

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL
Campus Ibirubá**

STÉFANY BESKOW

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
Otimização da produção da Linha Adubo: Implementação de uma produção
puxada para a redução de desperdícios**

**Ibirubá
2024**

STÉFANY BESKOW

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Otimização da produção da Linha Adubo: Implementação de uma produção puxada para a redução de desperdícios

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Ibirubá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Gestão e monitoramento de processos industriais.

Orientador: Prof. Dr. Eng. Adão Felipe Oliveira Skonieski

Ibirubá

2024

Otimização da produção da Linha Adubo: Implementação de uma produção puxada para a redução de desperdícios.

Stéfany Beskow

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Ibirubá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Ibirubá, 09 de Janeiro de 2025.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Adão Felipe Oliveira Skonieski
IFRS Campus Ibirubá

Prof. Me. Émerson dos Santos Passari
IFRS Campus Ibirubá

Prof. Me. Flávio Roberto Andara
IFRS Campus Ibirubá

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha família, por todo apoio, paciência e incentivo ao longo desta jornada. Sem o amor e a motivação de vocês, esta conquista não seria possível.

Aos meus colegas de trabalho e à empresa onde desenvolvi este projeto, sou profundamente grata pela confiança, colaboração e por terem contribuído com conhecimentos práticos e experiências valiosas que enriqueceram o trabalho de conclusão de curso.

Agradeço também ao meu orientador, Adão Felipe Oliveira Skonieski por sua dedicação, paciência e orientações fundamentais para a realização deste trabalho. Minha gratidão se estende aos professores do Instituto Federal Campus Ibirubá, que ao longo do curso compartilharam conhecimentos essenciais e inspiraram meu crescimento acadêmico e profissional.

A todos que, de alguma forma, participaram dessa caminhada, meu sincero agradecimento.

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso analisa a implementação de um sistema de produção puxada em uma empresa do setor agrícola, com ênfase na linha de adubo. Apesar da utilização de robôs de solda que possibilitam uma produção em larga escala, a empresa enfrentava problemas como superprodução, ineficiência na gestão de estoques e tempos de espera prolongados. Para abordar esses desafios, foram adotadas metodologias como A3, 5S, *Kanban*, *Ishikawa* e VSM, que resultaram em avanços consideráveis. O lead time foi reduzido em 45,5%, enquanto o estoque passou de 900 linhas de adubo para 440 peças. A análise ergonômica revelou uma diminuição do risco de 32 para 2, indicando melhorias nas condições de trabalho do operador. Esses resultados demonstram que a implementação do sistema de produção puxada não apenas aperfeiçoa os processos produtivos, mas também eleva a segurança e a eficiência operacional, consolidando a competitividade da empresa no mercado agrícola.

Palavras chave: Produção puxada, gestão de estoques, *Kanban*, inventário, robô de solda.

ABSTRACT

This thesis analyzes the implementation of a pull production system in an agricultural sector company, with a focus on the fertilizer line. Despite the use of welding robots that enable large-scale production, the company faced issues such as overproduction, inefficiency in inventory management, and prolonged lead times. To address these challenges, methodologies such as A3, 5S, Kanban, Ishikawa, and VSM were adopted, leading to significant improvements. Lead time was reduced by 45,5%, and inventory decreased from 900 fertilizer units to 440 pieces. Ergonomic analysis revealed a reduction in risk from 32 to 2, indicating improved working conditions for operators. These results demonstrate that the implementation of the pull production system not only optimizes production processes but also enhances safety and operational efficiency, strengthening the company's competitiveness in the agricultural market.

Key words: Pull production, stock management, Kanban, inventory, welding robot

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

STP	Sistema Toyota de Produção
JIT	<i>Just in Time</i>
PCP	Planejamento e Controle da Produção
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Layout	30
Figura 2: Layout com excesso	30
Figura 3: Demonstração de falta de posições	31
Figura 4: Planejamento da produção	32
Figura 5: Pagamento de Kanban logístico	33
Figura 6: Diagrama Ishikawa	36
Figura 7: Diagrama Swimlane	40
Figura 8: A3	42
Figura 9: Tela inicial App Kanban	43
Figura 10: Lançamento no App	44
Figura 11: Gráfico de controle	44
Figura 12: Embalagem padrão e Prateleiras	45
Figura 13: Layout Novo	46
Figura 14: Embalagem da linha de adubo mais suporte	48
Figura 15: Matriz Ergonomica	51
Figura 16: Antes o estoque	53
Figura 17: Depois do estoque	54

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Takt time.....	20
Equação 2: Takt time linha de adubo	38
Equação 3: Estoque solda	38
Equação 4: Estoque excesso.....	38
Equação 5: Estoque carga.....	38
Equação 6:Estoque descarga	38
Equação 7: Somatório lead time	40
Equação 8: Conversão para horas	38
Equação 9: Conversão para dias	38
Equação 10: Novo estoque solda.....	39
Equação 11: Novo estoque carga	39
Equação 12: Novo estoque descarga	39
Equação 13: Somatório lead time novo.....	40
Equação 14: Conversão para horas	40
Equação 15: Conversão para dias	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	12
1.1.1	Objetivos específicos	12
2	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
2.1	O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO E O <i>LEAN MANUFACTURING</i>	14
2.2	DESPERDÍCIOS PELO STP E <i>LEAN MANUFACTURING</i>	15
2.2.1	Superprodução	15
2.2.2	Espera.....	15
2.2.3	Transporte	15
2.2.4	Excesso de Processamento	16
2.2.5	Estoques	16
2.2.6	Movimento	16
2.2.7	Defeitos	16
2.3	FERRAMENTAS DA QUALIDADE UTILIZADAS NO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO E SISTEMA <i>LEAN MANUFACTURING</i>	17
2.3.1	Metodologia 5S	17
2.3.1.1	Seiri (Utilização)	17
2.3.1.2	Seiton (Organização).....	17
2.3.1.3	Seiso (Limpeza)	18
2.3.1.4	Seiketsu (Padronização)	18
2.3.1.5	Shitsuke (Disciplina).....	18
2.3.2	<i>Kanban</i>	18
2.3.2.1	Sistema puxado	18
2.3.2.2	Redução de desperdícios	19
2.3.2.3	Flexibilidade e transparência	19
2.3.2.4	Regras do Kanban	19
2.3.3	<i>Ishikawa</i>	19
2.3.4	<i>Swinlane</i>	19

2.3.5 VSM.....	20
2.3.6 <i>Go&See (Genchi Genbutsu)</i>	20
2.3.7 A3.....	20
2.3.8 Brainstorming.....	21
2.4 <i>KAIZEN/ MELHORIA CONTÍNUA</i>	21
2.5 LAYOUT	21
2.6 PCP.....	22
2.7 SEGURANÇA E ERGONOMIA	22
3 METODOLOGIA	24
3.1 DEFINIÇÕES DE METAS	24
3.2 IMPLEMENTAÇÃO DE PRODUÇÃO PUXADA	24
3.3 ESTRATÉGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO	25
3.4 TREINAMENTOS E CAPACITAÇÃO DA EQUIPE.....	26
3.5 MONITORAMENTO	27
4 AVALIAÇÃO DE RESULTADOS	28
4.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO.....	28
4.2 AVALIAÇÃO DE LAYOUT	29
4.3 AVALIAÇÃO DE PRODUÇÃO (PCP).....	31
4.4 AVALIAÇÃO DO KANBAN LOGÍSTICO.....	33
4.5 DESENVOLVIMENTO DE MELHORIAS	34
4.5.1 SELEÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE	35
4.5.1.1 DIAGRAMA <i>ISHIKAWA</i>	35
4.5.1.2 VSM.....	37
4.5.1.3 <i>SWIMLANE</i>	40
4.5.1.4 A3.....	41
4.5.1.5 KANBAN.....	43
4.6 DIMENSIONAMENTO KANBAN LOGÍSTICO	45
4.7 RECONFIGURAÇÃO DO LAYOUT E ROTAS	46
4.8 DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS	48
4.9 RESULTADOS.....	Erro! Indicador não definido.

4.10	SEGURANÇA	49
4.11	ERGONOMIA	50
4.12	INVENTÁRIO	52
4.13	ESTOQUE	52
4.14	5S	55
4.15	LEAD TIME	55
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
6	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

A indústria agrícola tem se tornado cada vez mais competitiva, impulsionada pela crescente demanda por produtos eficientes e sustentáveis. Em uma empresa desse setor, a utilização de robô de solda para a produção de itens, como a linha de adubo, tem permitido a fabricação em altas quantidades. No entanto, essa alta capacidade produtiva também gerou uma série de desafios operacionais, incluindo desperdícios significativos relacionados à superprodução, gestão de estoques, movimentação excessiva e tempos de espera.

Esses desperdícios não apenas comprometem a eficiência produtiva, mas também elevam os custos operacionais e reduzem a capacidade da empresa de atender às demandas do mercado de maneira ágil. Diante desse cenário, o presente trabalho de conclusão de curso propõe a implementação de um sistema de produção puxada para um robô de solda, que produz o item linha de adubo, com o objetivo de minimizar esses desperdícios e melhorar o fluxo de trabalho do robô de solda, pintura e *picking* para a montagem.

1.1 OBJETIVOS

A adoção de um sistema de produção puxada pode permitir que a empresa responda de forma mais eficiente às necessidades do mercado, alinhando a produção à demanda real dos clientes. Além disso, o trabalho em si teve como finalidade a busca pela otimização dos processos da produção da linha de adubo, reduzindo estoques e melhorando a utilização dos recursos disponíveis da empresa. Ao longo deste trabalho, foram exploradas as metodologias necessárias para a implementação desse sistema, posteriormente sua implementação e resultados.

O objetivo deste projeto de conclusão de curso foi implementar um sistema de produção puxada para a linha de adubo em uma empresa do ramo agrícola, visando otimizar o fluxo entre as etapas de solda robô, pintura e *picking* para a montagem. A meta do projeto foi reduzir *lead time*, melhorar o fluxo entre setores, minimizar desperdícios, aprimorar a eficiência e a qualidade do processo produtivo.

1.1.1 Objetivos específicos

- Reduzir o lead time;

- Minimizar desperdícios nas etapas de solda, pintura e *picking* para a montagem;
- Garantir maior flexibilidade no fluxo de trabalho, permitindo a adaptação rápida às variações de demanda.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO E O *LEAN MANUFACTURING*

O Sistema Toyota de Produção (STP), desenvolvido no Japão após a Segunda Guerra Mundial, transformou a indústria ao propor um modelo inovador baseado na eliminação de desperdícios e na busca contínua pela eficiência. Segundo Shingo (1996), o STP fundamenta-se em dois pilares principais: o *Just-in-Time* (JIT), que garante que cada processo receba exatamente o que precisa, no momento certo, e o *Jidoka*, que atribui autonomia às máquinas para parar em caso de anomalias, promovendo a qualidade integrada ao processo.

Esse sistema surgiu como uma alternativa ao modelo tradicional de produção em massa, que priorizava a maximização da quantidade produzida, frequentemente gerando estoques em excesso e custos elevados. Para Shingo (1996), a filosofia do STP é ao contrário dessa lógica, ao alinhar a produção diretamente com a demanda real, possibilitando a redução de estoques intermediários e aumentando a flexibilidade operacional.

No contexto do *Lean Manufacturing*, o STP é considerado seu precursor, com ambos compartilhando o objetivo de eliminar atividades que não agregam valor ao produto ou ao cliente final (WOMACK; JONES, 1992). O *Lean*, no entanto, amplia o escopo do STP ao integrar toda a cadeia de valor, desde os fornecedores até a entrega ao cliente, buscando o aperfeiçoamento contínuo dos processos.

Para Womack e Jones (1992), o sucesso do *Lean Manufacturing* está na sua capacidade de enxergar os fluxos de valor dentro das organizações e implementar práticas que promovam a eficiência sem comprometer a qualidade. Esse sistema é sustentado por uma cultura organizacional que valoriza a melhoria contínua, o envolvimento dos colaboradores e a flexibilidade para responder rapidamente às mudanças do mercado.

A relação entre o STP e o *Lean* pode ser sintetizada na ideia de que ambos compartilham os mesmos objetivos estratégicos: reduzir custos, melhorar a qualidade e atender às expectativas dos clientes com maior eficiência. Para isso, a utilização de sistemas visuais, como o *Kanban*, e práticas de organização do trabalho, como o 5S, são essenciais para o sucesso desses sistemas (ROTHER; SHOOK, 2003).

2.2 DESPERDÍCIOS PELO STP E *LEAN MANUFACTURING*

Segundo Taiichi Ohno os sete desperdícios identificados por no Sistema Toyota de Produção (STP) são um dos pilares fundamentais para melhorar a eficiência na produção. O objetivo do STP e do *Lean Manufacturing* é eliminar esses desperdícios para otimizar os processos produtivos e aumentar a produtividade, garantindo o uso eficiente dos recursos. A seguir, são detalhados os sete desperdícios, com base no STP e no *Lean Manufacturing*:

2.2.1 Superprodução

A superprodução ocorre quando a produção é realizada em excesso, além da demanda real do cliente. Esse desperdício é uma das maiores fontes de ineficiência, pois resulta em estoques desnecessários, custos elevados e problemas de armazenamento. No STP, a solução para a superprodução é o uso do conceito *Just-in-Time* (JIT), que busca produzir somente o que é necessário, quando necessário (OHNO, 1997).

2.2.2 Espera

O desperdício de espera acontece quando há interrupções no fluxo de trabalho, como materiais que não chegam a tempo ou máquinas que ficam ociosas esperando por peças ou operadores. No STP, este desperdício é combatido através do controle rigoroso do tempo de ciclo e da sincronização entre as etapas de produção. Rother (2011) destaca a importância de criar um fluxo contínuo e sem interrupções, minimizando as pausas e tempos de espera entre os processos.

2.2.3 Transporte

O transporte desnecessário de materiais ou produtos entre os pontos de produção também é considerado desperdício. Além de consumir tempo e energia, o transporte excessivo aumenta o risco de danos e deterioração. O STP propõe o conceito de "layout celular" para minimizar o transporte entre as estações de trabalho e tornar o fluxo mais direto e eficiente (OHNO, 1997). Imai (1986) enfatiza a necessidade de observar os fluxos no *gemba* (local de trabalho) para identificar e eliminar esse desperdício.

2.2.4 Excesso de Processamento

O excesso de processamento ocorre quando etapas desnecessárias são realizadas no processo de produção, muitas vezes devido a falhas de planejamento ou à busca por um nível de qualidade superior ao que é realmente necessário. Shingo (1989) propõe a utilização de ferramentas como o *poka-yoke*, que visa garantir a qualidade no processo sem necessidade de etapas adicionais de verificação ou inspeção, eliminando o desperdício de esforço e tempo.

2.2.5 Estoques

Os estoques excessivos são considerados um desperdício, pois representam capital parado e ocupam espaço que poderia ser utilizado de forma mais eficiente. A prática do *Just-in-Time* (JIT) busca reduzir os estoques ao mínimo necessário, permitindo que os materiais cheguem apenas quando forem necessários para a produção, sem excessos (OHNO, 1997). Rother (2011) observa que a eliminação de estoques permite uma produção mais ágil e adaptável às mudanças de demanda.

2.2.6 Movimento

O desperdício de movimento refere-se a qualquer movimento desnecessário realizado pelos trabalhadores, como caminhar longas distâncias ou realizar gestos repetitivos sem valor agregado. No STP, esse desperdício é minimizado por meio de um layout eficiente, onde as ferramentas e materiais estão sempre ao alcance do trabalhador, e por meio de treinamentos que visam reduzir movimentos desnecessários (OHNO, 1997).

2.2.7 Defeitos

O desperdício de defeitos refere-se a qualquer falha ou erro no processo de produção que exija retrabalho, descarte ou ajustes, resultando em perda de tempo e recursos. Para eliminar esse desperdício, o STP utiliza ferramentas como o *poka-yoke* e o conceito de qualidade na fonte, que envolve a identificação e correção de erros no momento em que ocorrem (SHINGO, 1989).

2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE UTILIZADAS NO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO E SISTEMA LEAN MANUFACTURING

O Sistema Toyota de Produção (STP) e o Lean Manufacturing utilizam diversas ferramentas e metodologias para alcançar eficiência e melhoria contínua. Essas abordagens auxiliam na identificação de desperdícios, na solução de problemas e no aprimoramento dos processos produtivos, criando um ambiente voltado à excelência operacional (OHNO, 1997; SHINGO, 1996)

2.3.1 Metodologia 5S

A metodologia 5S é uma prática estruturada que visa transformar o ambiente de trabalho em um espaço organizado, limpo e funcional. Seus cinco pilares – *Seiri* (utilização), *Seiton* (organização), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (padronização) e *Shitsuke* (disciplina) – promovem uma cultura de melhoria contínua que é essencial para sustentar os princípios do STP e Lean Manufacturing (IMAI, 2014).

2.3.1.1 Seiri (Utilização)

Refere-se à separação e remoção de itens desnecessários do ambiente de trabalho, criando espaço e facilitando o fluxo de atividades. Segundo Imai (2014), esse passo inicial reduz distrações, economiza tempo e melhora a segurança.

2.3.1.2 Seiton (Organização)

Trata da organização dos itens necessários, assegurando que estejam acessíveis de forma lógica e eficiente. Para Imai (2014), o *Seiton* diminui tempos de busca e aumenta a produtividade.

2.3.1.3 Seiso (Limpeza)

Foca na manutenção e limpeza constante do ambiente, eliminando sujeiras que podem gerar ineficiências ou riscos. Imai (2014) enfatiza que o *Seiso* não se limita à limpeza física, mas também aborda o hábito de identificar problemas durante o processo.

2.3.1.4 Seiketsu (Padronização)

O *Seiketsu* evidencia práticas consistentes para manter a organização e limpeza. Padronizações visuais, como etiquetas e marcadores, são comuns nesse estágio (IMAI, 2014).

2.3.1.5 Shitsuke (Disciplina)

O último pilar se refere à criação de uma cultura disciplinada e comprometida com a manutenção das práticas 5S. Segundo Imai (2014), a adesão ao *Shitsuke* assegura a sustentabilidade das melhorias ao longo do tempo.

2.3.2 *Kanban*

O *Kanban*, desenvolvido dentro do STP, é um sistema visual de controle que regula a produção e o fluxo de materiais com base na demanda real. A palavra japonesa *kanban* significa "cartão" ou "sinal", e a metodologia utiliza cartões físicos ou digitais para indicar quando uma nova produção ou movimentação deve ocorrer (OHNO, 1997). Os principais benefícios do *Kanban* a seguir:

2.3.2.1 Sistema puxado

Diferentemente do sistema empurrado, onde a produção é baseada em previsões, o *Kanban* implementa um sistema puxado, no qual os materiais e produtos são movimentados somente quando há necessidade. Segundo Ohno (1997), isso elimina excessos de estoque e sincroniza o fluxo entre os processos.

2.3.2.2 Redução de desperdícios

O *Kanban* ajuda a evitar superprodução, um dos maiores desperdícios segundo os princípios do *Lean Manufacturing*. Ele também diminui tempos de espera, já que cada operação é acionada no momento certo (OHNO, 1997).

2.3.2.3 Flexibilidade e transparência

O sistema permite ajustes rápidos à variação da demanda e facilita a visualização do status de produção. Ohno (1997) afirma que o *Kanban* é essencial para identificar gargalos e promover a melhoria contínua nos processos.

2.3.2.4 Regras do Kanban

Shingo (1996) explica que o sucesso do *Kanban* depende de regras claras, como a produção em lotes pequenos, a limitação de itens em processo e a responsabilidade de cada colaborador em cumprir as diretrizes do sistema.

2.3.3 Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa, ou diagrama de causa e efeito, é amplamente utilizado para identificar as causas raízes de problemas. Shingo (1996) aponta que essa ferramenta ajuda a categorizar fatores como máquina, método, material, mão de obra, entre outros, facilitando a análise detalhada e estruturada de falhas. O uso do Ishikawa é essencial em iniciativas de melhoria contínua, pois promove a solução de problemas de forma sistemática, resultando em ações corretivas eficazes.

2.3.4 Swimlane

O *Swimlane* é um diagrama que organiza processos de forma visual, utilizando faixas horizontais ou verticais para separar responsabilidades e etapas. Segundo Ortiz (2010), essa ferramenta é importante para identificar gargalos e redundâncias em fluxos de trabalho que

envolvem múltiplas equipes. Ao detalhar claramente quem faz o quê, o Swimlane melhora a comunicação, facilita a alocação de recursos e agiliza processos de decisão.

2.3.5 VSM

O VSM (*Value Stream Mapping*) é uma ferramenta para mapear e analisar os fluxos de materiais e informações em um processo produtivo, identificando atividades que agregam ou não valor. Rother e Shook (2003) explicam que o VSM permite visualizar o estado atual de um processo, destacando gargalos e desperdícios, além de projetar um estado futuro mais eficiente. Essa abordagem é essencial para planejar mudanças estratégicas e alinhar o fluxo de produção às necessidades do cliente. Segundo Rother e Shook (2003) *Takt Time* é o intervalo de tempo necessário para produzir uma peça ou produto, de forma sincronizada com o ritmo das vendas, garantindo o atendimento da demanda do cliente conforme a Equação 1 apresentada abaixo:

$$Takt\ Time = \frac{\text{tempo de trabalho disponível}}{\text{demanda do cliente}} \quad \text{Equação 1}$$

2.3.6 Go&See (*Genchi Genbutsu*)

O conceito de *Go & See*, ou "vá e veja", enfatiza a importância de observar diretamente o local onde o trabalho acontece (*gemba*) para compreender a realidade dos processos. Ohno (1997) afirma que visitar o *gemba* é essencial para coletar dados reais, identificar problemas *in loco* e propor soluções práticas e eficazes. Essa metodologia promove a tomada de decisões baseadas em fatos e não em suposições.

2.3.7 A3

O relatório A3 é uma ferramenta de gestão visual que sintetiza problemas, análises e planos de ação em um único documento. Ortiz (2010) destaca que o formato A3 incentiva a comunicação clara, promove a colaboração entre equipes e organiza os dados de forma lógica e acessível. Ele é amplamente usado em projetos de melhoria contínua para estruturar e acompanhar ações corretivas e preventivas.

2.3.8 Brainstorming

O *brainstorming* é uma metodologia para geração coletiva de ideias, promovendo a criatividade e a troca de perspectivas. Imai (2014) aponta que essa prática é especialmente útil em eventos *kaizen*, permitindo que equipes identifiquem soluções inovadoras para problemas e desafios. Ao criar um ambiente colaborativo, o *brainstorming* potencializa a participação ativa dos colaboradores e gera momentos valiosos para a melhoria dos processos.

2.4 KAIZEN/MELHORIA CONTÍNUA

O conceito de *kaizen*, que traduzido do japonês significa "mudança para melhor" ou "melhoria contínua", é um dos principais pilares do Sistema Toyota de Produção (STP) e do *Lean Manufacturing*. A filosofia do *kaizen* promove a ideia de que melhorias graduais e contínuas devem ser implementadas nos processos produtivos, com a participação ativa de todos os colaboradores da organização. O objetivo é otimizar os recursos, reduzir desperdícios e aumentar a eficiência de forma constante. Segundo Ohno (1997) e Imai (1986), a implementação do *kaizen* é fundamental para alcançar a excelência operacional, tornando-se parte integrante da cultura organizacional.

Taiichi Ohno, o criador do Sistema Toyota de Produção, foi uma das principais figuras responsáveis por introduzir e popularizar o conceito de *kaizen* no contexto industrial. Para Ohno (1997), a melhoria contínua não se limita a uma estratégia técnica, mas é uma filosofia que permite que todos os aspectos da produção, envolvendo todos os colaboradores da organização. Ele enfatiza que pequenas melhorias contínuas, feitas de forma colaborativa e constante, podem levar a grandes resultados ao longo do tempo. A filosofia de *kaizen* no STP é aplicada por meio de processos graduais, como eventos de melhoria rápida, mas também por meio de um processo contínuo que exige a revisão constante dos processos, a eliminação de desperdícios e a implementação de mudanças incrementais para otimizar a produção (OHNO, 1997).

2.5 LAYOUT

O layout de uma planta industrial é fundamental para otimizar o fluxo de materiais e reduzir desperdícios. Um layout bem planejado busca minimizar tempos de espera e movimentos desnecessários, o que é essencial para aumentar a eficiência na produção. No

contexto do *Lean Manufacturing* e do Sistema Toyota de Produção (STP), o layout deve ser projetado de forma a facilitar a produção com o menor desperdício possível (OHNO, 1997).

De acordo com Taiichi Ohno (1997) enfatiza que o *layout* de uma fábrica deve ser organizado de forma a promover o fluxo contínuo de produção, minimizando o transporte e o movimento desnecessário de materiais. Ele introduziu o conceito de "*layout* celular", onde as máquinas são agrupadas em células de produção, otimizando o fluxo de trabalho e reduzindo o tempo de espera entre as etapas do processo. Ohno (1997) também destaca que o layout deve ser adaptado com base nos princípios de melhoria contínua, garantindo flexibilidade e eficiência no processo produtivo.

2.6 PCP

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) é responsável por coordenar e otimizar as atividades produtivas, garantindo o equilíbrio entre demanda, capacidade e recursos. Ferrari (2007) destaca que este setor busca produzir na quantidade certa, no prazo adequado e com uso eficiente de materiais e mão de obra.

As principais funções desse departamento incluem planejamento de capacidade, programação de operações, controle de estoques e acompanhamento da produção. Essas atividades asseguram o fluxo produtivo contínuo, reduzem custos e aumentam a eficiência, contribuindo estrategicamente para a competitividade da organização (FERRARI, 2007).

2.7 SEGURANÇA E ERGONOMIA

A segurança no trabalho e a ergonomia são elementos importantes para garantir a preservação da saúde dos trabalhadores, a prevenção de acidentes e o aumento da eficiência no ambiente laboral. Guérin et al. (2001) define a ergonomia como a ciência que estuda a interação entre o trabalhador, suas ferramentas e o ambiente, buscando ajustar as condições de trabalho às capacidades físicas, cognitivas e emocionais dos indivíduos. Esse enfoque permite a criação de ambientes mais seguros e produtivos, reduzindo riscos ocupacionais e promovendo o bem-estar dos colaboradores.

Além disso, Dul e Weerdmeester (2022) ressaltam que a ergonomia vai além da solução de problemas pontuais, atuando de forma preventiva para evitar o surgimento de novos riscos. Sua aplicação abrange desde a adaptação de mobiliários e ferramentas até a reorganização de

processos e tarefas, garantindo maior sustentabilidade e eficiência nos sistemas de trabalho. A integração da ergonomia à gestão da segurança no trabalho é indispensável para minimizar desconfortos, fadiga e lesões, criando condições que favorecem tanto a saúde dos trabalhadores quanto a produtividade organizacional.

Nesse contexto, ferramentas como a matriz ergonômica ganham destaque. De acordo com Guérin et al. (2001), essa metodologia permite identificar e priorizar melhorias nos postos de trabalho, avaliando fatores como frequência, gravidade e impacto dos riscos ergonômicos. Dul e Weerdmeester (2022) complementam, destacando que a matriz ergonômica facilita a comunicação entre ergonomistas, gestores e trabalhadores, servindo como base para decisões estratégicas que promovem segurança, bem-estar e eficiência operacional.

3 METODOLOGIA

Para garantir uma transição eficaz e organizada, é essencial estabelecer uma metodologia estruturada que oriente todas as etapas do processo. A seguir, detalha-se a sequência cronológica das ações planejadas para a implementação do novo sistema.

3.1 DEFINIÇÕES DE METAS

A definição de metas para este projeto foi impulsionada pela imposição da gestão, que determinou a necessidade de melhorar a eficiência e a organização do processo produtivo da linha de adubo. Como prioridade, a gestão estabeleceu a meta de reduzir estoques, visando minimizar o capital imobilizado e o espaço ocupado desnecessariamente por materiais em excesso. Também foi exigida a implementação de um sistema de produção puxada, ajustando o ritmo de produção à demanda real, para evitar superprodução e reduzir o acúmulo de peças ao longo do processo, assim criando um fluxo contínuo entre as etapas.

3.2 IMPLEMENTAÇÃO DE PRODUÇÃO PUXADA

Com base em ferramentas e ações apresentadas posteriormente, incluindo o uso de ferramentas da qualidade, o dimensionamento adequado do *Kanban*, a definição eficiente de fluxos, a reconfiguração do layout, e outras práticas de melhoria, este projeto proporcionou um avanço significativo na gestão dos processos da linha de adubo. A implementação dessas ações resultou na redução de gargalos e no aumento da eficiência operacional, permitindo uma produção mais fluida e sincronizada entre as etapas de solda, pintura e picking para a montagem.

A introdução da produção puxada, foi suportada por tecnologias de monitoramento e controle em tempo real com o aplicativo *Kanban Digital*, trouxe uma gestão mais precisa e baseada em dados. Assim, a empresa deu um passo decisivo em direção a uma manufatura inteligente, caracterizada pela agilidade, eficiência e alinhamento com os princípios da Indústria 4.0.

Na sequência, será detalhado como foi desenvolvido e implementado o projeto, destacando as estratégias de implementação, treinamentos e capacitação da equipe e monitoramento.

3.3 ESTRATÉGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO

A estratégia de implementação deste projeto teve início a partir de uma demanda específica da gestão da empresa, que identificou a necessidade de otimizar o fluxo produtivo e reduzir desperdícios. O foco inicial foi direcionado para o robô da linha de adubo considerado o piloto para esse projeto, visto que esse era um dos principais gargalos na produção, com problemas evidentes de desbalanceamento e acúmulo de estoques, claramente perceptíveis pela gestão visual. O projeto foi estruturado com base em uma abordagem colaborativa, utilizando várias sessões de *brainstorming* e visitas ao chão de fábrica seguindo a metodologia *Go & See*, o que permitiu uma análise detalhada dos problemas e das necessidades do processo.

Uma das primeiras etapas foi a escolha criteriosa de ferramentas da qualidade, como o diagrama de Ishikawa, o Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM) e o A3. Essas ferramentas foram fundamentais para mapear a situação atual, identificar as causas raízes dos problemas e definir ações corretivas de forma sistemática. Através dessas análises, foi possível entender o impacto do gargalo na produção e planejar melhorias abrangentes para o fluxo produtivo.

Em seguida, foi promovida uma integração das atividades entre as áreas afetadas, envolvendo logística, solda e pintura. O planejamento conjunto foi importantíssimo para garantir que as mudanças propostas fossem compreendidas e aceitas por todos, facilitando a colaboração e a execução das ações necessárias. O envolvimento das equipes dessas áreas ajudou a alinhar as expectativas e a estabelecer um plano de ação que considerasse as demandas e limitações específicas de cada setor.

Com o objetivo de implementar a produção puxada e melhorar a gestão visual, foi desenvolvido um aplicativo de *Kanban* digital. Esse aplicativo foi projetado para monitorar em tempo real o status da produção da linha de adubo, controlar os estoques mínimos e máximos, e permitir uma melhor coordenação entre as etapas do processo, como solda, pintura e *picking* para a montagem. A utilização do *Kanban* digital ajudou a garantir que o robô operasse apenas quando necessário, evitando o excesso de produção e contribuindo para uma operação mais eficiente e alinhada à demanda real.

Outro aspecto importante da estratégia foi promover a aceitação e o entendimento das mudanças junto aos colaboradores. Foram realizadas apresentações e treinamentos destacando os benefícios da produção puxada. Esse esforço de comunicação foi essencial para que a equipe

compreendesse o valor das melhorias implementadas e se engajasse no processo de transformação.

Além disso, o projeto também se preocupou em melhorar a segurança e a gestão visual da fábrica. Ajustes no layout e a implementação de novas rotas logísticas contribuíram para criar um ambiente de trabalho mais seguro e organizado, reduzindo riscos e facilitando a movimentação dos materiais.

Com essas estratégias bem definidas e executadas, o projeto não apenas atendeu aos objetivos iniciais de otimização do fluxo produtivo do robô da linha de adubo, mas também proporcionou uma base sólida para futuras melhorias, promovendo um avanço significativo na direção de uma manufatura mais inteligente e eficiente.

3.4 TREINAMENTOS E CAPACITAÇÃO DA EQUIPE

Na etapa de treinamentos e capacitação da equipe, o foco foi preparar os colaboradores para a transição e garantir a efetividade da implementação da produção puxada na linha de adubo. Foram realizados treinamentos sobre conceitos fundamentais, como produção puxada e identificação de desperdícios, alinhados aos princípios do *Lean Manufacturing*. Esses treinamentos tiveram como objetivo sensibilizar a equipe sobre a importância de evitar a superprodução e de ajustar o ritmo de fabricação à demanda real, minimizando o excesso de estoque e os custos associados.

Além disso, foi oferecida uma capacitação específica para o uso do aplicativo de *Kanban* digital, para os colaboradores que iriam utilizar o aplicativo. Os colaboradores foram orientados sobre como realizar lançamentos de produção, acompanhar o *status* do estoque em tempo real e interpretar as informações apresentadas pelo aplicativo. Isso incluiu desde de lançamentos dos dados de produção, como quantidades produzidas, até a leitura do gráfico gerados para monitoramento e análise do desempenho.

A abordagem adotada durante os treinamentos também buscou garantir uma comunicação eficaz com todos os envolvidos, destacando os benefícios que a produção puxada traria para o processo e para a operação do robô de solda. Foram realizadas sessões de esclarecimento e práticas para responder dúvidas e demonstrar o impacto positivo que essas mudanças teriam no fluxo de trabalho. Assim, o esforço de capacitação não só facilitou a adaptação à nova rotina, mas também reforçou a cultura de melhoria contínua, essencial para a evolução da fábrica em direção a um modelo mais eficiente e competitivo.

3.5 MONITORAMENTO

Sobre o monitoramento, foi realizado um acompanhamento rigoroso de todas as fases da implementação descritas na metodologia do projeto. O monitoramento abrangeu desde a execução das etapas práticas, como ajustes no layout, dimensionamento do *Kanban* logístico e integração das ferramentas de qualidade, até a avaliação contínua da compreensão dos colaboradores sobre o novo fluxo de produção.

A implantação do aplicativo de *Kanban* digital exigiu um controle detalhado para garantir que todos os envolvidos soubessem utilizar a ferramenta corretamente. Foi monitorado se os operadores realizavam os lançamentos de produção de forma correta e no momento adequado, assegurando que o sistema refletisse fielmente o status do fluxo de peças, desde o robô de solda até a pintura e picking para a montagem.

O acompanhamento foi realizado durante 6 meses, com foco em observar a evolução da adaptação dos colaboradores e a efetividade do sistema de produção puxada implementado. Reuniões periódicas com o time de produção e revisões de performance ajudaram a identificar pontos de melhoria, corrigir erros e garantir que o fluxo de informações fosse contínuo e sem interrupções. O objetivo foi não apenas validar a correta aplicação das mudanças, mas também promover um entendimento sólido e duradouro das novas práticas, consolidando uma operação mais eficiente e alinhada aos princípios da indústria 4.0.

4 AVALIAÇÃO DE RESULTADOS

A análise do estado atual da produção da linha de adubo, fabricada por um robô de solda, foi motivada pela necessidade de otimizar a operação, identificada pela gestão da empresa. O robô é um ponto crítico do processo produtivo, devido ao alto volume de peças que ele fabrica. Para atender à demanda diária de produção de cinco máquinas por dia, o robô precisa operar em três turnos assim atingindo 150 linhas de adubo por dia. Qualquer interrupção, seja por problemas logísticos, como falta de materiais, embalagens, ou sincronização entre as etapas de solda e pintura, ou por falhas de manutenção, podem afetar significativamente o fluxo de produção, gerando atrasos ou excesso de estoque.

Com o objetivo de eliminar esses gargalos e evitar a superprodução, foi realizada uma análise detalhada do processo atual. Essa análise incluiu o mapeamento dos processos para identificar os fluxos e atividades envolvidas, uma avaliação do *layout* do setor de solda robô, para otimizar o espaço e a movimentação de materiais, a revisão do planejamento e controle da produção (PCP) e uma avaliação do sistema de *Kanban* logístico para garantir que o suprimento de materiais estivesse devidamente sincronizado com a demanda.

Essas avaliações iniciais foram essenciais para entender as principais ineficiências e definir metas claras para a otimização do fluxo de produção. Com base nessa análise, as melhorias foram desenvolvidas com foco na implementação de ferramentas de qualidade, ajustes no dimensionamento do *Kanban* logístico, reconfiguração de *layout* e rotas de movimentação, além do desenvolvimento de embalagens mais eficientes e a implantação de um aplicativo para a produção puxada. Esse conjunto de ações visa garantir que o robô de solda opere de forma mais eficiente, minimizando paradas inesperadas e alinhando a produção à demanda real do mercado.

4.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO

O mapeamento do processo de produção da linha de adubo, em conjunto com a aplicação da metodologia *Go & See* (ir e ver), revelou falhas críticas no fluxo de trabalho, particularmente nas transições entre as etapas de solda, pintura. A observação direta no chão de fábrica permitiu identificar gargalos e desperdícios causados pela falta de sincronização entre essas fases da produção.

Um dos principais problemas detectados foi a falta de alinhamento entre o ritmo de produção da solda e da pintura. O robô de solda, operando frequentemente em alta capacidade, produzia mais peças do que o setor de pintura conseguia processar, resultando em acúmulo de inventário entre as etapas. Além disso, a ausência de um sistema claro para indicar o momento adequado de interromper a produção intensificava a superprodução, criando um estoque excessivo de peças sem destino imediato.

Outro ponto crítico identificado foi a falta de uma rota eficiente para o recolhimento de material entre as etapas de pintura e solda, agravando ainda mais o desbalanceamento no fluxo de produção. A ausência de um fluxo contínuo de movimentação de peças entre esses setores gerava atrasos e comprometia a eficiência da linha de produção como um todo.

Além disso, a superprodução causava um aumento na demanda por embalagens, resultando na falta de fluxo para a devolução e reposição de embalagens adequadas para armazenar as peças da linha de adubo. Esse descompasso fazia com que o estoque de embalagens se esgotasse rapidamente, criando novos gargalos e atrasos, já que as peças não podiam ser armazenadas adequadamente, impactando negativamente o espaço de trabalho e a segurança operacional.

Essa análise reforçou a necessidade de ajustar o fluxo de produção, implementar sistemas de controle entre as fases de solda, pintura, além de otimizar a gestão das rotas de recolhimento de materiais e de devolução de embalagens. Essas medidas são essenciais para reduzir desperdícios, evitar superprodução e melhorar a eficiência geral do processo produtivo.

4.2 AVALIAÇÃO DE LAYOUT

Na etapa de avaliação do *layout*, foram identificados diversos problemas relacionados à disposição inadequada das áreas de armazenamento e ao pagamento do *Kanban* logístico, impactando diretamente a eficiência da produção da linha de adubo. Um dos principais pontos críticos foi a ausência de locais adequados e organizados para as peças que aguardavam produção. A falta de posições específicas para o pagamento do *Kanban* geravam uma situação de desorganização, com embalagens fora de lugar e ocupando áreas não planejadas, dificultando o controle do fluxo de materiais, conforme demonstrado nas figuras 1 e 2.

Figura 1: Layout

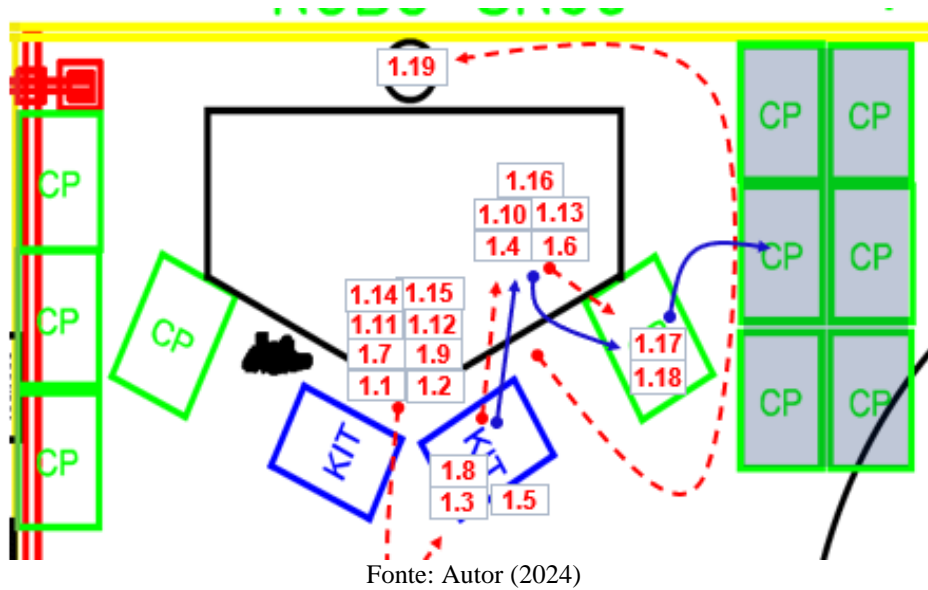


Figura 2: Layout com excesso



Além disso, não havia posições adequadas para armazenar a linha de adubo já produzida conforme figura 1. O crescimento da produção, sem um espaço designado para armazenamento, fazia com que as peças acabassem acumuladas em áreas improvisadas, gerando confusão no ambiente de trabalho. O operador do robô de solda, muitas vezes, ficava limitado em seu espaço

de operação, cercado por embalagens espalhadas de maneira inadequada, o que comprometia a ergonomia, segurança e fluidez do processo produtivo ilustrado na figura 3.

Figura 3: Demonstração de falta de posições



Fonte: Autor (2024)

Esse cenário gerava também atrasos, já que o operador precisava constantemente reorganizar as embalagens para conseguir trabalhar, aumentando o tempo de execução das tarefas e criando riscos operacionais. A falta de sincronização entre o fluxo de produção e o armazenamento das peças ampliava os desperdícios, comprometendo a eficiência geral.

A reconfiguração do layout foi, portanto, fundamental para solucionar esses problemas. Ao definir adequadamente as posições para o pagamento do *Kanban* logístico e destinar áreas específicas para o armazenamento da linha de adubo, a empresa melhorou o fluxo de trabalho, reduziu os desperdícios e garantiu um ambiente mais seguro e eficiente para os operadores.

4.3 AVALIAÇÃO DE PRODUÇÃO (PCP)

Na avaliação da produção do PCP (Planejamento e Controle da Produção), utilizando a metodologia *Go & See* e sessões de *Brainstorming* com a equipe, foram identificadas

inconsistências graves na programação da linha de adubo. Durante a observação direta no chão de fábrica e nas discussões com o time, ficou evidente que a produção era extremamente inconstante. Em alguns dias, não havia nenhuma peça pela planilha de produção a ser produzida, enquanto em outros, havia até 300 peças, o que representava o dobro da demanda real (que seria de aproximadamente 150 peças para atender 5 máquinas por dia). Em outros dias, a produção caía para apenas 30 peças, gerando confusão e descompasso entre as diferentes fases do processo.

Essa falta de regularidade tornava difícil para a gestão saber quando parar ou continuar a produção, o que levava a picos de superprodução em alguns dias e à ausência de peças em outros. A situação era agravada pelo fato de que, ao olhar para um determinado dia, parecia haver um grande atraso, enquanto na semana seguinte, a produção poderia parar por completo, desestabilizando a operação.

O planejamento de produção seguia uma planilha de solda diária, onde era indicado o número de peças a ser produzido conforme a figura 4. No entanto, uma falha recorrente identificada no *brainstorming* foi que, mesmo seguindo essa planilha, frequentemente faltavam peças na etapa de pintura, o que prejudicava a montagem da plantadeira. Esse desalinhamento gerava atrasos consideráveis na linha de montagem, uma vez que, até que o robô de solda completasse as peças, todo o fluxo de montagem ficava comprometido.

Figura 4: Planejamento da produção

POSTO	Nº da Ordem	Item	Descrição Item	14/06/2024	17/06/2024	18/06/2024	19/06/2024	20/06/2024	21/06/2024	22/07/2024	23/07/2024	24/07/2024
				30								
					30							
					30							
						30						
						30						
						30						
							30					
							30					
							30					
							30					
								30				
								30				
									30			
										30		
											30	
												30
												30
												30

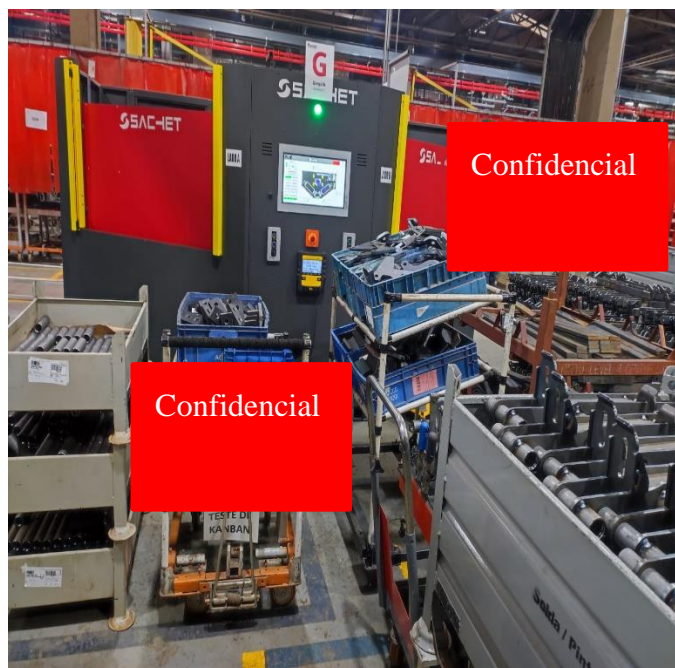
Fonte: Autor (2024)

Esses problemas expuseram a necessidade de melhorar o fluxo de informações entre o PCP e solda, bem como de ajustar a produção às demandas reais de forma mais precisa, evitando tanto a superprodução quanto a escassez de peças, que causavam atrasos e ineficiências.

4.4 AVALIAÇÃO DO KANBAN LOGÍSTICO

Na avaliação do *Kanban* logístico, foram identificadas diversas falhas que comprometiam tanto a organização do processo quanto a segurança dos operadores. Um dos principais problemas era a ausência de padronização nas embalagens utilizadas para o pagamento das peças conforme figura 5. Em vez de serem entregues nos racks ou nas caixas KLT (segundo o site Verband der Automobilindustrie significa portador de carga pequena) específicas para a linha de adubo, as peças muitas vezes chegavam em caixas de madeira improvisadas ou em recipientes inadequados, onde ficavam amontoadas de forma desordenada. Isso obrigava o operador do robô de solda a reorganizar manualmente as peças para poder utilizá-las, gerando um retrabalho constante e desnecessário. Além disso, a entrega em excesso de peças era frequente, o que levava ao acúmulo de materiais no posto de trabalho, afetando a eficiência do fluxo de produção.

Figura 5: Pagamento de *Kanban* logístico



Fonte: Autor (2024)

Outro problema identificado foi a falta de áreas de armazenamento adequadas para as caixas KLT. Não havia prateleiras específicas ou locais designados para acomodá-las, o que levava ao empilhamento das caixas em espaços improvisados e inapropriados. Essa desorganização prejudicava o controle do inventário e a gestão do fluxo de produção, dificultando o acesso rápido e eficiente às peças necessárias. A falta de um sistema adequado para o armazenamento das KLT não apenas comprometia a organização do espaço de trabalho, mas também resultava em riscos ergonômicos para os operadores.

Além disso, não havia uma rota definida para o recolhimento das caixas vazias, o que resultava em acúmulo desnecessário de embalagens no local de trabalho. As caixas KLT vazias ficavam dispersas pelo ambiente, aumentando a desordem e os riscos de acidentes. Esse acúmulo também impactava a segurança, pois em alguns casos as caixas eram tão cheias que peças podiam cair no chão, aumentando a chance de incidentes. A falta de padronização nas embalagens, a ausência de áreas adequadas para armazenamento e a inexistência de uma rota clara para o recolhimento das caixas vazias demonstravam a necessidade urgente de ajustes no *Kanban* logístico para melhorar a segurança, a organização e a eficiência operacional no posto do robô de solda.

4.5 DESENVOLVIMENTO DE MELHORIAS

No desenvolvimento de melhorias deste projeto, foram definidos vários tópicos essenciais para aprimorar o fluxo produtivo e garantir a eficiência do sistema de produção puxada. A primeira etapa foi a seleção de ferramentas de qualidade, que permitisse identificar e eliminar pontos de desperdício, melhorando o controle e a padronização das atividades, além de assegurar a consistência e qualidade do processo. Ferramentas como *Ishikawa*, *Swimlane* e *VSM* foram adotadas para estruturar as melhorias e acompanhar a eficácia das implementações.

Em seguida, foi realizado o dimensionamento do *Kanban* logístico, visando um sistema de sinalização eficiente para controlar o fluxo de peças, evitando excesso de inventário e ajustando o ritmo de produção à demanda real. O dimensionamento adequado permitiu que o material necessário esteja disponível nas quantidades exatas, promovendo o equilíbrio entre solda, pintura e montagem.

A reconfiguração do *Layout* e das rotas também foi uma etapa fundamental. Esse processo envolveu o redesenho do espaço de trabalho para otimizar a movimentação e

armazenamento das peças, além de definir rotas eficientes para o transporte interno de materiais, reduzindo o tempo e os custos associados à movimentação.

O desenvolvimento de embalagens específicas para o transporte e armazenamento das peças da linha de adubo teve como objetivo garantir que as peças fossem manuseadas de forma segura e ergonômica. Essas embalagens foram projetadas para suportar o peso adequado e facilitar a movimentação, evitando danos aos itens e melhorando a organização do ambiente.

4.5.1 SELEÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Para a seleção de ferramentas de qualidade foram adotadas várias metodologias específicas para identificar e solucionar problemas do fluxo produtivo e reduzir desperdícios na operação. Entre elas, o diagrama de *Ishikawa* (ou espinha de peixe) foi utilizado para organizar e visualizar as causas raiz dos problemas observados, facilitando o entendimento de suas origens e a priorização de soluções.

O mapeamento de fluxo de valor (VSM) foi implementado para mapear todas as etapas do processo produtivo, identificando pontos de desperdício e áreas que precisavam de melhorias. Esse mapeamento permitiu uma visão clara dos fluxos entre solda, pintura, ressaltando oportunidades para otimizar o tempo e a eficiência do processo.

A ferramenta *swimlane* ajudou a detalhar a participação de cada setor no processo, identificando onde ocorriam falhas de comunicação e pontos de espera desnecessários. O A3 foi a ferramenta escolhida para documentar e organizar as ações de melhoria, fornecendo um registro visual das etapas de resolução de problemas e ações planejadas. Além disso, o *Kanban* foi fundamental para ajustar o sistema de sinalização e controle de fluxo entre solda, e *picking* para a montagem, foram realizadas sessões de *Brainstorming* com a equipe para coletar ideias e identificar problemas práticos, envolvendo todos no processo de melhoria contínua.

4.5.1.1 DIAGRAMA ISHIKAWA

O Diagrama de *Ishikawa* foi elaborado em conjunto com o time do projeto, com o objetivo de identificar e organizar as causas principais dos desperdícios observados no processo produtivo. Durante essa atividade colaborativa, o grupo analisou detalhadamente os fatores que impactavam a eficiência, dividindo-os em categorias como Mão de Obra, Método, Material, Máquina e Meio Ambiente.

Entre os principais problemas identificados, destacaram-se:

Mão de Obra: Superprodução de peças sem planejamento adequado, o que resultava em excesso de inventário.

Método: A programação de produção baseada em uma planilha de solda se mostrou ineficiente, e havia falta de rota para pagamento e recolhimento de embalagens entre setores.

Material: Ausência de dimensionamento do *Kanban* e falta de embalagens adequadas para o fluxo de solda e pintura.

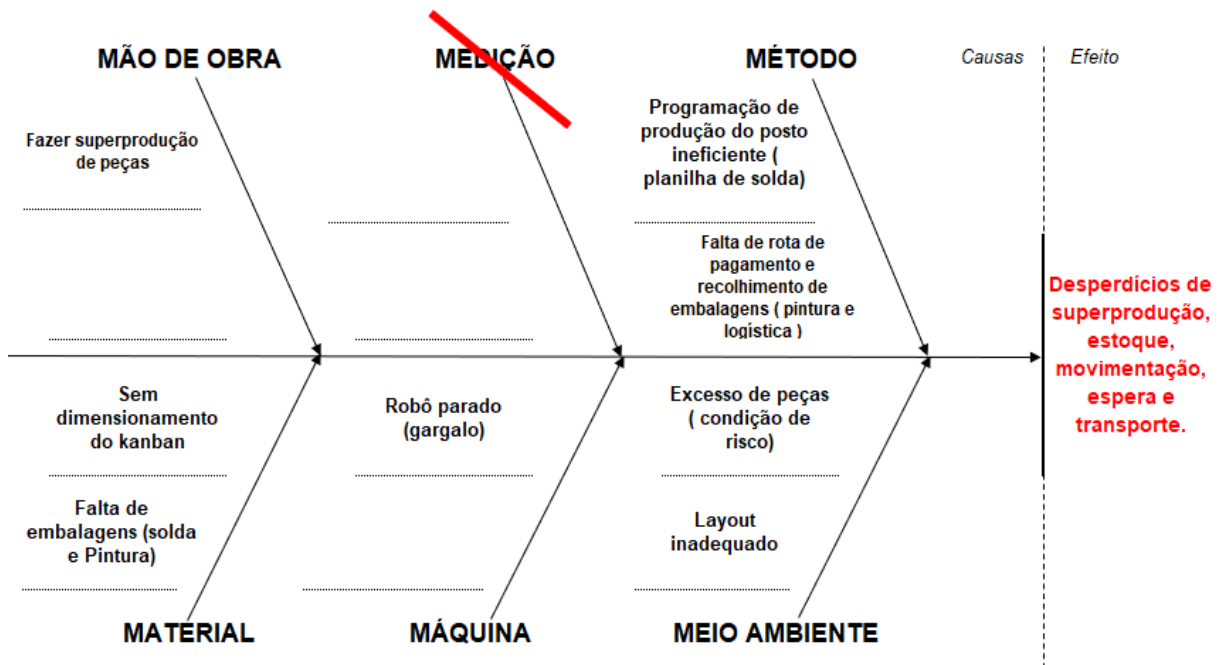
Máquina: O robô frequentemente parava, tornando-se um gargalo na linha de produção.

Meio Ambiente: O layout inadequado e o excesso de peças criavam condições de risco e dificultavam o fluxo de trabalho.

Medição: Não foi encontrado possíveis causas. Destacado na figura 6 com linha vermelha para demonstrar a ausência.

O diagrama permitiu ao time visualizar como cada fator contribuía para os desperdícios de superprodução, estoque, movimentação, espera e transporte, facilitando a identificação de pontos de melhoria a serem abordados no projeto. Diagrama ilustrado conforme a figura 6.

Figura 6: Diagrama *Ishikawa*



Fonte: Autor (2024)

4.5.1.2 VSM

Para este trabalho de conclusão de curso, utilizou-se a ferramenta VSM (Value Stream Mapping) para analisar e calcular o *lead time* da produção de uma peça da linha de adubo, com o objetivo de identificar e reduzir os desperdícios no fluxo de produção. O VSM é uma metodologia que permite visualizar todo o processo produtivo, desde o recebimento do material até o produto acabado, identificando tempos de ciclo, estoques intermediários e atividades que não agregam valor.

Para determinar o *lead time*, partimos dos seguintes parâmetros:

- **Capacidade de Produção:** Considerou-se 5 máquinas operando diariamente.
- **Tamanho Médio das Linhas:** Como a empresa possui plantadeiras com diferentes capacidades, foi adotado uma média de 26 linhas por máquina, pois a linha de adubo vai uma peça por linha da máquina.
- **Jornada de Trabalho:** A jornada de trabalho foi estabelecida em 540 minutos (equivalente a 9 horas diárias).

Com esses parâmetros, o tempo médio necessário para processar uma linha foi calculado a partir da seguinte equação 2 conforme referência da equação 1 de Rother e Shook (2003):

$$Takt\ time\ linha\ de\ adubo = \frac{540\ minutos}{5\ máquinas \times 26\ linhas} \cong 4,154\ minutos/linha \quad Equação\ 2$$

Para calcular o *lead time* total considerando os estoques intermediários, foi utilizado os dados de estoque de 2023:

- **Estoque na Solda:** Havia um estoque de 150 peças. Multiplicando pelo tempo médio por linha: Conforme equação 3:

$$Solda = 150 \times 4,154 = 623,07\ minutos \quad Equação\ 3$$

- **Estoque Externo (Excesso):** Também havia um estoque adicional de 150 peças armazenadas fora do processo normal, ilustrado conforme equação 4:

$$\text{Externo} = 150 \times 4,154 = 623,07 \text{ minutos} \quad \text{Equação 4}$$

- **Estoque na Carga:** O estoque na área de carga totalizava 300 peças, conforme equação 5.

$$\text{Carga} = 300 \times 4,154 = 1246,154 \text{ minutos} \quad \text{Equação 5}$$

- **Estoque na Descarga:** O estoque na área de descarga (peças prontas para o picking) era de 300 peças, conforme equação 6:

$$\text{Descarga} = 300 \times 4,154 = 1246,154 \text{ minutos} \quad \text{Equação 6}$$

- **Tempo de Pintura:** Considerou-se um tempo fixo de 150 minutos para a etapa de pintura.

Para calcular o tempo total realizou o somatório de todos esses tempos, obtemos o *lead time* total antes das melhorias implementadas conforme equação 7:

$$\text{Lead time} = 623,07 + 623,07 + 1246,154 + 1246,154 + 150 = 3738,448 \text{ minutos} \quad \text{Equação 7}$$

Convertendo esse tempo para horas e dias pela equação 8 e 9:

$$3738,448 \text{ minutos} \div 60 \text{ minutos} = 62,307466 \text{ horas} \quad \text{Equação 8}$$

$$62,307466 \div 24 \text{ horas} = 2,596144 \text{ dias} \quad \text{Equação 9}$$

A análise com o VSM revelou um *lead time* de aproximadamente 2,596144 dias para o processo completo, evidenciando a existência de altos níveis de estoque intermediário e tempos de espera significativos entre as etapas. Isso mostrou a necessidade da implementação de melhorias para redução o tempo de produção e redução os desperdícios identificados, como superprodução, excesso de inventário e tempos de espera, promovendo uma produção mais

eficiente e alinhada com os princípios da produção enxuta (*lean manufacturing*). Logo depois das implementações de melhorias e com a nova pintura implementada na empresa o processo de pintura das peças passou a ser 210 minutos, o *lead time* da linha de adubo 2024 passou a ser 1,41511 dias ilustrados nos cálculos pelas equações 10,11, 12,13,14,15

- **Estoque na Solda:** Havia um estoque de 60 peças. Multiplicando pelo tempo médio por linha: Conforme equação 10:

$$\text{Solda} = 60 \times 4,154 = 249,24 \text{ minutos} \quad \text{Equação 10}$$

- **Estoque na Carga:** O estoque na área de carga totalizava 180 peças, conforme equação 11.

$$\text{Carga} = 180 \times 4,154 = 747,72 \text{ minutos} \quad \text{Equação 11}$$

- **Estoque na Descarga:** O estoque na área de descarga (peças prontas para o picking) era de 200 peças, conforme equação 12:

$$\text{Descarga} = 200 \times 4,154 = 830,8 \text{ minutos} \quad \text{Equação 12}$$

- **Tempo de Pintura:** Considerou se um tempo fixo de 210 minutos para a etapa de pintura.

Para calcular o tempo total realizou o somatório de todos esses tempos, obtemos o *lead time* total com das melhorias implementadas conforme equação 13:

$$\text{Lead time} = 249,24 + 747,72 + 830,8 + 210 = 2037,76 \text{ minutos} \quad \text{Equação 13}$$

Convertendo esse tempo para horas e dias pela equação 14 e 15:

$$2037,76 \text{ minutos} \div 60 \text{ minutos} = 33,96266 \text{ horas} \quad \text{Equação 14}$$

$$33,96266 \text{ horas} \div 24 \text{ horas} \cong 1,415111 \text{ dias} \quad \text{Equação 15}$$

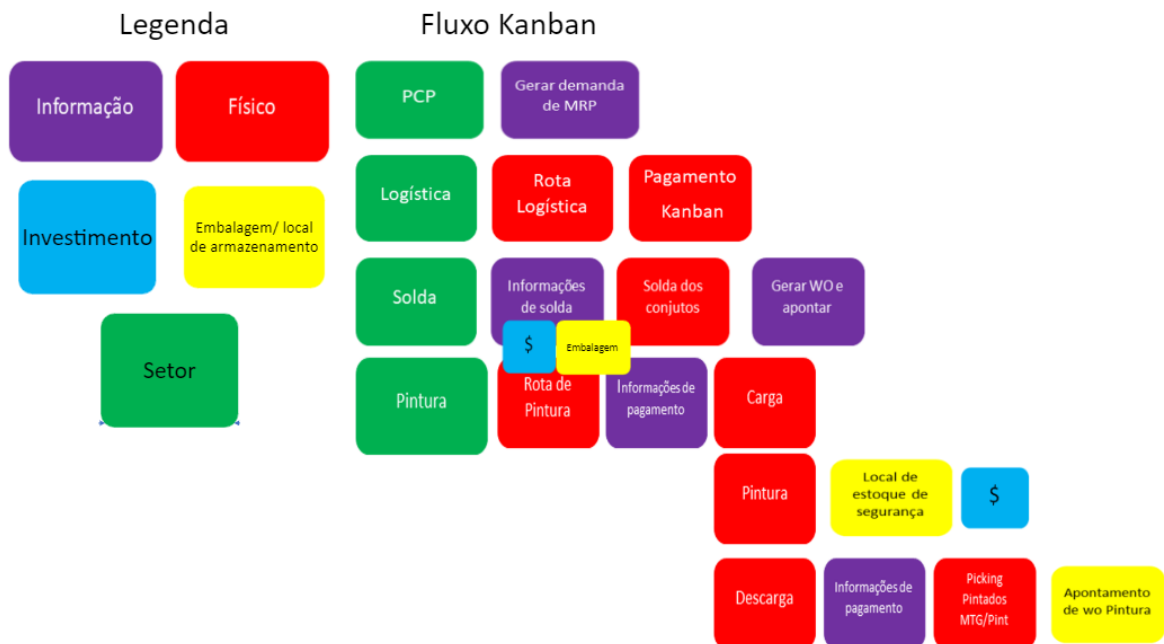
Ou seja com todas melhorias implementadas o *lead time* reduziu em 45,5%, o que mostra que as ações implementadas tiveram resultados significativamente eficaz para a melhoria do fluxo, redução de custos de estoque e melhoria em 5s e segurança.

4.5.1.3 SWIMLANE

A utilização do diagrama *Swimlane* no robô de solda da linha de adubo destacou a importância da colaboração e da visualização no gerenciamento de processos. Ao elaborar esse diagrama, o time conseguiu mapear e organizar de maneira clara todas as etapas do processo, que vão desde o planejamento de produção (PCP) até a montagem final e o apontamento no sistema.

Cada *lane* do diagrama representa uma área ou função específica, como PCP, Logística, Solda, Pintura e Montagem, evidenciando as responsabilidades e atividades de cada setor dentro do fluxo de produção. Essa clareza foi importante para identificar os pontos de transição e garantir que cada membro da equipe compreenda seu papel e as interações necessárias em cada etapa. Conforme a figura 7 está ilustrado o diagrama criado.

Figura 7: Diagrama *Swimlane*



Fonte: Autor (2024)

A aplicação de cores enriqueceu ainda mais essa visualização: os quadrados roxos foram utilizados para representar informações relevantes, enquanto os vermelho indicavam itens físicos a serem considerados no processo. Os quadrados azuis marcavam os locais que precisavam de embalagens, os amarelos eram reservados para áreas que necessitavam de

investimento, e os verdes representavam os diferentes setores envolvidos. Essa estratégia de codificação não só facilitou a distinção das diferentes atividades e etapas, mas também promoveu uma visão organizada e acessível para todos os envolvidos.

Essa abordagem visual foi essencial para fomentar uma comunicação eficaz e para a análise contínua de melhorias no processo produtivo, permitindo que a equipe identifica se rapidamente áreas que necessitavam ser aprimoradas, resultando em eficiência e produtividade.

4.5.1.4 A3

A ferramenta A3 foi utilizada para organizar e documentar de forma estruturada as etapas do projeto, contemplando a descrição da situação inicial, a análise da causa raiz (por meio do diagrama de Ishikawa), o objetivo do projeto, o plano de ação detalhado e os resultados obtidos.

O A3 é uma ferramenta de gestão visual e resolução de problemas originária do sistema Toyota, essencial para consolidar informações de um projeto em uma única página, o que facilitou o entendimento e a comunicação entre os membros da equipe. Sua aplicação foi importantíssima para a organização do fluxo de trabalho e para a definição clara de cada etapa a ser executada.

O desenvolvimento do A3 seguiu os seguintes passos:

Situação Inicial: Foi descrito o cenário problemático, identificando desafios no fluxo de produção, como a falta de dimensionamento do *kanban*, ausência de embalagens padronizadas e gargalos no posto de trabalho, causados por ineficiências no planejamento e restrições operacionais (abordado no tópico mapeamento do processo anteriormente).

Causa Raiz: A análise das causas dos problemas foi realizada com o diagrama de Ishikawa, abordando fatores críticos que contribuíssem para o desperdício de superprodução, movimentação e transporte, além de identificar as restrições que impactavam a eficiência dos processos (diagrama abordado anteriormente).

Objetivo: Estabeleceu-se como meta o desenvolvimento de um aplicativo para implementação de uma produção puxada, de modo a diminuir desperdícios associados à superprodução, excesso de estoque e transporte, além de alinhar a produção à demanda real.

Plano de Ação: Foi elaborado um plano de ação estruturado, incluindo atividades como sessões de brainstorming, definição de layout e fluxo, desenvolvimento e implementação do

aplicativo, validação e ajustes. Cada etapa foi documentada com responsáveis e prazos, garantindo o monitoramento do progresso e o engajamento da equipe.

Resultados: Após a execução do plano, foram obtidos ganhos expressivos, com a eliminação de desperdícios relacionados a superprodução e transporte, além de uma melhoria na gestão visual, permitindo à equipe identificar e controlar o status de produção de cada item de forma eficiente.

A utilização da ferramenta A3, conforme descrito por Shingo (1996) em sua abordagem sobre o Sistema Toyota de Produção, promoveu uma visão sistêmica e estruturada do projeto, permitindo que todos os envolvidos compreendessem claramente os objetivos, ações e resultados. Essa abordagem está alinhada com os princípios de melhoria contínua discutidos por Imai (2014), que destaca a importância de integrar ferramentas gerenciais às estratégias de redução de desperdícios e à implementação da produção puxada. Assim, o A3 se mostrou não apenas como uma ferramenta de gestão, mas como um suporte estratégico para alinhar as ações às metas organizacionais, garantindo maior eficiência e engajamento dos participantes. Mostrada a ferramenta através da figura 8.

Figura 8:A3

Desenvolvimento de produção puxada para Linha de adubo

Líder:Stéfany Beskow **Área:** Solda **Data:** 07/04/2024

Situação Inicial:

Logística
 *Sem dimensionamento do kanban
 *Embalagens logística fora de padrão
 *Falta de rota de pagamento e recolhimento de embalagens

Pintura
 *Falta de rota de recolhimento de material
 *Falta de fluxo de devolução de embalagens

Solda
 *Layout inadequado

PCP
 *Programação de produção do posto ineficiente.
 *Restrições não são seguidas (gargalo)

Inventários realizados para controle de produção ano 2023 – 10 inventários
 WIP 2023 – média 900 peças
 Lead time da peça de 6378min/ 106,3horas/ 4,43dias
 Sem fluxo padrão no posto
 Condições de risco referente ao excesso de peça
 Ergonomia do operador avaliado na matriz de segurança com nível de 32

Causa Raiz:

Objetivo:
 Desenvolver um aplicativo para produção puxada (kanban), assim diminuir desperdícios de superprodução, estoque, inventário, movimentação, espera e transporte.

Plano de Ação

Item #	Ação	Resp	Prazo	% Conclusão	Concluído
1	Abertura do A3	stefany	abr-24	100%	100%
2	Brainstorming	time	abr-24	100%	100%
3	Estabelecer o processo (fluxo)	time+ áreas correlatas	mai-24	100%	100%
4	Coletar dados do item	stefany	mai-24	100%	100%
5	Dimensionar estoque de segurança	time	jun-24	100%	100%
6	Alteração do fluxo	time	jun-24	100%	100%
7	Alterar pagamento logística (kanban)	stefany	jun-24	100%	100%
8	Brainstorming do sistema de acionamento do app	time	jul-24	100%	100%
9	desenvolver app + dashboard	caio	jul-24	100%	100%
10	implementação de App nas áreas	stefany	jul-24	100%	100%
11	teste	stefany	jul-24	100%	100%
12	Revisão de melhoria	time	ago-24	100%	100%
13	Monitoramento do app e dados	stefany	ago-24	100%	100%
14	Validação do app	stefany	ago-24	100%	100%
15				25%	25%
16				25%	25%

Resultados:

Como resultados obtivemos, eliminação do desperdício de superprodução, reduzimos o desperdício de movimentação e transporte. Também tivemos ganho em gestão visual, principalmente em saber quando o linha de adubo deve ser soldado e pintado, ou seja estabelecendo uma produção puxada ao invés de empurrada.

SEGURANÇA – CONDIÇÕES DE RISCO PELO EXCESSO DE PEÇA ELIMINADAS
 ERGONOMIA – CONDIÇÃO DE RISCO ERGONÔMICO DO OPERADOR PASSOU DE 32 PARA 4
 INVENTÁRIO – 2024 REALIZADO 2
 WIP – 2024 PASSOU PARA 440
 5s – ADAPTAÇÃO AS DEMANDAS VOLÁTEIS, ASSIM MELHORANDO O FLUXO DO POSTO
 LEAD TIME – 3250,8 min/ 54,18 horas/ 2,26dias

Padronização: Implementação do app para outros itens de linha.

	Movimentação		
Atual			
Plano			
Redução			

4.5.1.5 KANBAN

Para melhorar o fluxo entre solda, pintura e picking de peça pintada para montagem, a solução implementada apenas para o item linha de adubo, foi o desenvolvimento de um aplicativo *kanban*. O aplicativo de *Kanban Digital*, desenvolvido no Power Apps, foi uma solução voltada para gerenciar a produção nas áreas de solda, pintura e picking, essenciais para o fluxo de montagem. Criado a partir dos princípios do *Kanban*, o aplicativo seguiu o modelo de produção puxada, ou seja, cada etapa do processo só é acionada quando há necessidade na próxima fase, evitando sobrecarga e otimizando o uso de recursos.

O *Kanban*, originalmente uma metodologia visual para controle de fluxo, se adapta nesse aplicativo com um painel de gestão visual que oferece uma visão completa e atualizada da situação dos estoques nas diferentes áreas. Com limites de estoque mínimo e máximo definidos para cada setor, o sistema ilustra visualmente sobre a necessidade de produção ou transferência de materiais. Dessa forma, a área de solda, por exemplo, só opera quando o nível de peças cai abaixo do estoque mínimo, ativando o robô de solda apenas quando realmente necessário. A área de pintura, por sua vez, monitora e realiza lançamentos conforme recebe e processa as peças, e a área de *picking* faz o mesmo para a montagem. O aplicativo tem sua tela inicial conforme a figura 9 abaixo, classificado com as seguintes áreas: solda, pintura, carga, *picking*.

Figura 9: Tela inicial App Kanban



Fonte: Autor (2024)

Cada setor lança os dados de produção diretamente no aplicativo como, por exemplo, ao registrar a produção de 30 peças na solda conforme figura 10 abaixo, na aba lançamento coloca a quantidade a ser lançada e aperta o ícone de certo para lançar. Esses dados são então armazenados em um banco no SharePoint e alimentam gráficos de controle ilustrado na figura 11, permitindo que todos os envolvidos visualizem o status dos estoques e o andamento da produção. Essa gestão visual trouxe inúmeros benefícios, como a rápida identificação de gargalos, maior controle sobre o fluxo de produção e a redução de desperdícios, especialmente de superprodução e movimentação desnecessária.

Figura 10: Lançamento no App

Apontamento de Solda

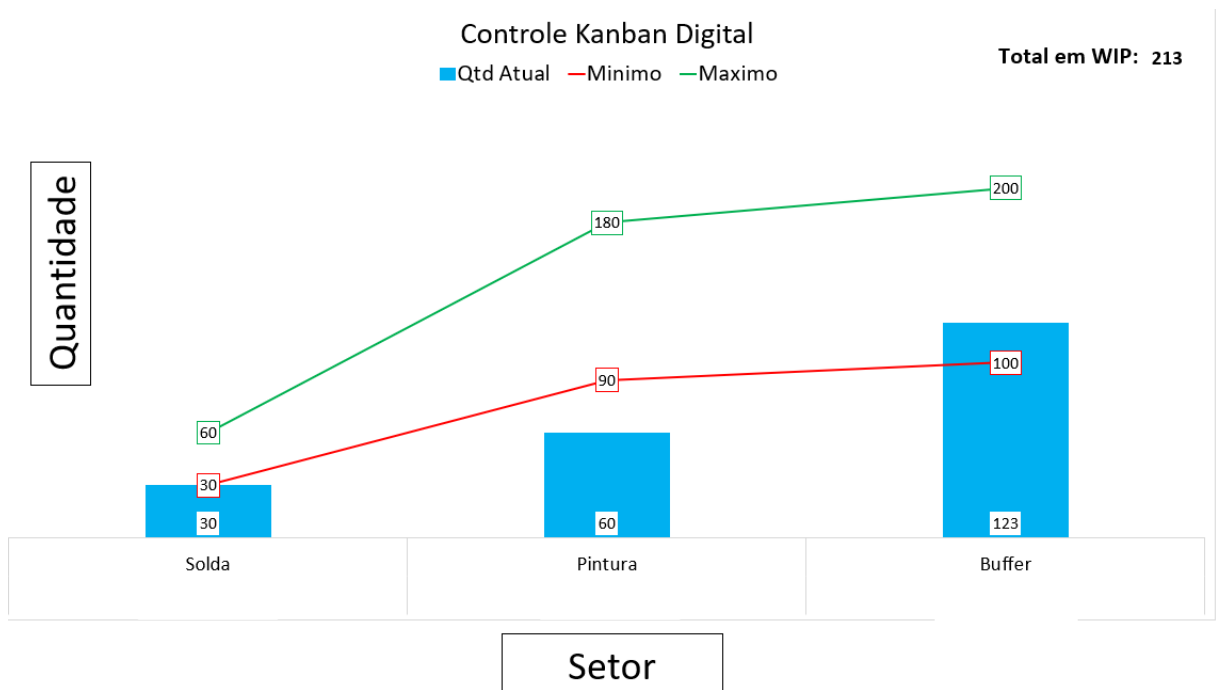
Área
Solda

Estoque Solda:
30

Lançamento:

Fonte: Autor (2024)

Figura 11: Gráfico de controle



Fonte: Autor (2024)

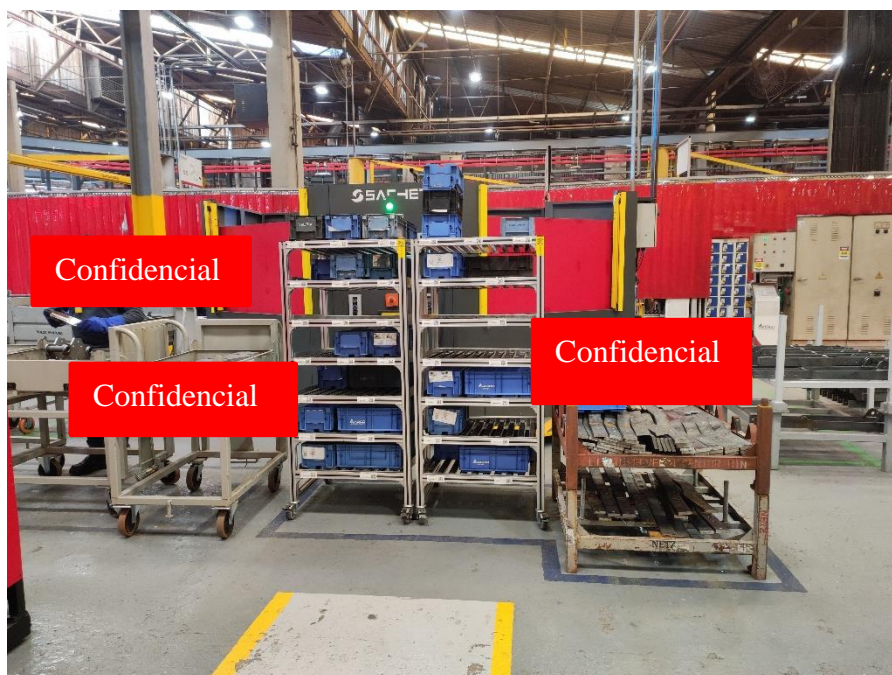
Em resumo, o aplicativo do *Kanban* Digital não apenas aumentou a eficiência do processo ao garantir que cada etapa opere conforme a demanda, mas também proporcionou uma gestão visual que melhora a transparência e o controle, facilitando a tomada de decisões e promovendo um ambiente de produção mais enxuto e organizado.

4.6 DIMENSIONAMENTO KANBAN LOGÍSTICO

Com o apoio do setor de logística e das pessoas responsáveis pelo pagamento do *Kanban*, e a partir da análise da situação existente detalhada no tópico de avaliação do pagamento logístico, o dimensionamento do *Kanban* logístico foi otimizado. O redimensionamento foi feito para atender ao fluxo de produção de cinco máquinas, exigindo duas operações de pagamento ao longo do dia, conforme as necessidades do fluxo logístico. Essas operações incluíam tanto o transporte de peças para a produção da linha de adubo quanto o recolhimento de embalagens vazias.

Além disso, foram desenvolvidas embalagens padronizadas para facilitar o pagamento do *Kanban* conforme a figura 12, com a implementação de prateleiras especialmente projetadas para armazenar caixas KLT e embalagens para peças maiores da linha de adubo. Essas prateleiras conforme a figura 12 foram ergonomicamente ajustadas para atender às exigências operacionais, proporcionando melhor acessibilidade e segurança aos operadores do robô de solda. Cada prateleira foi identificada com códigos das peças correspondentes, garantindo organização e maior eficiência na gestão de materiais. Esse planejamento logístico aprimorado contribuiu para a redução de desperdícios e a melhoria contínua do processo produtivo.

Figura 12: Embalagem padrão e Prateleiras

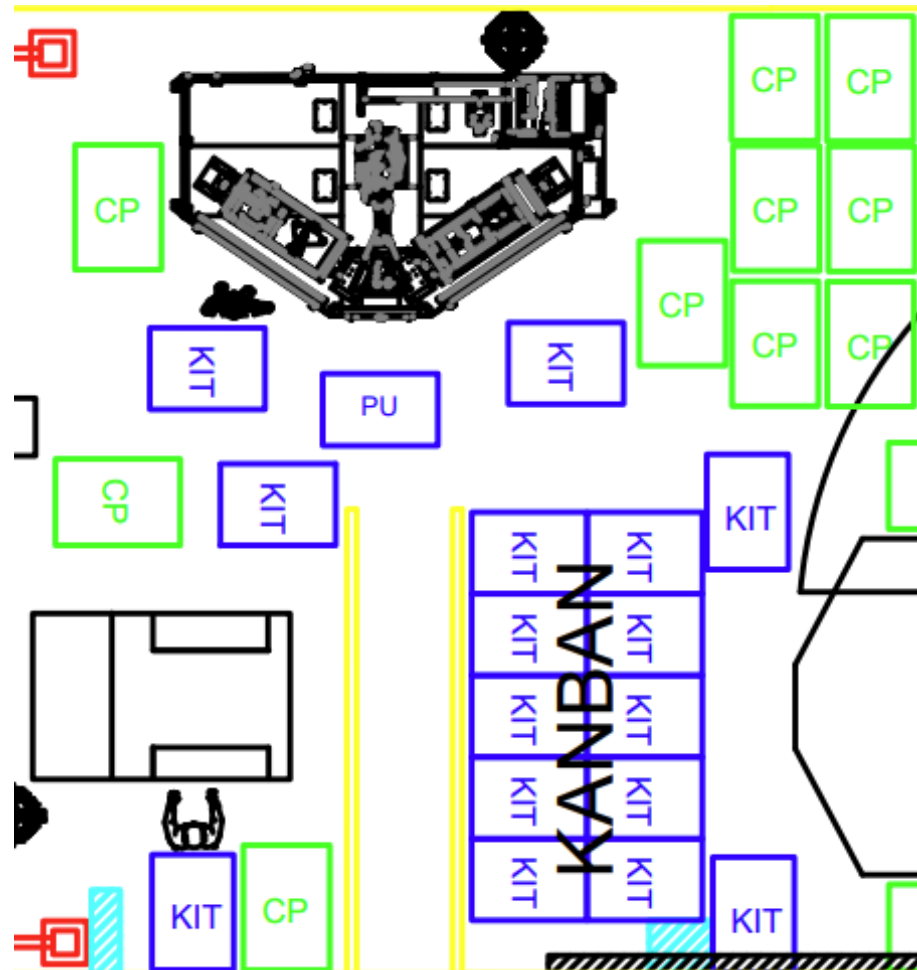


Fonte: Autor(2024)

4.7 RECONFIGURAÇÃO DO LAYOUT E ROTAS

Com o devido suporte do engenheiro de manufatura da área de solda, foi realizado sessões de *Brainstorming* para identificar as necessidades específicas de alteração no layout da produção. A reconfiguração foi projetada para atender às demandas operacionais, e, conforme apresentado na figura 13, foram estabelecidas novas posições de *Kanban* logístico para o pagamento, assim como locais adequados para o armazenamento das peças produzidas da linha de adubo.

Figura 13:Layout Novo



Fonte: Autor(2024)

O objetivo principal dessa reconfiguração foi otimizar o trabalho do operador do robô de solda, melhorando o fluxo produtivo e garantindo a eficiência das operações. Além das mudanças no layout, foram criadas rotas específicas para o recolhimento das embalagens cheias com as peças produzidas, o que contribuiu para uma gestão mais ágil e estruturada. Essas melhorias não só aprimoraram o desempenho do robô de solda, mas também proporcionaram um ambiente mais organizado e eficiente, reduzindo o tempo perdido com movimentações desnecessárias e facilitando o trabalho dos operadores, logo essas rotas interligadas com o uso do aplicativo *Kanban* digital.

4.8 DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS

Portanto foram desenvolvidas embalagens padrão foram desenvolvidas com capacidade de armazenar até 30 linhas de adubo por unidade, assegurando uma operação mais eficiente e organizada. Além disso, para garantir melhores condições ergonômicas para o operador, foi criado um suporte específico para essas embalagens, conforme demonstrado na figura 14. Este suporte foi projetado para facilitar o manuseio, minimizando o esforço físico e melhorando a postura durante a execução das tarefas.

Figura 14:Embalagem da linha de adubo mais suporte



Fonte: Autor (2024)

A nova configuração foi validada por meio de um processo de *Go & See* realizado junto ao técnico de segurança, que avaliou a disposição das embalagens e a ergonomia proporcionada pelo suporte de acordo com a NR17 (BRASIL, 1990).

4.9 INFORMAÇÕES DERIVADAS

A implementação de um sistema de produção puxada na linha de adubo resultou em impactos significativos e transformadores em várias áreas operacionais da empresa, evidenciando sua eficácia como uma estratégia de manufatura enxuta (*Lean Manufacturing*). Este sistema, amplamente utilizado em ambientes industriais de alta eficiência, tem como princípio a produção baseada na demanda real, o que contribui para a redução de desperdícios, melhor utilização de recursos e aumento da eficiência operacional. A seguir, são apresentados os principais resultados obtidos após a adoção dessa metodologia, detalhando as melhorias em segurança, ergonomia, gerenciamento de inventário, controle de estoques, eficiência produtiva e organização.

4.9.1 SEGURANÇA

Antes da implementação do sistema de produção puxada, o excesso de embalagens de linha de adubo acumuladas no chão de fábrica comprometia a segurança dos operadores e colaboradores, aumentando os riscos de acidentes, como quedas e colisões. O ambiente desorganizado dificultava a circulação e criava obstáculos perigosos no setor de trabalho.

Com a adoção do sistema puxado para esse item, esses riscos foram eliminados. A produção passou a ser realizada conforme a demanda real, evitando acúmulo de peças desnecessárias. As peças foram organizadas e armazenadas corretamente, liberando espaço e garantindo áreas de circulação seguras e desobstruídas para o posto deste robô que produz linha de adubo.

Essa mudança resultou em um ambiente de trabalho mais seguro. A organização facilitou o controle visual de possíveis riscos e a prevenção de problemas. Além disso, a empresa passou a atender melhor as normas de segurança, o que reduziu custos com possíveis acidentes de trabalho e aumentou a confiança dos colaboradores, que agora trabalham em um local mais seguro e eficiente.

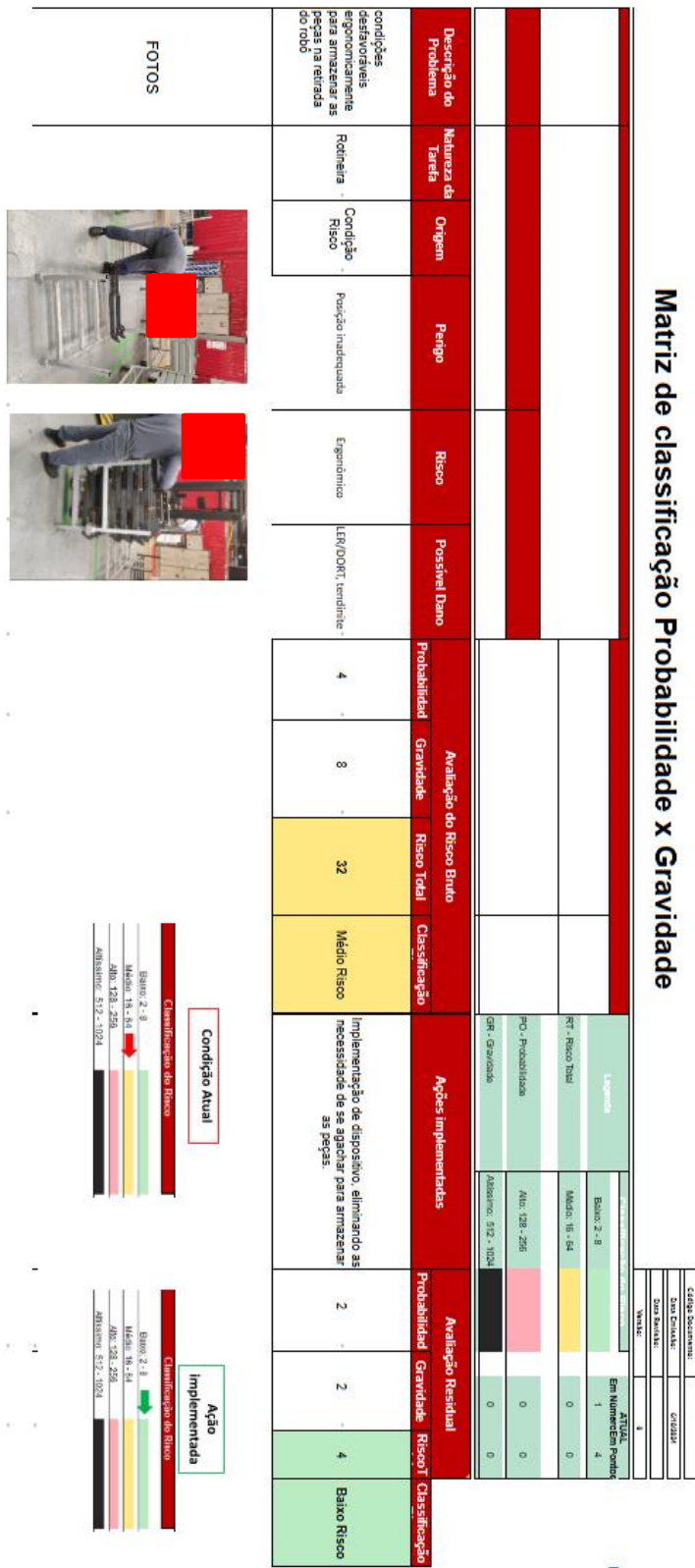
A melhoria na segurança também impactou positivamente a produtividade, pois os operadores podem trabalhar de maneira mais eficaz em um ambiente organizado e sem interrupções por questões de segurança.

4.9.2 ERGONOMIA

A análise ergonômica inicial da linha de adubo quanto ao seu armazenamento, identificou um nível de risco alto, com uma classificação de 32, evidenciando sérias preocupações com a saúde dos operadores, que segundo Dul e Weerdmeester (2022) complementam que o uso da matriz de probabilidade/gravidade é uma abordagem prática e visual para apoiar a gestão da ergonomia. O cálculo envolve etapas como a identificação dos riscos, que consiste no mapeamento das condições de trabalho que apresentam fatores de risco, como levantamento de cargas ou posições forçadas; a classificação, que atribui uma pontuação à probabilidade (baixa, média ou alta) e a gravidade (baixa, média ou alta) de cada risco identificado; e, por fim, a priorização, que cruza os valores atribuídos na matriz para determinar a urgência das ações necessárias.

O armazenamento das embalagens exigia posturas inadequadas e esforços repetitivos, aumentando o risco de lesões e desconforto. Após as intervenções, foram criadas embalagens padronizadas e desenvolvido um suporte para embalagem ergonomicamente que posiciona as peças na altura ideal para manuseio, conforme apresentado no tópico desenvolvimento de embalagem. Essas mudanças reduziram os riscos ergonômicos para apenas uma pontuação 4, avaliação do técnico de segurança feita conforme NR17 (BRASIL, 1990), proporcionando um ambiente de trabalho muito mais seguro e confortável, matriz de ergonômica ilustrada na figura 15.

Figura 15: Matriz Ergonomica



Fonte: Autor (2024)

Segundo Dul e Weerdmeester (2022), as melhorias ergonômicas reduzem lesões ocupacionais como LER e DORT, aumentam o conforto dos trabalhadores ao minimizar esforços excessivos, melhoram a produtividade ao reduzir a fadiga e previnem afastamentos, gerando menores custos e maior estabilidade para colaboradores.

4.9.3 INVENTÁRIO

Em 2023, a empresa enfrentava desafios significativos no gerenciamento de inventário da linha de adubo, realizando 10 inventários ao longo do ano. Esse elevado número de inventários refletia uma gestão ineficiente, caracterizada por uma previsão imprecisa da demanda e um acúmulo excessivo de produtos. Esse cenário gerava custos adicionais relacionados à armazenagem e dificultava a identificação de problemas no fluxo de produção.

Com a implementação do sistema de produção puxada em 2024, a situação melhorou drasticamente. A empresa conseguiu reduzir o número de inventários para apenas 2, indicando uma eficiência significativamente maior no controle de estoque. Essa redução foi possível devido ao alinhamento da produção com a demanda real, permitindo que a empresa evitasse a superprodução e os excessos de inventário. A nova abordagem garantiu que os produtos fossem fabricados somente conforme a necessidade do mercado, resultando em um fluxo de trabalho mais otimizado.

O sistema de produção puxada possibilitou um monitoramento mais eficaz da demanda, permitindo ajustes na produção com base em dados históricos e informações de mercado. Essa abordagem resultou em uma adaptação ágil às flutuações do mercado, melhorando o atendimento às necessidades dos clientes. Com a redução do inventário e um gerenciamento mais eficiente, a agilidade operacional aumentou, permitindo que a equipe se concentrasse na produção e na qualidade, em vez de lidar com excessos de estoque. Como consequência, a produção passou a estar mais alinhada com a demanda, diminuindo interrupções e aumentando a eficiência, tudo isso se for implementados para todos os itens produzidos na empresa.

4.9.4 ESTOQUE

Inicialmente, o estoque da linha de adubo era composto por 900 peças, totalizando um valor de R\$ 288.761,94. Essa situação indicava não apenas uma superprodução, mas também ineficiências operacionais que impactavam a empresa em diversos aspectos, incluindo custos

elevados de armazenagem e um fluxo de trabalho desorganizado. O acúmulo excessivo de peças dificultava a visualização do inventário disponível e tornava a identificação de itens que precisavam ser reabastecidos mais complicada.

Com a implementação do sistema de produção puxada, a empresa conseguiu reduzir o estoque para 440 peças, o que representa uma diminuição de 48,89%. O novo valor do estoque, que passou a ser de R\$ 141.172,50, reflete não apenas uma redução significativa na quantidade de produtos, mas também uma melhoria na gestão financeira da operação. Essa diminuição resultou em uma série de benefícios operacionais, ilustrado antes e depois na figura 16 e figura 17.

Figura 16: Antes o estoque



Fonte: Autor (2024)

Figura 17:Depois do estoque



Fonte: Autor (2024)

A redução no estoque, conforme discutido por Ohno (1997), é um dos pilares do Sistema Toyota de Produção e contribui significativamente para a eficiência do fluxo de trabalho. Com menos peças armazenadas, focou-se na produção e no atendimento de pedidos, eliminando distrações causadas pela desorganização e otimizando o uso do espaço.

Além disso, essa prática está alinhada com os princípios de um ambiente mais enxuto, como enfatizado por Imai (2014), que destaca a importância de reduzir o desperdício para melhorar a visibilidade dos materiais e facilitar a gestão. A menor quantidade de itens armazenados permite identificar rapidamente as necessidades de reabastecimento, aumentando a precisão na previsão de demanda. Isso não só agiliza o atendimento ao cliente, mas também fortalece a capacidade da empresa de responder às demandas voláteis do mercado, aumentando sua competitividade.

4.9.5 5S

A implementação do sistema puxado, combinada com alterações no layout, dimensionamento do *Kanban* de pagamento e ações de 5S, resultou em melhorias significativas no ambiente de trabalho. As mudanças no layout otimizaram o espaço, facilitando o acesso a ferramentas e componentes, o que reduziu o tempo de deslocamento dos operadores e aumentou a agilidade da produção.

O dimensionamento adequado do *Kanban* garantiu que os níveis de estoque estivessem alinhados com a demanda, evitando excessos e faltas. Isso permitiu que a equipe monitorasse a produção em tempo real e fizesse ajustes rápidos quando necessário, respondendo de forma eficiente às flutuações de demanda.

As ações de 5S, conforme Imai (2014), são fundamentais para criar um ambiente de trabalho limpo e organizado, essenciais para a melhoria contínua e a eliminação de desperdícios. Essa prática promoveu não apenas a segurança, mas também a capacidade dos operadores de identificar rapidamente desvios no processo, como destacado por Shingo (1996), que reforça a importância de um ambiente ordenado para facilitar ajustes ágeis e assegurar a estabilidade operacional. Dessa forma, o 5S se mostrou uma base estratégica para sustentar melhorias no fluxo de trabalho e na eficiência produtiva..

4.9.6 LEAD TIME

A implementação do sistema de produção puxada resultou em uma redução significativa do lead time das peças, que caiu em 45,5%. Essa redução melhorou a agilidade da produção, permitindo que a empresa respondesse rapidamente às demandas dos clientes, o que é fundamental em um mercado competitivo.

Com ciclos de produção mais curtos, a empresa otimiza o uso de recursos, como matéria-prima e mão de obra, aumentando a capacidade de atendimento sem necessidade de investimentos adicionais. Além disso, essa agilidade aprimora a comunicação entre os setores, como produção, logística e vendas, garantindo uma coordenação mais eficaz.

Os resultados alcançados confirmam a eficácia da implementação do sistema de produção puxada, como defendido por Ohno (1997), ao promover melhorias na eficiência operacional e na segurança do ambiente de trabalho. A redução de desperdícios, um dos princípios fundamentais do Sistema Toyota de Produção, e a melhoria no gerenciamento de

inventário garantiram um fluxo produtivo mais ágil e adaptado às demandas voláteis do mercado. Esses avanços reforçam a importância de alinhar as operações às necessidades reais, conforme discutido por Imai (2014), para otimizar recursos e aumentar a competitividade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais deste trabalho destacam a importância da implementação de uma abordagem estruturada e orientada para a otimização dos processos produtivos, especificamente na linha de adubo da empresa implementada. A aplicação das ferramentas de qualidade escolhidas, foram etapas fundamentais que permitiram identificar e reduzir desperdícios, melhorar o equilíbrio da produção e aumentar a eficiência operacional.

A introdução do sistema de produção puxada, suportado por um aplicativo de *Kanban* Digital, trouxe significativos avanços para a gestão visual e o controle da produção. Através do monitoramento em tempo real e da capacidade de ajustar rapidamente os níveis de produção conforme a demanda, a empresa deu um passo importante em direção a uma operação mais ágil e flexível. Isso resultou em uma considerável redução dos estoques intermediários em 48,89% e dos tempos de ciclo, diminuindo o lead time da produção em 45,5% e melhorando o fluxo de materiais entre os setores de solda, pintura e *picking* para a montagem.

Os treinamentos realizados foram essenciais para assegurar a correta implementação das mudanças e garantir que os colaboradores compreendessem os novos processos e seus benefícios. A capacitação da equipe proporcionou uma maior conscientização sobre a importância de uma produção mais enxuta e orientada pela demanda, consolidando uma cultura de melhoria contínua.

O sucesso deste projeto pode ser atribuído à integração entre diferentes áreas da empresa, à escolha adequada das ferramentas de qualidade e ao envolvimento ativo dos colaboradores em todas as etapas. Os resultados obtidos indicam um avanço significativo em direção aos princípios da Indústria 4.0, com maior uso de tecnologias e dados para a tomada de decisões mais assertivas.

Portanto, este projeto não apenas atingiu seus objetivos principais de reduzir os desperdícios e implementar uma produção puxada, mas também estabeleceu uma base sólida para futuras melhorias contínuas e inovações na fábrica, também a ampliação desse projeto para novas peças de produção em alta escala.

6 REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora n.º 17: Ergonomia. Portaria nº 3.751, de 23 de novembro de 1990. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/assuntos/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-17>. Acesso em: 20 Dez. 2024.

DUL, Jan; WEERDMEESTER, Ben. Ergonomia prática. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2022.

GUÉRIN, François; LAVILLE, Antoine; DANIELLOU, François; DURAFFOURG, Jacques; KERGUELEN, Alain. Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

IMAI, M. Gemba Kaizen: uma abordagem de bom senso à estratégia de melhoria contínua. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2014.

OHNO, T. O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre, RS: Bookman, 1997.

ORTIZ, C. Kaizen e implementação de eventos kaizen. 1. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2010.

ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo, SP: Lean Institute Brasil, 2003.

SHINGO, S. O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 1996.

TUBINO, D. F. Planejamento e controle da produção: teoria e prática. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2007.

VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE (VDA). KLT small load carriers. Disponível em: <https://www.vda.de>. Acesso em: 06.Jan.2025.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. A máquina que mudou o mundo. 10. ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Campus Ltda, 2004.