Segundo a Organização Internacional de Normalização (ISO), qualidade define-se como todos os recursos e características de um determinado produto ou serviço que influenciam a satisfação de necessidades, sejam estas explícitas ou implícitas. O principal objetivo do *Total Quality Management* é, então, melhorar a qualidade do produto para alcançar zero defeitos [34, 35].

Com este intuito, o TQM integra diversos sistemas de função da qualidade, introduzindo a prática de uma nova cultura baseada na eliminação da muda, no encorajamento da inovação e na adição de valor pela resolução de problemas [35].

Devido a essa diversidade, para a aplicação desta metodologia é essencial uma comunicação efetiva e interações entre funcionários de diferentes níveis hierárquicos. Para planejar e priorizar determinadas ações, é possível utilizar matrizes QFD (*Quality Function Deployment*) [36]. A estrutura desse tipo de matriz está apresentada na Figura 3.

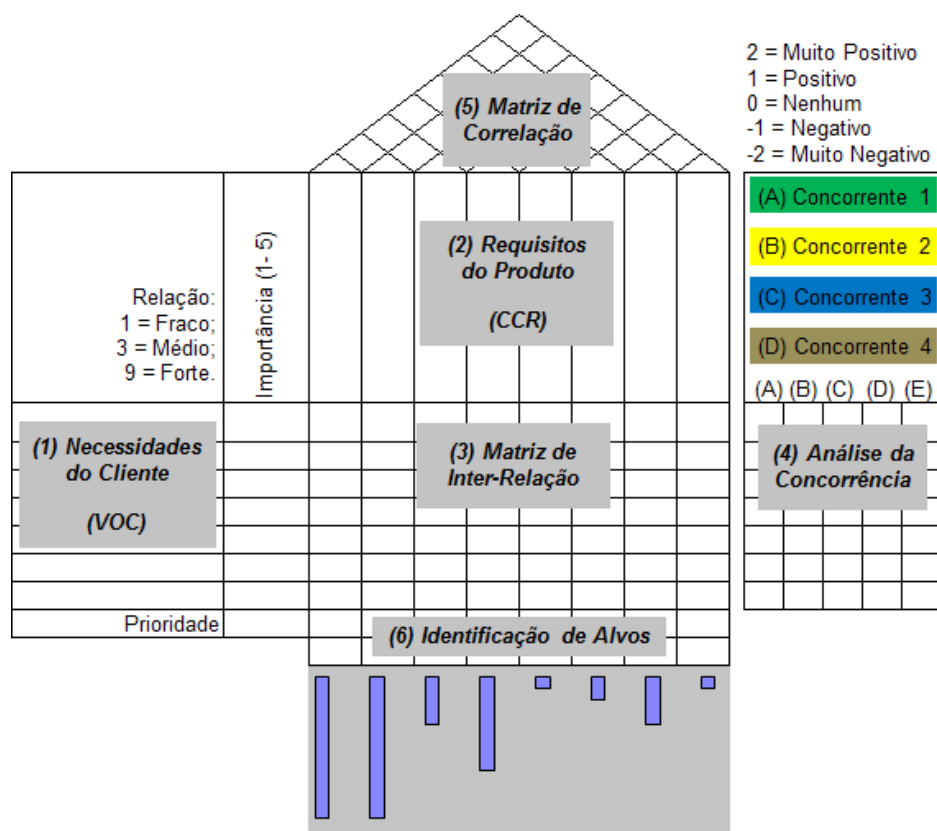


Figura 3- Estrutura de matriz QFD [37].

Nessa matriz, o primeiro passo consiste em identificar as necessidades dos clientes para determinado produto ou serviço. A estes requisitos deve estar associado um grau de importância para estabelecer prioridades a partir das características que adicionam mais valor para o cliente.

Posteriormente, são definidos os requisitos do produto, ou seja, as particularidades do produto em termos de engenharia para satisfazer às necessidades dos clientes.

A identificação desses requisitos pode ser relacionada às necessidades do cliente na zona 3 da matriz (Figura 3) a partir de uma classificação de 1 a 9, em que 9 é a relação mais forte. Em seguida, deve-se comparar o desempenho da empresa com o dos concorrentes para o atendimento das necessidades dos clientes, identificando quem possui uma performance mais elevada. O quinto passo é a realização de uma matriz de correlação, que identifica se há alguma interferência entre os requisitos de produto e qual o seu nível. Por fim, deve-se avaliar quais são os requisitos mais importantes a partir da soma de todas as relações para um mesmo requisito, obtendo-se uma ordem de prioridade para as ações a serem tomadas [36].

Segundo alguns pesquisadores, o erro humano é um dos principais fatores que afetam a qualidade dos sistemas de produção, sendo usualmente responsáveis por 50 a 75% da ocorrência de falhas em uma empresa. Estas percentagens podem variar de acordo com condições internas, tais como a fadiga ou a experiência adquirida dos funcionários, ou externas, como o clima e a carga de trabalho [38].

A fim de garantir a qualidade, utilizam-se sistemas anti-erro, também conhecidos como dispositivos *Poka-Yoke*. Estes sistemas visam melhorar a segurança do trabalho e diminuir os erros de montagem até uma taxa constante, mas pequena. O funcionamento desse sistema dá-se pela detecção da causa de equívocos e a sua prevenção. Dessa maneira, os dispositivos *Poka-Yoke* podem ser divididos em três categorias:

- a) Físicos, os quais apresentam-se fisicamente no local de trabalho e não dependem da interpretação dos usuários. Um exemplo deste tipo de dispositivo está presente na Figura 4, que apresenta pinos com diâmetros diferentes para evitar que a meia moldação superior seja colocada de forma incorreta.

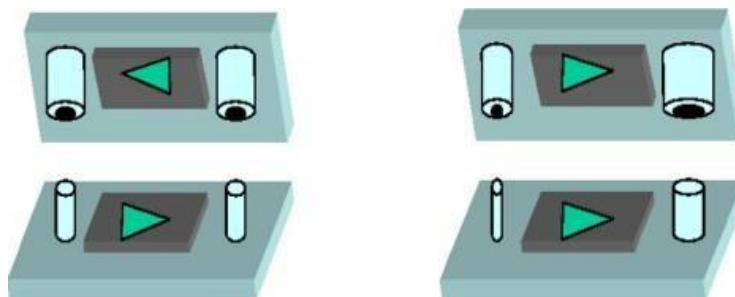


Figura 4- Exemplo de dispositivo físico Poka-Yoke [39].

- b) Funcionais, se for possível relacionar o seu estado e/ou funcionamento a um evento sem ser necessária a interpretação do funcionário. Um exemplo é o bloqueio por senha, que limita o acesso dos usuários.

- c) Simbólicos, se exigirem a interpretação do operador, tais como sinais de segurança, cartões e etiquetas. Um exemplo é apresentado na Figura 5:

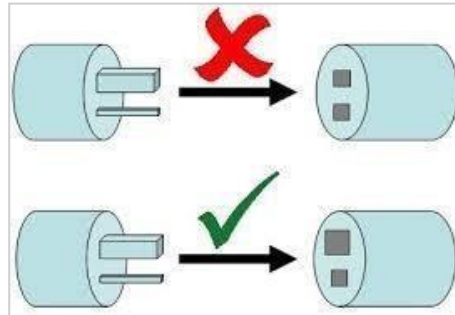


Figura 5- Exemplo de dispositivo simbólico Poka-Yoke: Cartão informativo [40].

2.6.3. Total Flow Management (TFM)

Total Flow Management é uma metodologia que tem como objetivo a otimização do fluxo de material e de informação da cadeia de valor. Para aplicar o modelo TFM é necessário inicialmente garantir um nível mínimo de estabilidade relativamente a mão-de-obra, equipamentos, materiais e métodos. Basta que um desses elementos não seja estável para que ocorram interrupções de fluxo [2].

O modelo TFM pode ser dividido em três categorias principais: Fluxo da produção, fluxo na logística interna e fluxo na logística externa [2]. As estratégias usadas para cada uma dessas categorias pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2- Modelo TFM: Estratégias para otimização [2].

II. Fluxo na Produção	III. Fluxo na Logística Interna	IV. Fluxo na Logística Externa
5. Automação de baixo custo	5. Planeamento <i>Pull</i>	5. Planeamento Total <i>Pull</i>
4. <i>Single-Minute Exchange of Dies</i> (SMED)	4. Nivelamento	4. Fluxo de saída e entrega
3. Trabalho padronizado	3. Sincronização	3. Fluxo de entrada e abastecimento
2. Bordo de linha	2. <i>Mizusumashi</i>	2. <i>Milk Run</i>
1. <i>Design</i> do <i>layout</i> e da linha	1. Supermercados	1. Projeto de Armazém
I. Estabilidade Primária		

Após a empresa obter uma determinada estabilidade, deve-se criar um fluxo de produção, que começa pela realização de mudanças no *layout* e nos equipamentos. A finalidade é criar um movimento contínuo de material em operações que agregam valor ao produto. Dessa maneira, é implementado um sistema *One piece flow*, ou seja, é feita a manufatura de uma peça por vez em uma sequência de operações. Para estabelecer esse sistema, pode-se avaliar o tempo de fluxo dos materiais, também conhecido como *takt-time* [2, 20]. O *takt-time* pode ser calculado pela seguinte equação:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ para\ produção}{Procura\ do\ consumidor} \quad \text{Equação 3}$$

A seguir são minimizados os movimentos dos operadores pelo bordo de linha e pelo trabalho padronizado. O bordo de linha aumenta a acessibilidade e disponibilidade de objetos úteis ao funcionário, enquanto o trabalho padronizado normaliza os movimentos mais eficientes e promove treinamento aos operários. O quarto nível do fluxo na produção trata da customização da linha de produção, proporcionando flexibilidade para a produção de pequenos lotes pelo SMED. O Single- Minute Exchange of Dies visa reduzir ao máximo o tempo de configuração, permitindo a rápida mudança de produto. Por fim, é realizada a automação parcial de algumas operações, permitindo um aumento da produtividade a baixo custo [2, 40].

Relativamente ao fluxo na logística interna, este começa por organizar de maneira simplificada as áreas de recolha de ativos com um fácil sistema de armazenamento (supermercado). Neste caso, o posicionamento dos produtos pode ser assistido pela gestão visual, no qual são colocados em locais claramente visíveis, e pela utilização de suportes móveis, que podem carregar um bom número de produtos e facilitar a sua movimentação. O transporte também pode ser facilitado pela aplicação do conceito *Mizusumashi*, no qual um funcionário utiliza uma rota fixa para realizar o transporte de informação e ativos [2, 17].

Para a coordenação da cadeia de abastecimento pode ser utilizada a sincronização da cadeia pelo sistema *kanban* ou *junjo*. O método *kanban* utiliza a gestão visual para informar ao responsável do *mizusumashi* as informações relativas ao ativo, tais como a quantidade a ser reabastecida, assim como a identificação do material, do cliente e do fornecedor. Essas ordens são geradas de maneira contínua a partir do consumo de material até que o *stock* alcance um nível de reaprovisionamento, que deve ter quantidade suficiente para satisfazer os pedidos dos clientes até que o fornecedor reabasteça o *stock*. Enquanto isso, o *junjo* trata-se de um sistema de abastecimento sincronizado utilizado principalmente para grandes componentes, no qual os componentes são reabastecidos na linha de produção em um número exato. Assim, a linha de produção trabalha de maneira sincronizada com o abastecimento de cada item [41].

Após essas etapas, é feito o nivelamento, que permite a adaptação a mudanças de demanda, e aplica-se um planeamento *pull* para a capacidade da empresa definida pelos pedidos dos consumidores [2, 17].

A última categoria do modelo TFM, fluxo na logística externa, inicia-se com o

projeto do armazém. Tradicionalmente, tenta-se apenas otimizar o uso do espaço, o que acarreta em complexidade de operações e grande quantidade de funcionários para transporte do produto. Dessa maneira, o projeto deve ser desenhado pelo fluxo de valor em grupos de células ou linhas. Esses grupos podem ser definidos por volume de componentes, consumidores ou tipos de pedidos. No segundo nível, *milk run*, organiza-se o transporte entre diferentes elementos da cadeia de abastecimento utilizando o mesmo princípio do *mizusumashi*: uma rota fixa para otimizar a recolha ou entrega de determinados artigos. Após esta etapa, realiza-se uma análise e planeamento do fluxo de entrada e saída do armazém, criando-se um fluxo de material físico. No final do processo, opta-se por uma estratégia para cada produto, prevê-se a capacidade de logística e planeia-se os pedidos existentes [2,17].

2.6.4. Hoshin Kanri

Hoshin Kanri é um termo japonês que representa a gestão do progresso em prol de um objetivo e pode ser dividido em duas etapas: *Hoshin Planning* e *Hoshin Review*. Dentro dessa metodologia, há diversos passos que devem ser seguidos, como pode ser visto na Figura 6. Durante essa fase, diversas ferramentas são utilizadas para determinar as metas da empresa e controlar a sua implementação [42].

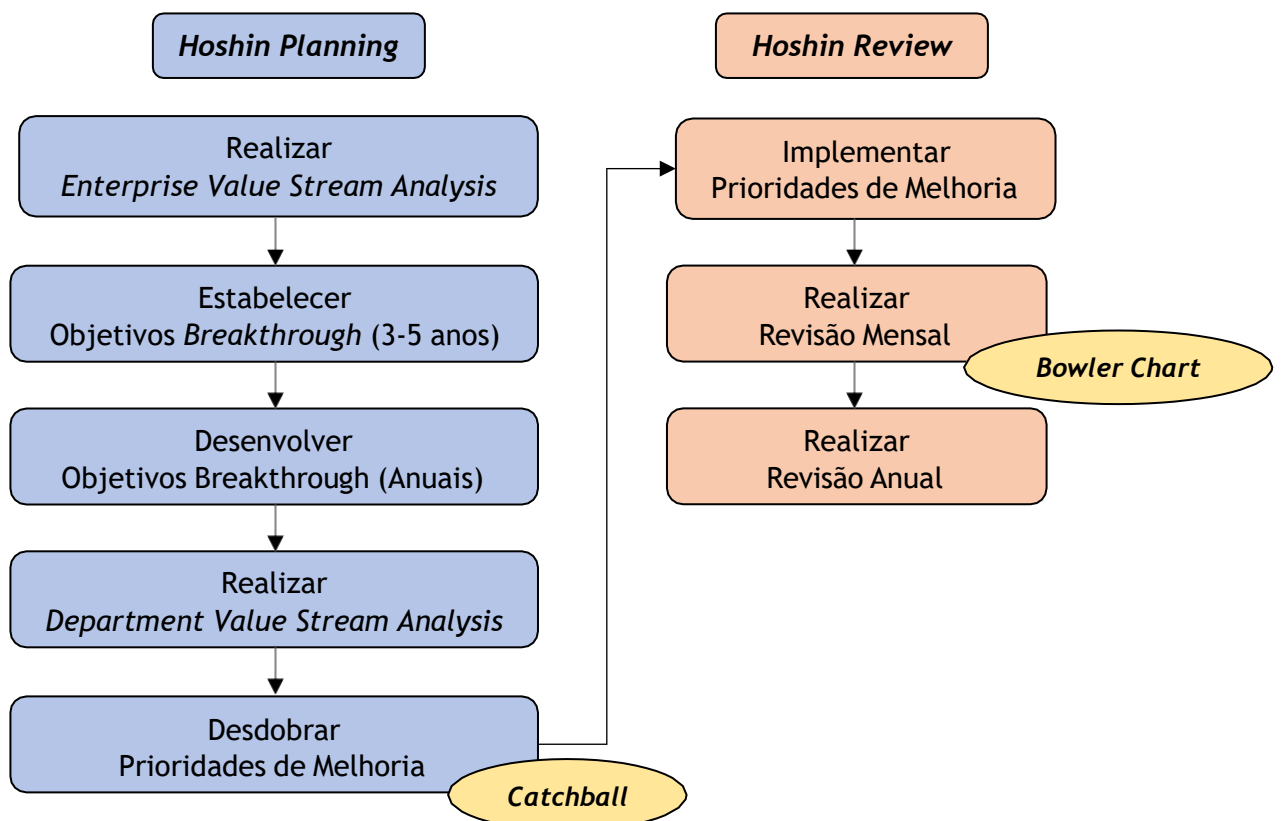


Figura 6 - Passo a passo de Hoshin Planning e Hoshin Review [43].

Hoshin Planning consiste no planeamento a curto e longo prazo, estabelecendo estratégias e prioridades para alcançar um determinado objetivo. O primeiro passo ao iniciar esse processo é estabelecer as prioridades estratégicas e a visão da empresa, o que pode ser feito a partir do *Enterprise Value Stream Analysis*. Este é um *Kaizen Event* que analisa quais atividades da cadeia de valor geram desperdício e quais são responsáveis pelo real valor acrescentado. Estas atividades podem ser avaliadas de acordo com um mapa do fluxo de valor, cuja construção pode ser verificada no tópico “2.5.3. *Value Stream Mapping (VSM)*” deste trabalho [44].

A partir do mapa criado, analisa-se a informação partilhada entre diferentes áreas da organização. É necessário identificar com clareza quais as informações mais importantes e onde estão os *handovers*, ou seja, a transferência de material ou informação de uma unidade da organização para outra. Dentro das informações sobre os *handovers* também devem constar entre quem ocorrem e o motivo, garantindo que não haja problemas como a perda de informação ou período de deslocação excessivamente longo [44, 45].

Os dados relevantes obtidos na análise devem ser adicionados ao mapa e, a partir disso, formular as prioridades estratégicas. Geralmente, os dados mais pertinentes incluem os dados de stock, mão de obra e equipamentos. Isso ocorre porque as maiores oportunidades para redução do *lead time*, tempo definido que compreende o começo do ciclo de produção até a entrega, estão muitas vezes relacionadas aos dados de inventário. No caso dos funcionários, algumas alterações de rotina ou método de trabalho podem evitar erros e apresentar ganhos relevantes para a produtividade. O uso de equipamentos complexos e rígidos também pode afetar a produtividade, sendo possível customizá-los ou aderir a novas máquinas que sejam mais simples, flexíveis e de menor tamanho. A partir da análise de todas as informações, idealiza-se uma visão que promova a criação de soluções de baixo custo, mas com a mesma qualidade e consistência que o maior concorrente da empresa em questão [44, 45].

Após estabelecer as prioridades estratégicas, é possível criar uma Matriz X, que permite a apresentação de informações importantes de forma visual e resumida. Essa matriz demonstra quais as atitudes que a empresa deve tomar para alcançar as suas metas [44]. A estrutura desse tipo de matriz pode ser vista por meio do exemplo da Figura 7.

●	○	○		Atividade 1: Modificar políticas de suporte ao cliente	●	●												●	○							
○	●	○		Atividade 2: Implementar tutoriais em vídeo			●											○	●							
		●	○	Atividade 3: Implementar pipeline de inovação				●				○								●						
●				Atividade 4: Planejar o desenvolvimento de novos recursos do produto	○				●	●	●							●		○						
		○	●	Atividade 5: Realizar análise de restrições									●	●				○								
Objetivo anual 1: Foco nas necessidades dos clientes que pagam mais				Prioridades e Atividades Objetivos anuais Indicadores chave de performance Objetivos de longo prazo	KPI 01: Tempo de resposta aos clientes com altos pagamentos																					
Objetivo anual 2: Atingir a excelência no treinamento dos produtos					KPI 02: Taxa de rotatividade de clientes de alto perfil, em %																					
Objetivo anual 3: Testar e implementar ideias inovadoras					KPI 03: % de função com tutoriais em vídeo atualizados																					
Objetivo anual 4: Otimizar processos de negócios					KPI 04: Desempenho do pipeline de inovação com o scorecard																					
Objetivo anual 5:					KPI 05: Tempo no mercado para novos recursos, em dias																					
					KPI 06: Orçamento de marketing para novos recursos, em \$																					
					KPI 07: Ajuste recurso/mercado para novos recursos, em %																					
					KPI 08: Ideias de melhoria sugeridas tridimensionalmente																					
					KPI 09: Processos com plano de otimização, em %																					
					KPI 10:																					
				Proprietário 1: Equipe de desenvolvimento																						
				Proprietário 2: Equipe de atendimento ao cliente																						
				Proprietário 3: Equipe de gestão																						
				Proprietário 4:																						
				Proprietário 5:																						
●	○			Objetivo de longo prazo 1: Criar produtos de alta qualidade	Correlações/contribuições:																	Recursos:				
		●	○	Objetivo de longo prazo 2: Manter a equipe motivada	●	Direta/principal																	BSC Designer - software			
●		○	○	Objetivo de longo prazo 3: Atingir crescimento sustentável	○	Complementar																	de execução de			
				Objetivo de longo prazo 4																			estratégias			
				Objetivo de longo prazo 5																						

Figura 7- Exemplo de uma Matriz X. Reproduzido de [44].

A primeira parte a preencher na Matriz X são os objetivos a longo prazo que compreendem um período de 3 a 5 anos. As metas estabelecidas precisam ser claras e específicas a ponto de que seja possível identificar os principais obstáculos que impedem a organização de alcançá-las. Assim, é possível estabelecer um plano de ação que corresponda aos resultados esperados. Na definição desses tópicos, devem-se considerar mudanças significativas na perspectiva do cliente e tensionar os objetivos, isto é, elevar as metas para assegurar o compromisso com os acionistas. Estas metas são chamadas de objetivos *breakthrough* e desafiam a empresa a realizar um salto disruptivo, aplicando soluções inovadoras e eficientes para a concretização do plano [44].

É essencial destacar que os objetivos *breakthrough* são objetivos internos da indústria e podem diferenciar-se do acordado com os acionistas. Isso ocorre porque a empresa não pretende pressionar os funcionários física e mentalmente a atingir os resultados a ponto de interferir com a saúde deles. Na verdade, a pressão é aplicada sobre os processos, que precisam melhorar a sua eficiência e produtividade. Por estemesmo motivo, criam-se equipes de projetos multidisciplinares para que todos sintam-se incluídos e motivados em favor de um objetivo comum [44].

Posteriormente, os objetivos *breakthrough* a longo prazo decompõem-se em objetivos anuais, demonstrando o que deve ser alcançado a cada ano. Para cumprir com

esses objetivos, deve-se realizar o *Department Value Stream Analysis*, que funciona de maneira similar ao *Enterprise Value Stream Analysis*. A diferença trata da incorporação de cada um dos departamentos na análise do fluxo de valor e identificação das principais atividades que cada setor deve executar para alcançar os objetivos. A partir dessa análise, é realizada a discussão e *brainstorming* de diversas áreas da empresa para definir as prioridades de melhoria. A este debate dá-se o nome de *Catchball*. Após a discussão de um plano de ação, deve-se testar a hipótese, verificar a sua eficiência e, se necessário, voltar a se reunir para discutir mais alterações. Dessa maneira, as prioridades de melhoria são integradas à parte superior da matriz X e os responsáveis por cada atividade são adicionados na zona a verde escuro da Figura 7. Para medir o sucesso de implementação das mudanças, também são adicionados na matriz os indicadores chave de desempenho. Para concluir a construção da matriz, são adicionados marcadores de relação entre objetivos, atividades, responsáveis e indicadores de performance. Esta relação pode ser direta ou complementar, como apresentado na Figura 7 [44, 47].

A seguir ao *Hoshin Planning*, é realizado o *Hoshin Review*, cuja função é implementar as prioridades de melhoria e verificar o progresso realizado. A evolução do progresso pode ser analisada a partir de um *Bowler Chart*, uma tabela que apresenta de forma simples quais atividades a desenvolver, o seu ponto de partida, o estado atual e o objetivo a alcançar [43]. Um exemplo dessa tabela pode ser visto abaixo na Tabela 3:

Tabela 3- Exemplo de Bowler Chart adaptado de [42].

Pt de partida	Meta anual	Un.		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
74%	85%	%	Hoshin	75%	76%	77%	78%	79%	80%	80%	81%	82%	83%	84%	85%
			Atual	74%											
30	15	min	Hoshin	29	28	26	25	24	23	21	20	19	18	16	15
			Atual	30											
192	202	mil €	Hoshin	192,8	193,7	194,5	195,3	196,2	197,0	197,8	198,7	199,5	200,3	201,2	202,0
			Atual	194,0											

Durante a implementação das melhorias, podem surgir novos planeamentos ou oportunidades de melhoria de acordo com o avanço tecnológico ou mudanças no comportamento do mercado. Por isso, algumas das etapas podem ser realizadas mais do que uma vez, como, por exemplo, *Catchball* [44].

2.7. Ferramentas de melhoria contínua

Assim como as metodologias, também foram estudadas ferramentas específicas que podem ser comuns a diversos métodos. Nessa dissertação, as ferramentas estudadas foram o Sistema Kanban, o 5S e o *Value Stream Mapping* (VSM). Estas podem ser muitos úteis para aumentar a eficiência de processos, sendo possível obter resultados rápidos como é o caso do 5S, que apresenta efeitos positivos imediatos ao ambiente de trabalho.

2.7.1. O sistema *kanban*

Em japonês, *kanban* significa cartão, painel ou símbolo. No contexto da melhoria contínua, é uma ferramenta importante que é aplicada no controlo de processos. Ela foi inicialmente adotada por Taiichi Ohno que percebeu no supermercado que produtos que saíam mais frequentemente encontravam-se em maior quantidade nas prateleiras e, os menos frequentes, em menor quantidade [33,48].

A partir disso, foi adotado o sistema supermercado de abastecimento, que posteriormente mudou o seu nome para sistema *kanban* de abastecimento. Este modelo controlava visualmente o inventário por meio de cartões que eram colocados juntamente com o produto ou com um agrupamento destes. Ao retirá-lo do inventário, o cartão também era retirado [48].

O *kanban* serve para definir um lugar específico para armazenar a quantidade exata de materiais para a produção. A presença de cartões vazios indica que se deve reabastecer, eliminando a necessidade de ordem de compras, produção ou formulários [48].

Esse sistema utiliza um inventário bastante reduzido, garantindo uma visão mais geral, que facilita localizar um determinado problema e resolvê-lo. Dessa maneira, o *kanban* pode ser utilizado juntamente com o *just-in-time* para disponibilizar o número exato de pedidos requisitados em um determinado local de área reduzida, utilizando o menor número possível de recursos [48].

2.7.2. 5S

A ferramenta 5S, também conhecida em português como os cinco sentidos, possui como objetivo melhorar as condições de trabalho e criar um ambiente de qualidade. Isto é feito por meio da organização do local de trabalho e recomendações do que deve ser armazenado, onde e como. Este método faz parte do *kaizen management system* e foca na realização de atividades simples e hábitos de trabalho, reduzindo custos e provocando melhorias de desempenho [32].

Os 5S correspondem a cinco palavras japonesas que estão listadas abaixo:

- *Seiri* (Utilização): Refere-se à utilização dos recursos disponíveis com discernimento e equilíbrio de forma a evitar déficits e desatualizações. Para isso, é necessário eliminar o desperdício de matéria-prima, tempo e inteligência. Qualquer equipamento, material ou ferramenta que não será utilizado deve ser descartado ou realocado para tornar o espaço disponível maior, facilitando a limpeza e manutenção. A fim de organizar o espaço, pode-se utilizar critérios de estratificação, ou seja, classificam-se os objetos pela sua ordem de importância [32, 49].
- *Seiton* (Organização): O objetivo deste sentido é diminuir o tempo de busca dos recursos no ambiente de trabalho por meio da disposição de objetos, cujo acesso deve ser facilitado para que a sua utilização possa ser imediata. A modificação do arranjo de materiais em um

determinado local acarreta na economia de tempo, o que aumenta a eficiência de trabalho e promove um melhor desenvolvimento do *Seiri*. Dessa maneira, adota-se de forma sistemática à organização dos objetos através da comunicação visual, assistida por padrões, etiquetas e prateleiras, por exemplo. A partir deste processo, é definido um layout flexível que pode ser alterado se necessário, formulando-se regras claras para a estratificação. O gerenciamento funcional do ambiente de trabalho também deve garantir que um mesmo objeto não apresente mais do que uma interpretação [32, 49].

- *Seisou* (Limpeza): A limpeza do local de trabalho também é um fator importante, visto que a presença de resíduos pode tornar o ambiente mais desagradável. Os cuidados com a higiene possuem efeitos positivos quanto ao armazenamento de ferramentas e equipamentos, além de promover uma sensação de bem-estar e melhorar relações interpessoais. A aplicação do *Seisou* pode ser realizada por todos os funcionários, que são responsáveis pela manutenção do seu espaço de trabalho [32, 49].
- *Seiketsu* (Padronização): Este estágio do 5S recorre à prática de uma rotina higiênica, priorizando a segurança no trabalho e a saúde mental. Aplicação dos três primeiros sentidos é um grande auxiliador para o *Seiketsu*, uma vez que as principais causas de stress e acidentes de trabalho são áreas que não estão devidamente organizadas, com material excessivo e sem uma limpeza adequada. Com o objetivo de melhorar a qualidade de trabalho do operador, pode ser realizada a padronização de cores, iluminação, localização, entre outros. O zelo por um ambiente saudável facilita o trabalho e promove o bem-estar dos trabalhadores [32, 49].
- *Shitsuke* (Autodisciplina): O último sentido refere-se à manutenção da ordem. É fundamental que os funcionários da empresa sigam padrões éticos e cumpram rigorosamente as normas que forem estabelecidas, o que deve ser feito mesmo quando o supervisor não está observando. Como consequência dessa autodisciplina, a confiança entre funcionários aumenta e a produtividade da empresa é beneficiada [32, 49].

2.7.3. Value Stream Mapping (VSM)

O *Value Stream Mapping*, também conhecido como mapeamento do fluxo de valor, é uma ferramenta que combina informações importantes e fluxogramas, criando uma imagem das operações de fabrico desde o fornecedor até o cliente. A partir desse mapa,

identificam-se quais operações são categorizadas como desperdício, sendo estas as que não acrescentam valor ao produto, e quais possuem o potencial para serem otimizadas. As operações que agregam valor são aquelas que mudam a forma, ajuste ou função do produto de maneira a motivar os clientes a pagar por esse acréscimo de valor. As que não modificam esses aspetos são categorizadas como desperdícios e devem ser eliminadas [50].

O processo de mapeamento do fluxo de valor pode ser visto de maneira simplificada no esquema abaixo:

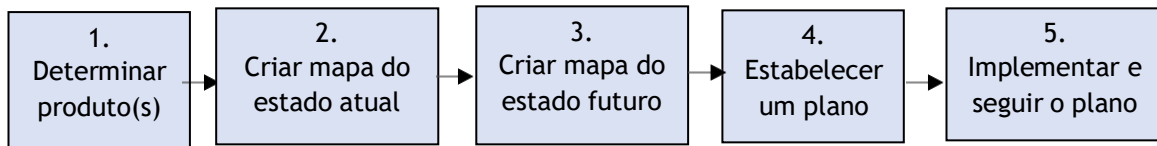


Figura 8- Processo de mapeamento do fluxo de valor.

Inicialmente, determina-se qual o produto ou família de produtos que vai ser avaliado. Para criar o mapa do fluxo de valor no estado atual é comum reunir uma equipa transversal que começa a mapear pelo final da cadeia de abastecimento, o que ajuda a manter o foco no consumidor e em suas necessidades [50, 51].

Com todas as operações já definidas, deve-se calcular ou estimar o tempo gasto em cada etapa, assim como o FPY (*First Pass Yield*), que identifica o número de unidades que saem de um processo sobre o número de unidades que entram. Ao identificar esse fluxo de material e informação deve-se também incluir onde e por quanto tempo acontecem interrupções. Por fim, a partir de um sistema de cores é possível identificar quais atividades agregam valor e quais não agregam [50, 51].

Posteriormente, o mapeamento do fluxo de valor no futuro é feito a partir do *brainstorming* da equipa, identificando possíveis melhorias que podem ser implementadas. Para o desenho deste fluxo pode-se recorrer a alguns parâmetros, tais como o *takt time* para estimar tempos e criar fluxos de material e informação sempre que possível. No entanto, é necessário nivelar a carga de trabalho e o volume de produção. Também é recomendado recorrer ao sistema *pull* para o controlo da produção [50, 51].

O mapeamento do estado futuro é feito com base nas necessidades do cliente. A identificação desses fatores-chave pode ser assistida ao responder a algumas questões, que estão listadas a seguir [50].

- Qual o prazo de entrega requerido?
- Onde é possível criar fluxo? E integrar operações?
- Os equipamentos utilizados estão adequados às necessidades?
- Onde encontram-se as oportunidades de aumentar a produtividade e eficiência?
- Qual deve ser o modelo de planeamento a adotar?
- Em que fase do processo será lançada a procura do cliente?

3. Projetos de melhoria

Assim como foi abordado na Secção “2.6. Metodologias” deste documento, para aplicar as metodologias de melhoria contínua, é necessário estudar o caso em questão e a partir disso estabelecer uma abordagem a cada um dos problemas. Para que esse estudo tenha um maior nível de informações e que seja o mais detalhada possível é comum reunir uma equipa que trabalhará em conjunto a fim de resolver um ou mais problemas. Para isso, a Procalçado S.A. realizava reuniões diárias para discussão de pontos importantes e definição de áreas de prioridade, como pode ser visto nos subcapítulos seguintes.

3.1. *Catchball*

Como já mencionado anteriormente, a Procalçado S.A. expandiu-se e passou a atender diversos mercados, contando hoje com mais de 300 funcionários na fábrica onde foi desenvolvida esta dissertação de mestrado. De maneira a aumentar a comunicação entre os diversos departamentos e níveis hierárquicos da empresa, aderiu-se ao *Catchball* de *Hoshin Kanri*.

A técnica do *Catchball* visa manter um constante feedback dos diversos níveis hierárquicos da empresa, sendo possível alinhar objetivos e prioridades. Os níveis hierárquicos mais altos, responsáveis pelo planeamento, conseguem transmitir a necessidade de produção e manter-se atualizados sobre o progresso e estado das linhas de produção. Os funcionários, por outro lado, percebem o contexto do seu trabalho e possuem a chance de participar mais efetivamente nas decisões, uma vez que podem contribuir com ideias ou análises de planos.

Dessa maneira, diariamente era realizada uma reunião com o Gestor de Operações da Procalçado, em que cada setor providenciava feedbacks quantitativos e qualitativos quanto à segurança, qualidade e produção. Essa comunicação constante é extremamente vantajosa, pois oferece a oportunidade de tratar de problemas mais rapidamente e adaptar a linha de produção ou planos conforme necessário. Além disso, a quantidade de pessoas diferentes que pode dar o seu *input* e opinião aumenta a chance de arranjar uma solução para os problemas.

Para estas reuniões, além do gestor de operações, era necessário também a presença de responsáveis por diferentes setores da empresa, que estão listados abaixo:

- 1- O setor do planeamento visava conciliar os pedidos dos clientes com a capacidade produtiva da empresa. Inicialmente, era notável que diversas vezes a produção não conseguia acompanhar o planeamento, uma vez que este não estava ciente dos problemas que aconteciam na linha e que, por isso, podiam causar atrasos. Durante as reuniões, quando a linha de produção expunha problemas que poderiam ser conflitantes com o prazo, era necessário tentar pensar em uma solução para aumentar a produtividade ou falar com antecedência com as empresas para tentar

acordar uma nova data de entrega.

- 2- No setor da misturação, ocorre a combinação de diferentes componentes para a fabricação de borracha utilizada nas solas para a FOR EVER. Este é um dos setores mais antigos da empresa e apresenta um grande potencial de modernização e design de um novo layout. No entanto, por ser um setor com produção mais estável, não foi tratado como prioridade neste documento.
- 3- O setor da borracha, por sua vez, trata da produção de solas a partir do material fornecido pela Misturação. O método de fabrico para este produto pode ser feito por meio de processos de injeção ou compressão. Porém, pelo mesmo motivo mencionado no tópico anterior, este setor não foi visto como uma prioridade.
- 4- Outra secção da empresa é conhecida pelo nome de Calçado Moldado, especializado no fabrico de sapatos profissionais ou para a indústria da moda a partir de moldes de injeção plástica. Neste setor é utilizado principalmente a espuma vinílica acetinada, mais comumente conhecida como EVA. Este setor apresenta uma certa complexidade, uma vez que a variedade de produtos também afeta em grande parte a versatilidade de processos, além de depender bastante do trabalho manual.
- 5- Para além do Calçado Moldado, há também o setor de Termoplásticos que produz principalmente socas para calçados profissionais. A linha de produção desse departamento também é mais simples, uma vez que não precisa de tantas etapas para o seu processamento.
- 6- O último setor a ser mencionado é a Qualidade. Este setor trabalhava em conjunto com os demais setores, utilizando-se de testes laboratoriais para garantir a excelência dos produtos e conformidade com as exigências do cliente. Durante as reuniões diárias, era possível comunicar ou relembrar à produção quais eram os maiores problemas de qualidade de maneira a deixar os funcionários mais atentos a erros que poderiam ser evitados.

Durante todas as reuniões, os setores responsáveis pela produção compartilhavam a quantidade de produtos feita no dia anterior. Por se tratar de um *Quality Circle*, uma equipa multifuncional e transversal, os problemas que interrompiam ou prejudicavam a produção poderiam ser discutidos de maneira a identificar a sua causa e aplicar *Kaizen Events*, ou seja, melhorias rápidas aplicadas ao processo.

Assim, percebe-se que o aumento da comunicação desenvolvido durante o *Catchball* facilitava a resolução de problemas e ciência do estado atual da empresa. Além

disso, também era vantajoso por promover um sentido de pertencimento aos participantes e importância de suas opiniões.

3.2. Colagem

A colagem caracteriza-se como uma das linhas de produção dentro do Calçado Moldado responsável pela união de solas e gáspeas (parte superior e dianteira do calçado) em botas.

No começo de abril foi registrada uma produção diária média de 341 pares, mas o elevado número de pedidos exigia um aumento do volume de produção para uma média de 650 pares por dia do mês de abril para o mês de julho. Além disso, esse setor registava diversos problemas de qualidade, que também atrasavam a produção de outros setores.

Para melhorar a sua eficiência, foi realizada uma análise dessa linha de produção focada em tempos e garantia de qualidade. Quanto aos conhecimentos técnicos que asseguram a excelência, foi contratado o Centro Tecnológico do Calçado de Portugal (CTCP) a fim de auxiliar e conferir com rigor os métodos e resultados da empresa.

3.2.1. Processo

A Figura 9 apresenta um esquema do processo:

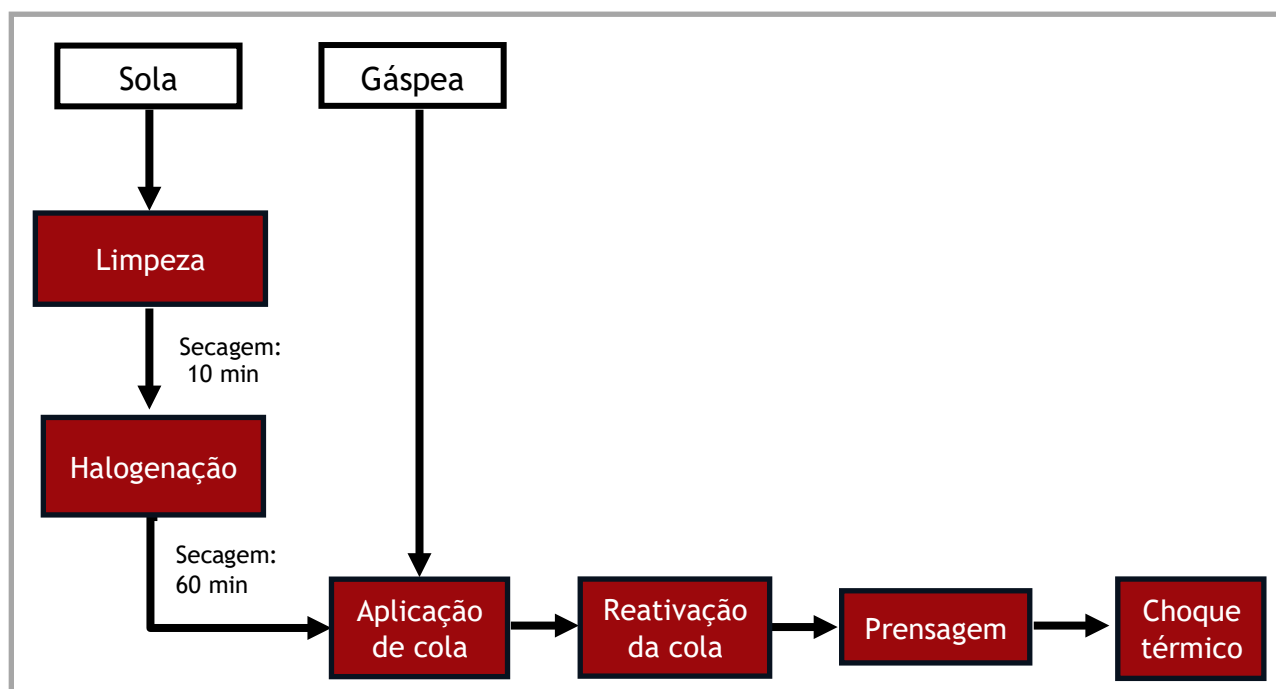


Figura 9- Esquema de funcionamento da colagem.

Pelo fluxograma acima, percebe-se que sola e gáspea possuem uma sequência de operações diferente uma da outra. A linha começa com a chegada de um *trolley* com 12 pares de sapato, dos quais as solas precisam ser limpas com um pano húmido com um

desengordurante, nomeadamente o metil-etil-cetona (MEK). Em seguida de uma secagem ao ar livre durante 10 minutos. Posteriormente, para uma colagem efetiva, é aplicada uma solução halogenante com um pincel em algumas zonas da superfície que entrará em contato com a gáspea. As solas são colocadas, então, de volta ao trolley, onde precisam de 60 minutos de secagem e podem ser conduzidas para o próximo posto.

Após a secagem, é aplicada cola tanto na superfície de contacto tanto da gáspea quanto na da sola. Estes são colocados separadamente em um equipamento que aumenta a temperatura a fim de reativar a cola, tornando possível a união dos dois componentes. Por fim, um operador une ambos por meio de uma prensa automática. Após a união, o modelo é colocado em um equipamento responsável por esfriar a temperatura e provocar um choque térmico no modelo, garantindo o bom estado da colagem.

A fim de entender o que era necessário para o funcionamento da linha, foi elaborada uma lista com todas as operações e seus respectivos equipamentos e/ou ferramentas fundamentais. Para cada uma das operações também foram definidos os pontos críticos, que destacam características importantes das atividades que podem afetar a qualidade de um determinado produto ou a produtividade do setor. Todos esses pontos podem ser verificados no Anexo A deste documento.

3.2.2. Gestão do Tempo

Para identificar os principais fatores que impediam uma maior produtividade dessa linha, foram registados os tempos que os operários gastavam em cada uma das operações. As atividades foram agrupadas em grupos chamados “Postos”, sendo que cada posto é ocupado por apenas um funcionário. Também foi registado se o tempo é dependente de um equipamento ou se é uma operação manual. Todos esses dados constam na Tabela 4, assim como o tempo gasto para finalização de cada *trolley*, que contém 12 pares, e a taxa de ocupação, que informa quanto tempo o funcionário gasta a realizar a atividade.

Tabela 4- Tempos por operação.

Posto	Operações	Equipamento	Tempo Par (min)	Tempo <i>Trolley</i> (min)	Taxa de Ocupação
A	Deslocação para pousar caixa vazia	*	0,005	0,056	1%
	Deslocação com <i>trolley</i> para abastecimento	*	0,004	0,050	1%
	Abastecer e Abrir caixa	*	0,006	0,078	1%
	Retirar solas da caixa	*	0,002	0,023	0,2%
	Limpar sola com MEK	MANUAL	0,276	3,307	34%
	Pousar Solas em <i>trolley</i>	MANUAL	0,005	0,055	1%
	Halogenar sola	MANUAL	0,527	6,320	64%
	Arrumar <i>trolleys</i> + registar tempos	*	0,004	0,052	1%

Total Posto A			0,832	9,983	101%
B	Abastecer a mesa com solas	*	0,005	0,060	1%
	Dar cola nas solas	MANUAL	0,448	5,373	55%
	Pousar no tapete reativador de cola	*	0,002	0,027	0,3%
	Retirar gáspea do <i>trolley</i>	*	0,002	0,023	0,2%
	Dar cola na gáspea	MANUAL	0,250	3,004	31%
	Puxar <i>trolley</i> com gáspea	MANUAL	0,0146	0,175	2%
Total Posto B			0,722	8,662	88%
C	Enformar	MANUAL	0,152	1,822	19%
	Pegar e colar sola na gáspea	MANUAL	0,575	6,895	70%
	Colocar no equipamento de choque térmico		0,181	2,175	22%
Total Posto C			0,908	10,982	110%

Algumas das células na tabela acima apresentam uma cor amarela porque apresentam atividades que não são importantes para o processo e, por isso, não agregam valor ao produto. Apesar de parecerem essenciais para realizar o trabalho, estas atividades podem ser evitadas. Algumas possíveis soluções são: Recorrer a automação; atribuir essas tarefas ao operador com maior tempo livre; reformular o ambiente de trabalho ou o método de realização da atividade para eliminar a necessidade de realizá-la. Como a linha de produção precisava aumentar drasticamente os seus resultados, optou-se por realizar o transporte dos calçados já fora das caixas como forma a contribuir minimamente com a redução do desperdício. Além disso, o operador do posto A tinha o hábito de deixar as solas a secar em cima de sua mesa, sendo necessário mudar a sua prática para colocar as solas a secar nos *trolleys* e, assim, economizar tempo.

Ao analisar um pouco mais os dados da Tabela 4, percebe-se também que as taxas de ocupação apresentam um pequeno desequilíbrio. Com o conhecimento de que cada posto de trabalho tem apenas um operador, é perceptível que o operador do posto C, apesar de não ter nenhuma tarefa que não agrega valor, precisa de mais tempo do que o restante dos funcionários para realizar as suas atividades diárias. Além disso, observa-se na Tabela 5 que as suas atividades dependem de tempos condicionantes de processos anteriores.

Tabela 5- Tempos de operações para Lead time.

Tarefas	Tempo (min)
Limpar sola	0,28
Tempo secagem MEK	10
Halogenar sola	0,54
Tempo secagem halogenante	60
Aplicar cola na sola e na gáspea	0,73

Tempo reativação da cola	5
Enformar, colar, prensar e desenformar	0,91
Lead time total	77,46

No caso de atrasos no posto A, responsável por limpar e halogenar a sola, o resto da linha fica comprometida, uma vez que precisa de esperar os tempos de secagem do MEK e da halogenação. Esse problema se torna ainda mais crítico durante o arranque da linha, pois quaisquer atrasos subsequentes seriam acumulados ao já existente. Por esse motivo e também para aumentar a capacidade produtiva, foi decidido acrescentar dois colaboradores na linha. Um destes ficou responsável pelo posto C, uma vez que as atividades desse posto demandavam um tempo maior, e outra pessoa foi adicionada ao posto A e B, para revezar entre as atividades conforme necessário. Dessa maneira, maximizando a quantidade de pares que podia ser feita diariamente.

A fim de balancear todas essas operações, tempos dos equipamentos e de secagem, torna-se indispensável a existência de uma boa coordenação entre os postos de trabalho para garantir a não existência de tempos de inatividade por falta de material. Sabendo-se quais os tempos são caracterizados como desperdício, é possível calcular o *lead time*, como demonstrado na Tabela 5, com mais a consideração de alguns dados condicionantes de processo.

Com um tempo total de ciclo de 77,46 minutos por par, conclui-se que se a produção for iniciada com stock zero, apenas ao fim de 77 minutos será obtido o primeiro par. No entanto, ao retirar os tempos de espera da secagem e do equipamento reativador de cola, têm-se um total de 2,46 minutos. Neste cenário, se o posto A começar a atividade diária com maior antecedência, pode garantir um stock intermediário de calçados que já tenham sido limpos e secos, o qual o posto C pode utilizar para realizar as suas próprias atividades.

Para haver sempre um equilíbrio entre o *input* e *output* do posto B e C, criando um fluxo contínuo de trabalho, é necessário garantir uma quantidade mínima de *trolleys* com pares de sapato entre as atividades. Este *stock* intermediário pode ser feito no dia anterior para evitar a espera da secagem dos pares ou do abastecimento da própria linha com novos modelos no dia seguinte. Para calcular a quantidade necessária, pode ser feito a partir dos seguintes dados:

Tabela 6- Dados para cálculo.

Dados	
Σ Tempo Par sem espera (min/par), T_p	2,46
Quantidade de pares por <i>trolley</i> , Q_t	12
Quantidade de funcionários, Q_f	3

Se a linha de produção tiver apenas um funcionário e se a espera de condicionante do processo fossem eliminadas, o operário demoraria 2,46 minutos para produzir um par. Para calcular quantos pares seriam produzidos por hora (Q_{p_x}), em que X representa o

número de funcionários na linha, deve-se realizar os seguintes cálculos:

$$Qp_1 = \frac{1 \text{ par}}{2,46 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} = 24,4 \cong 24 \text{ pares/hora} \quad \text{Equação 4}$$

Este é o valor que um funcionário conseguiria se trabalhasse sozinho em todas as funções e postos. Como os dois funcionários extras da linha de produção ainda não tinham sido contratados, foi considerado a quantidade original de operadores (três), obtendo-se a seguinte equação:

$$Qp_x = Qp_1 \times x \quad \text{Equação 5}$$

$$Qp_3 = 24,4 \times 3 \quad \text{Equação 6}$$

$$Qp_3 = 73,1 \cong 73 \text{ pares/hora} \quad \text{Equação 7}$$

Ou seja, ao eliminar tempos de espera, é possível obter uma produção de 73 pares por hora. Em um dia de trabalho, cada operador trabalha por 8 horas com 15 minutos de intervalo durante a manhã e mais 15 minutos durante a tarde. Logo, em um dia (7,5 horas de trabalho), seriam produzidos 548 pares, número ainda abaixo do esperado para cumprir o acordado com o cliente.

Admite-se que os postos de trabalho terão de ter sintonia e coordenação entre si, com uma taxa de ocupação semelhante para obter uma vazão contínua aos pares de sapato. Assim, percebe-se que são necessários 73 pares em avanço para evitar períodos de inatividade dos operadores. No entanto, como o transporte é feito apenas de 12 em 12 pares pelos *trolleys*, este valor pode ser convertido em quantidade de *trolleys*:

$$\text{Quantidade de trolleys por hora} = \frac{Qp_x}{Qt} = 6,1 \text{ trolleys/hora} \quad \text{Equação 8}$$

Logo, nota-se que a linha de produção precisa de no mínimo 6 a 7 *trolleys* que estejam previamente prontos para evitar períodos de inatividade. Isso pode ainda ser confirmado a partir do Mapa de *Gantt* apresentado na Figura 10:

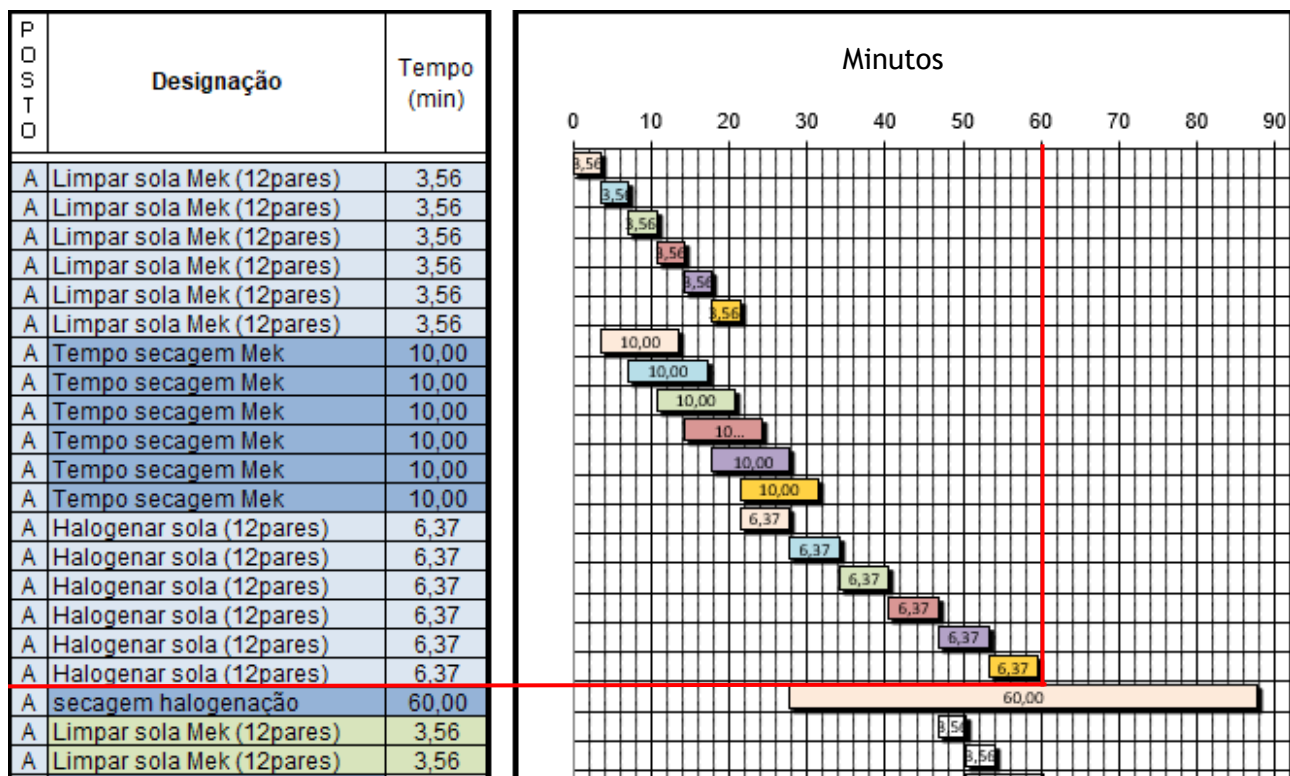


Figura 10- Mapa de Gantt para processo de colagem.

O mapa de *Gantt* observado na Figura 10 acima apresenta a ordem de atividades de uma maneira simplificada. As operações foram agrupadas e colocadas em sequência, em que o caminho de cada *trolley* específico pode ser acompanhado pela cor. Apesar de também apresentar os tempos de secagem, estes não são contabilizados para o cálculo feito anteriormente com a quantidade de *trolleys* por hora. Como pode ser visto, quando o funcionário acaba de limpar os calçados do sexto *trolley* e começa a halogenar solas, a secagem do primeiro *trolley* já ocorreu. Além disso, ressalta-se que seria mais eficiente começar a halogenar solas assim que elas estivessem secas para evitar a necessidade de espera do operador do posto B. O mais eficaz seria a adoção de um tapete automático para não agrupar os sapatos em *trolleys* e halogená-los assim que possível.

Pelo observado no mapa de *Gantt*, conclui-se que um operador pode limpar e halogenar seis *trolleys* por hora sem contar com o tempo de secagem. Se isso for feito no dia anterior, o funcionário do posto B terá na primeira hora seis *trolleys* com os quais trabalhar. Entre a primeira e segunda hora (60 e 120 minutos no Mapa de *Gantt*), outros seis *trolleys* terão secado após halogenação e estarão disponíveis para as próximas tarefas. No anexo B, é possível ver um Mapa de *Gantt* mais completo com informações de todos os postos e que demonstra a disponibilidade dos *trolleys* entre a primeira e segunda hora.

Além da gestão dos *trolleys*, outro fator importante para o tempo do processo era a velocidade do tapete do equipamento reativador de cola. Por ser uma máquina antiga, sua capacidade produtiva e confiabilidade eram baixas. A sua customização também era dificultada, uma vez que a empresa responsável pela máquina já não mais existe.

Segundo o CTCP, de acordo com as informações técnicas sobre o equipamento,

cada modelo deveria passar 5 minutos dentro da máquina. Ao observar o reativador de cola, constatou-se que a cada 5 minutos, 6 pares saíam do equipamento. Para saber se isso era uma condição limitante para a produção, foi realizado o seguinte cálculo:

$$Qp = \frac{6 \text{ pares}}{5 \text{ minutos}} \times \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} \times 7,5 \text{ horas de trabalho} \quad \text{Equação 9}$$

$$Qp = 540 \text{ pares diárias} \quad \text{Equação 10}$$

Estes 540 pares está abaixo da necessidade (650 pares diários) e do que foi calculado anteriormente pelos tempos de operação dos funcionários (548 pares diários). Logo, o equipamento condicionava o ritmo de trabalho dos operadores.

Com base nesta informação e devido à urgência de aumentar a produtividade para manter o acordado com os clientes, um novo reativador foi comprado. Para otimizar os resultados, ambos os reativadores eram usados simultaneamente, sendo também necessário adicionar mais uma pessoa à linha além das já adicionadas anteriormente.

3.2.3. Organização interna e layout

Como já falado anteriormente, a linha de produção da colagem era composta por três colaboradores divididos entre os três postos de trabalho existentes. Ademais, outra pessoa que também compunha a equipe é um chefe de linha, responsável por supervisionar a produção, resolver possíveis problemas e coordenar os operadores.

Ao analisar o funcionamento dessa linha, notou-se que o chefe de linha não tinha conhecimento sobre o que seria produzido e quais as prioridades a estabelecer ao produto, sendo processados os produtos por ordem de chegada do distribuidor. Isso torna-se um grande problema, uma vez que a mudança de modelos poderia alterar a configuração de determinados equipamentos, tais como a prensa e o reativador de cola. Ao coordenar a ordem dos produtos é possível diminuir a necessidade dessas mudanças ou tornar mais fácil o trabalho para os operadores, que podem trabalhar com um mesmo modelo por um período de tempo mais longo. Quanto mais tempo permanecerem com um mesmo modelo, torna-se mais fácil habituar-se e realizar o seu trabalho com maior agilidade. Por este motivo, o chefe de linha começou a ser incluído nos planos de produção do distribuidor para organização e controle da produção no setor da colagem.

Ainda sobre os colaboradores, devido às novas adições à equipa, tornou-se necessário construir uma matriz de polivalência (Anexo C). A matriz distribuía cada um dos operários segundo seu nível de conhecimento e experiência em cada uma das atividades, classificando-os em um dos seguintes níveis apresentados na Tabela 7:

Tabela 7- Dados para matriz de polivalência.

1	APRENDIZAGEM	Em processo de formação. Sabe realizar operações pontuais.
2	SABE EFETUAR A TAREFA COM AUTONOMIA RELATIVA	- Necessita de supervisão do responsável para regular equipamentos. - Necessita de supervisão para a validação da execução da tarefa - Conhece e efetua com qualidade a tarefa. - Não desenvolve a tarefa com ritmo - Mostra algum problema com a organização da área de trabalho.
3	SABE EFETUAR A TAREFA COM AGILIDADE	- Autônomo na regulação equipamentos e detecção de avarias - Autônomo na execução da tarefa e efetua dentro dos padrões de qualidade - Bom ritmo de trabalho - Organizado e segue as instruções dada
4	EXCELENTE	- Autônomo e capaz de encontrar soluções para a execução de novas tarefas. - Capacidade de formação a outros colaboradores

A matriz torna-se útil para a correspondência de cada funcionário a um determinado posto de trabalho, maximizando o nível de maestria sobre o processo. Também permite saber que funcionários estão qualificados para ensinar e formar outros operadores, sendo possível calcular a melhor combinação.

Por fim, foram aplicados o conceito de 5S com especial destaque ao *Seiri* (Utilização) e *Seiton* (Organização). Inicialmente, foram retirados do local equipamentos em desuso, promovendo um ambiente mais aberto e facilitando a organização do local de trabalho. Também foi analisado durante o período de atividade as movimentações que cada funcionário tinha de fazer. Um exemplo que pode ser citado é a aplicação de MEK nas solas. A qualquer momento em que havia a troca de um modelo por outro, o funcionário responsável por esse posto precisava rotacionar todo o seu corpo diversas vezes para substituir o pano que utilizava na limpeza. Além disso, notava-se que apesar de segurar o pano com a sua mão direita, pressionava-a no doseador posicionado à sua esquerda. Enquanto isso, com a sua mão livre (a esquerda), ele alcançava as solas a serem desengorduradas localizadas à sua direita. Assim, o operador cruzava constantemente os braços e rotacionava o seu corpo de maneira desnecessário. Todos esses movimentos foram eliminados por meio da reorganização do local de trabalho e dos objetos presentes nele.

3.2.4. Qualidade

Inicialmente, na linha de colagem, também eram registrados diversos problemas relacionados à qualidade. Um exemplo são resquícios de cola que poderiam restar nas laterais do calçado devido à presença em excesso de cola expelida para o bordo do sapato durante a prensagem.

Este tipo de problema não era registado em nenhum documento. No caso de problemas frequentes, não havia como estabelecer quantos produtos foram afetados e, dessa maneira, tomar ações de correção para evitar essas questões no futuro. Por isso, foi criado um documento a ser preenchido diariamente pelo chefe de linha com o registo de falhas, informando a quantidade de peças produzidas, a quantidade de peças defeituosas, quais os defeitos apresentados e como eles foram resolvidos. Futuramente, estes documentos podem ser úteis para a resolução rápida de contratempos que interrompam ou prejudiquem a linha de produção.

Ainda mais, para evitar equívocos dos operários, foram criadas diversas instruções de trabalho que detalhavam quais os pontos críticos para a realização de suas tarefas e a ordem de atividades que devem ser feitas. Para além disso, adotaram-se cartões informacionais no local de trabalho com anotações sobre os equipamentos e suas configurações conforme o modelo para facilitar o manuseio das máquinas e evitar o erro humano no momento de configurar os equipamentos.

3.2.5. Resultados

Ao fim de todas essas mudanças, foi registada uma produção média diária de 725 pares, o que representa uma melhoria de 112% na sua produção. No entanto, apesar desse valor ser maior do que o estipulado para o setor, não foi possível cobrir os constantes atrasos da linha que tinham ocorrido até então. Por causa do risco de não conseguir cumprir o acordado com o cliente, foram adicionadas horas extras à linha de produção para cobrir o restante da necessidade.

3.3. Produção de Socas

Outro setor que também foi visto como uma das prioridades pela necessidade de resultados mais rentáveis foi a produção de socas, um sapato leve e de composição simples feitos para o mercado profissional pela WOCK. Por ser um produto novo e ter funcionários recém-contratados, tinha-se a necessidade de fazer um estudo mais focado para identificar as oportunidades de melhoria.

3.3.1. Abordagem

No setor de produção de calçados para o mercado profissional, foi identificado que o número de pares diários produzidos estava muito abaixo do que foi definido pelo planeamento. Para cumprir o acordado com o cliente, era necessária uma produção de 500 unidades diárias, sendo que a linha de produção em questão produzia apenas uma média de 360 unidades por dia. Além de atrasar a produção, a necessidade diária de produção crescia cada vez mais, o que pressionava a linha e exigia um rápido aumento de eficiência.

A fim de identificar o potencial de melhoria, foi realizada uma análise e caracterização da linha de produção para o produto mais complexo: uma soca denominada

NUBE (Figura 11). Optou-se por abordar o problema com a aplicação de conceitos de melhoria contínua, nomeadamente *Value Stream Mapping* (VSM) para mapeamento do fluxo de valor do estado inicial da linha de produção e identificação das operações-chave que agregam valor ao produto. Seguiu-se, então, para a utilização do *Total Flow Management* (TFM), a partir do qual cada uma das operações foi analisada para garantir estabilidade relativamente a mão-de-obra, equipamentos e métodos. Também foi realizada uma listagem bem estruturada com todos os possíveis componentes que podem ser usados nessa linha de produção (Anexo D). Posteriormente, foi estudado o *layout* e tempos de operações.



Figura 11- Modelo de sola NUBE com denominação dos principais componentes.

3.3.2. Melhorias de Processo

Como pode ser visto na Tabela 8, apresentada abaixo, a linha de produção original pode ser dividida em quatro postos diferentes cada um destes representando uma mesa de trabalho para um ou mais operários. Entre os postos de trabalho, os sapatos são transportados dentro de caixas por meio de *trolleys* movidos pelo funcionário que realizou a última operação, não sendo necessário transporte entre os postos C e D por se encontrarem muito próximos um do outro.

Tabela 8- Operações-chave para linha de produção de socas NUBE com respectiva quantidade de funcionários.

Postos de trabalho	Quantidade de funcionários	Operações-chave
A	1	Inserir amortecedor
		Inserir etiqueta
Transporte		
B	1	Limpar soca
		Limpar resíduo de cola nos rastos
Transporte		
C	2	Encaixar tiras
		Eliminar rugas/marcas
D	1	Embalar

Logo após a linha de produção receber as socas produzidas por injeção, utiliza-se um equipamento de prensagem acionado por meio de um pedal para inserir o amortecedor no calçado. No entanto, diversas vezes torna-se necessária a correção manual da posição do amortecedor, garantindo que sua superfície esteja alinhada com o sapato (Figura 12).

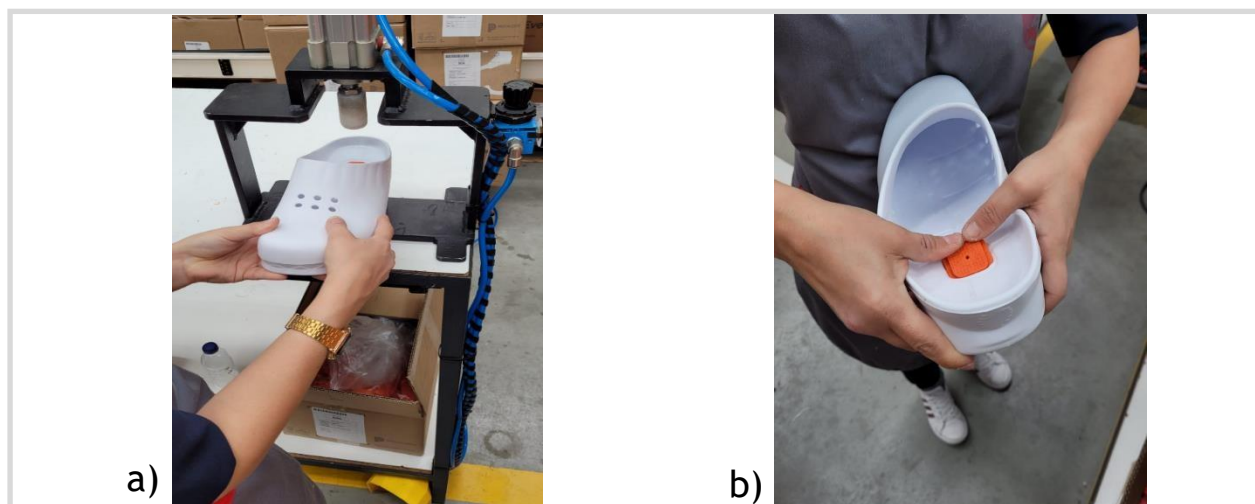


Figura 12- Estado original do equipamento de prensagem de amortecedores (a) e correção manual do amortecedor (b).

Apesar de parecer uma operação simples, em alguns modelos o amortecedor precisa de ser inserido pela parte de baixo do sapato. Para a execução desta operação, era necessário colocar um molde dentro de cada calçado e posicioná-lo no equipamento com o rasto voltado para cima de maneira a não comprimir a soca e assim causar deformidades em sua forma. No entanto, muitas vezes eram causadas deformidades ou marcas na soca que não correspondiam ao nível de qualidade exigido e deviam ser retiradas pela aplicação de calor.

Apesar de assegurar uma maior qualidade, a inserção e retirada do molde de cada

um dos sapatos ocupava uma grande parte do tempo dessa operação, sendo caracterizado como um desperdício. Para poupar tempo e também evitar deformidades e marcas, recorreu-se a uma manutenção corretiva. Ou seja, o equipamento foi customizado para uma maior versatilidade e obtenção de resultados mais padronizados.

À base do equipamento, foi adicionado um pequeno cubo para servir de apoio à parte posterior do sapato, onde fica localizado o calcanhar. Esta adição garante uma base sólida para a inserção do amortecedor em qualquer modelo, apresentando grande versatilidade para o equipamento. Além disso, foi ainda realizado um pequeno furo no meio do cubo para aliviar a pressão colocada sob o calçado na zona de inserção do amortecedor e evitar a formação de marcas, mas ainda assegurando o correto posicionamento do amortecedor. O resultado dessa customização pode ser visto na Figura 13 abaixo:



Figura 13- Customização do equipamento de prensagem de amortecedores.

Após a inserção do amortecedor, é realizado o encaixe da etiqueta. Esta precisa ser inserida a partir do interior da sola, sendo necessária a execução manual desta tarefa. Seguidamente, é realizada a limpeza do calçado e de seu rasto com um pano húmido. Neste caso, o rasto pode apresentar resíduos de cola usada no processo de produção anterior.

Posteriormente, é necessário encaixar as tiras por meio de fixadores que são pressionados manualmente para afixação (Figura 13). O esforço para encaixar os fixadores muitas vezes era responsável por causar calos nos dedos dos operários, o que poderia dificultar a atividade além de ser também um problema ergonómico. Para tornar este trabalho mais rápido e evitar esforços desnecessários dos funcionários, começaram a ser utilizados alicates de pressão (Figura 14 e 15).



Figura 14- Método manual de inserção da tira (lado esquerdo) utilizando-se fixadores (lado direito).

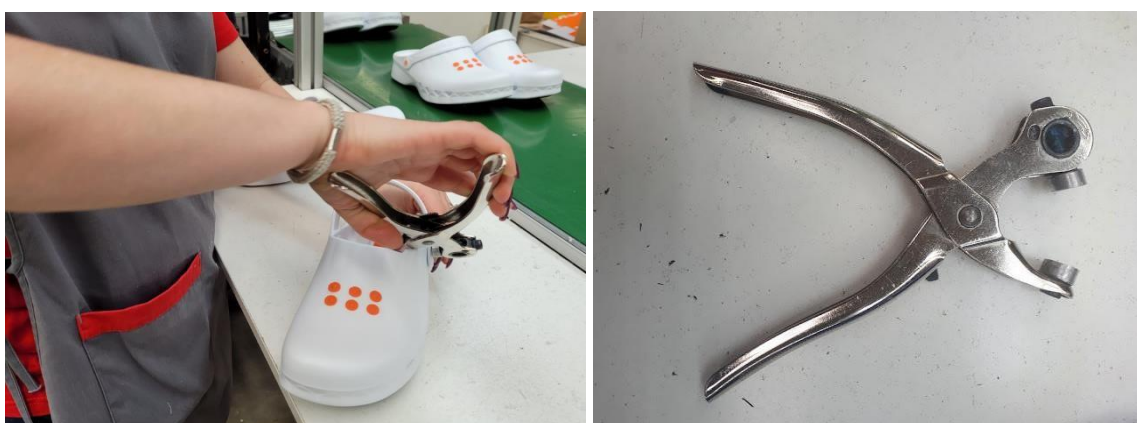


Figura 15- Método de inserção da tira com fixadores por meio de um alicate de pressão.

Por fim, a partir de um secador fixo e semi-automático, são retiradas as rugas/marcas da sola que podem ter sido originadas pelo excesso de pressão em algum momento da produção. Por fim, os calçados são devidamente embalados e colocado em paletes para serem processados e enviados para o cliente.

3.3.3. Layout e tempos de produção

A partir do que foi realizado no tópico anterior quanto ao mapeamento e padronização do processo e equipamentos utilizados, garante-se uma determinada estabilidade para a linha de produção. Assim, torna-se possível seguir para o passo seguinte do *Total Flow Management*: O design do layout e linha de produção. A Figura 16, apresenta de maneira simplificada o layout original.

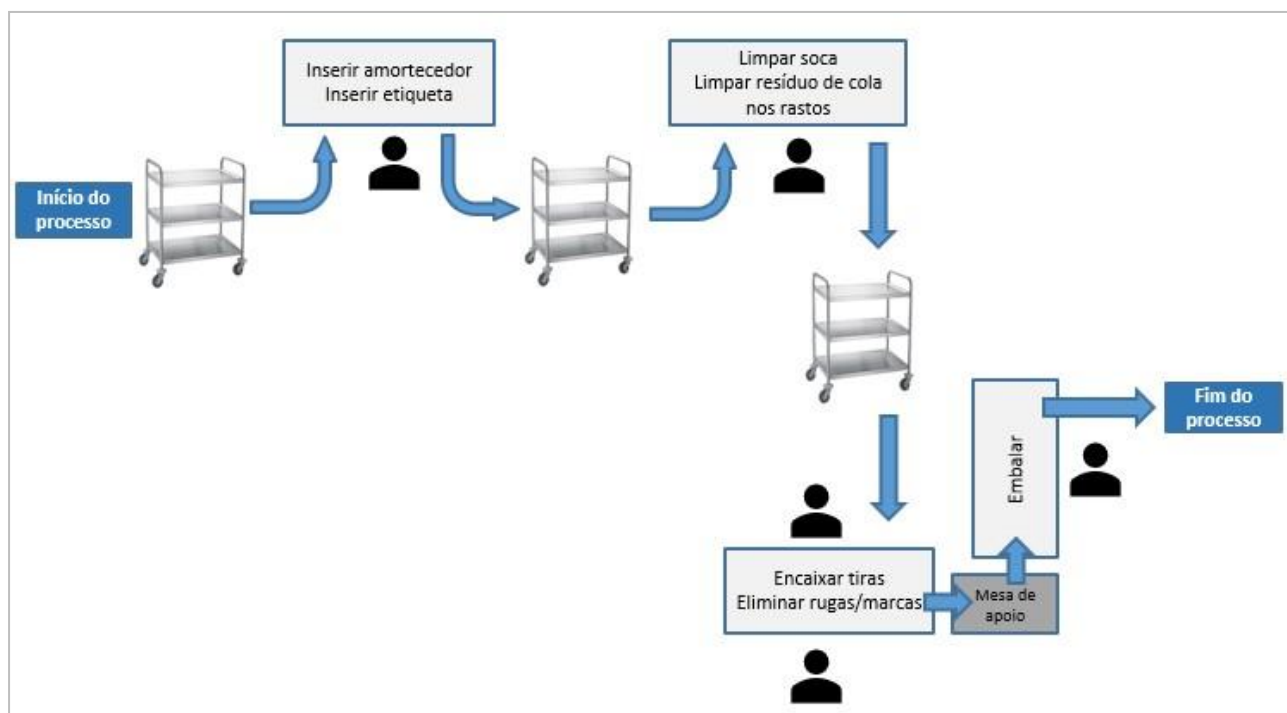


Figura 16- Representação do layout da linha de produção com postos de trabalho e transporte de produtos por trolleys.

Ao observar o *layout*, percebe-se claramente que os funcionários precisam constantemente deslocar-se de seu posto de trabalho para posicionar os *trolleys* perto do próximo posto. Essa atividade ainda leva em consideração a retirada e colocação constante dos calçados das suas respectivas caixas nos *trolleys* para posicioná-los na mesa de trabalho, o que não pode ser feito de uma só vez devido ao tamanho limitado da mesa. Além disso, ao terminar a atividade em questão, o funcionário precisa colocar o produto de volta no *trolley* e transportá-lo para o próximo posto. O tempo gasto com essa movimentação de caixas e produtos em comparação com o restante das atividades pode ser visto no gráfico da Figura 17.

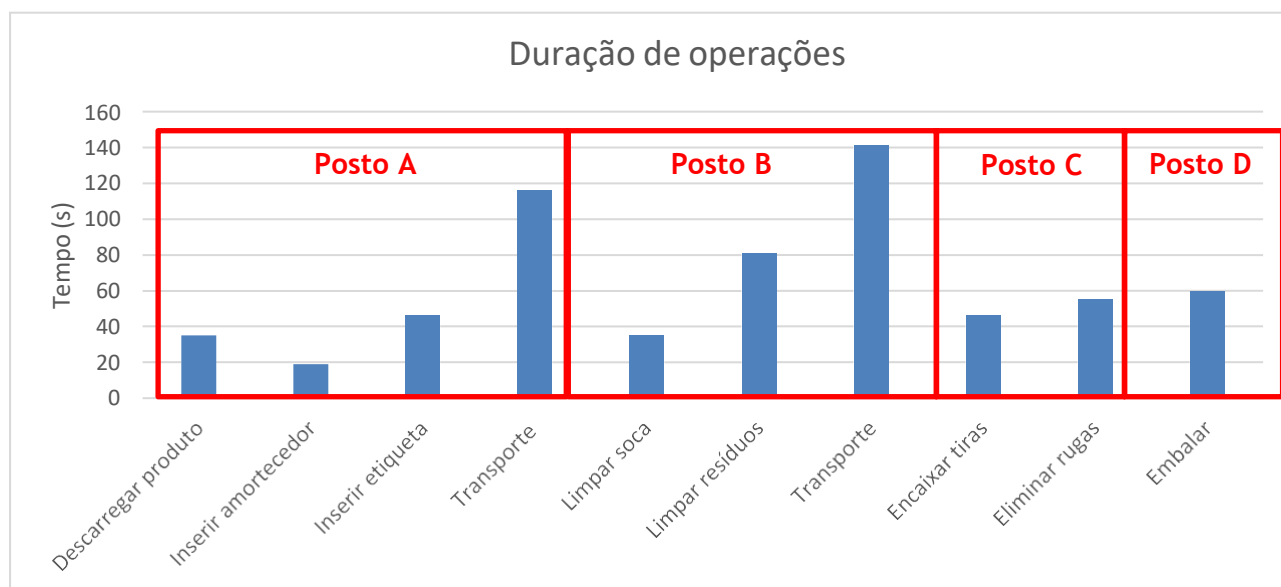


Figura 17- Duração de operações para produção de socas NUBE na linha de produção original.

É perceptível um grande desequilíbrio entre a duração das atividades com o transporte como a maior variação. Isso ocorre porque o transporte pode apenas ser feito quando há 12 sapatos prontos para seguir para o próximo posto. No entanto, o transporte ainda é considerado como uma operação que não agrega valor real ao produto e, portanto, um desperdício. Essas diferenças de tempo de operação tornam difícil a determinação de um ritmo de trabalho e os postos dependem mais um dos outros para ter uma produção contínua.

A partir dos dados que compõem este gráfico (Anexo E), é calculado o tempo de atividades de valor acrescentado (*Value added time*), obtendo-se um resultado de 404 segundos. No entanto, nos deparamos com um *lead time* de 696. Assim, podemos calcular a eficiência do processo pela seguinte equação:

$$\% \text{ added time} = \frac{\text{value added time}}{\text{lead time}} \quad \text{Equação 11}$$

O resultado deste cálculo seria de 58%. Dessa forma, pode-se afirmar que durante todo o período de produção de uma soca NUBE, apenas 58% são gastos em operações que acrescentam valor ao produto.

O elevado desperdício de movimentação dos funcionários com o tempo gasto com o transporte não é o único que deve ser considerado. Outra necessidade dos funcionários é a de sair do seu posto de trabalho para reabastecer os materiais necessários para a realização das atividades, tais como os amortecedores, tiras e fixadores. Esta movimentação e tempo gasto crescem ainda mais quando não se tem o conhecimento de onde estão armazenados estes componentes. Esse é o caso da linha original, no qual os materiais essenciais para a realização das operações eram guardados em caixas sem um local definido.

Para diminuir o desperdício de tempo e movimentação, minimizaram-se as deslocações dos operadores pelo bordo de linha. Em outras palavras, a visibilidade e acessibilidade dos materiais úteis aos funcionários ficaram dispostos perto do posto de trabalho no qual eram utilizados.

Além dessa mudança, a fim de tornar o fluxo de trabalho mais contínuo, optou-se pela utilização de um tapete automático com velocidade regulável. O tapete permite um fluxo de trabalho mais contínuo, sem a necessidade de transportar *trolleys*. Sua velocidade regulável também torna possível o sistema *One piece flow*, caracterizada pela manufatura de uma peça por vez, ou também trabalhar com pequenos lotes.

Outra questão importante para analisar ao adotar um tapete automático é o distanciamento social. Desde a disseminação do vírus SARS-CoV-19, também conhecido como COVID-19, o distanciamento social tornou-se um aspeto relevante para a segurança do trabalho. Dessa forma, assegurar que os operários consigam trabalhar a uma distância de dois metros entre cada um é algo essencial.

O resultado final do layout pode ser visto na Figura 18:

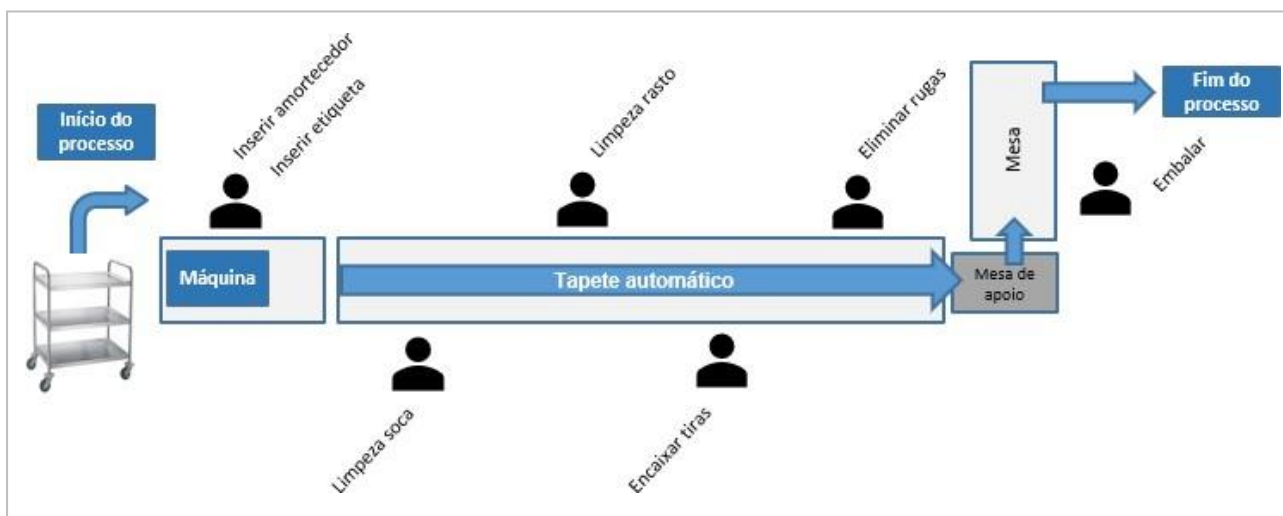


Figura 18- Layout da linha de produção para produção de socas NUBE após adoção de um tapete automático.

Como pode ser visto acima, também optou-se pela contratação de mais uma pessoa para a linha de produção para afetar positivamente o output. A distribuição de tarefas foi devidamente calculada para que ficasse balanceada. O resultado pode ser visto no gráfico apresentado na Figura 19:

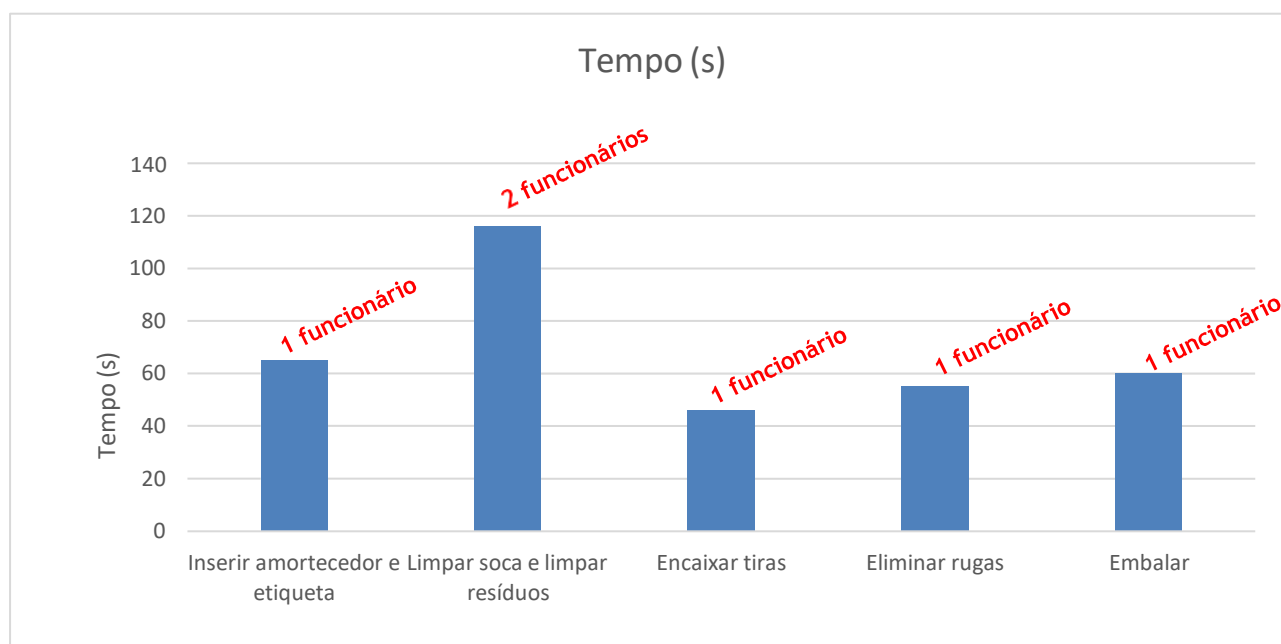


Figura 19- Gráfico de tempos para conjunto de atividades.

Em contrapartida à divisão de tarefas original, em que havia duas pessoas a encaixar tiras e também eliminar rugas, o novo modelo de distribuição de tarefas apresenta apenas um funcionário para cada uma dessas operações. Enquanto isso, a limpeza da soca e de resíduos no rasto, por ser a atividade que demanda um maior tempo

de dedicação, necessita de um funcionário a mais. Essa configuração, no entanto, pode ser facilmente alterada de acordo com o modelo e necessidades, uma vez que a proximidade entre os funcionários torna possível identificar mais facilmente as zonas que precisam de maior atenção.

3.3.4. Resultados

Para comparar a evolução da produtividade conforme as alterações na linha de produção, pode-se conferir o gráfico da Figura 20:

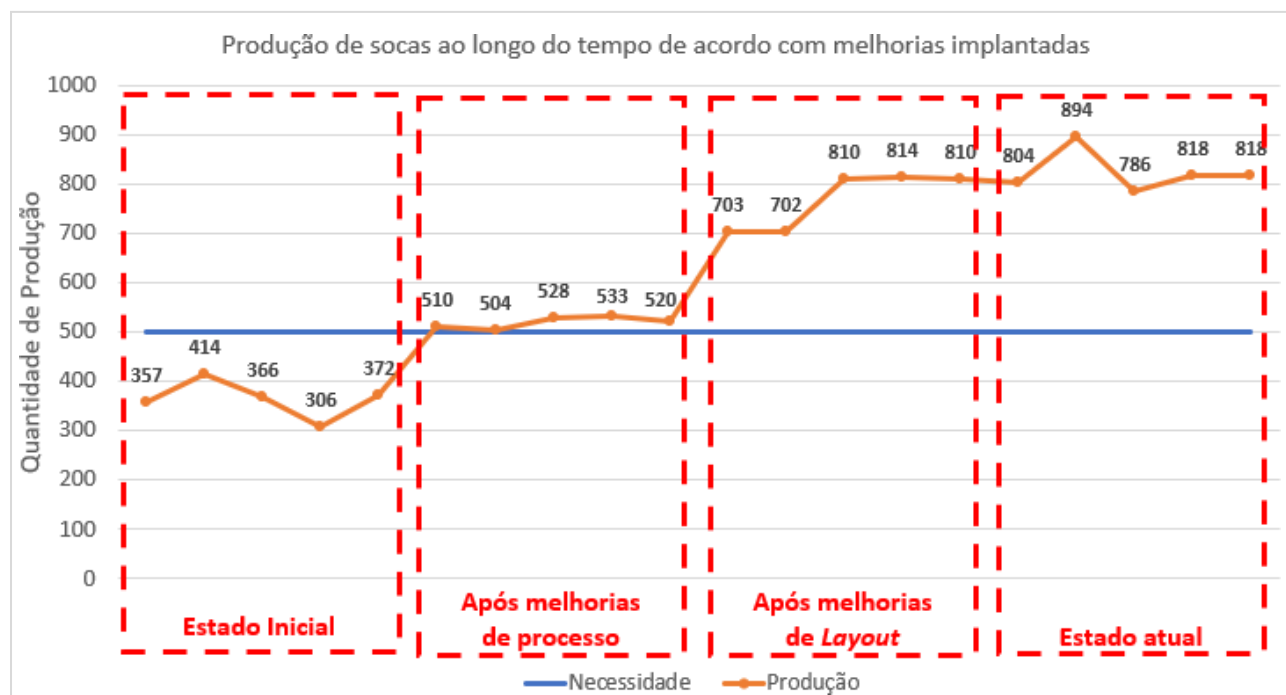


Figura 20- Produtividade média diária conforme mudanças na linha de produção de socas NUBE.

A partir dos dados apresentados no gráfico, pode-se inferir que as melhorias de processo aumentaram aproximadamente 43% da eficiência original da linha. Esse aumento já foi bastante significativo, uma vez que já compensava parcialmente o atraso da linha que estava a se acumular anteriormente. No entanto, ainda foram feitas alterações no *layout*, que permitiram um crescimento da produção em cerca de 59% comparado à quantidade produzida após as melhorias de processo. Além de cobrir completamente o atraso da linha, foi possível tratar de uma variedade de socas e aumentar a capacidade produtiva da linha.

Quanto ao tempo e desperdício, por meio do cálculo com *Lead time* e *Value Added Time* (Anexo E), percebe-se que há um grande aumento da percentagem de operações de valor acrescentado como pode ser visto na Tabela 9. Para além disso, a adição de um novo funcionário ainda é vantajosa para a eficiência, visto que a produtividade média por dia de cada pessoa acaba por aumentar.

Tabela 9- Evolução de produtividade no fabrico de socas.

Resultados	Estado Inicial	Após melhoria processo	Após melhoria de Layout
Nº operadores	5	5	6
%Value added time	58,1%	S/ informação	80,1%
Produção média diária	363	518	820
Produtividade Média (pares dia/pessoa)	73	104	137

4. Conclusão

Essa dissertação teve como objetivo a implementação de conceitos de melhoria contínua a indústria do calçado, nomeadamente à Procalçado SA. Era esperado aumentos significativos na produtividade a partir da análise e estudo de diferentes setores da empresa por meio do *gemba*.

Para este efeito, foram criados grupos multifuncionais denominados *Quality circles* para resolver interrupções ou falhas no rendimento da empresa com foco na resolução de problemas diários. Para além disso, a empresa organizou-se de maneira a aumentar a comunicação entre os diversos níveis hierárquicos por meio do *Catchball*. Também foram identificadas as zonas de maior necessidade de um aumento na produtividade, sendo estas o setor de produção de socas e o da colagem.

O setor da colagem, que tinha inicialmente verificado uma produção média diária de 341 pares conseguiu aumentar o seu desempenho para um total de 725 pares diários. Este valor foi alcançado a partir do estudo de todo o processo, identificando-se as atividades com maior desperdício. Eliminar as tarefas ineficazes e aumentar a eficiência das existentes foi um dos grandes progressos, mas para além disso também se focou na organização interna e layout do local, assim como em uma melhor coordenação entre os postos de trabalho. Durante este processo, para ainda garantir a qualidade e excelência de seus produtos, foram desenhadas e colocadas na linha de produção diversas instruções de trabalho com detalhes sobre o processo, além de serem adicionados cartões informativos para auxiliar a configuração de equipamentos e foram aplicados conceitos de 5S quanto a organização e acessibilidade dos produtos.

Já para a produção de socas, foi realizado um planeamento quanto a abordagem que seria feita para esta linha de produção. Iniciando-se pela análise do chão de fábrica, foi estudado quais eram as operações realizadas no setor em questão. Por ser uma linha relativamente nova, ainda não havia muito experiência e processos bem definidos. No

entanto, a partir de análises foi possível identificar o potencial de customização de equipamentos e encontrar as maneiras mais efetivas de realizar o trabalho. Para cada uma das atividades foi retirado um tempo, calculando-se o *lead time* e a distribuição de tarefas, que foram redistribuídas, assim como o número de pessoas por cada posto de trabalho, encontrando-se um equilíbrio de tempo entre suas operações. O layout dessa linha também foi modificado com a substituição do transporte por *trolleys*, identificado como um grande desperdício de movimento, pelo uso de tapetes automáticos. A melhoria de processo aumentou a produtividade em 43%, enquanto mudanças de layout acrescentaram 59% à produtividade.

Durante todo o processo também foi perceptível a importância de adoção de uma cultura de melhoria contínua de forma a procurar sempre fontes de desperdício para melhorar não só a eficiência operacional da empresa, mas também a qualidade e bem-estar dos funcionários.

5. Referências

1. Procalçado S.A.. “Sobre nós - História”. Retirado a partir de <http://www.procalçado.com/?lang=pt>
2. Gonzalez, R.V.D. and M.F. Martins, *Melhoria contínua e aprendizagem organizacional: múltiplos casos em empresas do setor automobilístico* %J *Gestão & Produção*. 2011. **18**: p. 473-486.
3. Coimbra, E.A., *Kaizen in logistics and supply chains*. 2013: McGraw-Hill Education New York, NY.
4. Mika, G., *1.1 Founding the Toyota Production System*, in *Kaizen Event Implementation Manual (5th Edition)*. Society of Manufacturing Engineers (SME).
5. Cierna, H. and E. Sujova, *Application of modern QMS-Kaizen management system*. *MM Science Journal*, 2016. **5**: p. 1456-1464.
6. Manos, A.J.Q.P., *The benefits of Kaizen and Kaizen events*. 2007. **40**(2): p. 47.
7. Melton, T., *The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries*. *Chemical Engineering Research and Design*, 2005. **83**(6): p. 662-673.
8. Singh, J., & Singh, H., *Kaizen philosophy: a review of literature*. 2009. *IUP journal of operations management*, **8**(2): p. 51.
9. Bicheno, J. and M. Holweg, *The lean toolbox*. Vol. 4. 2000: PICSIE books Buckingham.
10. Information Resources Management Association., *54.2 The International Competitiveness of Chinese Manufacturing*, in *Industrial Engineering - Concepts, Methodologies, Tools and Applications, 3 Volume Set*. IGI Global. Retirado de <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kplECMTAV5/industrial-engineering/industrial-engineering>
11. Falcão, R.F., et al., *A criação de valor para o cliente com base nos processos estratégicos de segmentação e posicionamento*. *Revista Interdisciplinar de Marketing*, 2016. **6**(2): p. 25-41.
12. Lima, N.F.G.M.d., *Metodologia KAIZEN-LEAN e indústria 4.0 na manutenção*. 2019.
13. Anvari, A., Y. Ismail, and S.M.H. Hojjati, *A study on total quality management and lean manufacturing: through lean thinking approach*. *World applied sciences journal*, 2011. **12**(9): p. 1585-1596.
14. Thangarajoo, Y. and A. Smith, *Lean thinking: An overview*. *Industrial Engineering & Management*, [e-journal], 2015.
15. Monsanto, O., *Kaizen, Lean ou Seis Sigma? Quando e como usar*. 2018, Ed. Svendla Chaves.
16. Gordon, M.J., Jr., *8.26 Lean Manufacturing Principles*, in *Six Sigma Quality for Business & Manufacture*, 2002. Elsevier.
17. Neves, Tânia Vanessa Sampaio. *Otimização de processos de logística*

- in-house*. 2016. *Tese de Mestrado*.
18. Araújo, L.E.D.d., *Nivelamento de capacidade de produção utilizando quadros Heijunka em sistemas híbridos de coordenação de ordens de produção*. 2009, Universidade de São Paulo.
 19. Miina, A., *Lean problem: why companies fail with lean implementation*. Management, 2012. 2(5): p. 232-250.
 20. DA SILVA, M.G., *Jidoka: Conceitos e aplicação da automação em uma empresa da indústria eletrônica*. Revista ESPACIOS| Vol. 37 (Nº 02) Año 2016, 2016.
 21. Alvarez, R.d.R. and J.A.V. Antunes Jr., *Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção*. Gestão & Produção, 2001. 8: p. 1-18.
 22. Monden, Y., *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time*. 2011: CRC Press.
 23. Hamel, M.R., 2.4.1 Philosophy, in *Kaizen Event Fieldbook - Foundation, Framework, and Standard Work for Effective Events*. Society of Manufacturing Engineers (SME).
 24. Mehra, A., K.-D. Thoben, and B. Scholz-Reiter, *Bridging lean to agile production logistics using autonomous carriers in pull flow*. International Journal of Production Research, 2014. 52(16): p. 4711-4730.
 25. Westcott, R.T., 14. B. Process Management, in *Certified Manager of Quality/Organizational Excellence Handbook (4th Edition)*. American Society for Quality (ASQ).
 26. Domingo, R.T., *Identifying and eliminating the seven wastes or muda*. Asian Institute of Management, godina nepoznata, 2015.
 27. Silva, R.R.d., *Os efeitos da pandemia da COVID-19 na cadeia de suprimentos: um estudo de caso do setor supermercadista brasileiro sob a perspectiva de uma rede varejista*. 2020.
 28. Tardivo, A., C.S. Martín, and A.C. Zanuy, *Covid-19 impact in Transport, an essay from the Railways' system research perspective*. Pract. Pipeline, 2020.
 29. Farr, M., et al., *Coronavirus Pandemic Implications*. 2020.
 30. Venkatesh, J., *An introduction to total productive maintenance (TPM)*. The plant maintenance resource center, 2007: p. 3-20.
 31. Kiran, D.R., 7.30 Pecha-Kucha, in *Production Planning and Control - A Comprehensive Approach*. Elsevier.
 32. Kiran, D.R., 7.29 Total Productive Maintenance, in *Production Planning and Control - A Comprehensive Approach*. Elsevier.
 33. Gulati, Ramesh. *Maintenance and Reliability Best Practices - 7.5.1.2 Calculating TEEP*. Industrial Press, 2009. Retirado de <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt009BR83J/maintenance-reliability/calculating-teep>
 34. Mainardes, E.W., L. Lourenço, and G. Tontini, *Percepções dos conceitos de qualidade e gestão pela qualidade total: estudo de caso na universidade*. GESTÃO. Org-Revista Eletrônica de Gestão Organizacional, 2010. 8(2).

35. Zairi, M., 5. *Defining TQM: Tools and Techniques*, in *Total Quality Management for Engineers*. Elsevier.
36. Rajesh, G. and P. Malliga, *Supplier Selection based on AHP QFD Methodology*. Procedia Engineering, 2013. **64**: p. 1283-1292.
37. Silva, V., Barbosa, A., *QFD: OS 6 PASSOS PARA PREENCHER E ANALISAR A CASA DA QUALIDADE*. 2017: <https://www.kitemes.com.br/2017/05/02/qfd-os-6-passos-para-preencher-e-analisar-a-casa-da-qualidade/>.
38. Rodrigues, A.P. and R. Daher, *Aplicação do dispositivo poka yoke para melhoria de qualidade na segurança do trabalho: um estudo de caso Application of the poka yoke device for quality improvement in work safety: a case study*. 2018.
39. Saurin, T. A., Ribeiro, J. L. D., & Vidor, G. *A framework for assessing poka-yoke devices*. *Journal of Manufacturing Systems*. 2012.
40. Imagem retirada de <https://www.industriahoje.com.br/wp-content/uploads/2013/06/O-que-e-poka-yoke2.jpg>
41. Vasconcelos, Nuno Martins Moreira Pestana de. *Total flow management na indústria: no Instituto Kaizen*. 2008.
42. McIntosh, R.I., et al., *A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology*. *International Journal of Production Research*, 2000. **38**(11): p. 2377-2395.
43. Kiran, D.R., 7.26 *Hoshin Kanri*, in *Production Planning and Control - A Comprehensive Approach*. 2019, Elsevier.
44. Aleksey Savkin, "Hoshin Kanri vs. Balanced Scorecard", *BSC Designer*, abril 23, 2020, <https://bscdesigner.com/pt/hoshin-kanri-vs-bsc.htm>.
45. Bastos, A.A.d.S., *Strat to action : o método KAIZEN™ de levar a estratégia á prática*, ed. K. Institute. 2018. Lester, A., 44.2 *Handover*, in *Project Management, Planning and Control - Managing Engineering, Construction and Manufacturing Projects to PMI, APM and BSI Standards (7th Edition)*. 2017, Elsevier.
46. Information Resources Management Association, 87.6 *The Effect of Production Lead- Time*, in *Industrial Engineering - Concepts, Methodologies, Tools and Applications*, 3 Volume Set. 2013, IGI Global. Retirado de <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00TX0OS1/industrial-engineering/effect-production-lead>
47. Frost, Bob., *Crafting Strategy - Planning How You Will Prevail over Competitors and Obstacles - 24.3 Aligning Effort*. *Measurement International*. 2000, Measurement International. Retirado de <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt006K2NKC/crafting-strategy-planning/aligning-effort>
48. Rocha, D.P., et al., *O Método Kanban e sua Importância como Ferramenta de Qualidade na Gestão de Estoque/The Kanban Method and its Importance as a Quality Tool in Inventory Management*. ID on line REVISTA DE PSICOLOGIA, 2020. **14**(51): p. 1060-1069.
49. Vanti, N., *Ambiente de qualidade em uma biblioteca universitária: aplicação do 5S e de um estilo participativo de administração*. *Ciência da Informação*, 1999. **28**: p.

333-339.

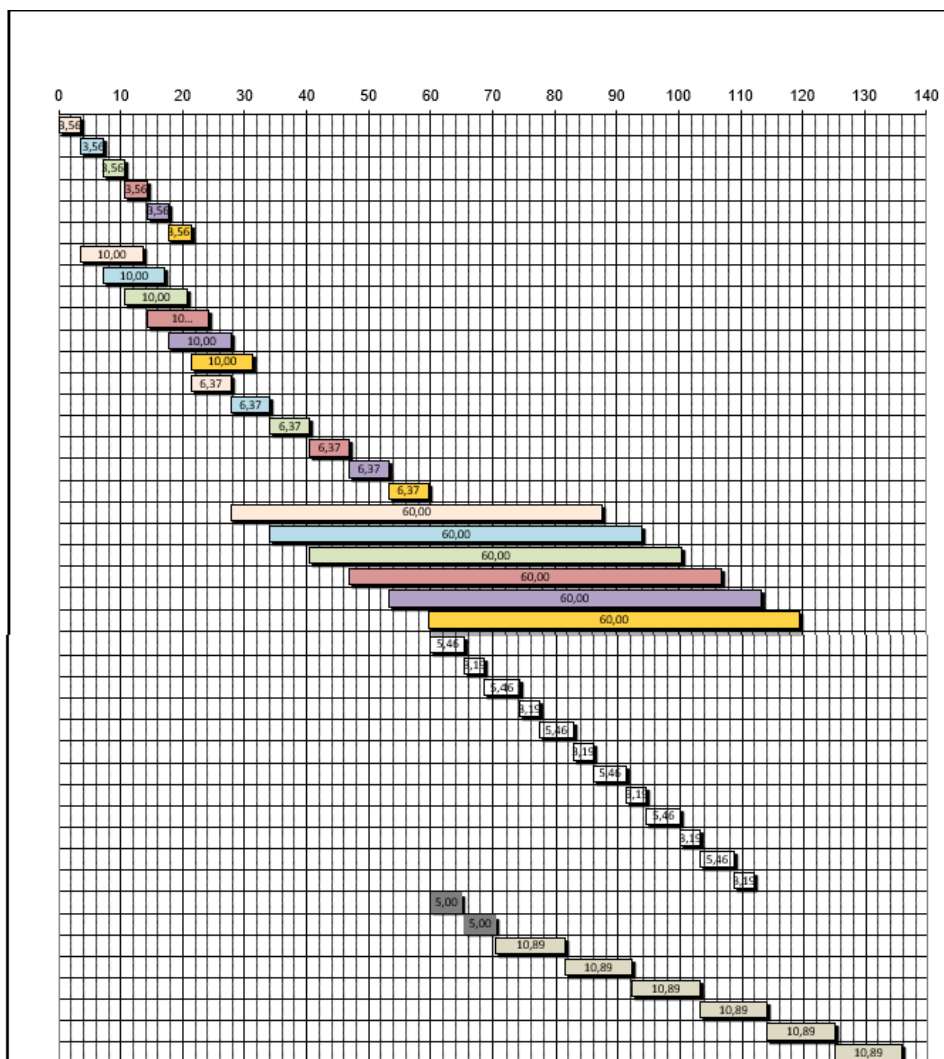
50. Delisle, D.R., 3.2.1 *Building a VSM*, in *Executing Lean Improvements - A Practical Guide with Real-World Healthcare Case Studies*. 2015, American Society for Quality (ASQ).
51. Kubiak, T.M. and D.W. Benbow, 14.2.5.1 *Current State*, in *Certified Six Sigma Black Belt Handbook (3rd Edition)*. 2017, American Society for Quality (ASQ).

ANEXO A: Pontos críticos para processo de colagem.

Operação	Equipamentos	Ferramentas	Pontos críticos
Abastecimento componente	<i>Trolley</i>		Quantidade Qualidade de entrada
Lavagem MEK		Pano; Doseador	Método de limpeza Zona a limpar Acondicionamento do prod. Químico
Secagem em carro - Lavagem	<i>Trolley</i>		
Aplicação de halogenante icortin C17		Pincel; Dispensador de cola	Método de aplicação Zona a aplicar Acondicionamento do prod. Químico EPI's
Secagem em carro - Primário	<i>Trolley</i>		
Aplicar cola – Sola, Gáspea, Rasto e Entressola		Pincel; Tupperware	Método de aplicação Zona a aplicar Acondicionamento do prod. Químico Preparação da cola EPI's
Secagem e reativação da cola	BUCD-3		Parametrização da máquina
Enformar		Forma	Método de enformagem
Colagem			Método de colagem Pontos de autocontrolo
Prensagem	Prensa Saco		Parametrização da máquina
Prensagem	Prensa Vertical		Parametrização da máquina
Desenformar		Base da forma	Método de desenformar Auto controlo
Choque térmico - Frio	Elettrotecnica B.C. S.P.A.		Parametrização da máquina
Armazenamento	<i>Trolley</i>		Método

ANEXO B: Mapa de *Gantt* para Colagem

P O S T O	Designação	Tempo (min)
A	Limpar sola Mek (12pares)	3,56
A	Limpar sola Mek (12pares)	3,56
A	Limpar sola Mek (12pares)	3,56
A	Limpar sola Mek (12pares)	3,56
A	Limpar sola Mek (12pares)	3,56
A	Limpar sola Mek (12pares)	3,56
A	Tempo secagem Mek	10,00
A	Tempo secagem Mek	10,00
A	Tempo secagem Mek	10,00
A	Tempo secagem Mek	10,00
A	Tempo secagem Mek	10,00
A	Tempo secagem Mek	10,00
A	Halogenar sola (12pares)	6,37
A	Halogenar sola (12pares)	6,37
A	Halogenar sola (12pares)	6,37
A	Halogenar sola (12pares)	6,37
A	Halogenar sola (12pares)	6,37
A	Halogenar sola (12pares)	6,37
A	secagem halogenação	60,00
A	secagem halogenação	60,00
A	secagem halogenação	60,00
A	secagem halogenação	60,00
A	secagem halogenação	60,00
A	secagem halogenação	60,00
B	Dar cola sola (12 pares)	5,46
B	Dar cola em gáspea (12 pares)	3,19
B	Dar cola sola (12 pares)	5,46
B	Dar cola em gáspea (12 pares)	3,19
B	Dar cola sola (12 pares)	5,46
B	Dar cola em corte (12 pares)	3,19
B	Dar cola sola (12 pares)	5,46
B	Dar cola em corte (12 pares)	3,19
B	Dar cola sola (12 pares)	5,46
B	Dar cola em corte (12 pares)	3,19
B	Dar cola sola (12 pares)	5,46
B	Dar cola em corte (12 pares)	3,19
B	Secagem cola (tapete automático)	5,00
B	Secagem cola (tapete automático)	5,00
C	Enformar, colar, desenformar	10,89
C	Enformar, colar, desenformar	10,89
C	Enformar, colar, desenformar	10,89
C	Enformar, colar, desenformar	10,89
C	Enformar, colar, desenformar	10,89
C	Enformar, colar, desenformar	10,89



ANEXO C: Matriz de polivalência da colagem

Mapa de Competências da Colagem									
Colaborador Processo	Colab. 1	Colab. 2	Colab. 3	Colab. 4	Colab. 5	Colab. 6	Colab. 10	Colaboradores que executam tarefa	% de Dominio da Tarefa
Lavagem cleaner P - Base	2	4	4	3	3	4	4	7	83%
Lavagem MEK	3	4	4	3	3	4	4	7	88%
Aplicação de primário icortin C17	3	4	4	3	3	4	4	7	88%
Aplicação primário isamix 9099X	3	4	4	3	3	4	4	7	88%
Aplicar cola - Sola	2	2	4	3	3	4		6	75%
Aplicar cola - Gaspea	2	2	4	3	3	4		6	75%
Aplicar cola - Rasto	2	2	4	3	3	4		6	75%
Aplicar cola - Entressola	2	2	4	3	3	4		6	75%
Enformar Gáspea	3	2		3	3			4	69%
Colar e Prensar Sola à Gáspea	2	2		3	4			4	69%
Colar Aplicações à sola ou Rasto	2	2		3	4			4	69%
Prensagem de Rastos ou Solas	2	2		3	4			4	69%
Desenformar Sapato em Forma Não Articulada	2	2		3	4			4	69%
Desenformar Sapato em Forma Articulada	2	2		3	4			4	69%
Polivalência	57%	64%	57%	75%	84%	57%	29%		

ANEXO D: Bill Of Materials (BOM)

Componentes	Tamanho	Qtd. por par	Modelos aplicáveis
Etiqueta NUBE 589	-	2	NUBE
Amortecedor NUBE	-	2	NUBE
Pino Everlite	-	2	EVERLITE
Pino Waylite	36/37	2	WAYLITE
Palmilha	35/37	2	EVERLITE
	38	2	
	39/40	2	
	41	2	
	42/43	2	
	44/45	2	
	46/47	2	
Fixadores	-	4	WAYLITE
		4	NUBE
Tiras Waylite	36/40	2	WAYLITE 01
		2	WAYLITE 02
		2	WAYLITE 03
		2	WAYLITE 04
		2	WAYLITE 09
		2	WAYLITE 11
	41/43	2	WAYLITE 01
		2	WAYLITE 02
		2	WAYLITE 03
		2	WAYLITE 04
		2	WAYLITE 09
		2	WAYLITE 11
	44/46	2	WAYLITE 01
		2	WAYLITE 02
		2	WAYLITE 03
		2	WAYLITE 04
		2	WAYLITE 09
		2	WAYLITE 11
Tiras NUBE	36/40	2	NUBE 01
		2	NUBE 02
		2	NUBE 03
		2	NUBE 04
		2	NUBE 05
		2	NUBE 06
	41/43	2	NUBE 01
		2	NUBE 02
		2	NUBE 03
		2	NUBE 04
		2	NUBE 05
		2	NUBE 06

	44/46	2	NUBE 01
		2	NUBE 02
		2	NUBE 03
		2	NUBE 04
		2	NUBE 05
		2	NUBE 06
Caixas papelão		1	NUBE
		1	WAYLITE
		1	EVERLITE
Caixas de sapato	-	1	NUBE
		1	WAYLITE
		1	EVERLITE
Etiqueta Waylite		1	WAYLITE
Etiqueta Everlite		1	EVERLITE
Etiqueta NUBE		1	NUBE

ANEXO E: Lead Time e tempos do processo de produção de socas

Postos de trabalho	Operações-chave	Tempo (s)	
		Estado inicial	Após melhorias
Descarregar produto		35	35
A	Inserir amortecedor	30	19
	Inserir etiqueta	46	46
Transporte		116	25
B	Limpar soca	35	35
	Limpar resíduos	81	81
Transporte		141	25
C	Encaixar tiras	69	46
	Eliminar rugas	83	55
D	Embalar	60	60
Total		696	427