



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO TECNOLÓGICO DE
JOINVILLE CURSO DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA

Daniel Vinicius Hacke

APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO LEAN MANUFACTURING NA LINHA DE
SEMIRREBOQUE EM UMA FABRICANTE DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS
SOB ENCOMENDA

JOINVILLE

2024

Daniel Vinicius Hacke

APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO LEAN MANUFACTURING NA LINHA DE
SEMIRREBOQUE EM UMA FABRICANTE DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS
SOB ENCOMENDA

Trabalho apresentado como requisito para
obtenção do título de bacharel no Curso de
Graduação em Engenharia Automotiva do Centro
Tecnológico de Joinville da Universidade Federal
de Santa Catarina

Orientador: Dr. Ricardo Aurélio Quinhões Pinto
Coorientador: Murilo Stall França

JOINVILLE

2024

Daniel Vinicius Hacke

AUMENTO DE PRODUTIVIDADE NO SETOR DE MONTAGEM DAS BASES EM
UMA INDÚSTRIA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS

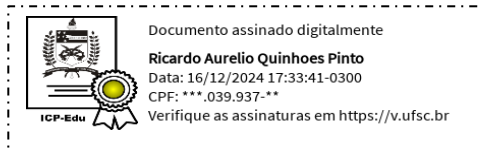
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Automotiva, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro
Tecnológico de Joinville.

Joinville, 05 de dezembro de 2024



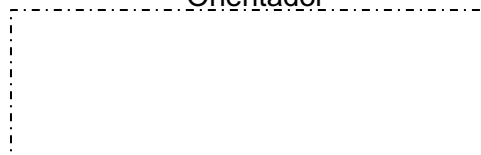
Coordenação do Curso

Banca examinadora



Dr. Ricardo Aurélio Quinhões Pinto

Orientador



Dr. Carlos Mauricio Sacchelli

Membro

Universidade Federal de Santa Catarina



Dr. Cristiano Vasconcellos Ferreira

Membro

Universidade Federal de Santa Catarina

Joinville, 2024.

Dedico este trabalho a minha família e a minha namorada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela oportunidade e capacidade em realizar este trabalho e finalmente encerrar a graduação. Com Sua proteção e orientação, fui capaz de superar desafios e alcançar essa conquista. Sou profundamente grato pelas oportunidades que me foram dadas e por ser, em Sua fé, a base firme sobre a qual construo meu futuro. Por me dar motivação e persistência para chegar até aqui, mesmo com as dificuldades estar encerrando esta etapa tão especial da minha vida e tão marcante, por coisas boas e ruins, mas acima de tudo, realizando de cabeça erguida.

À minha família, em especial aos meus pais Clemir Hacke, Silvane Hacke e minhas irmãs Tcharla Hacke Volz e Taciane Hacke, que sempre me apoiaram com amor incondicional, encorajando-me a seguir meus sonhos, mesmo nas dificuldades. Cada palavra de apoio e cada gesto de carinho foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

À minha namorada Alessandra Bolduan, que esteve ao meu lado em cada passo, oferecendo paciência, compreensão e amor. Sem sua presença e seu apoio teria sido muito mais difícil, pois sabemos que puxou minha orelha todas as vezes que era necessário, mas também foi meu refúgio nos momentos de desafios e a minha motivação para seguir em frente, sou grato por tudo que fez neste período final.

Agradeço ao meu orientador Dr. Ricardo Aurélio Quinhões Pinto por toda a paciência e sabedoria em conduzir os meus passos durante este trabalho e meu coorientador Murilo Stall França que esteve presente em meu dia a dia, me acompanhando, avaliando e me auxiliando neste trabalho.

Gratidão também pelos meus colegas da universidade por todo apoio e amizade durante esse período e a motivação em chegar até aqui.

Agradeço aos meus colegas de trabalho e à empresa Joinville Implementos Rodoviários onde realizei o estudo e em especial aos meus diretores Paulo Skowasch e Julio Skowasch pela oportunidade concedida em realizar este trabalho e pelas oportunidades em minha carreira profissional.

Por fim, a todos vocês, meu eterno agradecimento. Este trabalho é um reflexo de tudo o que aprendi com o apoio e o amor de cada um.

“Às vezes, a jornada mais longa nos leva ao lugar onde pertencemos”.

Autor Desconhecido.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo de aplicar os princípios do *Lean Manufacturing* na linha de semirreboque em uma fabricante de implementos rodoviários sob encomenda. Com o objetivo de melhorar a produtividade no setor de montagem de base. Para tal, foram analisadas: a aplicação do conceito *make or buy*, redução do tempo de *setup*, a padronização de itens, e a proposta de uma nova linha utilizando gabarito de montagem. Este estudo de caso foi conduzido em uma empresa de implementos rodoviários em Santa Catarina. Após cuidadosa análise das informações obtidas com o estudo de caso, foram implementadas mudanças no *layout* do setor de montagem, a introdução de gabarito de montagem e terceirização de corte de alguns itens. Com essas melhorias foi obtido um aumento de produtividade de 25,86% no setor de corte plasma, um rendimento adicional de 15,2% no setor de montagem de bases. Atingiu uma redução de *setup* de máquina na linha de produção de 58,82% focado em cintas. A projeção realizada para um gabarito de pré-montagem de viga resultará em um aumento de 85,65% de produtividade na fase inicial do setor de montagem de bases. Após todas as alterações realizadas com a aplicação dos conceitos estudados, resultou em um ganho geral de 20,8% de produtividade total da empresa, o que trouxe a melhoria no *lead time* de entrega dos clientes.

Palavras-chave: Implemento rodoviário; Lean Manufacturing; Make or Buy.

ABSTRACT

This study aimed to apply Lean Manufacturing principles in the semi-trailer production line of a custom-made road implement manufacturer, with the objective of improving productivity in the base assembly sector. To achieve this, the following were analyzed: the application of the make or buy concept, reduction of setup time, standardization of items, and the proposal of a new line using an assembly jig. This case study was conducted at a road implement company in Santa Catarina. After careful analysis of the data collected from the case study, changes were implemented in the layout of the assembly sector, the introduction of assembly jigs, and the outsourcing of cutting for certain items. These improvements resulted in a 25.86% productivity increase in the plasma cutting sector, an additional 15.2% efficiency in the base assembly sector, and a 58.82% reduction in machine setup time on the production line, focusing on flat steels. The projected assembly jig for pre-assembling beams will lead to an 85.65% productivity increase in the initial phase of the base assembly sector. After all the changes were implemented, applying the studied concepts resulted in an overall productivity gain of 20.8% for the company, which contributed to improved customer delivery lead times.

Keywords: Road Implement; Lean Manufacturing; Make or Buy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação gráfica do Sistema Toyota de Produção	19
Figura 2 - Ícones que representam MFV	23
Figura 3 - Ciclo PDCA	30
Figura 4 – Viga (Longarina)	38
Figura 5 – Aço tipo viga “I”	39
Figura 6 – Travessa formato “Z”	39
Figura 7 – Travessa formato “C”	39
Figura 8 - Empresa de estudo	44
Figura 9 - Furgão sobre-chassi.....	45
Figura 10 - Imagem interna de furgão	46
Figura 11 - Base de um reboque	47
Figura 12 - Graneleiro 3 eixos	48
Figura 13 - Projeto de carga seca porta container dianteiro	48
Figura 14 - Semirreboque furgão rebaixado e reto	49
Figura 15 - Semirreboque lonado	49
Figura 16 – Bitrem rebaixado	50
Figura 17 – Bitrem reto	51
Figura 18 – Layout da empresa Joinville Implementos.....	51
Figura 19 – Vigas no gabarito.....	54
Figura 20 – Início de montagem da base de semirreboque.....	55
Figura 21 – Processo de retirada do gabarito.....	56
Figura 22 - Base montada sendo retirada do gabarito.....	57
Figura 23 – Foto do processo de dobra.....	60
Figura 24 – Partes para o gabarito	61
Figura 25 – Layout atual do setor de bases.....	62
Figura 26 - Material descartado do setor	63
Figura 27 – Layout atual do setor de bases.....	64
Figura 28 – Layout do setor de montagem de bases	65
Figura 29 – Produção gabarito montagem de vigas	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Horas extras setor do plasma Joinville Implementos	58
Tabela 2 – Produção de bases 2023 e 2024	66
Tabela 3 – Custo fabricação externa vs. interna	67
Tabela 4 – Média entre fornecedores X, Y e Z	68
Tabela 5 - Custo fabricação externa vs. interna	68
Tabela 6 - Média entre fornecedores A e B	69
Tabela 7 – Produtos cortados internamente vs. produtos entregues.....	69
Tabela 8 - Produtos cortados internamente e externamente vs. produtos entregues	70
Tabela 9 – Comparação de média com aplicação de corte externo	70
Tabela 10 – Quantidade de material (t) enviada mês para corte externo	71
Tabela 11 – Análise de serviços para montagem de vigas.....	71
Tabela 12 - Fluxo de corte, montagem e solda atual.....	73
Tabela 13 – Tempo de corte e montagem.....	74
Tabela 14 – Tempo de solda	74
Tabela 15 – Resultados produção de entrega de viga	75
Tabela 16 – Lista de cintas para diminuição de setup modelo reto	76
Tabela 17 - Lista de cintas para diminuição de setup modelo rebaixado	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PIB	Produto Interno Bruto
ANFIR	Associação Nacional dos Fabricantes de Implementos Rodoviários
MFV	Mapeamento de Fluxo de Valor
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
DNIT	Departamento Nacional de Trânsito
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
DETRAN	Departamento Estadual de Trânsito
PBT	Peso Bruto Total
PBTC	Peso Bruto Total Combinado
STP	Sistema Toyota de Produção
JIT	<i>Just in Time</i>
JIC	<i>Just in Case</i>
PMP	Plano Mestre de Produção
PCP	Planejamento e Controle da Produção
MRP	Planejamento das Necessidades de Materiais
MRP II	Planejamento dos Recursos de Manufatura
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
FIFO's	Primeiro a entrar, primeiro a sair
TRF	Trocas rápidas de ferramenta
PDCA	Plan-Do-Check-Act
TOC	<i>Theory of Constraints</i>
OPT	<i>Optimized Production Technology</i>
OEQ	Ordens Econômicas de Quantidade
LEF	Lotes Econômicos de Fabricação
MTO	<i>Make-to-Order</i>
MTS	<i>Make-to-Stock</i>
ATO	<i>Assemble-to-Order</i>
ETO	<i>Engineer-to-Order</i>
ACM	Aluminium Composite Material
PV	Pedido de Venda
EPS	Poliestireno Expandido
NS	Número de Série

ABS *Antilock Braking System*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	OBJETIVOS.....	17
1.1.1	Objetivo Geral.....	17
1.1.2	Objetivo Específico.....	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1	LEAN MANUFACTURING.....	18
2.1.1	Sistema JIT vs JIC.....	19
2.1.2	Kanban.....	20
2.1.3	Mapeamento Fluxo de Valor (MFV).....	22
2.1.4	Eliminação de Desperdício.....	24
2.2	MAKE OR BUY.....	28
2.3	PDCA.....	29
2.4	TEORIA DAS RESTRIÇÕES.....	32
2.5	ENGENHARIA SOB ENCOMENDA.....	33
2.6	IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS.....	36
2.6.1	Associação Nacional da Indústria de Implementos Rodoviários.....	36
2.6.2	Semirreboque.....	37
2.6.3	Setor das Bases (Vigas).....	38
3	METODOLOGIA.....	41
3.1	PLANO DE PESQUISA.....	41
3.2	OBJETO DE ESTUDO.....	41
3.3	DESCRIÇÃO DO MÉTODO.....	42
4	ESTUDO DE CASO.....	44
4.1	EMPRESA DE ESTUDO.....	44
4.2	LAYOUT DA EMPRESA.....	51
4.2.1	Fluxo de montagem do setor da base.....	54
4.3	TERCEIRIZANDO SERVIÇO DE CORTE.....	57
4.4	APROVEITAMENTO DE SETUP.....	59
4.5	GABARITO DE PRÉ-MONTAGEM DE VIGA.....	60
4.6	MAPEAMENTO DE FLUXO NO SETOR DA BASE.....	62
5	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS.....	65
5.1	CRIAÇÃO DE UM NOVO LAYOUT DA BASE.....	65
5.2	APLICAÇÃO DO CONCEITO MAKE OR BUY.....	66

5.3	NOVO GABARITO PARA MONTAGEM DE VIGA.....	72
5.4	SETUP PARA MÁQUINA DE DOBRA	75
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS	77
7	CONCLUSÃO	79

1 INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário no Brasil desempenha um papel fundamental na logística do país, movimentando uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB), representando aproximadamente de 6% a 7% do mesmo. Com uma extensa malha rodoviária de mais de 1.700.000 quilômetros, 12% desse número representa estradas pavimentadas. O Brasil ocupa o 4º lugar mundial em estradas rodoviárias, sendo responsável por transportar cerca de 75% das mercadorias no país (WASAKI ENGENHARIA).

Os implementos rodoviários são componentes metálicos que complementam o caminhão-trator, projetados para atender às exigências específicas de diferentes tipos de carga. O implemento rodoviário é constituído principalmente pela montagem de peças em aço-carbono, matéria-prima que é fornecida em chapas de diversas espessuras e passam por processos de corte e dobra, sendo encaminhadas para realização das etapas de soldagem. Existindo peças com geometria simples, que necessitam apenas de corte com ângulos retos. Mas grande parte das peças projetadas, apresentam geometria complexa, desenhos com furações, entre outros detalhes que precisam ser processadas, dentre os processos, realizadas no corte por plasma, corte a laser, entre outros.

Segundo a Anfir (2023), responsável pelos dados de implementos rodoviários emplacados no país, em 2023 houve aumento de 8,63% em relação a 2022, apresentando crescimento comparado aos anos anteriores, representando um total de 90.322 mil implementos rodoviários emplacados.

Os implementos rodoviários podem ser fabricados em grande escala, com ganhos da produção em série, menor custo e menores prazos de entrega, mas sem um diferencial de customização dos produtos. Existe também a opção de desenvolver produtos customizados de acordo com as necessidades e expectativas dos clientes, possuindo um maior custo, um prazo de entrega maior, mas sendo um produto de acordo com a escolha do cliente.

A empresa Joinville Implementos atua no ramo de implementos rodoviários será base para os estudos e dados apresentados neste trabalho, localizada em Santa Catarina, com 36 anos no mercado. Em 2018 a empresa teve um aumento significativo em sua lucratividade quando ampliou a sua produção para bases de semirreboque, no qual, será o setor de estudo.

Como a empresa teve um aumento repentino com este novo processo, não foram realizados estudos e previsões para o aumento da capacidade de produção, não sendo aplicado o conceito tão importante para o crescimento saudável das empresas que é o Fluxo de Valor.

Trabalhando atualmente com a sua capacidade máxima de produção, foi observado que com o *lead time* de entrega acima de 90 dias, estava gerando uma recusa de certos clientes devido a necessidade de uma entrega mais eficiente. Para aproveitar o cenário aquecido de vendas de implementos rodoviários em todo mercado nacional e também internacional, foi visto a necessidade de conseguir aumentar a capacidade de produção para que seja um ponto positivo na hora da venda.

Foi realizado o estudo com embasamento, em identificar e eliminar os desperdícios no processo, melhorar a eficiência e a velocidade de entrega, reduzir custos e aumentar a lucratividade e aumentar a satisfação do cliente, onde é focado em aumento de produtividade e menor custo utilizando com base o *Lean Manufacturing*.

O *Lean Manufacturing* traduzido para Manufatura Enxuta, que visa ganhar uma vantagem competitiva tendo como fundamentação o aumento da produtividade, redução de custos, melhoria da qualidade e aumento do lucro. Para Womack e Jones (1998) aplicam-se 5 princípios chaves, sendo eles identificação de valor, mapeamento do fluxo de valor, criação do fluxo, estabelecer pull e busca da perfeição. Trazendo assim uma melhora nos processos de manufatura de forma geral.

A Manufatura Enxuta, conhecida em inglês como "*Lean Manufacturing*", refere-se a uma abordagem que visa otimizar a organização e a gestão das interações de uma empresa com seus clientes, fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção. Essa metodologia busca realizar mais com menos recursos e em menos tempo, promovendo eficiência e redução de desperdícios (WOMACK e JONES, 1998).

O sistema *Lean Manufacturing* também conhecido como a manufatura enxuta é uma abordagem utilizada com o objetivo de aumentar a flexibilidade de produção, aumentar os resultados e reduzir desperdícios, sendo estes, definidos por Womack e Jones (1998) como qualquer operação que absorve recursos e não agrega valor.

O estudo foi empregado com base no Sistema *Lean Manufacturing*, desenvolvido na aplicação de ambos dos conceitos, tendo como objetivo principal o

aumento de produtividade no setor de bases, focando em melhorias para ganho de performance desde a primeira etapa do setor. Buscando soluções e métodos para otimizar a produção, terceirizando etapas anteriores, diminuindo os *setups* nas máquinas e maior tempo ativo na produção.

1.1 OBJETIVOS

O Objetivo Geral e os Objetivos Específicos deste trabalho são apresentados abaixo.

1.1.1 Objetivo Geral

Aplicar os princípios do *Lean Manufacturing* na linha de semirreboque em uma fabricante de implementos rodoviários sob encomenda, utilizando métodos para reduzir o *lead time* no setor da base, identificar desperdícios e aumentar o tempo ativo de produção.

1.1.2 Objetivo Específico

- Analisar a aplicação do conceito *make or buy* na gestão da operação;
- Estudar formas de melhorar o aumento da produtividade na fabricação de cintas, aplicando conceitos sob demanda;
- Propor uma nova linha de pré-montagem para ganho de tempo ativo na produção de vigas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Abaixo estão apresentados os tópicos que serão estudados para fundamentar um sistema de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) no setor de bases de produção de implementos rodoviários na empresa Joinville Implementos Rodoviários através da aplicação de um sistema puxado dentro do setor.

2.1 LEAN MANUFACTURING

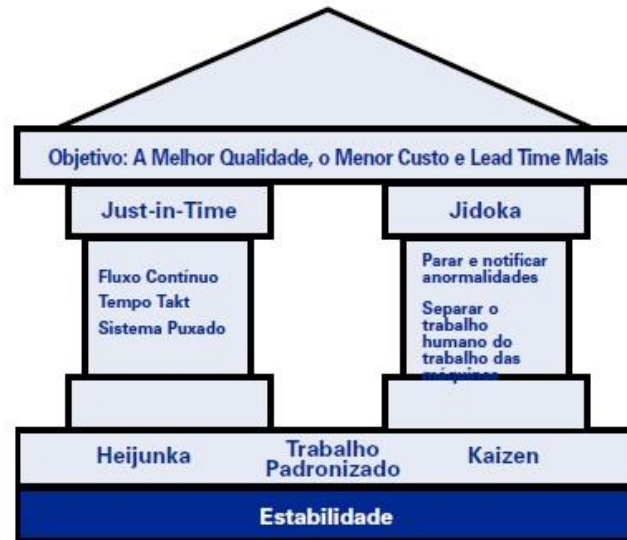
O Sistema *Lean Manufacturing*, teve sua origem nas raízes da indústria automobilística japonesa. Após o período pós-Segunda Guerra Mundial, engenheiros da *Toyota Motor Corporation* iniciaram diversas viagens às fábricas norte-americanas. Seu objetivo primordial consistia em estudar e assimilar o funcionamento do sistema de produção em massa, visando sua posterior adaptação e implementação na indústria japonesa (GHINATO, 2000).

Para alcançar esse objetivo, era preciso desenvolver um sistema que combinasse os benefícios da manufatura artesanal, empregando mão de obra altamente capacitada e ferramentas versáteis, para fabricar exatamente aquilo que o consumidor desejava. Isso precisava ser feito mantendo as vantagens da produção em massa, como alta produtividade e custos baixos.

Dessa forma, a eliminação do desperdício tornou-se o foco principal de todas as iniciativas da Toyota, moldando sua adaptação às exigências do mercado e dando origem ao Sistema Toyota de Produção. Seu objetivo principal era aumentar a eficiência produtiva por meio da eliminação sistemática e completa dos desperdícios (OHNO, 1997).

A essência do Sistema Toyota de Produção (STP) está na eliminação total dos desperdícios, sustentada por dois pilares essenciais para sua eficácia: o Just in Time e a Automação (*Jidoka*) (OHNO, 1997). A seguir é apresentado o STP na Figura 1.

Figura 1 - Representação gráfica do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Lean Institute Brasil (2016)

2.1.1 Sistema JIT vs JIC

Slack et al. (2006) O *Just-in-Time* (JIT) é uma abordagem sistemática que visa aumentar a produtividade geral e eliminar desperdícios. O JIT permite uma produção mais eficiente em termos de custo ao fornecer apenas a quantidade necessária de componentes, com a qualidade adequada, no momento e locais certos, utilizando o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos. Essa metodologia depende do equilíbrio entre a flexibilidade do fornecedor e a flexibilidade do usuário, sendo impulsionada pela aplicação de práticas que requerem o engajamento total dos funcionários e o trabalho em equipe.

As transformações observadas em uma empresa que adota o *Just in Time* (JIT) incluem a redução dos estoques em seu espaço físico de armazenamento, diminuição de lotes de produção, redução dos tempos de preparação de máquinas ou *setup*, e um aprimoramento no atendimento à variação de produtos. Assim, a filosofia do *Just in Time* se revela como uma estratégia para otimizar a circulação do capital de giro e para aprimorar o atendimento aos clientes externos e internos, resultando em uma melhoria nos resultados organizacionais a curto prazo e contribuindo para a formação de um diferencial competitivo (MARTINS, 2002).

Caracteriza-se por um sistema de planejamento e controle puxado de produção, do qual em ambientes de alta complexidade, não se mostra tão eficiente.

Para que o sistema JIT funcione de maneira mais adequada, é necessário estruturas de produtos mais simples, fluxo de materiais previamente definidos e com demandas previsíveis. (Turatto, 2011)

Para planejamentos com estrutura complexa e demanda instável, o sistema mais recomendado é o *Just in Case*.

Segundo Goldratt (1991), o ritmo do processo de produção funciona de acordo com a capacidade excedendo do primeiro processo, trazendo proteção para o custo de inventário altamente elevados e também para as vendas. O JIT busca melhorias constantes e também ajuda na eliminação de desperdícios devido a técnicas e ferramentas de resolução para eventuais problemas. De acordo com Ohno (1997), o JIT prevê o uso de insumos para a produção somente no momento do uso e na quantidade correta. Fazendo com que seja possível zerar o estoque de uma empresa que conseguir estabelecer esse fluxo de produção.

De acordo com Spearman et al (1990), o sistema JIC é conhecido pelo seu sistema de metas, produzindo o que está no planejamento e após a produção, oferece a mercadoria ao consumidor, já o sistema JIT, trabalha de maneira inversa, com um sistema de pesquisa em relação as necessidades do cliente primeiramente, atraindo assim o seu consumidor.

As principais diferenças entre o sistema JIC e JIT, são diferenças de estoques, lotes, *setups* e manutenções. No sistema JIC, é trabalhado com estoque elevado, grandes lotes de fabricação, *setups* elevados, vários fornecedores, manutenção centralizada e linha de produção. Já no sistema JIT, os estoques são zerados, lotes unitários, *setups* rápidos, parcerias com fornecedores de confiança, manutenção compartilhada e células de manufatura. (Spearman et al 1990).

2.1.2 Kanban

O sistema Kanban é um sistema de emissão de ordens, seguindo a lógica para puxar a produção de forma mais produtiva. É uma ferramenta projetada para garantir a produção dos tipos de produtos necessários, na quantidade adequada e no momento preciso, operando em sinergia com o fluxo diário nas linhas de produção das fábricas (PEREDA, 2021).

De acordo com Moura (1996) o sistema Kanban possui 6 pontos principais: (1) incentivo à participação dos colaboradores da área; (2) é uma ferramenta para

gerenciamento de informações; (3) facilita o gerenciamento de estoque; (4) atribui responsabilidades aos funcionários, pois, ao estabelecer uma meta visível de desempenho para uma estação de trabalho, os colaboradores envolvidos se dedicarão a alcançar essa meta através de métodos inovadores; (5) permite simplificar a gestão do trabalho (6) oferece uma administração visual.

No sistema Kanban, o principal objetivo é achar maneiras de melhorar a produtividade e envolver diretamente a mão-de-obra, é utilizado como um sistema para monitorar o fluxo de materiais dentro da fábrica (Kanban Interno) podendo se estender, em alguns casos, ao monitoramento do material distribuído ou recebido de fornecedores (Kanban Externo). Também pode ser usado como uma forma de maximizar a produtividade, a partir de alterações em equipamentos, métodos de trabalho e práticas de movimentação de materiais que utilizam o sistema de controle por cartões (kanbans) buscando identificar áreas problemáticas e avaliar os resultados das alterações implementadas (MOURA, 2003).

O sistema Kanban pode ser definido como um método para reduzir o tempo de espera, diminuir os estoques, melhorar a produtividade e conectar as operações em um fluxo contínuo e ininterrupto. É uma ferramenta de controle projetada para operar no chão de fábrica, empregando um sistema de realimentação visual por meio de cartões de demanda circulantes, conhecidos como cartões Kanban. Esses cartões servem como um mecanismo de autorização para transporte, produção ou fornecimento, indicando que a produção só deve ser iniciada quando o processo subsequente tiver utilizado todas as peças disponíveis. A premissa básica do Sistema Kanban é a capacidade de puxar os itens da linha de produção com base na demanda final, utilizando cartões indicativos que fornecem informações sobre o produto ou item em questão (SHINGO, 1996).

De acordo com Tubino (2000), no sistema Kanban de puxar a produção, a produção só é iniciada quando o cliente (interno ou externo) do processo solicita a fabricação de um determinado item. Nesse caso, a programação da produção utiliza as informações do Plano Mestre de Produção (PMP) para emitir ordens apenas para o último estágio do processo produtivo, geralmente a montagem final. Além disso, ajusta as quantidades de Kanbans no estoque do processo, acionando diretamente a fabricação e reposição dos cartões Kanban para os itens consumidos. O sistema Kanban, ao operar dessa forma, simplifica significativamente as atividades de curto prazo realizadas pelo PCP (Planejamento e Controle da Produção) em processos

repetitivos em lotes. Ele delega essas tarefas aos próprios colaboradores do chão de fábrica, que, além de suas funções operacionais, passam a gerenciar estoques, sequenciar, emitir, liberar, acompanhar e controlar as ordens de produção relacionadas ao programa de produção.

Ao abordar o sistema Kanban, é importante destacar os resultados que ele pode trazer para os sistemas produtivos, especialmente quando integrado à filosofia enxuta. Nesse sentido, Boer (1999) afirma que, após a implantação do Kanban, ocorre uma efetiva redução dos estoques em processo. Segundo o autor, essa redução é alcançada devido ao Kanban (como um subsistema do JIT), assim como ao MRP (Planejamento das Necessidades de Materiais) e ao MRP II (Planejamento dos Recursos de Manufatura), que supervisionam o trabalho industrial em alguns casos. Boer (1999) também menciona que o Kanban é eficaz para eliminar grandes encalhes. Se a produção está parada, é um indicativo de que há um problema em algum posto de trabalho, e a produção não avança enquanto o problema que causa o encalhe não for resolvido.

De maneira geral, o sistema Kanban é um método que reduz o tempo de espera, diminui o estoque, melhora a produtividade e interliga todas as operações em um fluxo contínuo e ininterrupto, eliminando filas de materiais e estoques ociosos (MOURA, 1996).

2.1.3 Mapeamento Fluxo de Valor (MFV)

O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), também conhecido pela sua denominação em inglês: *Value Stream mapping* (VSM), é uma ferramenta utilizada para coletar e analisar dados relacionados a um processo, permitindo a visualização e compreensão do fluxo de materiais e informações. Essa abordagem acompanha o percurso do produto ao longo da cadeia de valor, desde o consumidor até o fornecedor, representando cada etapa do processo (ROTHER e SHOOK, 2003).

Segundo Rother e Shook (2003), o Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) permite conectar todos os processos que compõem o fluxo de produção, desde o fornecedor até o consumidor final. Essa ferramenta possibilita identificar todas as etapas envolvidas, a fim de aplicar as técnicas do pensamento enxuto, avaliando o sistema produtivo e propondo as possíveis melhorias contínuas nos processos.

De acordo com os autores, o mapeamento do fluxo de valor deve seguir estas etapas:

O primeiro passo para desenhar o mapa futuro é questionar se cada estágio do fluxo de valor está realmente criando valor. Retrabalhos e armazenagem de produtos são raramente de qualquer valor para o cliente, e estes devem ser eliminados sempre que possível (WOMACK, 2006).

Após isso, como segundo passo, é necessário colocar tantas etapas do fluxo de valor quanto possível em fluxo contínuo. O fluxo contínuo pode reduzir drasticamente o tempo de processamento, e quase sempre reduz substancialmente os custos. Alcançar fluxo contínuo frequentemente exige mudança de layout e pode exigir a introdução de novas tecnologias de processo.

Como terceiro, e último passo, é necessário criar condições para realizar a produção puxada. Regular o fluxo de material, onde não é possível ser fluxo contínuo, utilizando supermercados, FIFO's (primeiro a entrar – primeiro a sair) e kanban's. Nivelar a produção e tornar o sistema puxado.

Com essas informações, é possível criar o MFV, com a utilização de alguns ícones conforme Figura 2, sugeridos por Rother e Shook (2003).

Figura 2 - Ícones que representam MFV



Fonte: Rother e Shook (2003)

FIFO é uma estratégia eficaz para empresas que buscam otimizar sua gestão de estoque, garantir a qualidade dos produtos e melhorar a eficiência operacional.

De acordo com Pojasek (2004) o MFV foi projetado para ser uma ferramenta simples e de baixa tecnologia. Embora existam softwares para mapeamento, é recomendável utilizar papel e lápis para essa tarefa. Isso se deve ao objetivo de incentivar os usuários da ferramenta a seguir o fluxo de valor de forma prática e manual. Focada predominantemente da redução do *lead time* (dimensão temporal) dos sistemas, assim como outras utilizadas na produção Enxuta. A dimensão do tempo parece ser a principal, e às vezes a única, consideração abordada por esse tipo de ferramenta.

A ferramenta foi desenvolvida com o propósito de reduzir o *lead time* e, conseqüentemente, eliminar desperdícios. Segundo Ohno (1997), essa abordagem gera um impacto positivo em todos os objetivos de desempenho descritos por Slack (1997), que incluem custo, qualidade, entrega, rapidez e flexibilidade.

O mapeamento de fluxo de valor é uma ferramenta crucial para a melhoria contínua, pois cria um ciclo benéfico. Depois de implementar as ações para atingir o mapa futuro, esse mapa se transforma no estado presente. Novas ações de melhoria são então planejadas para alcançar um novo estado futuro. Geralmente, esse ciclo leva de três a seis meses para ser concluído (ROTHER; SHOOK, 2003).

2.1.4 Eliminação de Desperdício

A eliminação de desperdícios é essencial em qualquer ramo e um ponto crucial na produção enxuta. A capacidade de produção de um sistema produtivo pode ser descrita pela equação: “Capacidade de produção = trabalho + perda”. Neste contexto, “trabalho” refere-se às atividades que contribuem diretamente para o alcance dos objetivos do processo e “perda” engloba todas as atividades desnecessárias que geram custos sem agregar valor ao produto, e que por isso, devem ser eliminadas. Para isso acontecer, é necessário identificar os desperdícios, para o autor, ele classificou os desperdícios em sete tipos:

1. Desperdício de superprodução: podendo ser considerada como o pior deles, a super produção nada mais é do que produzir mais do que a demanda do cliente, sendo ele externo ou interno, quando isso acontece, acabam se formando estoques excessivos, o que, acarreta em uma série de outros desperdícios.

2. Desperdício de tempo disponível (espera): O desperdício causado pela ociosidade no sistema produtivo pode ocorrer devido à inatividade de pessoas, máquinas e materiais. As perdas por espera levam a fluxos de produção interrompidos, resultando em prazos de entrega prolongados. Podem ocorrer esperas no processo de fabricação, como a espera por lote ou a espera do operador.
3. Desperdício em transporte: O transporte de matéria-prima, produtos em processamento ou produtos acabados que não agrega valor para o cliente final. Melhorias no *layout* de trabalho, com espaços conectados e fluidez, podem ajudar a reduzir as perdas associadas ao transporte.
4. Desperdício de processamento em si: A perda resultante do uso desnecessário de recursos em atividades que não agregam valor ao transformar um produto ou serviço é uma forma significativa de desperdício. Para eliminá-la, é essencial controlar a produção com foco nas expectativas do cliente.
5. Desperdício de estoque disponível (estoque): O desperdício causado pelo excesso de estoque de matéria-prima, produtos em processamento ou produtos acabados ocorre quando níveis elevados de estoque escondem problemas na produção, como produtos defeituosos e operadores não treinados. A falta de sincronia entre os processos e a definição inadequada dos prazos de entrega são os principais fatores que contribuem para essa perda.
6. Desperdício de movimento: Quando o ambiente de trabalho e as operações são desorganizados, é comum que ocorram perdas devido a movimentos desnecessários. A movimentação excessiva de materiais e pessoas não agrega valor para o cliente. Portanto, projetar um sistema produtivo eficiente, que minimize esses movimentos durante as operações, ajuda a reduzir as perdas e aumentar a produtividade.
7. Desperdício de produzir produtos defeituosos: O retrabalho causado por peças defeituosas gera várias perdas para o sistema produtivo, incluindo custos com reprocessamento, refugos e atrasos na entrega devido à interrupção do fluxo produtivo. Quando um produto defeituoso chega ao cliente final, as consequências são ainda mais graves,

englobando não apenas o custo adicional com garantia, mas também o risco de prejudicar a imagem da empresa.

A compreensão dos sete desperdícios estabelecidos por Taiichi Ohno foi fundamental para a revolução e o sucesso do Sistema Toyota de Produção (STP). Além desses, Liker e Meier (2007) identificaram um oitavo desperdício: a perda do potencial intelectual das pessoas envolvidas nos processos. Esse desperdício refere-se à não utilização da criatividade e inteligência dos funcionários. Como os processos dependem fortemente das pessoas, a falta de valorização das ideias, habilidades e soluções de problemas dos funcionários pode levar à perda de oportunidades de aprendizagem e inovação.

Segundo Chase et al. (2006, p.417) os elementos que abordam a eliminação dos desperdícios também são sete:

1. Redes focadas da fábrica: Ohno (1997) esclarece que a automação não deve ser confundida com automação simples. Também conhecida como "automação com toque humano", a automação permite que máquinas identifiquem e corrijam problemas de forma autônoma. A ideia surgiu com a invenção de uma máquina de tecer autoajustável, desenvolvida por Toyoda Sakichi (1867-1930), fundador da Toyota Motor Company. O tear parava instantaneamente se qualquer um dos fios da urdidura ou da trama se rompessem, graças a um dispositivo integrado na máquina que distinguia entre condições normais e anormais. Isso evitava a produção de produtos defeituosos.
2. Tecnologia de grupo (TG): Segundo Lorini (1991), a Tecnologia de Grupo pode ser conceituada, de forma genérica, como uma filosofia que resolve problemas explorando semelhanças para obter vantagens operacionais e econômicas. No contexto da manufatura, essa filosofia se aplica à organização de processos, especialmente através do agrupamento de peças e recursos para a produção. O agrupamento em famílias é realizado com base nas semelhanças de projeto ou processos, facilitando a fabricação.
3. Qualidade: Slack et al. (2006) afirmam que a qualidade é definida como a consistente conformidade com as expectativas dos consumidores. No entanto, basear a definição de qualidade exclusivamente nas expectativas dos consumidores pode ser problemático, pois essas

expectativas variam entre indivíduos. As experiências passadas, o conhecimento pessoal e o histórico de cada consumidor influenciam suas expectativas. Além disso, a percepção do produto ou serviço pode diferir de um consumidor para outro. Portanto, são apresentadas duas abordagens a seguir:

A abordagem baseada no usuário - assegura que o produto ou serviço atenda adequadamente ao seu propósito. Essa definição não apenas se preocupa com a conformidade às especificações, mas também com a adequação dessas especificações às necessidades e expectativas do consumidor.

A abordagem baseada em produto - considera a qualidade como algo mensurável, focando nas características que são necessárias para satisfazer o consumidor.

4. Produção JIT: Slack et al. (2006) descrevem o JIT (Just in Time) como uma abordagem disciplinada que visa aprimorar a produtividade global e eliminar desperdícios. O JIT permite uma produção eficiente em termos de custos, fornecendo apenas a quantidade necessária de componentes, com a qualidade adequada, no momento e locais corretos, utilizando o mínimo possível de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos. A eficácia do JIT depende do equilíbrio entre a flexibilidade do fornecedor e a flexibilidade do usuário, e é impulsionado pela aplicação de elementos que exigem o total envolvimento dos funcionários e trabalho em equipe.
5. Programação nivelada da fábrica: Segundo Slack et al. (2006), *Heijunka* é um termo japonês que se refere ao nivelamento do planejamento da produção, garantindo que o mix e o volume de produção sejam constantes ao longo do tempo. Embora o princípio da programação nivelada seja relativamente simples, sua implementação exige esforços significativos. No entanto, os benefícios resultantes desse processo são substanciais.
6. Sistema Kanban: O sistema Kanban é um subsistema do JIT (Just in Time) utilizado para controlar a produção, os estoques em processo e o suprimento de componentes. Segundo Moura e Umeda (1984), o Kanban é uma técnica japonesa de gestão de materiais e produção no

momento exato, sendo controlado pelo movimento de cartões Kanban. Este sistema será explorado com mais detalhes posteriormente, pois é o foco principal da presente pesquisa.

7. Tempos minimizados de preparação (*setup time*): Segundo Fagundes (2002), a troca rápida de ferramentas (TRF) é uma metodologia destinada a reduzir os tempos de preparação dos equipamentos, permitindo uma produção econômica em pequenos lotes. A TRF contribui para a diminuição dos tempos de atravessamento, o que permite à empresa uma resposta ágil às mudanças no mercado. A troca rápida de ferramentas (TRF) é crucial para garantir as qualidades necessárias à manutenção da estratégia competitiva das empresas em relação a clientes e mercados, especialmente para alcançar uma produção Just in Time. A redução do *lead time* depende da diminuição dos estoques intermediários, da sincronização da produção e da redução do tamanho dos lotes de fabricação.

2.2 MAKE OR BUY

Segundo Venkatesan (1992), o que as fábricas precisam, é entender que não fabricar certas partes de um determinado projeto, significa que a empresa estará focando em ações das quais realmente possuam mais habilidade e deixando outras áreas para empresas terceirizadas que farão de forma mais eficiente. Com base em simples princípios, ele mostra a estratégia de como identificar partes que se torna mais eficiente comprar do que fabricar.

Existem diversos fatores que devem ser avaliados para que seja tomado a decisão final de *make or buy*, o levantamento de dados sobre o custo de cada peça fabricada internamente é um dos principais pontos para iniciar uma análise, incluindo gastos diretos e indiretos como materiais, mão de obra, tempo de fabricação, custos gerais e inclusive a manutenção dos equipamentos, Venkatesan (1992) refere que muitos gerentes se recusam a efetuar a compra de terceiros, por não saberem exatamente o custo envolvido na fabricação de certas partes, mas que com isso, acaba-se perdendo muito tempo para a fabricação de uma única peça e mão de obra de muitos funcionários envolvidos apenas com essa função. Nesse caso, efetuando a

análise e partindo para a compra, a fábrica obtém ganho em tempo com o pedido antecipado e também a mão de obra disponível para outras peças necessárias.

Venkatesan (1992) criou um fluxo para avaliação entre verde, amarelo e vermelho, relacionando essas três cores, com a base de custo para a fabricação interna e/ou compra externa.

No caso da base verde, refere-se a peças que internamente são muito mais competitivas de serem feitas, que o custo para compra externa passaria de 15% ou mais, e que a manufatura interna ainda é capaz de aumentar o fluxo, sem um custo alto de melhoria, se tornando viável continuar a fabricação das mesmas internamente.

Na base vermelha, o custo interno não é competitivo, passa de 15% de fabricação interna em comparação a compra terceirizada e a opção de melhoria do processo interno teria uma necessidade de investimento muito alta e projetos extensos internos de melhoria, com essa análise, fica claro a viabilidade de compra terceirizada com essa base.

Já a base amarela de custo, a fonte interna é praticamente competitiva. Sendo assim a fabricação interna ou compra externa indiferente, ficando como escolha para a empresa a preferência entre os dois meios. Existe também a opção de melhoria nos processos internos, sendo possível atingir melhores números com pouco investimento ou apenas treinamentos para melhorar as funções já realizadas na fabricação dessas peças específicas.

Venkatesan (1992) conclui o seu estudo, mostrando de que para se manterem competitivas no mercado, as empresas precisam aprender a analisar essas informações de forma geral, para que possam identificar maneiras de reduzir seus custos e otimizar seus recursos.

2.3 PDCA

O Ciclo PDCA, também chamado de Ciclo de Shewhart, Ciclo da Qualidade ou Ciclo de Deming, é uma metodologia essencial para diagnosticar, analisar e prever problemas organizacionais, mostrando-se altamente eficaz na resolução de problemas. Poucos métodos são tão eficazes na busca pelo aprimoramento contínuo quanto este, pois promove ações sistemáticas que aceleram a obtenção de melhores resultados, visando garantir a sobrevivência e o crescimento das organizações (QUINQUIOLO, 2002).

Conforme Moen e Norman (2007), a metodologia foi criada por Walter A. Shewhart na década de 1930 e ganhou notoriedade com William Edwards Deming a partir da década de 1950. Deming a utilizou com sucesso nas empresas japonesas, promovendo significativas melhorias na qualidade de seus processos.

O Ciclo PDCA tem como objetivo controlar os processos, sendo aplicável de forma contínua para o gerenciamento dentro de uma organização. Isso é feito através do estabelecimento de diretrizes de controle (planejamento da qualidade), do monitoramento dos processos com base em padrões e da manutenção das diretrizes atualizadas para atender às necessidades do público-alvo (MOEN; NORMAN, 2007).

A aplicação do Ciclo PDCA está profundamente conectada ao entendimento do conceito de processo. É crucial que todos os envolvidos compreendam a visão processual, que inclui a identificação clara dos insumos, dos clientes e das saídas que estes recebem, bem como dos relacionamentos internos dentro da organização (TACHIZAWA, SACAICO, 1997). Em outras palavras, é essencial adotar a perspectiva de cliente-fornecedor interno.

Como indicado pela nomenclatura e ilustrado na Figura 3, o Ciclo PDCA é estruturado em quatro fases distintas e bem definidas, conforme detalhado a seguir, de acordo com CICLO PDCA (2005).

Figura 3 - Ciclo PDCA



Fonte: Vieira (2007, p25)

Primeira Fase: P (*Plan* = Planejar)

Esta fase é caracterizada pelo desenvolvimento de um plano de ações e é subdividida em duas etapas:

- a. A primeira etapa consiste em definir claramente o que se deseja alcançar, com o objetivo de planejar as ações necessárias. Esse planejamento inclui a definição de objetivos, estratégias e ações, os quais devem ser claramente quantificáveis, ou seja, estabelecidos como metas específicas.
- b. A segunda etapa envolve a determinação dos métodos que serão utilizados para alcançar os objetivos estabelecidos.

Segunda Fase: D (*Do* = Executar)

Essa fase é definida pela implementação do plano elaborado e, assim como a primeira fase, é dividida em duas etapas:

- a. Consiste em preparar a organização para a implementação do plano estabelecido. Isso inclui o desenvolvimento de habilidades individuais e o fortalecimento da capacidade organizacional.
- b. Consiste na execução do plano estabelecido

Terceira Fase: C (*Check* = Verificar)

Esta fase envolve a verificação dos resultados obtidos na execução em relação ao que foi estabelecido no plano. O objetivo é assegurar que os resultados estejam alinhados com o planejamento. A diferença entre o resultado desejado (planejado) e o resultado real identificado representa um problema a ser abordado. Assim, esta etapa inclui a coleta de dados do processo, a comparação desses dados com os padrões estabelecidos e a análise dessas informações, que fornecerá informações importantes para a próxima etapa.

Quarta Fase: A (*Action* = Agir)

Esta fase é dedicada a agir para corrigir quaisquer problemas identificados e evitar sua recorrência. Envolve a implementação de ações corretivas ou melhorias necessárias, conforme identificado na fase anterior. O objetivo é buscar a melhoria contínua até alcançar o padrão desejado. Esse processo de resolução de problemas pode levar à necessidade de capacitação adicional e ao preenchimento de lacunas de conhecimento (CHOO, 2003), facilitando a criação de novos conhecimentos e a atualização dos padrões estabelecidos.

O ciclo PDCA, conforme destacado por Campos (1992), é um método fundamental para a prática da gestão da qualidade. Ele se revela crucial para as empresas que buscam um diferencial estratégico para se destacar e competir eficazmente com seus concorrentes no mercado. Esse método defende que todos os

processos devem ser constantemente aprimorados por meio de análises e planejamento, com mudanças sendo implementadas e monitoradas de forma contínua.

2.4 TEORIA DAS RESTRIÇÕES

Para Pozo (2007) a Teoria das Restrições propõe que toda empresa enfrenta pelo menos uma restrição crítica que limita seu desempenho produtivo. Essa restrição é qualquer fator que impede o sistema de alcançar seu máximo potencial. Utilizando essa teoria, o gestor pode controlar a margem de contribuição e o ciclo produtivo unitário do produto, identificando e gerenciando os recursos críticos e gargalos. Ao fazer isso, é possível aumentar a capacidade produtiva da empresa.

A Teoria das Restrições, também conhecida como TOC (*Theory of Constraints*) ou OPT (*Optimized Production Technology*), oferece um novo enfoque para gerenciar processos de fabricação e tomar decisões organizacionais em contextos de restrições. TOC é uma ferramenta essencial para o administrador contemporâneo, integrando diversas técnicas de gestão de manufatura na abordagem moderna. Trata-se de uma metodologia científica que foca na identificação e resolução dos problemas críticos da empresa, independentemente de seu tamanho, com o objetivo de garantir um processo contínuo de melhoria.

Conforme Pozo (2007) a Teoria das Restrições pode ser aplicada em três níveis distintos:

1. Nível Estratégico: Aqui, a TOC é usada para alinhar a visão e os objetivos de longo prazo da empresa. Envolve a identificação das restrições mais significativas que afetam o desempenho global da organização e o desenvolvimento de estratégias para superá-las. Isso pode incluir mudanças na estrutura organizacional, mercado-alvo ou modelo de negócios.
2. Nível Tático: Neste nível, a TOC é aplicada para melhorar a eficácia dos processos e operações intermediárias da empresa. A ênfase é na gestão de recursos, fluxo de trabalho e processos operacionais, com o objetivo de otimizar a capacidade produtiva e reduzir o impacto das restrições nos resultados. Ferramentas como o Mapa de Fluxo de Valor

e o Planejamento de Recursos de Produção são frequentemente usadas aqui.

3. Nível Operacional: A aplicação da TOC neste nível foca na gestão do dia a dia das operações. Envolve a identificação e gerenciamento de gargalos específicos na produção ou nas operações de serviços, ajustando as atividades para maximizar a eficiência e a taxa de produção. Técnicas como a Programação da Produção e o Controle de Estoque são comuns neste nível.

Cada um desses níveis contribui para a melhoria contínua da empresa, abordando restrições em diferentes aspectos e escalas da operação.

A Teoria das Restrições pode reduzir significativamente os custos. Isso se torna evidente ao comparar com a aplicação dos princípios tradicionais de contabilidade de custos, que frequentemente leva a decisões insatisfatórias em nível departamental e também nas instâncias superiores da organização. Na prática, a TOC praticamente elimina a necessidade de utilizar conceitos como Ordens Econômicas de Quantidade (OEQ) e Lotes Econômicos de Fabricação (LEF) (GOLDRATT E COX, 2003).

Um aumento no fluxo, conforme definido, leva a um aumento simultâneo no lucro líquido, no retorno sobre o investimento e no fluxo de caixa. Um efeito semelhante pode ser alcançado com a redução das despesas operacionais. Nesse caso, ao reduzir o custo de produção enquanto mantém constante o fluxo de vendas e os níveis de estoque, o impacto é direto no retorno sobre o investimento e no fluxo de caixa. A redução dos níveis de estoque também contribui para a melhoria desses indicadores. Para garantir um desempenho eficaz dos processos organizacionais, é essencial que estes sejam constantemente medidos e avaliados, permitindo assim um aprimoramento contínuo (DRUCKER, 1988).

2.5 ENGENHARIA SOB ENCOMENDA

Conforme Paiva, Carvalho Jr. e Fensterseifer (2009), as abordagens MTO (*Make-to-Order*) e MTS (*Make-to-Stock*) fazem parte da literatura tradicional na administração da produção. No entanto, novas tipologias, como ATO (*Assemble-to-Order*) e ETO (*Engineer-to-Order*), emergiram para atender às necessidades tanto das empresas quanto dos clientes (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2007).

De acordo com Vollmann et al. (2006) e Lustosa et al. (2008), em termos do ambiente de produção necessário para satisfazer a demanda, os sistemas de produção podem ser classificados como:

1. MTO: *make to order*, ou produção sob encomenda;
2. MTS: *make to stock* ou produção para estoque;
3. ATO: *assemble to order* ou montagem sob encomenda;
4. ETO: *engineer to order* ou projeto sob encomenda.

A estratégia de *make to stock* (MTS), também conhecida como produção para estoque, é utilizada por empresas que mantêm produtos em estoque para entrega imediata, reduzindo assim os tempos de espera para os clientes, de acordo com Krajewski, Ritzman e Malhotra (2007).

A produção com uma quantidade relativamente estável facilita a previsão da demanda e confere vantagens competitivas a esse ambiente, como a precisão nas datas de entrega e a qualidade dos produtos. Além disso, a alta produtividade permite oferecer preços mais baixos (HALLGREN; OLHAGER, 2006). A estratégia de produção para estoque pode ser empregada quando um único tipo de produto é fabricado em grandes quantidades para um cliente específico. No entanto, o uso dessa abordagem requer um controle rigoroso do inventário (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2007).

Um ambiente *assemble to order* (ATO), ou montagem sob encomenda, envolve um sistema em que subconjuntos, grandes componentes e diversos materiais são armazenados até o recebimento do pedido de venda, que detalha as necessidades específicas de cada cliente (PIRES, 1998).

De acordo com Lustosa et al. (2008), uma característica importante desse sistema é a possibilidade de fabricar pré-conjuntos ou módulos, o que pode levar à diferenciação ao permitir uma maior variabilidade nos produtos. Segundo Krajewski, Ritzman e Malhotra (2007), essa abordagem oferece uma ampla gama de produtos acabados com um número relativamente pequeno de montagens, o que, combinado com prazos de entrega curtos, constitui uma vantagem competitiva.

Também de acordo com Krajewski, Ritzman e Malhotra (2007), o estoque de produtos acabados é evitado devido à ampla gama de opções, o que dificulta a previsão de demanda e a torna imprecisa. Isso leva à aplicação da estratégia de adiamento, que consiste em adiar o máximo possível a configuração final dos

produtos. Esse conceito pode envolver a transferência de tarefas da manufatura para o canal de distribuição ou até mesmo para o consumidor final (VAN HOEK, 1997).

A estratégia *make to order* (MTO), ou produção sob encomenda, envolve o início da produção apenas após a confirmação formal do pedido do cliente. Nesta abordagem, os estoques são mantidos principalmente no início do processo (LUSTOSA et al., 2008).

Para Krajewski, Ritzman e Malhotra (2007), a estratégia *make to order* é adequada para empresas que atendem às especificações dos clientes e produzem em pequenos lotes. Isso caracteriza um processo mais complexo em comparação com a montagem de um produto final usando componentes padronizados, como ocorre em uma linha de montagem de computadores. De acordo com Stevenson, Hendry e Kingsman (2005), o termo MTO (*Make to Order*) deve ser usado para descrever produtos cuja produção não começa antes da confirmação do pedido pelo comprador. Além disso, o sistema MTO pode significar que produtos com um elevado nível de personalização são oferecidos no mercado (STEVENSON; HENDRY; KINGSMAN, 2005). Devido à sua instabilidade mais pronunciada em comparação com outros ambientes, a programação no sistema MTO requer maior flexibilidade e um compartilhamento mais intenso de informações, assim como um elevado grau de autonomia (YEN; SHEU, 2004). Para Amaro, Hendry e Kingsman (1999), a complexidade do sistema é tal que, em algumas situações, os componentes e materiais só devem ser adquiridos após o recebimento de pedidos específicos. A possibilidade de customização dos produtos é mais alta em comparação com ambientes ATO (AMARO; HENDRY; KINGSMAN, 1999). Segundo Pires (1998), como os produtos são projetados de acordo com especificações básicas, eles geralmente não são únicos, ou seja, não há um produto de cada tipo.

O conceito de *engineer to order* (ETO), ou projeto sob encomenda, refere-se a projetos em que o cliente participa ativamente desde o início do processo, antes mesmo do pedido ser formalmente registrado na fábrica (LUSTOSA et al., 2008).

Em um ambiente ETO, podem ser encontrados tanto estágios físicos quanto não físicos. Os estágios não físicos incluem atividades como planejamento e definição das tarefas, enquanto os estágios físicos abrangem a manufatura de componentes, a montagem e a instalação (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993). Este apresenta várias características, incluindo alto nível de customização, complexidade, *lead times* longos,

baixo volume de produção, roteiros de produção variáveis, dinâmica e flexibilidade, além de variações no mix e nos volumes de vendas (VAN BERKEL, 2010).

Segundo Pires (1998), o ambiente ETO pode ser visto como uma extensão do ambiente *make to order* (MTO), com o projeto de engenharia desenvolvido para atender quase todas as demandas dos clientes. Um alto grau de incerteza é uma característica fundamental do ambiente ETO, manifestando-se na previsão da demanda, nas especificações do produto, nos *leads times* e, conseqüentemente, nos tempos de manufatura (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993; HICKS; BRAIDEN, 2000).

2.6 IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS

Nos últimos anos, os implementos rodoviários têm incorporado diversas inovações tecnológicas para melhorar sua eficiência e segurança, sendo uma delas, a utilização de materiais mais leves e resistentes.

Os implementos rodoviários desempenham um papel crucial no setor de transporte, facilitando a movimentação de mercadorias de forma eficiente e segura em diversas indústrias ao redor do mundo. Sem eles, não haveria tanta facilidade em levar algo de um ponto a outro pelas rodovias.

Segundo BNDES (2006) Implementos rodoviários são partes fundamentais para caminhões no transporte de cargas e no Brasil, a indústria de implementos rodoviários é majoritariamente nacional, empregando tecnologia e matérias primas locais, obtendo um crescimento considerável nos últimos anos, aumentando as opções no mercado, como reboques, semirreboques e carrocerias, cada um com uma função específica para o transporte de diversos tipos de mercadorias.

A configuração do equipamento é determinada pelo tipo de carga a ser transportada e pelos objetivos específicos, como flexibilidade, custo, distância de transporte e integração com outros modos de transporte. Para atender a essas necessidades e otimizar a eficiência do transporte, os fabricantes oferecem uma ampla variedade de produtos (BNDES, 2006).

2.6.1 Associação Nacional da Indústria de Implementos Rodoviários

A Anfir (Associação Nacional da Indústria de Implementos Rodoviários) é uma sociedade que rege as empresas fabricantes de implementos rodoviários no Brasil.

Fundada há mais de 40 anos, a associação atua na defesa do setor e no fortalecimento da indústria nacional de implementos.

A Anfir reúne mais de 170 associadas e 1.400 afiliadas ativas, desde micro, pequenas, médias e grandes empresas ligadas ao segmento de transporte de cargas. Estas companhias são responsáveis pela fabricação de todos os implementos rodoviários utilizados no país.

Alguns dos principais papéis da Anfir incluem: Divulgação de dados e estatísticas do setor; promoção de eventos e convenções para o mercado; defesa dos interesses da indústria nacional de implementos; fortalecimento do setor de transportes rodoviários de carga.

A associação publica anualmente o Anuário da Indústria de Implementos Rodoviários, uma importante fonte de informações sobre o mercado.

De acordo com o anuário Anfir (2024) foi apresentando um resultado melhor do que se imaginava na economia. A inflação ficou abaixo do previsto desde 2020, registrando índice de 4,6%, e a taxa Selic começou a sua trajetória de queda em agosto, baixando então 13,75% para 11,75% no final do ano de 2023.

A indústria mais uma vez soube responder aos desafios que surgiram atendendo a demanda por equipamentos do setor logístico de transportar cargas, aumentando a sua capacidade para atender ao mercado.

Então, em mais um ano, a indústria de implementos rodoviários desempenha o seu papel de fornecimento dos equipamentos essenciais para a movimentação de aproximadamente 60% das cargas terrestres que circulam no Brasil.

2.6.2 Semirreboque

O veículo semirreboque não possui tração própria e é acoplado a um caminhão trator do tipo cavalo mecânico pelo engate chamado de quinta-rodas. Como principais características são, entre um até quatro eixos, costuma ser maior que um reboque e apoia parte do seu peso no veículo trator. São utilizados para transporte e logística de cargas perecíveis, não perecíveis, produtos líquidos e gasosos, grãos e sólidos e entre outros.

De acordo com o DNIT (2013) existem normas de homologações e combinações de veículos para o transporte de cargas e de passeio. São regidas pela Resolução nº 210/2006 e 211/2006 do Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN e

pela Portaria nº 93/2008 do Departamento Nacional de Trânsito - DETRAN, nele são apresentados os limites de peso bruto total (PBT), Peso bruto total combinado (PBTC) e também os limites de comprimento para cada combinação.

Conforme o Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN (2007), o PBT é representado pelo peso bruto máximo do semirreboque + carga útil transportada. Já o PBTC refere-se ao peso bruto das combinações do veículo trator + semirreboque + carga útil transportada.

2.6.3 Setor das Bases (Vigas)

A base do implemento rodoviário é composta de uma estrutura metálica, fabricadas com longarinas de aço estrutural, que garantem robustez e longevidade ao equipamento. Na montagem da suspensão, a configuração pode variar de um à quatro eixos, dependendo do modelo e da capacidade de carga respeitando as normas estabelecidas pelo CONTRAN. A quantidade de eixos influencia a distribuição do peso e a estabilidade geral do conjunto.

O projeto pode incorporar chapas de alta resistência e travessas que conectam as longarinas, assegurando a estabilidade e a integridade da estrutura durante o transporte. Longarinas também são conhecidas como viga, apresentada na Figura 4.

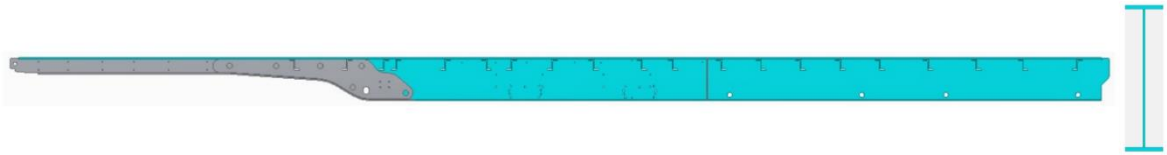
Figura 4 – Viga (Longarina)



Fonte: Do autor (2024)

As vigas são essenciais para a segurança e a eficácia do transporte rodoviário, o uso de aço tipo viga "I" é comum como mostra na Figura 5.

Figura 5 – Aço tipo viga "I"



Fonte: Do autor (2024)

Pois oferece uma relação favorável entre peso e resistência. Elas asseguram que o semirreboque resista às forças dinâmicas durante a operação, incluindo aceleração, frenagem e curvas, reduzindo o risco de falhas estruturais. Além disso, a durabilidade do semirreboque depende diretamente da qualidade e do design das longarinas, tornando fundamental que sejam produzidas com materiais e métodos de alta qualidade.

Para interligação das vigas são conectadas por travessas, que podem ter formatos em "Z" ou "C" como mostra na figura 6 e 7 sucessivamente.

Figura 6 – Travessa formato "Z"



Fonte: Do autor (2024)

Figura 7 – Travessa formato "C"



Fonte: Do autor (2024)

Essas travessas proporcionam maior rigidez à estrutura e garantem uma distribuição uniforme da carga. São equipadas por reforços adicionais, como mão francesa que conectam o perfil externo, ampliando a capacidade de carga e a estabilidade do semirreboque.

3 METODOLOGIA

Este capítulo tem como finalidade detalhar o método científico empregado na pesquisa quantitativa e descritiva, realizada por meio de um estudo de caso. A investigação se concentra em uma linha de produção no setor de montagem de base de semirreboque, de uma empresa de implementos rodoviários. O foco principal deste capítulo é a aplicação da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor, integrada ao sistema *Lean Manufacturing* para o setor de base. A pesquisa visa desenvolver e aprimorar os processos internos, utilizando as ferramentas oferecidas pelo *Lean*, com o intuito de aumentar a produtividade e a qualidade na linha de produção analisada.

3.1 PLANO DE PESQUISA

As pesquisas científicas podem ser classificadas de acordo com diversos critérios, incluindo sua natureza, abordagem do problema, objetivos e métodos técnicos. Este estudo adota uma abordagem quantitativa, fundamentando-se em dados concretos e indicadores de desempenho. A pesquisa foi realizada pelo autor diretamente no ambiente de produção da empresa, permitindo uma análise aprofundada e contextualizada da situação em questão. Em termos de objetivos, caracteriza-se como descritivo, pois busca elucidar as causas e razões do problema, propondo soluções práticas.

3.2 OBJETO DE ESTUDO

A pesquisa será conduzida em parceria com a empresa Joinville Implementos Rodoviários. Esta organização foi selecionada como objeto de estudo devido à disponibilidade de dados reais que podem ser coletados pelo autor. Além disso, a empresa demonstra um forte interesse em implementar melhorias, visando aumentar seus lucros por meio das propostas apresentadas neste trabalho.

3.3 DESCRIÇÃO DO MÉTODO

Para avaliação da produtividade da empresa, utilizou-se o MFV. Para sua execução, foi feita coleta de dados inicial com o *layout* atual do setor de base da empresa estudada com intuito de identificar atividades que não agregam valor. Após essa análise, detectaram-se algumas falhas no sistema como diversos desperdícios de material e tempo.

Para o estudo realizado referente a terceirização do serviço de corte, foi utilizado o método *make or buy*, devido ao setor de corte interno não conseguir suprir as necessidades do setor das bases, foi identificado a necessidade da aplicação do método *make or buy* para evitar gargalos na produção.

Para o estudo realizado referente ao aproveitamento de *setup*, foi utilizado o método *Lean Manufacturing*, com embasamento no pilar JIDOKA, nessa área de estudo foi identificado a necessidade de melhoria na produção para diminuir a frequência de configuração de máquinas, devido a análise de dados, foi possível fazer um levantamento de estudo para fazer uma projeção de corte e dobra para agrupamento de peças.

Para o estudo realizado no gabarito de pré-montagem de viga, também foi utilizado o método *Lean Manufacturing*, devido ao fato de dois processos serem realizados em um único gabarito, não era possível o trabalho simultâneo em produtos diferentes.

Com o estudo de caso com embasamento no método *Lean*, nessa etapa foi aplicada o conceito do sistema puxado em conjunto com o MFV, foi possível verificar a viabilidade para a criação de um novo gabarito, ganhando assim tempo ativo em duas etapas diferente.

O conceito de tempo ativo refere-se ao período em que uma máquina está funcionando e contribuindo para a produção, esse é um conceito de extrema importância para medir a eficiência operacional e identificar oportunidades de melhorias, para o cálculo é considerado o tempo total disponível que a máquina está disponível para operar menos as paradas não planejadas, devido a falhas e manutenções inesperadas e também as paradas planejadas, que são manutenções programadas e trocas de lote. Com esse cálculo, chega-se ao resultado do tempo ativo total do equipamento.

No t3pico referente ao setor de bases, foi explicado com base no conceito Mapeamento de Fluxo de Valor, avaliando poss3veis melhorias com foco em aumento de entregas, qualidades dentro do setor, controles mais r3gidos e otimiza33o de processos, trazendo diminui33o em atividades que n3o agregam valor.

4 ESTUDO DE CASO

O aumento da produtividade é um dos focos centrais para qualquer empresa que busca não apenas otimizar seus processos, mas também maximizar seus resultados e a satisfação dos clientes. Tendo um *lead time* de 3 meses de entrega, é o motivo maior pela procura de melhorias como um todo na empresa estudada. Vendo a necessidade de aumentar a capacidade de entrega para atender um maior número de clientes com um menor tempo possível. Devido ao fato do *lead time* afetar negativamente nas vendas futuras. No contexto do setor de montagem de bases da empresa, diversas abordagens foram consideradas para alcançar esse objetivo. Este trabalho detalha as soluções identificadas e as estratégias propostas para promover um incremento significativo na produtividade.

4.1 EMPRESA DE ESTUDO

A empresa que foi base para o estudo realizado nesse trabalho é a Joinville Implementos Rodoviários, localizada atualmente em Garuva-SC, possui mais de 20 mil m² de pátio, com 4.500m² de área construída como é apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Empresa de estudo



Fonte: Joinville Implementos (2020)

Fundada em 1988, motivada pela elevada demanda no mercado de implementos rodoviários em Joinville. Iniciou sua trajetória com encarroçamento de

sobre-chassis e semirreboques. Após 20 anos, em 2018, deu-se início ao processo de fabricação próprio, das bases/chassis dos semirreboques.

A empresa é composta por vários setores, entre eles, o setor de corte e dobra, setor de montagem de base, montagem de sobre-chassi, pintura, carpintaria, setor das portas, elétrica e abs. Também possui uma oficina para serviços necessários e vendas de peças.

A Joinville Implementos Rodoviários fabrica uma variedade de implementos rodoviários, incluindo modelos de carga fechada e carga aberta.

Furgão sobre-chassi é uma estrutura para o transporte de carga que não podem ser expostas ao tempo. A estrutura da carroceria é montada sobre um chassi de um caminhão trator. Seu revestimento pode ser em chapa rebitada frisada, lisa sendo de alumínio ou ACM (*Aluminium Composite Material*) como mostra na Figura 9.

Figura 9 - Furgão sobre-chassi



Fonte: Joinville Implementos (2020)

Seu interior pode ser isotérmico, para o transporte de cargas que necessitam de temperatura controlada. Podendo ser utilizado vários modelos de assoalho, como de chapa xadrez, de madeira de lei, modelo ômega que se utiliza de perfis ômeegas de aço com madeiras entre os perfis, entre outros. Sendo possível utilizar sarrafos de madeira e barras de amarração para proteção da carga como mostra na Figura 10.

Figura 10 - Imagem interna de furgão



Fonte: Joinville Implementos (2020)

Como mostra nas Figuras 9 e 10, vemos na primeira imagem a vista de fora do implemento, sendo com chapas de alumínio e na parte interna podemos ver a estruturas, com barra de amarração e seu revestimento interno sendo produzido com foco no que irá transportar.

Reboque é um implemento rodoviário projetado para ser puxado por um caminhão ou outro veículo motorizado. Ele não possui um motor próprio e depende do veículo que o puxa para se movimentar. Ao contrário do semirreboque, que depende de um caminhão trator para sustentar parte de seu peso, o reboque é um veículo independente que se estabiliza sozinho, não necessitando que seu peso seja suportado pelo veículo que o traciona. Sendo composto por um chassi, eixos e sistema de freio, podendo utilizar muitos modelos de caixa de carga como mostra na Figura 11.

Figura 11 - Base de um reboque



Fonte: Do autor (2024)

Semirreboque é um termo utilizado para designar o equipamento que transporta cargas por vias rodoviárias, tracionado por um veículo trator do tipo cavalo mecânico. O semirreboque é acoplado ao caminhão trator por meio de um engate universal composto pela quinta-roda instalada no veículo tracionador e pelo pino-rei localizado na parte frontal do semirreboque. Esses veículos de carga rodoviários normalmente possuem de 1 a 4 eixos, porém não dispõem de propulsão própria, dependendo integralmente do caminhão trator para se movimentar sendo do modelo 4x2, 6x4 ou 6x2. Existem diversos tipos de semirreboques disponíveis no mercado, cada qual projetado para atender a necessidades específicas de transporte. Dentre as principais categorias, destacam-se os semirreboques abertos, que são indicados para o transporte de cargas em geral que não exigem proteção adicional, são eles, os cargas secas, porta-contêineres e graneleiros como são apresentados nas Figuras 12 e 13.

Figura 12 - Graneleiro 3 eixos



Fonte: Joinville Implementos (2020)

Figura 13 - Projeto de carga seca porta container dianteiro



Fonte: Do autor (2024)

Semirreboques fechados são utilizados para o acondicionamento de cargas que precisam ser preservadas das intempéries e ações do ambiente externo, por exemplo semirreboques lonados e semirreboques furgões. No caso de semirreboques furgões a empresa possui a linha de rebaixado e reto como mostra na Figura 14.

Figura 14 - Semirreboque furgão rebaixado e reto



Fonte: Joinville Implementos (2020)

No qual o modelo rebaixado é apropriado para cargas com baixo peso e um maior volume, sendo 2 eixos e uma altura interna maior, e no modelo reto, suporta um peso maior por sua configuração de eixos sendo um espaço interno menor.

Na Figura 14 é visto o modelo furgão, sendo uma estrutura para o transporte de carga que não podem ser expostas ao tempo, o mesmo modelo produzido para furgão sobre-chassi, mas em um modelo de semirreboque, com uma capacidade de carga maior, pelo quanto suporta e por seu volume interno, tendo seu comprimento máximo 15500m.

O modelo de semirreboque lonado é utilizado para entrada de carga pelas laterais, normalmente com pallets, facilitando a descarga com empilhadeiras como mostra na Figura 15.

Figura 15 - Semirreboque lonado



Fonte: Joinville Implementos (2020)

A escolha do tipo de semirreboque mais apropriado depende de fatores como a natureza da carga transportada, as condições do trajeto, a distância percorrida e a capacidade de carga requerida. Conhecer as características e aplicações de cada modelo é fundamental para selecionar o implemento rodoviário ideal para cada operação logística.

Existe também o modelo bitrem, que é uma combinação de dois semirreboques acoplados entre si através de uma quinta-roda situada na traseira do primeiro semirreboque, sendo possível utilizar caixa de carga aberta e fechada como nos implementos mostrados.

Nesse caso, é produzido dois modelos de bitrem furgão sendo eles, o modelo rebaixado e o modelo reto.

O modelo rebaixado é feito para ter um maior volume interno, mas não sendo permitido um grande peso, sendo permitido apenas 17,5 toneladas em cada unidade, sem considerar o cavalo trator, conforme Figura 16.

Figura 16 – Bitrem rebaixado



Fonte: Joinville Implementos (2020)

Já no modelo com 3 eixos interligados, podemos considerar um menor volume, mas suportando cargas mais pesadas, chegando até 25,5 toneladas por unidade de semirreboque, como mostra na Figura 17.

Figura 17 – Bitrem reto

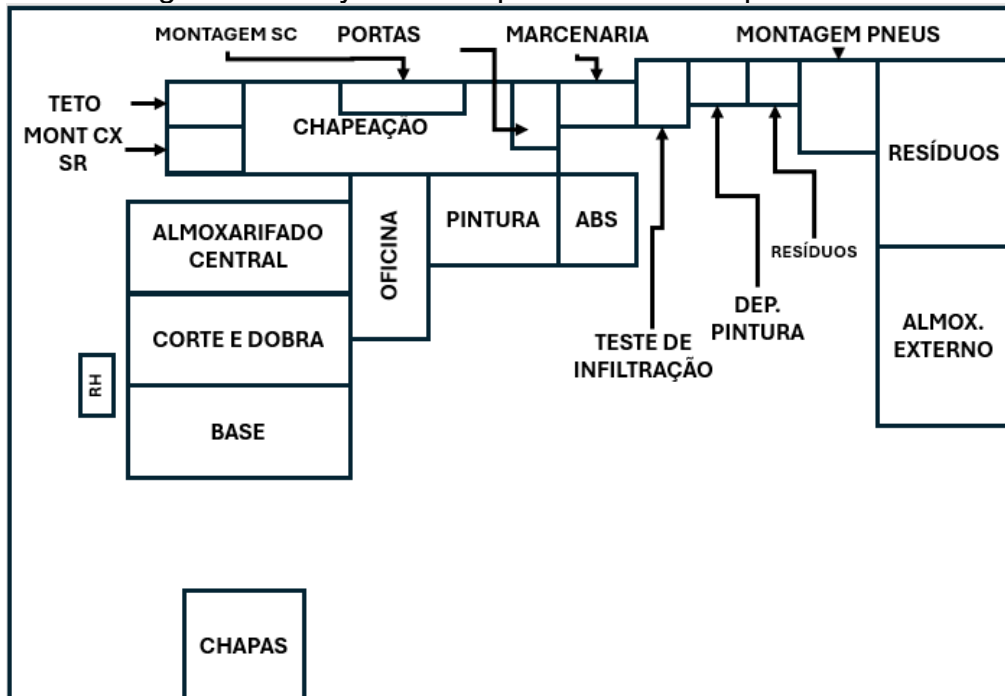


Fonte: Joinville Implementos (2020)

4.2 LAYOUT DA EMPRESA

O setor de montagem de base utiliza hoje dois tipos de soldadores. Um robô que trabalha de forma automatizada e funcionários soldadores que trabalham de forma manual. A Figura 18 ilustra o *layout* da empresa, destacando os setores envolvidos na fabricação do semirreboque, com ênfase no setor de bases.

Figura 18 – Layout da empresa Joinville Implementos



Fonte: Do autor (2024)

A produção do implemento rodoviário é composta de várias etapas subsequentes que são dependentes entre si. Para obtenção do produto acabado é

necessário que cada processo execute corretamente as operações a fim de garantir o sincronismo entre as áreas e que o produto seja montado no tempo correto. A Figura 18 apresenta o layout do processo de fabricação do implemento rodoviário, relacionando de modo sintetizado, o tipo de serviço que é executado em cada setor, identificando respectivamente cada processo com a ordem de sequência de produção com base no layout da fábrica acima. etapas:

- **Pedido de venda:** O processo inicia com a definição das características do produto no pedido de venda. Em seguida, os documentos contendo as informações necessárias são formalizados e repassados do setor comercial para o departamento de engenharia/PCP.
- **Engenharia/PCP:** Os departamentos Comercial e Engenharia/PCP estão localizados no setor administrativo da empresa, próximo ao setor de compras, que é responsável por receber as informações sobre os suprimentos necessários para a produção dos implementos. Após receber as especificações do produto no pedido de venda (PV), o departamento de engenharia desenvolve o projeto correspondente, atualiza o PV e o converte em uma Ficha de Produção. Este documento, juntamente com o projeto, é então enviado para o PCP e o programador de corte. O PCP, por sua vez, emite as ordens de produção para os setores envolvidos, incluindo corte, dobra e montagem.
- **Setor de corte/dobra:** O setor de corte e dobra é essencial na fabricação das diversas peças que compõem o implemento rodoviário. Nesse setor, a matéria-prima, que chega em chapas de aço de diferentes dimensões, passa pelos primeiros processos de transformação. As ordens de produção e a entrada de matéria-prima são gerenciadas pelo PCP, que também coordena o fornecimento de material para todos os setores e para as peças destinadas à venda externa.
- **Montagem de base:** O setor responsável pela montagem das bases do semirreboque, é onde as peças produzidas no setor de corte e dobra são montadas por meio de soldagem. O processo começa com a montagem das vigas, que são então posicionadas em um gabarito

específico para a montagem. A soldagem é realizada em pontos estratégicos para garantir a resistência e a segurança do produto.

- **Montagem do Teto:** No contexto da produção do modelo de furgão, paralelamente à montagem da base, procede-se à montagem do teto, que é estruturado com aço. Após a conclusão da montagem e soldagem da estrutura, aplica-se uma chapa de alumínio, que é então fixada por meio de chapeamento e rebitagem.
- **Montagem da caixa de carga:** Na montagem da caixa de carga, consideram-se dois modelos distintos de produtos: o furgão e o lonado. No furgão, o teto é montado simultaneamente com a base, utilizando perfis de aço e colunas frontais e traseiras para o acoplamento que é uma estrutura fechada e rígida, são unidas e reforçadas para garantir a integridade estrutural e a proteção da carga. O modelo lonado os painéis são montados e instalados atualmente no setor de bases.
- **Pintura:** Etapa responsável pela pintura dos produtos, neste processo acontece a limpeza e preparação para o recebimento da tinta, é necessário a remoção de oxidações e impurezas como óleos e graxas, como também a necessidade de processos com abrasivos para realizar desbastes e acabamentos.
- **Chapeação/Rebitagem:** Após a pintura, o processo envolve o corte de chapas de alumínio, que podem ser lisas ou apresentar frisos, conforme a escolha do cliente. Essas chapas são então aplicadas em toda a estrutura da caixa de carga, sendo cuidadosamente alinhadas e fixadas por rebites.
- **Montagem de portas:** O processo responsável pela fabricação e montagem das portas traseiras e laterais do implemento rodoviário possui uma área dedicada à produção dessas portas, enquanto a montagem no implemento é feita em um outro espaço.
- **Carpintaria:** A carpintaria cuida da instalação de assoalhos e de revestimentos internos, em madeira e em EPS (Poliestireno Expandido).
- **Elétrica / Instalação:** Nesta fase do processo, são realizadas a instalação da parte elétrica interna e externa, incluindo o cabeamento

e as mangueiras necessárias para a montagem do ABS. Além disso, são instalados os acessórios obrigatórios e aqueles solicitados pelos clientes, como barrica de água, caixas de cozinha e ferramentas, geladeira, protetor lateral, porta-estepe e outros itens específicos.

- **Liberação:** A inspeção final do produto é realizada na fase de liberação, exige diversos *checklists* de finalização que devem ser preenchidos de forma precisa para que o setor de qualidade que avalia as condições do produto possa garantir que tudo esteja em ordem antes que seja feita a entrega do produto para o cliente.

4.2.1 Fluxo de montagem do setor da base

O setor de bases é o setor seguinte ao setor de corte e dobra, onde recebe dois tipos de materiais diferentes, os materiais fabricados internamente e os materiais recebidos pelo almoxarifado que foram comprados ou cortados de empresas terceirizadas. No setor existe a área de montagem de viga, onde se encontra o gabarito para montar e soldar as vigas.

Após a montagem e soldagem das vigas, as vigas são encaminhadas para o segundo processo, onde são encaixadas no gabarito para montagem de outros materiais para união delas, já que são encaixadas paralelamente, nesse gabarito a montagem é feita é invertida, como mostra a Figura 19.

Figura 19 – Vigas no gabarito



Fonte: Do autor (2024)

Após o encaixe das vigas, conferindo as medidas, é iniciado o processo de montagem de peças que possuem uma vantagem em serem colocadas nessa posição, sendo de travessas internas, mesa da quinta roda, eixo direcional e suporte de suspensão como mostra o processo produtivo na Figura 20.

Figura 20 – Início de montagem da base de semirreboque



Fonte: Do autor (2024)

O gabarito de montagem de base de semirreboque é invertido por diversas razões práticas relacionadas ao processo de fabricação e montagem. Como é possível descrever algumas dessas razões. etapas:

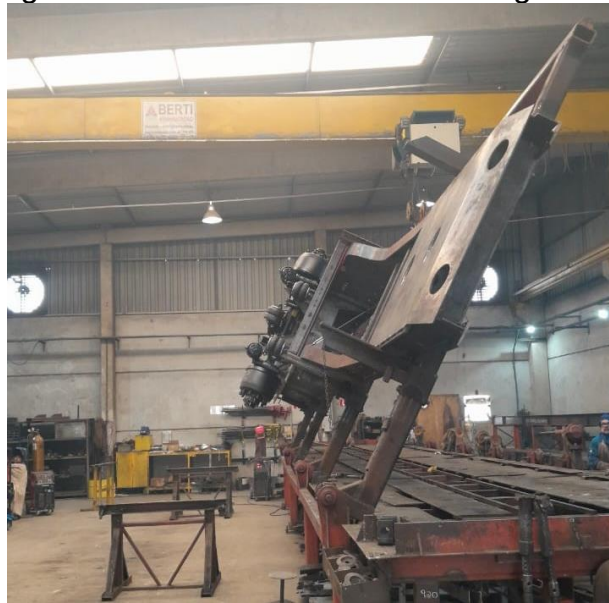
- a. Facilidade de Montagem: Se o gabarito está posicionado invertido, facilita a montagem das peças da base do semirreboque. Isso pode permitir uma melhor acessibilidade aos pontos de montagem e ajustes necessários durante o processo de fabricação.
- b. Precisão e Estabilidade: Pode garantir uma maior estabilidade e precisão durante a montagem. Isso é de extrema importância para assegurar que todos os componentes estejam alinhados corretamente.
- c. Segurança e Ergonomia: Dependendo do design e do método de trabalho, essa configuração pode ser mais segura e ergonômica para

os trabalhadores, reduzindo a necessidade de movimentos desconfortáveis ou perigosos.

Dessa forma são montadas as travessas internas, travessas passantes, mesa da quinta roda e reforços necessários para uma melhor resistência e qualidade do produto.

Após essa etapa, finalizado o processo de montagem no gabarito, é virado em uma área específica como mostra a Figura 21 e 22.

Figura 21 – Processo de retirada do gabarito



Fonte: Do autor (2024)

Após ser retirado do gabarito, permanece sobre cavaletes como mostra na Figura 22.

Figura 22 - Base montada sendo retirada do gabarito



Fonte: Do autor (2024)

Nessa etapa são realizados os processos de montagem de travessas passantes, saias laterais, fechamento frontal, fechamento traseiro entre outros componentes. Dependendo do produto, possuindo peças específicas, sendo instaladas também nessa etapa.

Paralelamente também são montados alguns itens, como para-choque, painéis em caso de produtos lonados, carros deslizantes, também conhecido como *dolly*, utilizados em unidades dianteiras de bitrens e batentes.

4.3 TERCEIRIZANDO SERVIÇO DE CORTE

Para iniciar a decisão estratégica de *make or buy* e otimizar os processos de produção da empresa, foi realizada uma análise para avaliar novos fornecedores.

Inicialmente foi realizado o estudo para identificação e avaliação dos gargalos operacionais. A análise inicial focou na identificação dos gargalos nos processos de produção, especificamente nos sistemas de corte existentes.

Foi identificado com a aplicação do Ciclo PDCA, que os dois dispositivos existentes hoje de corte plasma estava gerando um atraso devido à incapacidade de

lidar com o aumento da demanda e a ineficiência de um dos dispositivos no corte de chapas com maiores espessuras, gerando assim o aumento da demanda no outro equipamento. Isso impactava negativamente o processo subsequente de dobra e a eficiência geral do setor de bases.

Uma das formas mais confiáveis de identificar a ineficiência do setor, é a alta necessidade de horas extras, claramente um resultado de que o setor está sobrecarregado e não está conseguindo entregar a sua demanda conforme Tabela 1 abaixo, mostrando os números de horas extras do setor do plasma.

Tabela 1 – Horas extras setor do plasma Joinville Implementos

Horas Extras Setor do Plasma												
	out/23	nov/23	dez/23	jan/24	fev/24	mar/24	abr/24	mai/24	jun/24	jul/24	ago/24	set/24
Funcionário 1	9:31	19:41	33:06	21:36	30:06	48:40	36:43	36:00	19:02	83:27	48:16	52:00
Funcionário 2	16:21	16:29	45:38	25:41	42:00	44:46	38:08	32:11	51:58	9:12	-	-
Funcionário 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11:00	28:40	45:23
Total Mês	25:52	36:10	78:44	47:17	72:06	93:26	74:51	68:11	71:00	103:39	76:56	97:23

Fonte: Do autor (2024)

Após essa constatação, foi realizada uma pesquisa em conjunto com uma avaliação de alternativas de corte para que fosse possível enfrentar o problema de capacidade de produção. Foram exploradas alternativas para melhorar o processo de corte, inicialmente considerou-se a aquisição de um sistema de corte a laser com uma mesa de 6 metros para cortar almas que compõem a viga. No entanto, a pesquisa revelou que mesas de corte com essas dimensões são raras na região, sendo a maior parte disponível apenas com o máximo de 3 metros.

Diante da limitação de equipamentos de corte a laser, foi buscado uma outra alternativa, a possibilidade de cortar peças menores em fornecedores terceirizados e ajustar as dimensões das peças para que pudessem ser processadas pelos lasers disponíveis na região.

Foi então, iniciada a busca por equipamentos de plasma de alta definição, capazes de cortar chapas de maior comprimento com alta qualidade, para atender melhor às necessidades de produção e reduzir os gargalos existentes.

Após esse processo, foi analisado os custos e levantado a viabilidade econômica com uma análise dos custos associados às opções de terceirização e melhorias internas.

A análise incluiu os custos diretos de contratação de fornecedores, bem como custos indiretos relacionados à coordenação, controle de conferência e transporte. Foi também realizada uma comparação com investimentos internos, comparando-se os custos de terceirização com os investimentos necessários para aprimorar os processos internos, para determinar a solução mais econômica e vantajosa a longo prazo.

Foi realizada também uma avaliação e alinhamento com fornecedores, pois quando a tomada de decisão é pela terceirização, precisam ser considerados alguns aspectos como alinhamento e comunicação, pois a necessidade de uma comunicação clara e o alinhamento de expectativas e responsabilidades com os fornecedores são fundamentais para garantir o sucesso da terceirização. E a importância em estabelecer parcerias estratégicas com fornecedores é sempre visto como uma forma de implementar soluções mais eficazes, reduzir os gargalos e aumentar a produtividade de forma geral.

4.4 APROVEITAMENTO DE SETUP

Para otimizar o processo de fabricação e reduzir a frequência de trocas rápidas de ferramenta (TRF), foi adotada uma metodologia que explora a padronização de pontos de dobra e desenhos compartilhados entre os produtos.

Inicialmente, são identificados e analisados todos os produtos que serão fabricados no mês, desde que tenham sido projetados e aprovados pela engenharia.

A identificação dos produtos envolve a revisão dos arquivos gerados pelo software Solid Edge, são reunidos e consolidados em uma planilha detalhada. Esta planilha inclui a avaliação de peças específicas, como a cinta frontal inferior do implemento, que pode apresentar diferentes espessuras (10 mm, 12 mm e 16 mm).

A planilha consolidada organiza os materiais de maneira minuciosa, separando-os por Número de Série (NS), tipo de implemento e espessura. Essas informações são repassadas aos dois setores envolvidos, de corte e o de dobra.

O corte é realizado com base na quantidade necessária, considerando o estoque disponível e agrupando os materiais em lotes para processamento.

No processo de corte e dobra a peça identificada na análise deve ser cortada no setor de base, onde se encontra o estoque de cintas. Após o corte, as cintas são enviadas para o setor de dobra. O processo é coordenado de acordo com uma

planilha, garantindo que as peças estejam organizadas e prontas para a etapa de dobra, a organização desse processo visa minimizar a necessidade de trocas diárias de ferramenta, uma vez que, anteriormente, o material precisava ser dobrado diariamente, mesmo para produtos com características idênticas como mostra na Figura 23.

Figura 23 – Foto do processo de dobra



Fonte: Do autor (2024)

Esta metodologia reduz a necessidade de *setups* diários ao consolidar e organizar a produção em lotes, o que resulta em maior eficiência operacional, redução de tempo e economia de recursos.

4.5 GABARITO DE PRÉ-MONTAGEM DE VIGA

Foi constatado através do ciclo PDCA a ineficiência no processo de produção de vigas impacta diretamente o desempenho diário do setor, sendo a primeira fase de montagem no setor. O processo de fabricação consiste em duas fases principais: a montagem inicial, na qual as peças que compõem a viga são ponteadas, e a soldagem subsequente realizada por um robô. Atualmente, existe apenas uma mesa de

gabarito, que é compartilhada para ambos os processos, o que resulta em tempo de espera e atraso na produção.

A análise inicial envolveu a avaliação do fluxo de trabalho existente e a identificação dos pontos críticos que contribuem para a ineficiência. Foram realizados levantamentos e observações do processo de montagem e soldagem para entender o impacto de espera na produção e nas entregas do setor.

Com base na análise realizada, foi proposta a criação de um segundo gabarito para pré-montagem das vigas. Este novo gabarito será utilizado exclusivamente para a montagem das peças, enquanto o gabarito atual será dedicado exclusivamente ao processo de soldagem com o robô. A introdução dessa segunda mesa visa reduzir o tempo de espera e aumentar o tempo ativo dedicado à produção de vigas.

A proposta de implementação do segundo gabarito foi submetida para aprovação e, uma vez autorizada, a instalação e integração da nova estrutura foi iniciada.

A nova configuração foi projetada para otimizar o fluxo de trabalho e minimizar os tempos ociosos entre as fases de montagem e soldagem. Conforme a Figura 24, mostra componentes iniciais para o novo gabarito.

Figura 24 – Partes para o gabarito

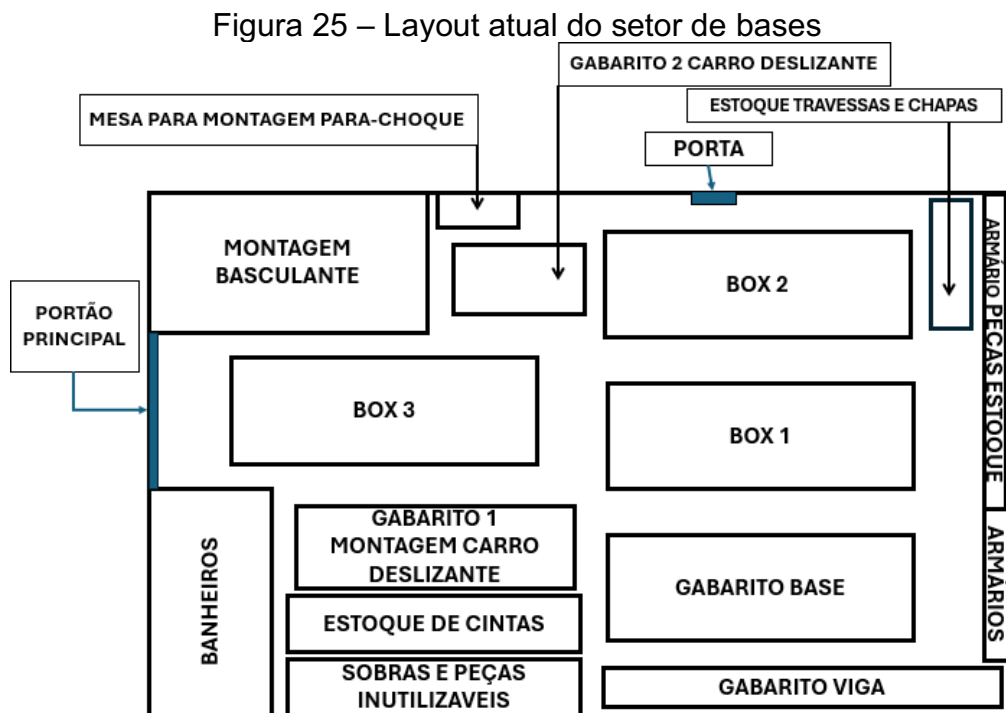


Fonte: Do autor (2024)

4.6 MAPEAMENTO DE FLUXO NO SETOR DA BASE

Para otimizar o uso das áreas no setor de Bases da empresa e melhorar a eficiência do fluxo de trabalho, foi adotada a metodologia de mapeamento de fluxo de valor.

Iniciou-se o processo realizando o MFV do setor, como mostra na Figura 25.



Fonte: Do autor (2024)

Após realizado a alteração do novo layout, revelou-se que o armazenamento de peças nas prateleiras incluía itens inativos ou sobras e também foram identificadas algumas áreas do almoxarifado no setor, como:

- Peças para instalação mecânica como suportes de botijão de gás, pinos-rei e flanges;
- Materiais de uso e consumo como arames de solda;
- Estoque de cintas e gabaritos;
- Espaço para montagem, área reservada especificamente designada para a montagem do basculante da linha sobre-chassi.

Após essa identificação, foi dada continuidade para identificar os problemas e as possíveis áreas de melhoria, durante a análise, observou-se que a maioria das entregas no setor ocorria pela porta principal, o que bloqueava a saída de produtos e itens. A entrega de materiais, provenientes do setor de corte e dobra e do almoxarifado, era realizada deixando os itens na porta, o que obrigava a remoção de um funcionário para operar a ponte rolante e movimentar os materiais. Esse processo gerava um fluxo de trabalho ineficiente e impactava negativamente a produtividade.

Com base nos princípios da manufatura enxuta, foi realizada uma limpeza e reorganização do setor para melhorar o aproveitamento do espaço interno e reduzir a desordem. Esta abordagem visou remover itens inativos e sobras, foi realizada a eliminação de peças e materiais que não estavam em uso. E também a reorganização de armazenamento, onde foram organizados os itens de forma prática para otimizar o acesso e o uso dos materiais como se observa na Figura 26.

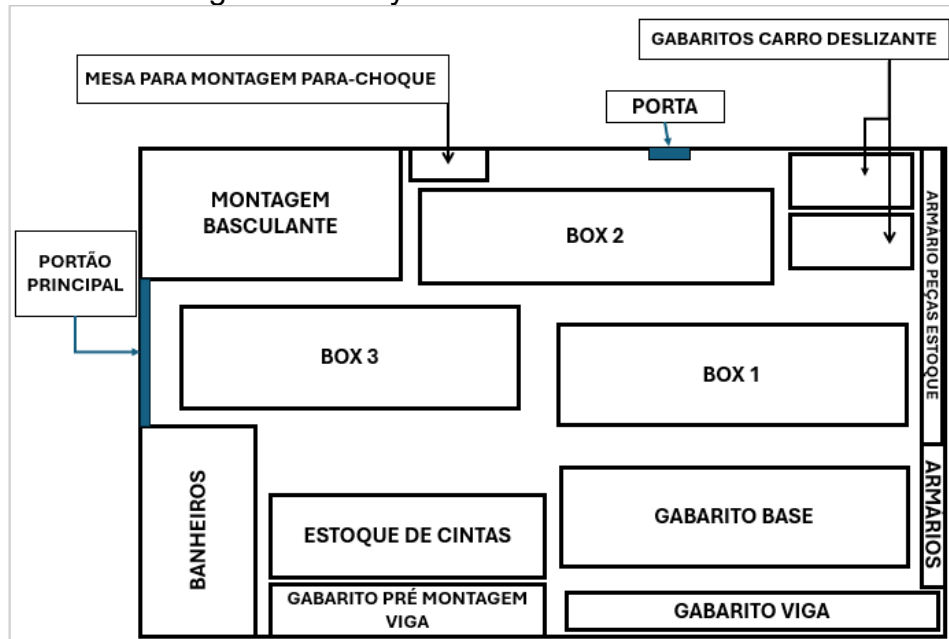
Figura 26 - Material descartado do setor



Fonte: Do autor (2024)

E por fim, realizou-se uma atualização do layout, como mostra a Figura 27.

Figura 27 – Layout atual do setor de bases



Fonte: Do autor (2024)

Visando resolver os problemas identificados e otimizar o fluxo de trabalho, o layout do setor foi atualizado.

Com a nova configuração do layout, foi realizada a definição de horários específicos para a entrada de materiais no setor, foi estabelecida uma área específica para a entrega de materiais, evitando bloqueios na porta principal e permitindo um fluxo de trabalho mais eficiente.

5 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Após a análise do estudo de caso na empresa, algumas mudanças foram implementadas nos setores para alcançar resultados mais favoráveis. As alterações foram as seguintes:

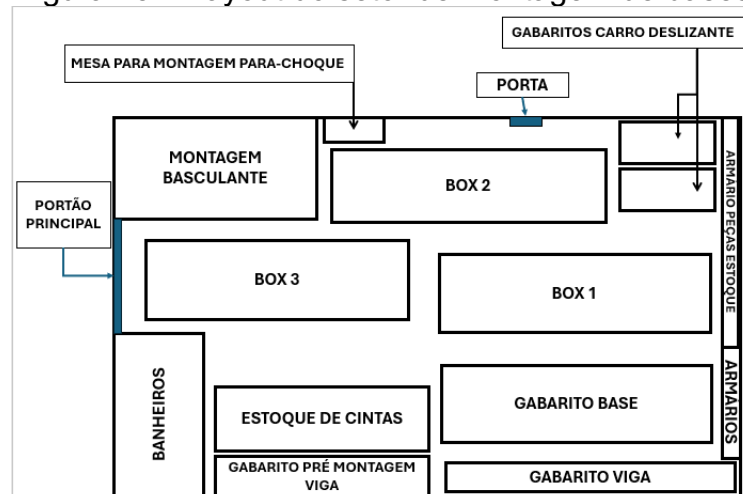
- Criação de um novo layout da base;
- Aplicação do conceito *make or buy*;
- Novo gabarito para montagem de viga;
- Setup para máquina de dobra.

5.1 CRIAÇÃO DE UM NOVO LAYOUT DA BASE

Devido à necessidade apontada no estudo de caso, foi feito o levantamento do que um novo layout traria de benefícios para o setor. Foi uma mudança fácil, realizada, com baixos custos envolvidos, mas que torna o caminho realizado pelo *setup* de fabricação do implemento mais dinâmico e organizado para as etapas seguintes.

Conforme layout da Figura 28, foram feitas as mudanças nas posições dos gabaritos dos carros deslizantes mesas, alterando o local destinado ao box 2, foram retiradas as sobras e peças inutilizadas trazendo o setor para uma linha de produção mais eficaz e organizada.

Figura 28 – Layout do setor de montagem de bases



Fonte: Do autor (2024)

Embora não tenha havido uma grande mudança imediata de produtividade, após essa alteração, observou-se uma constância na produção e gradativo aumento na produtividade nos meses seguintes. A Tabela 2 abaixo confirma os dados relativos ao aumento da produtividade do setor de bases após a introdução do novo layout, a partir de julho de 2024. Pela Tabela 2, pode-se notar o aumento de produtividade e por conseguinte, do número de itens produzidos, a partir de agosto de 2023. Com significativo aumento no ano de 2024.

Tabela 2 – Produção de bases 2023 e 2024

2023	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Produção setor de Bases	16	27	27	27	33	32	29	34	36

2024	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Produção setor de Bases	31	38	41	40	44	46	48	48	48

Fonte: Do autor (2024)

Embora não tenha sido o objetivo geral, antes da mudança do layout, foram aplicados alguns princípios para auxiliar nesse projeto. A equipe se uniu para organizar o setor, com o intuito de limpar a fábrica e implementar as mudanças necessárias. Os funcionários foram conscientizados sobre a importância de participar ativamente dos cuidados diários, garantindo a manutenção da organização no setor e contribuindo para a melhoria contínua da produção. Graças a essa organização, foi possível criar um novo gabarito.

Para alcançar melhorias futuras e resultados mais significativos, há a possibilidade de criar novos gabaritos e explorar ideias disponíveis. Essa proposta foi levada à direção e está em avaliação, mas a implementação ainda depende da análise dos custos associados a essa mudança.

5.2 APLICAÇÃO DO CONCEITO MAKE OR BUY

Devido à alta demanda e ao processo de corte, que se tornou um gargalo diário na fábrica por ser o primeiro passo na fabricação de qualquer implemento, tornou-se imprescindível buscar alternativas para otimizar esse processo. Após diversas avaliações descritas no estudo de caso, decidiu-se pela implementação do processo *make or buy*.

Iniciou-se o processo de levantamento de orçamentos para algumas peças, comparando a fabricação interna com o corte terceirizado. A Tabela 3 apresenta os valores de três fornecedores que fornecem a peça pronta para a empresa, incluindo todos os custos de matéria-prima e corte.

Tabela 3 – Custo fabricação externa vs. interna

Fornecedor	Código	Custo Total Peça	Valor Fabricação Interna	Diferença
Fornecedor X	Peça 1	R\$ 371,62	R\$ 188,60	R\$ 183,02
Fornecedor X	Peça 2	R\$ 418,24	R\$ 555,34	-R\$ 137,10
Fornecedor X	Peça 3	R\$ 524,63	R\$ 440,91	R\$ 83,72
Fornecedor X	Peça 4	R\$ 619,21	R\$ 525,62	R\$ 93,59
Fornecedor X	Peça 5	R\$ 237,08	R\$ 185,36	R\$ 51,72
Fornecedor X	Peça 6	R\$ 498,41	R\$ 380,65	R\$ 117,76
Fornecedor Y	Peça 1	R\$ 311,85	R\$ 188,60	R\$ 123,25
Fornecedor Y	Peça 2	R\$ 361,03	R\$ 555,34	-R\$ 194,31
Fornecedor Y	Peça 3	R\$ 442,89	R\$ 440,91	R\$ 1,98
Fornecedor Y	Peça 4	R\$ 533,61	R\$ 525,62	R\$ 7,99
Fornecedor Y	Peça 5	R\$ 199,24	R\$ 185,36	R\$ 13,88
Fornecedor Y	Peça 6	R\$ 430,37	R\$ 380,65	R\$ 49,72
Fornecedor Z	Peça 1	R\$ 510,71	R\$ 188,60	R\$ 322,11
Fornecedor Z	Peça 2	R\$ 613,50	R\$ 555,34	R\$ 58,16
Fornecedor Z	Peça 3	R\$ 732,02	R\$ 440,91	R\$ 291,11
Fornecedor Z	Peça 4	R\$ 861,90	R\$ 525,62	R\$ 336,28
Fornecedor Z	Peça 5	R\$ 397,48	R\$ 185,36	R\$ 212,12
Fornecedor Z	Peça 6	R\$ 704,48	R\$ 380,65	R\$ 323,83

Fonte: Do autor (2024)

Ao analisar essas informações com o Fornecedor X, verificou-se que apenas uma peça, a peça 2 ficou mais barata com o corte terceirizado.

Com o Fornecedor Y, aconteceu a mesma questão, apenas a peça 2 ficou mais barata.

E com o Fornecedor Z, nenhuma peça ficou mais barata com o corte terceirizado.

Considerando os 3 fornecedores analisados, foi realizada a média aritmética individual com base no valor das 6 peças, para que fosse obtido o resultado entre as peças analisadas, conforme Tabela 4 seguinte:

Tabela 4 – Média entre fornecedores X, Y e Z

	Soma Custo Terceirizado 6 peças	Soma Custo Fabricação Interna 6 peças	Diferença Total Entre Opções	Média Dividida Em Cada Peça
Fornecedor X	R\$ 2.669,19	R\$ 2.276,48	R\$ 392,71	R\$ 65,45
Fornecedor Y	R\$ 2.278,98	R\$ 2.276,48	R\$ 2,50	R\$ 0,42
Fornecedor Z	R\$ 3.820,09	R\$ 2.276,48	R\$ 1.543,61	R\$ 257,27

Fonte: Do autor (2024)

Analisando as informações da tabela acima, na primeira coluna é o resultado para os custos de forma terceirizada, segunda coluna os custos padrões para fabricação interna, na terceira coluna é a diferença entre os dois valores, e na quarta coluna temos a diferença que é a média de custo de cada peça ao realizar o corte de forma terceirizada. Nesse caso, o Fornecedor Y possui o valor muito mais atrativo, sendo apenas R\$ 0,42 mais caro por peça para o corte terceirizado.

Nessa outra análise, foi feito um levantamento com dois fornecedores de corte terceirizado que oferecem apenas o serviço de corte. Neste modelo, a matéria-prima é coletada na empresa, levada ao fornecedor para o corte e, em seguida, devolvida. A Tabela 5 abaixo apresenta a análise de quatro peças nesse formato.

Tabela 5 - Custo fabricação externa vs. interna

Fornecedor	Código	Custo de Corte	Custo Material	Custo total com Corte	Valor Fabricação Interna	Diferença
Fornecedor A	Peça 1	R\$ 56,70	R\$ 127,16	R\$ 183,86	R\$ 188,60	-R\$ 4,74
Fornecedor A	Peça 4	R\$ 93,59	R\$ 88,32	R\$ 181,91	R\$ 525,62	-R\$ 343,71
Fornecedor A	Peça 5	R\$ 51,49	R\$ 134,76	R\$ 186,25	R\$ 185,36	R\$ 0,89
Fornecedor A	Peça 6	R\$ 79,31	R\$ 70,61	R\$ 149,92	R\$ 380,65	-R\$ 230,73
Fornecedor B	Peça 1	R\$ 34,26	R\$ 127,16	R\$ 161,42	R\$ 188,60	-R\$ 27,18
Fornecedor B	Peça 4	R\$ 74,81	R\$ 88,32	R\$ 163,13	R\$ 525,62	-R\$ 362,49
Fornecedor B	Peça 5	R\$ 16,54	R\$ 134,76	R\$ 151,29	R\$ 185,36	-R\$ 34,07
Fornecedor B	Peça 6	R\$ 58,27	R\$ 70,61	R\$ 128,89	R\$ 380,65	-R\$ 251,76

Fonte: Do autor (2024)

Com esses dados, constatou-se que o Fornecedor A teve apenas uma peça que ficou mais cara, a peça 5 ao optar pelo corte terceirizado, mas a diferença foi de apenas de R\$ 0,89. Com o Fornecedor B, todas as peças apresentaram um custo menor com o corte terceirizado.

Considerando os 2 fornecedores analisados, também foi realizada a média com base no valor das 4 peças, para que fosse obtido o resultado entre as peças analisadas, conforme Tabela 6 a seguir:

Tabela 6 - Média entre fornecedores A e B

	Soma Custo Terceirizado 4 peças	Soma Custo Fabricação Interna 4 peças	Diferença Total Entre Opções	Média Dividida Em Cada Peça
Fornecedor A	R\$ 701,94	R\$ 1.280,23	-R\$ 578,29	-R\$ 144,57
Fornecedor B	R\$ 604,73	R\$ 1.280,23	-R\$ 675,50	-R\$ 168,87

Fonte: Do autor (2024)

Analisando as informações da tabela acima, na primeira coluna é apresentado o resultado para os custos de forma terceirizada, na segunda coluna os custos padrões para fabricação interna, na terceira coluna é a diferença entre os dois valores, e na quarta coluna, o resultado obtido com a média de custo de cada peça ao realizar o corte de forma terceirizada. Nesse caso, o Fornecedor A possui o valor mais atrativo, tendo um custo menor para a empresa realizando o corte de forma terceirizada e com a média de R\$ 144,57 por peça mais barata do que mantendo a fabricação interna dessas peças.

Após as análises dos dois tipos de corte e fornecedores, foi implementado o serviço de corte terceirizado na empresa. Nos últimos meses, os gastos com serviços externos passaram de R\$ 60 mil, abrangendo diversas espessuras, como 3 mm, 4,75 mm, 6,30 mm, 8 mm, 12 mm e 16 mm. No total, foram cortadas aproximadamente 64 toneladas de chapas apenas neste período de 2024.

A análise foi iniciada com os dados entre outubro de 2023 e fevereiro de 2024. Durante esses meses, não foram realizados cortes terceirizados; todos os produtos foram cortados e fabricados internamente, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 – Produtos cortados internamente vs. produtos entregues

	out/23	nov/23	dez/23	jan/24	fev/24
Nº de produtos cortados plasma	32	44	38	32	41
Produtos entregues	57	60	53	62	58

Fonte: Do autor (2024)

Após a implementação do processo *make or buy*, foram analisados os dados entre março de 2024 e setembro de 2024, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Produtos cortados internamente e externamente vs. produtos entregues

	mar/24	abr/24	mai/24	jun/24	jul/24	ago/24	set/24
Nº de produtos cortados plasma	40	44	49	50	61	54	65
Produtos entregues	59	71	78	65	77	78	83

Fonte: Do autor (2024)

Com os dados obtidos, foi possível avaliar que, com a implementação desse processo, houve um aumento significativo, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Comparação de média com aplicação de corte externo

	Sem Make or Buy	Média Mensal
Nº de produtos cortados no plasma	187	37,40
Produtos entregues	290	58

	Com Make or Buy	Média Mensal
Nº de produtos cortados no plasma	363	51,86
Produtos entregues	511	73

Fonte: Do autor (2024)

Utilizando a média mensal dos meses analisados, é possível observar um aumento de produtividade de 14,46 nos produtos cortados, enquanto o número de produtos entregues teve um incremento de 15 unidades por mês.

Foi realizado um levantamento da quantidade de quilos de chapa enviadas para corte terceirizado e recebidas entre os meses de março a setembro, totalizando aproximadamente 64 toneladas, com uma média mensal de 9.138 quilos, conforme apresentado na Tabela 10 abaixo.

Tabela 10 – Quantidade de material (t) enviada mês para corte externo

Mês	Peso (t)
Março	4000
Abril	5350
Maio	7102
Junho	7500
Julho	14958
Agosto	14557
Setembro	10500

Fonte: Do autor (2024)

Foi criado também um levantamento de informações em relação a compra terceirizada de vigas estruturais. Nesse orçamento, foram consideradas duas opções de valores: uma que inclui a compra completa da viga, com material e mão de obra, e a outra que abrange apenas a mão de obra para a fabricação da viga, com a matéria-prima fornecida pela empresa.

Na Tabela 11 abaixo foi feito um comparativo entre esses dois orçamentos e também o custo para a fabricação interna.

Tabela 11 – Análise de serviços para montagem de vigas

Custo Viga (Longarina)		Mão de Obra	Material	Total
Custo Interno	Material e Mão de Obra			R\$ 2.928,03
Custo Terceirizado	Mão de Obra (Material Fornecido pela Empresa)	R\$ 4.500,00	R\$ 1.875,88	R\$ 6.375,88
Custo Terceirizado	Material e Mão de Obra			R\$ 15.000,00

Fonte: Do autor (2024)

Com esses dados, foi constatado que a melhor opção para a empresa, levando em conta o frete e a logística necessária para peças com mais de 10 metros de comprimento, é continuar com a fabricação interna desse item. Em razão dos altos custos da fabricação externa, decidiu-se focar na melhoria do setor interno, optando pela fabricação de um segundo gabarito para aumentar a produtividade na área de fabricação de vigas.

5.3 NOVO GABARITO PARA MONTAGEM DE VIGA

Após a atualização do *layout* da base, foi criado espaço físico interno para a implementação de um novo gabarito para a montagem de vigas. Com a fabricação desse novo gabarito, houve a possibilidade de um ganho significativo na produção.

A montagem, sendo o primeiro processo executado pelo setor, gera um tempo de espera, movimentação e retrabalho consideráveis, devido à existência de apenas uma mesa.

Nesse mesmo gabarito é realizado a montagem das vigas e também são feitas as soldas. Devido ao fato da mesa ser compartilhada, é necessário realizar o processo de uma viga por vez, então é iniciado e finalizado a montagem de uma viga, passando para o processo da solda, após concluído esse processo, a viga pronta é levada para um outro local e somente após essas etapas finalizados é que possível iniciar uma nova montagem de viga para um outro implemento, deixando dois setores intercalando trabalho para a sua próxima função.

A montagem da mesa ainda está em fase de fabricação, como mostra na Figura 29.

Figura 29 – Produção gabarito montagem de vigas



Fonte: Do autor (2024)

A imagem acima apresenta o gabarito em processo de montagem, já na posição correta.

O estoque de cintas para a montagem fica ao lado, com entrega apenas das cintas que necessitam de dobra e do material que requer corte no plasma, que é fornecido pela logística em um suporte.

Foi feito um levantamento com o fluxo de corte, montagem e solda atual, utilizando apenas o gabarito disponível na base hoje. Com essa base, foi utilizado os números desses processos realizados em 4 produtos diferentes conforme Tabela 12.

Tabela 12 - Fluxo de corte, montagem e solda atual

Cliente A	VIGAS	TEMPO DE TRANSPORTE E CORTE DE CINTAS (min)	TEMPO DE MONTAGEM (min)	TEMPO DE SOLDA (min)	TEMPO TOTAL (min)
Produto 1	VIGA LADO ESQUERDO	45	54	94	193
	VIGA LADO DIREITO	43	68	67	178
				TOTAL	371
Cliente A	VIGAS	TEMPO DE TRANSPORTE E CORTE DE CINTAS (min)	TEMPO DE MONTAGEM (min)	TEMPO DE SOLDA (min)	TEMPO TOTAL (min)
Produto 2	VIGA LADO ESQUERDO	49	40	80	169
	VIGA LADO DIREITO	36	57	81	174
				TOTAL	343
Cliente B	VIGAS	TEMPO DE TRANSPORTE E CORTE DE CINTAS (min)	TEMPO DE MONTAGEM (min)	TEMPO DE SOLDA (min)	TEMPO TOTAL (min)
Produto 1	VIGA LADO ESQUERDO	28	76	78	182
	VIGA LADO DIREITO	30	75	89	194
				TOTAL	376
Cliente B	VIGAS	TEMPO DE TRANSPORTE E CORTE DE CINTAS (min)	TEMPO DE MONTAGEM (min)	TEMPO DE SOLDA (min)	TEMPO TOTAL (min)
Produto 2	VIGA LADO ESQUERDO	22	76	107	205
	VIGA LADO DIREITO	31	50	72	153
				TOTAL	358

Fonte: Do autor (2024)

Separou-se apenas com o tempo de corte, montagem e tempo de solda, para que pudesse ser realizado o estudo de forma estimada para a disponibilidade de tempo com os dois gabaritos sendo utilizados ao mesmo tempo, um para o serviço de corte e montagem e o outro de forma exclusiva para a solda, conforme demonstrativo na Tabela 13 e 14 sucessivamente.

Tabela 13 – Tempo de corte e montagem

Cliente A Produto 1	VIGAS	TEMPO DE TRANSPORTE E CORTE DE CINTAS (min)	TEMPO DE MONTAGEM (min)
	VIGA LADO ESQUERDO	45	54
VIGA LADO DIREITO	43	68	
TOTAL		210	

Cliente A Produto 2	VIGAS	TEMPO DE TRANSPORTE E CORTE DE CINTAS (min)	TEMPO DE MONTAGEM (min)
	VIGA LADO ESQUERDO	49	40
VIGA LADO DIREITO	36	57	
TOTAL		182	

Cliente B Produto 1	VIGAS	TEMPO DE TRANSPORTE E CORTE DE CINTAS (min)	TEMPO DE MONTAGEM (min)
	VIGA LADO ESQUERDO	28	76
VIGA LADO DIREITO	30	75	
TOTAL		209	

Cliente B Produto 2	VIGAS	TEMPO DE TRANSPORTE E CORTE DE CINTAS (min)	TEMPO DE MONTAGEM (min)
	VIGA LADO ESQUERDO	22	76
VIGA LADO DIREITO	31	50	
TOTAL		179	

Fonte: Do autor (2024)

Tabela 14 – Tempo de solda

Cliente A Produto 1	VIGAS	TEMPO DE SOLDA (min)
	VIGA LADO ESQUERDO	94
VIGA LADO DIREITO	67	
TOTAL		161

Cliente A Produto 2	VIGAS	TEMPO DE SOLDA (min)
	VIGA LADO ESQUERDO	80
VIGA LADO DIREITO	81	
TOTAL		161

Cliente B Produto 1	VIGAS	TEMPO DE SOLDA (min)
	VIGA LADO ESQUERDO	78
VIGA LADO DIREITO	89	
TOTAL		167

Cliente B Produto 2	VIGAS	TEMPO DE SOLDA (min)
	VIGA LADO ESQUERDO	107
VIGA LADO DIREITO	72	
TOTAL		179

Fonte: Do autor (2024)

Devido ao gabarito não estar finalizado, não foi possível, no momento, apresentar dados concretos sobre o ganho de produção que essa alteração trará para a empresa. No entanto, foi possível elaborar uma projeção estimada.

Com esses dados conseguiu-se agrupar os seguintes resultados referentes ao cenário atual e às projeções realizadas, de acordo com a Tabela 15 abaixo:

Tabela 15 – Resultados produção de entrega de viga

	Tempo total 4 produtos (min)	Média Par de viga (min)	Média por viga (min)	2 Turnos (min)	Média de entrega diária de viga
Cenário atual	1448	362	181	1056	5,834
Projeção Corte e montagem	780	195	97,5	1056	10,831
Projeção Solda	668	167	83,5	1056	12,647

Fonte: Do autor (2024)

Nesta tabela, pode-se analisar os números referentes ao cenário atual e as projeções realizadas. De acordo com a média de produção atual, é possível finalizar 5 vigas por dia em um sistema de 2 turnos. Ao considerar as projeções de corte, montagem e soldagem, trabalhando simultaneamente em dois gabaritos, esse número pode aumentar para 10 vigas cortadas e montadas, além de até 12 vigas soldadas em um dia de 2 turnos. Isso representa um aumento de 85,65% quando se utiliza apenas o cenário de corte.

5.4 SETUP PARA MÁQUINA DE DOBRA

Como descrito no estudo de caso sobre o aproveitamento de *setup*, a empresa não possuía um controle adequado das peças iguais que passariam pelo setor de corte e dobra ao longo do mês. Essa situação tornou a necessidade de um molde para a dobra exata do produto uma limitação recorrente, resultando em atrasos nas etapas seguintes.

Foram criados dois controles mensais com os projetos liberados pela engenharia para os modelos rebaixados e retos, mapeando as peças com as mesmas dimensões de corte e dobra. Isso permitirá que o processo seja realizado em lote, conforme mostrado nas Tabelas 16 e 17 abaixo:

Tabela 16 – Lista de cintas para diminuição de setup modelo reto

APROVEITAMENTO NO CORTE E DOBRA - MODELO RETO					
NS	TIPO	ESPESSURA	CÓDIGO LD	CÓDIGO LE	MEDIDA
7494	FURGÃO	16mm	01.02.11501	01.02.11500	3743mm
7496	FURGÃO	16mm	01.02.11501	01.02.11500	3743mm
7493	FURGÃO	16mm	01.02.11519	01.02.11520	4355mm
7495	FURGÃO	16mm	01.02.11519	01.02.11520	4355mm
7579	LONADO	16mm	01.02.15424	01.02.15425	4665mm
7587	LONADO	16mm	01.02.15424	01.02.15425	4665mm
7556	FURGÃO	10mm	01.02.16249	01.02.16247	3972mm
7519	FURGÃO	10mm	01.02.16249	01.02.16247	3972mm
7518	FURGÃO	12mm	01.02.08069	01.02.08127	4335mm
7555	FURGÃO	12mm	01.02.08069	01.02.08127	4335mm

Fonte: Do autor (2024)

Tabela 17 - Lista de cintas para diminuição de setup modelo rebaixado

APROVEITAMENTO NO CORTE E DOBRA - MODELO REBAIXADO							
NS	TIPO	ESPESSURA	SUPERIOR	MEDIDA	ESPESSURA	INFERIOR	MEDIDA
7354	DIANTEIRO REBX	10mm	01.02.08340	4010mm	12mm	01.02.11814	3962mm
7574	DIANTEIRO REBX	10mm	01.02.08340	4010mm	12mm	01.02.11814	3962mm
7356	DIANTEIRO REBX	10mm	01.02.08340	4010mm	12mm	01.02.11814	3962mm
7096	DIANTEIRO REBX	10mm	01.02.08340	4010mm	12mm	01.02.11814	3962mm
7355	TRASEIRO REBX	10mm	01.02.12107	3260mm	12mm	01.02.11848	3075mm
7355	TRASEIRO REBX	10mm	01.02.12107	3260mm	12mm	01.02.11848	3075mm
7095	TRASEIRO REBX	10mm	01.02.12107	3260mm	12mm	01.02.11848	3075mm

Fonte: Do autor (2024)

Como mostram os dados acima, foi possível reduzir de 17 *setups* diferentes para apenas 7 *setups*.

Foi implementado um controle interno para registrar o tempo necessário para a dobra de uma peça, possibilitando a comparação do tempo economizado com a realização dos aproveitamentos de *setup*. Essa abordagem permitirá avaliar de forma mais precisa os ganhos em eficiência.

Com a troca de *setup* a cada peça, o tempo médio para realizar a dobra é de 50 minutos. Ao dobrar 4 peças utilizando o mesmo *setup*, o tempo total é de 100 minutos. Dessa forma, há um ganho de 25 minutos por peça ao aproveitar o mesmo *setup* para várias peças de uma vez.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados foi conduzida utilizando a metodologia descritiva e quantitativa, aplicada a um estudo de caso. Para a coleta e organização dos dados, foi empregado o Excel, ferramenta que permitiu a introdução e a avaliação detalhada das informações.

A partir da avaliação de determinadas peças sob o conceito *make or buy* (produzir ou comprar), observou-se que os custos internos e externos estavam próximos, desconsiderando o custo adicional do frete. Diante disso, optou-se por manter o corte externo para algumas peças, levando em conta fatores como a qualidade superior do corte a laser e o aumento da produtividade proporcionado por esse processo externo. Após a implementação do processo de *make or buy* no setor, foi possível observar um aumento de 25,86%, resultante em uma média de 15 produtos cortados a mais por mês, em comparação com o período anterior, sem a terceirização.

No que se refere ao Modelo de Fluxo de Valor (MFV), observou-se que, embora as alterações realizadas na base de operações não tenham gerado um aumento imediato na produtividade, elas resultaram em uma maior constância nas entregas. Para se alcançar um ganho efetivo na produção, será necessário realizar investimentos adicionais, com foco na otimização dos processos e na infraestrutura necessária para suportar um aumento significativo da produção.

Quanto à implementação de um gabarito para a pré-montagem de vigas, foi realizada uma análise por meio de cronoanálise para identificar a capacidade de produção adicional. O estudo revelou que, com a adoção dessa ferramenta, conforme projeção realizada será possível aumentar a produção de vigas montadas e soldadas em 85,65%, o que proporcionará um incremento significativo na disponibilidade de chassis para os processos subsequentes. Esse aumento na eficiência resultará em uma melhoria na gestão do tempo e no fluxo de produção.

Além disso, ao avaliar o aproveitamento de *setups* na linha de produção, foi identificado que em determinados meses seria possível reduzir até 10 *setups*, maximizando a produção sem comprometer a eficiência. No entanto, essa redução deve ser cuidadosamente planejada para garantir que a otimização não impacte negativamente outras linhas de produção, assegurando a continuidade e o equilíbrio

em toda a cadeia produtiva. Essa iniciativa resultou em uma redução de 58,82% nos *setups*, o que, por sua vez, gerou um ganho de 20 a 30 minutos por cada troca de ferramenta. O estudo foi baseado nos projetos liberados para produção, nos quais foram aplicados códigos de produção padronizados, facilitando a organização e a agilidade nas trocas de ferramentas e nas operações subsequentes.

O crescimento e os resultados finais no ganho de produção do setor de base podem ser analisados com os dados dos meses de abril, maio e junho, foram fabricados 125 implementos. Já nos meses subsequentes (julho, agosto e setembro), foi mantida uma média de 48 implementos por mês, totalizando 144 unidades no trimestre. Esse desempenho resultou em um aumento de 15,2% na produção total de implementos entregues, refletindo as melhorias implementadas na base.

Como resultado geral das modificações implementadas nos setores da empresa, foi possível observar que, entre os meses de julho, agosto e setembro, houve um aumento de 19 implementos entregues em comparação com os três meses anteriores. Trazendo um crescimento total de 20,8% no número de implementos entregues na empresa.

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como proposta a implementação dos conceitos de manufatura enxuta e Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) em uma empresa fabricante de implementos rodoviários. O objetivo principal foi analisar a aplicação do conceito *make or buy*, estudar o aumento da produtividade na fabricação de cintas e avaliar a diminuição de *setups*. Além disso, foi proposta a criação de uma linha de pré-montagem para a produção de vigas, e o MFV foi analisado de forma simplificada no setor de montagem de bases, com o intuito de estabelecer uma base temporal para permitir uma projeção mais precisa das melhorias a serem implementadas no futuro.

Nesse contexto, foi avaliado o conceito *make or buy* para uma operação identificada como gargalo: o processo de corte a plasma. A análise envolveu uma comparação entre os custos de fabricação interna e os custos externos para esse processo. O estudo buscou identificar o impacto de terceirizar o corte de materiais, considerando os potenciais benefícios em termos de ganho de produtividade e redução de custos. Os resultados indicaram que, ao cortar o material externamente, a empresa obteve um aumento significativo na produção, com uma média de 15 produtos cortados a mais em comparação aos meses em que o serviço externo não foi utilizado, resultando em um aumento de 25,86%.

No que diz respeito à análise do MFV simplificado no setor de montagem de bases, observou-se que, apesar da atualização do *layout* não ter gerado um impacto imediato em termos de aumento da produção, a reorganização contribuiu para uma melhor organização e funcionalidade dentro do setor. Como resultado, a produção se manteve constante, com um número igual de entregas ao longo de três meses consecutivos, e o setor foi preparado para um melhor rendimento no futuro, com base na estrutura reorganizada.

Após as modificações implementadas, observou-se um aumento significativo na produtividade das entregas realizadas pela empresa. Entre os meses de julho, agosto e setembro, foram entregues 19 implementos a mais em comparação com os três meses anteriores, resultando em um aumento de 20,8% no total de implementos entregues no trimestre, trazendo a melhora no *lead time* de entrega para os clientes.

Em resumo, a base registrou um crescimento de 15,2% na produção, um resultado que reflete tanto o alcance dos objetivos estabelecidos neste trabalho

quanto os investimentos realizados pela empresa, com o objetivo de impulsionar o setor e, conseqüentemente, melhorar as entregas finais.

Para trabalhos futuros, é possível expandir o estudo, explorando a implementação de um novo *layout* que adote um fluxo de produção mais eficiente, possivelmente utilizando um sistema em linha. Além disso, a padronização de peças e processos poderia resultar em melhores índices de rendimento e redução de desperdícios, promovendo uma maior eficiência operacional. E conforme projeção realizada após a implementação da nova mesa de montagem, será possível ter um aumento de até 85,65% na montagem de vigas.

REFERÊNCIAS

Administração da Produção. ed. Compacta São Paulo. Atlas. 2006.

AMARO, G.; HENDRY, L.; KINGSMAN, B. Competitive advantage customization and a new taxonomy for non-make-to-stock companies. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 19, n. 4, 1999.

ANFIR. **Anuário da Indústria de Implementos Rodoviários**. São Paulo: Anfir, 2023.

ANFIR. **Anuário da Indústria de Implementos Rodoviários**. São Paulo: Anfir, 2024.

BERTRAND, J.W.M; MUNTSLAG, D.R. Production control in engineer-to-order firms. **International Journal of Production Economics**, n. 30, 1993.

BOER, E.C. **A Redução dos Estoques em Processos que Utilizam as Técnicas Kanban, just-in-time e MRP** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas IMECC, Campinas, 1999.

BREITENBACH, Fernanda Aline. **Aplicação dos conceitos da manufatura enxuta e do mapeamento do fluxo de valor em uma empresa fabricante de implementos rodoviários de engenharia sob encomenda**. 2013. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

CAMPOS, V.F. **TQC: Controle da Qualidade Total (no Estilo Japonês)**. 2a. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992. (Rio de Janeiro; Bloch Ed.)

CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Administração da produção para vantagem competitiva**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CHOO, C. W. **A Organização do Conhecimento**. São Paulo: SENAC, 2003.

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito – Resolução no 210 da lei 9.503. Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitam por vias terrestres. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/resolucoes.htm>>. Acesso em: 17 de ago. 2024.

DRUCKER, P.F. **Management and the world's work**. Harvard Business Review: 1988. v. 66, n.5, p.75-76.

FAGUNDES, P. R. M; FOGLIATTO, F. S. **Metodologia para Troca Rápida de Ferramentas Parte I: Proposta Metodológica**. ENEGEP, Curitiba, PR, Brasil, 23 a 25 de Outubro de 2002. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2002_tr14_1285.pdf Acesso em: 18 jul. 2024.

GHINATO, P. **Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção. Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Editora UFPE, Recife, 2000.

GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-in Time**. 1995. 5 v. Tese - Curso de Engenharia de Produção, Ppgep/ufrgs, São Paulo, 1995.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **Manual da Teoria das Restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2003.

GOLDENSTEIN, Marcelo; ALVES, Marcelo de Figueiredo; AZEVEDO, Rodrigo Luiz Sias de. **A Indústria de Implementos Rodoviários e sua Importância para o Aumento da Eficiência do Transporte de Cargas no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 24, p. 241-260, set. 2006. Disponível em: BNDES. Acesso em: 03 de jul. 2024.

GOLDRATT, Eliyahu. **A corrida pela vantagem competitiva**. São Paulo: IMAM, 1991.

HALLGREN, M.; OLHAGER, J. Differentiating manufacturing focus. **International Journal of Production Research**, v. 44, n 18-19, 2006.

HICKS, C.; BRAIDEN, P.M. Computer-aided production management issue in the engineer-to-order production of complex capital goods explored using a simulation approach. **International Journal of Production Research**. v. 38 n. 18, 2000.

WASAKI. **A importância do transporte rodoviário para o Brasil**. WASAKI, 2023. Disponível em: <https://wasaki.com.br/a-importancia-do-transporte-rodoviario-para-o-brasil/>. Acesso em: 16 nov. 2024.

JOINVILLE. **Site da empresa**. Disponível em: <http://www.joinvilleimplementos.com.br/>. Acesso em: 10 de jun. 2024.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHOTRA, M. K. **Operations management: Process and Value Chains**. 8. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2007.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **STP ou Toyota Way?** Lean Institute Brasil, 2016. Disponível em: <https://www.lean.org.br/artigos/445/stp-ou-toyota-way.aspx>. Acesso em: 01 set. 2024.

LIKER, Jeffrey K.; MEIER, David. **O modelo Toyota: manual de aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LORINI, F, J. **Aplicação da Tecnologia de Grupo na Organização de Ambientes de Manufatura**, Dissertação de Mestrado, Santa Catarina, Florianópolis, 1991. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/157678/84770.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 ago. 2024.

LUSTOSA, L. et al. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro - RJ: Elsevier, v.1, 2008.

MARTINS, Iara Terezinha. **Implantação do Planejamento e Controle da Produção em Ambiente JIT: Caso Bombas Vanbro LTDA.** Trabalho de conclusão de curso de Bacharel em Administração de Empresas: São Leopoldo - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2002.

MARTINS, G. M.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção.** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MOEN, Ron; NORMAN, Cliff. **Evolution of the PDSA Cycle.** Disponível em <http://deming.ces.clemson.edu/PDF>. Acesso em 20 de set. de 2024.

MOURA, R. A. **Kanban: a simplicidade do Controle da Produção.** São Paulo: IMAM, 2003.

MOURA, R. A. **Kanban: a simplicidade do controle de produção.** 4ª ed. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materias, IMAM, 1996.

MOURA, R. A.; UMEDA, A. **Administração da Produção: Sistema Kanban de manufatura Just-in-Time: uma introdução às técnicas de manufaturas japonesas.** São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazéns de Materiais, 1984.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997. 150 p.

PAIVA, E. L.; CARVALHO JR J. M. de; FENSTERSEIFER, J. E. **Estratégia de produção e de operações: conceitos, melhores práticas, visão de futuro.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

PEREDA, Willian. **Sistema de produção puxado: aplicação em itens de fixação em empresa de grande porte.** 2021. – Universidade de Araraquara.

PIRES, S. **Gestão da cadeia de suprimentos e modelos de consórcio modular.** Revista de Administração, v. 33, n.3, 1998.

POJASEK, Robert B. Mapping information flow the production process. **Environmental Quality Manager.** South Carolina, vol.13, n.3; p.89, mar.-mai, 2004.

Pozo, Hamilton. **Teoria Das Restrições: O Sucesso Através De Redução Do Tempo Set Up Em Uma Pequena Indústria De Manufatura.** Santos/SP: Universidade Católica de Santos, 2007.

QUINQUIOLO, J. M. **Avaliação da Eficácia de um Sistema de Gerenciamento para Melhorias Implantado na Área de Carroceria de uma Linha de Produção Automotiva.** Taubaté/SP: Universidade de Taubaté, 2002.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.** Tradução de José Roberto Ferro e Telma Rodriguez. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção - do Ponto de vista da Engenharia de Produção** – 2ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996. p. 291.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. ed. Compacta São Paulo. Atlas. 2006.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed, São Paulo: Atlas, 2002.

SPEARMAN, M. L.; WOODRUFF, D. L.; HOPP, W. J. Conwip: A pull alternative to Kanban. **International Journal of Production Research**, v. 15, n. 6, 1990.

HENDRY, L.; KINGSMAN, B.G. A review of production planning and control: the applicability of key concepts to the make-to-order industry. **International Journal of Production Research**, v. 43 n. 5, 2005.

TACHIZAWA, T; SACAICO, O. **Organização Flexível: qualidade na gestão por processos**. São Paulo: Atlas, 1997.

TUBINO, D. F.; ANDRADE, G. J. P. **A implantação de sistemas puxados de programação da produção em ambientes de demandas instáveis**. In. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Ouro Preto, MG. Ouro Preto: ABEPRO, p. 1-9, 2000.

TURATTO, Rafael Ramão Teixeira. **Implantação de sistema kanban para sincronização da produção num ambiente de planejamento mrp no setor de implementos rodoviários de uma metalúrgica**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso - MBA em Gestão da Produção e Logística, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2011.

VAN BERKEL, O. V. **Production Planning and Control method in an engineer-to-order environment: case study at Bosch Resxroth**. 2010. 80 f. Dissertação (Master Supply Chain Management) Tilburg University, Master Supply Chain Management, Tilburg, 2010.

VAN HOEK, R.I. Postponed manufacturing: a case study in the food supply chain. **Supply Chain Management**, v. 2, n. 2, 1997.

VENKATESAN, Ravi. **Strategic sourcing: to make or not to make**. Harvard Business Review, nov. 1992. Disponível em: <https://hbr.org/1992/11/strategic-sourcing-to-make-or-not-to-make>. Acesso em: 16 ago. 2024.

VIEIRA, Geraldo Filho. **Gestão da qualidade total: uma abordagem prática**. 2. ed. Campinas SP: Alínea, 2007

VOLLMANN, Thomas E. et al. **Sistemas de planejamento & controle da produção para o gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

WOMACK, J. P. **Value Stream Mapping – Manufacturing Engineering**. Dearborn, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 5. ed. Rio de Janeiro: YEN; SHEU, 2004).