

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

JOÃO VICENTE MEINKE

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
**Aplicação de ferramentas do *Lean Manufacturing* para implementação de uma
linha de pré-montagem**

Ibirubá

2022

JOÃO VICENTE MEINKE

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Aplicação de ferramentas do *Lean Manufacturing* para implementação de uma
linha de pré-montagem**

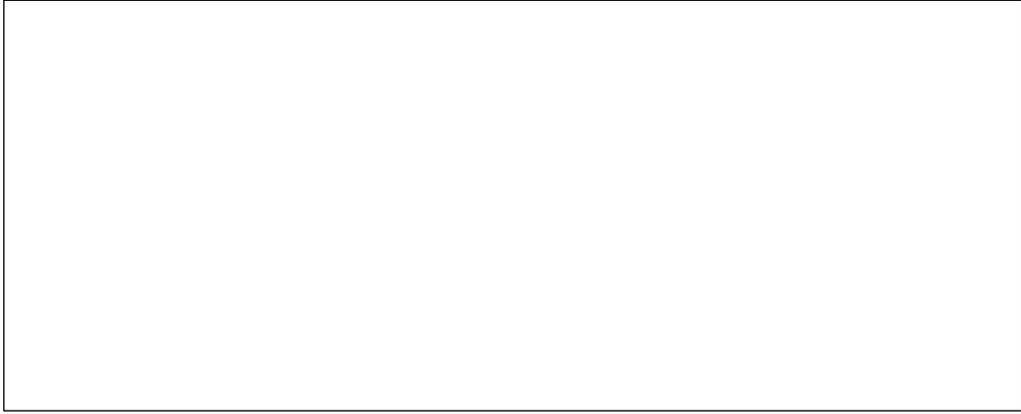
Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Ibirubá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Controle de Processos Industriais

Orientador: Prof. Me. Giancarlo Stefani Schleder

Ibirubá

2022



Aplicação de ferramentas do Lean Manufacturing para implementação de uma linha de pré-montagem

João Vicente Meinke

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, 21 de Fevereiro de 2022.

Banca Examinadora:

Prof. Me. Giancarlo Stefani Schleder
IFRS Campus Ibirubá

Prof. Dr. Cristiano Kulman
IFRS Campus Ibirubá

Prof. Me. Jefferson Morais Gauterio
IFRS Campus Ibirubá

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha mãe e ao meu irmão, por terem sido meus principais incentivadores e apoiadores nesta jornada. Mesmo com muitas dificuldades, juntos, superamos todos os desafios. Sem vocês, nada disso seria possível. Ao meu pai, por fazer despertar o interesse da Engenharia Mecânica em mim.

Ao meu orientador, professor Giancarlo, pelo auxílio e disponibilidade para que este trabalho pudesse ser executado. Mesmo com as dificuldades impostas pela pandemia, não mediu esforços para me guiar e compartilhar sua experiência comigo.

Aos meus supervisores, Renata e, posteriormente, o Matheus, por terem confiado um trabalho tão representativo em minhas mãos.

Aos meus colegas de trabalho, por terem me ensinado, através de suas amplas experiências e conhecimentos, diversos conceitos aplicados no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos que sempre compreenderam a minha ausência em diversos momentos.

Ao IFRS-Ibirubá, por propiciar uma ótima qualidade de ensino, através de seus professores e infraestrutura.

RESUMO

O investimento em tecnologias e automatizações nos processos produtivos em empresas do ramo agrícola vem sendo cada vez mais utilizado, onde visa-se principalmente a redução de custos, otimização dos processos e da segurança dos colaboradores. Tendo em vista essas considerações, este estudo tem como objetivo analisar o fluxo de montagem de uma estação de trabalho responsável pela montagem de linhas de semente em uma indústria de implementos agrícolas, visando a implementação de uma nova linha de pré-montagem com automatização embarcada. Para isso, a metodologia utilizada foi um estudo de caso, onde realizou-se a avaliação dos principais conjuntos montados na estação de trabalho, levantando dados para possibilitar um estudo mais preciso e eficaz, visando implementar uma nova linha de pré-montagem onde todas as necessidades e requisitos de projeto e processo fossem atendidas. Para a realização do trabalho, foram utilizadas ferramentas do *lean manufacturing*, sendo elas *Kaizen*, *5S*, Diagrama de *Spaghetti* e *Heijunka*. Além disso, foi realizado um amplo estudo de *layout* da estação de trabalho, buscando deixar as máquinas, equipamentos e operadores da estação de trabalho nas melhores posições possíveis, buscando eliminar os desperdícios de produção encontrados durante o estudo. Como principais resultados deste trabalho, tem-se uma estação de trabalho mais eficiente e produtiva, sendo capaz de atingir as demandas de produção futuras com menos desperdícios de processo, maior segurança dos operadores e um menor custo de produção.

Palavras chave: *Lean Manufacturing*. *Kaizen*. Automatização. *Layout*. Implementos Agrícolas.

ABSTRACT

The investment in Technologies and automation in production lines in companies of the agricultural sector has been increasingly used where the main goals is to reduce costs, improve processes and the safety of the operators. Taking these considerations, this study has the goal to analyze the assembly flow of a workstation responsible to assembly the seed rows in an agricultural implements industry, aiming at the implementation of a new pre-assembly line with automation setups. For this, the methodology used was a case study, where all main sets assembled on the workstation were evaluated, collecting data to able a more accurate and effective study, aiming to implement a new pre-assembly line, where all project requirements and needs are met. To realize this work, lean manufacturing tools were used, like Kaizen, 5S, Spaghetti Diagram and Brainstorming. In addition to that, an extensive workstation layout study was realized, seeking to eliminate the production waste found during the process. The main results of this work are a more efficient and productive workstation, being able to meet future production demands with less process waste, more safety for the operators and a lower costs production.

Key words: Lean Manufacturing. Kaizen. Automation. Layout. Agricultural Implements.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

JIT – *Just in Time*

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

SMED – *Single Minute Exchange Die*

STP – Sistema Toyota de Produção

TPM – *Total Productive Maintenance*

VSM – *Value Stream Mapping*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Subdivisões dos cartões do sistema <i>Kanban</i>	22
Figura 2 – Etapas do VSM.....	26
Figura 3 – VSM para um estado atual.	27
Figura 4 – VSM para um estado futuro	28
Figura 5 – Dois tipos de <i>Kaizen</i>	30
Figura 6 – Exemplo de <i>layout</i> por posição fixa.	33
Figura 7 – Exemplo de um <i>layout</i> funcional ou por processo.	34
Figura 8 – Exemplo de <i>layout</i> celular.....	35
Figura 9 – Exemplo de <i>layout</i> em linha.....	36
Figura 10 – Esquema do procedimento deste trabalho	38
Figura 11 – Linha de Semente modelo A	40
Figura 12 – Linha de Semente Pivotada	41
Figura 13 – Disco Duplo.....	41
Figura 14 – Torre da Linha de Semente	42
Figura 15 – Dosador de Sementes Pneumático-Eletrônico	42
Figura 16 – Disco Duplo.....	42
Figura 17 – Cambão da Linha de Semente	43
Figura 18 – Sistema de Dosagem de Sementes Mecânico.....	43
Figura 19 – Vista da área de montagem da linha de pré-montagem atual.....	45
Figura 20 – Vista geral da estação de trabalho	46
Figura 21 – Linha de pré-montagem atual.....	46
Figura 22 – <i>Layout</i> da estação de trabalho em estudo	47
Figura 23 – Divisão dos fluxos de montagem no <i>layout</i> atual	48
Figura 24 – Balanceamento de Operações Área 1	49
Figura 25 - Ociosidade em relação ao Operador B.....	50
Figura 26 – Balanceamento de Operações da área 2	51
Figura 27 – Diagrama de Spaghetti para a área 1	53
Figura 28 – Distância percorrida por operador na Área 1 durante os meses	54
Figura 29 – Agregação de valor para a Área 1	55
Figura 30 – Diagrama de Spaghetti da Área 2.....	56

Figura 31 - Distância percorrida por operador na Área 2 durante os meses.....	57
Figura 32 – Análise de Valor para a Área 2	57
Figura 33 - Conceito da nova linha de pré-montagem	59
Figura 34 – Nova Linha de Pré-Montagem	60
Figura 35 – Novo <i>layout</i> da estação de trabalho.....	61
Figura 36 – Balanceamento de Operações – Estado Futuro	64
Figura 37 – Movimentação dos operadores no novo <i>layout</i>	65
Figura 38 – Movimentação para realizar a montagem de uma linha de semente pivotada no novo <i>layout</i>	67
Figura 39 – Análise de Valor para o Estado Futuro	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Movimentação por operador (Área 1)	53
Tabela 2 – Movimentação por operador (Área 2)	56
Tabela 3 – Descrição de operações linha de semente com maior volume.....	62
Tabela 4 – Movimentação por operador para montar uma linha de semente pantográfica no novo <i>layout</i>	66
Tabela 5 - Movimentação por operador para montar uma linha de semente pivotada no novo <i>layout</i>	67
Tabela 6 – Aumento da Capacidade de Produção diária de linhas de semente: Estado Atual x Estado Futuro.....	69
Tabela 7 – Redução de movimentação para linhas pantográficas: Estado Atual x Estado Futuro	69
Tabela 8 – Redução de movimentação para linhas pivotadas: Estado Atual x Estado Futuro	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Funções e regras para utilização do sistema <i>Kanban</i>	21
Quadro 2 - Alternativas de <i>layout</i> para cada tipo de processo.....	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA.....	13
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivos específicos	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	LEAN MANUFACTURING	15
2.1.1	Origem do <i>Lean Manufacturing</i>	15
2.1.2	Objetivos do <i>Lean Manufacturing</i>	16
2.1.3	Desperdícios segundo o <i>Lean Manufacturing</i>	16
2.1.4	Princípios do <i>Lean Manufacturing</i>	17
2.2	CONCEITOS E FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING	18
2.2.1	Metodologia 5S	18
2.2.2	Poka-Yoke e Andon	19
2.2.3	Sistema Kanban.....	21
2.2.4	Heijunka.....	22
2.2.5	<i>Single Minute Exchange Die</i> (SMED).....	23
2.2.6	Manutenção Produtiva Total (TPM).....	24
2.2.7	Mapa do Fluxo de Valor (VSM)	25
2.2.8	Kaizen.....	28
2.2.9	Brainstorming.....	30
2.3	LAYOUT DE FÁBRICA.....	31
2.3.1	Entendendo o Layout de Fábrica	31
2.3.2	Tipos de <i>layout</i>	32
3	MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1	OBJETO DE ESTUDO.....	37
3.2	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	37
3.3	CONTEXTUALIZAÇÃO SOBRE OS PRODUTOS.....	39
3.3.1	Linhas de Semente Pantográficas	40

3.3.2 Linhas de Semente Pivotadas	41
3.3.3 Principais Componentes das Linhas de Semente Pantográficas	41
3.3.4 Principais Componentes das Linhas de Semente Pivotadas	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 ANÁLISE DO ESTADO ATUAL	44
4.1.1 <i>Layout</i> da estação de trabalho.....	44
4.1.2 Balanceamento de Operações.....	49
4.1.3 Análise de desperdícios da estação de trabalho na Área 1.....	52
4.1.4 Análise de Valor para a Área 1.....	54
4.1.5 Análise dos desperdícios na estação de trabalho para a Área 2	56
4.1.6 Análise de Valor para a Área 2.....	57
4.2 DEFINIÇÃO DO ESCOPO DA NOVA LINHA DE PRÉ-MONTAGEM.....	58
4.3 ANÁLISE DO ESTADO FUTURO	60
4.3.1 Novo <i>layout</i> da estação de trabalho	60
4.3.2 Balanceamento de Operações.....	62
4.3.3 Análise de movimentação	64
4.3.4 Análise de Valor	68
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	68
5 CONCLUSÕES	71
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	72
REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais dentro das indústrias o *lean manufacturing* vem sendo empregado, fazendo com que a empresa adote culturas de produção e segurança que fazem aumentar os índices de produtividade e redução de acidentes ocupacionais. Além disso, faz com que os colaboradores da empresa tenham uma rotina de trabalho melhor.

O *lean manufacturing* de acordo com WERKEMA (2006) é uma iniciativa que busca eliminar desperdícios, isto é, excluir o que não tem valor para o cliente e imprimir velocidade à empresa.

Nos últimos anos, onde a indústria vem passando por diversas atualizações de tecnologias, cada vez mais é necessário empregar ferramentas que sustentem um processo enxuto e sem desperdícios. Para desenhar o processo de montagem de componentes, que resultarão em um conjunto final, é preciso entender as suas características críticas, para que o mesmo seja entregue ao cliente com ótimos níveis de qualidade. Além disso, a montagem de componentes é apenas a consequência de todo um processo anterior.

O layout de acordo com CHIAVENATO (2004) nada mais é do que a distribuição física de máquinas e equipamentos dentro da organização onde, através de cálculos e definições estabelecidas de acordo com o produto a ser fabricado, se organiza os mesmos para que o trabalho possa ser desenvolvido da melhor forma possível e com o menor desperdício de tempo.

Para que o processo dentro de uma célula de montagem seja projetado da melhor maneira possível, algumas considerações precisam ser realizadas. O principal ponto é a segurança dos operadores que estarão executando o trabalho, pois de nada adianta que os produtos sejam produzidos com altíssima qualidade e em um baixo tempo, se existem riscos de operação nos equipamentos que estão sendo manipulados pelos operadores.

A segurança, aliada a necessidade de aumentar a produtividade da célula de trabalho, sempre garantindo padrões de qualidade pré-estabelecidos, otimização das operações e melhorias das sequências de montagem, além de garantir padrões de organização, é um dos assuntos que mais demandam horas de estudo e projeto aos responsáveis pela elaboração de um fluxo de processos dentro de uma célula de trabalho.

Tendo em vista todos os argumentos apresentados, este estudo demonstra uma análise do fluxo de processos de uma nova linha de pré-montagem em uma empresa de máquinas e

implementos agrícolas localizada na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, visando atingir a projeção de demanda de produção para os próximos anos.

1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo IVANQUI (1997) montar um novo layout em uma organização é entender e solucionar problemas de posicionamento de máquinas, setores e decidir sobre qual a melhor posição que cada um deve possuir. Em todo o desenvolvimento do novo layout, uma preocupação básica deve estar sempre sendo buscada. Um exemplo pode ser fazer com que o fluxo de trabalho seja mais eficiente. Por fluxo de trabalho, podemos entender como sendo um fluxo de materiais ou mesmo um fluxo de colaboradores.

Automação pode ser definida como qualquer sistema que utiliza, em computadores, mecanismos que irão substituir o trabalho humano, buscando garantir a segurança das pessoas, a qualidade dos produtos, a agilidade de produção ou a redução de custos. (MORAES E CASTRUCCI, 2007).

Aliar equipamento automatizado junto a processos produtivos, requer do profissional diversas análises para retirar melhor proveito do equipamento e fazer com que o mesmo seja o mais eficiente possível.

Realizar um estudo do fluxo de processos de uma célula de trabalho contribuirá para o sucesso da implementação de um equipamento. A definição de entrada e saída de materiais, redução do distanciamento dos operadores dos pontos de coleta de matéria-prima fará com que o tempo de montagem de determinado conjunto seja reduzido. Além disso, o nível de fadiga dos operadores irá diminuir, visto que será necessário realizar um menor esforço físico em caminhadas para coletar um item e poder dar sequência no seu processo de montagem.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar um estudo sobre o fluxo de processos de uma nova linha de pré-montagem de linhas de semente de modo a garantir a entrega da demanda de produção de plantadeiras, visando uma redução no tempo de processo atual, implicando em redução de custos dos componentes, melhoria de ergonomia e segurança dos operadores envolvidos na montagem da estação de trabalho, garantindo o máximo de produção possível no espaço disponível.

O estudo foi realizado em uma indústria de máquinas e implementos agrícolas, localizada no Noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

O trabalho será realizado seguindo cinco principais passos, sendo eles:

- i. Estudo do estado atual da estação de trabalho;
- ii. Análise dos volumes de produção para os próximos anos;
- iii. Definição do escopo da nova linha de pré-montagem;
- iv. Definição do fornecedor da nova linha de pré-montagem;
- v. Estudo do estado futuro da estação de trabalho.

1.2.1 Objetivos específicos

Visando a realização do objetivo geral apresentado, foram definidos objetivos específicos, de modo a facilitar a organização e realização das atividades necessárias para o sucesso do estudo:

- i. Realizar uma análise sobre a situação atual da estação de trabalho, visando entender a necessidade de aquisição de uma nova linha de pré-montagem;
- ii. Definir requisitos funcionais para a nova linha de pré-montagem;
- iii. Avaliar a capacidade máxima de entrega da nova linha de montagem, de modo a entender quantas linhas de semente ela será capaz de produzir e até quando ela suprirá a demanda de produção projetada;
- iv. Definir fluxos de entrada e saída de material, realizando um estudo de layout na célula de montagem;
- v. Realizar cálculos e entender os ganhos de produtividade proporcionados pelas atividades que serão realizadas.

Ao finalizar a análise todos esses passos, espera-se, como resultados, uma estação de trabalho com menos desperdícios, capaz de entregar os volumes de produção previstos para os próximos anos, tendo um processo mais seguro, ergonômico e mais barato, devido às automatizações que serão implementadas junto com a nova linha de pré-montagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 LEAN MANUFACTURING

O Sistema Toyota de Produção (ou do inglês, *Toyota Production System*) tem sido, ultimamente, referenciado como sistema de produção enxuta. A partir de um estudo acerca da indústria automobilística mundial realizado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), o livro *A Máquina que Mudou o Mundo* de Womack et al. (2004), traz evidências sobre as vantagens no uso do Sistema Toyota de Produção (STP). O estudo do MIT acabou evidenciando que o STP entregava grandes diferenças em pilares fundamentais dentro de uma linha de produção, como a qualidade e produtividade.

O termo produção enxuta (ou do inglês, *lean manufacturing*) passa a ser difundido a partir do lançamento do livro *A Máquina que Mudou o Mundo* e desde então vem sendo utilizado e apreciado dentro de fábricas de manufatura em todo o mundo.

O *lean manufacturing* possui como objetivo principal eliminar todas as operações que não são necessárias dentro do sistema de produção, buscando, de certa forma, tornar o produto final mais competitivo dentro do mercado.

2.1.1 Origem do *Lean Manufacturing*

Após o término da Segunda Guerra Mundial, cada vez mais era nítida a importância de tornar a produção mais eficiente. Taiichi Ohno, um engenheiro da Toyota, recebeu o objetivo de conduzir ações para elevar a produtividade da empresa. Ohno, em uma viagem aos Estados Unidos, passa a reparar como eram coletadas as peças e produtos nas prateleiras dos supermercados. Os clientes pegavam apenas o que era necessário, no momento e na quantidade necessária.

A Toyota contava com mão-de-obra qualificada, entretanto os recursos eram ineficientes e tornava-se necessário realizar um incremento de qualidade dos produtos, bem como realizar uma redução dos desperdícios que haviam dentro do processo para que pudessem se tornar competitivos frente ao mercado.

O STP surge desta maneira, ao contrário da produção em massa, o STP apostava na redução e eliminação dos desperdícios de produção. O STP vem sendo aprimorado desde então e sendo empregado cada vez mais dentro das empresas de manufatura em todo o mundo.

2.1.2 Objetivos do *Lean Manufacturing*

Segundo WOMACK, JONES e ROSS (2004), os principais objetivos do *lean manufacturing* são:

- Eliminar desperdícios;
- Melhorar os índices de qualidade do produto;
- Redução dos custos da fábrica e de logística de produtos;
- Eliminar operações que não agregam valor ao produto;
- Eliminar defeitos;
- Redução na quantidade de estoque;
- Redução no tempo necessário que um produto leva para percorrer um processo, da entrada até saída (*Lead Time*);
- Redução no tempo de preparação de ferramentas ou dispositivos.

2.1.3 Desperdícios segundo o *Lean Manufacturing*

Desperdício são todos os elementos de produção que fazem aumentar os custos sem agregar valor, como por exemplo: excesso de pessoas, excesso de estoque e excesso de equipamentos (OHNO, 1997).

Ainda conforme Ohno (OHNO, 1997) o desperdício causado por um único erro, consumirá os lucros, colocando em riscos à saúde financeira da empresa.

A eliminação de desperdícios deve ser direcionada principalmente para reduzir custos de produção, reduzindo a força de trabalho e dos estoques, deixando clara a maior disponibilidade de instalações e equipamentos (OHNO, 1997).

Os sete desperdícios de produção que não agregam valor, classificados por Ohno (OHNO, 1997) são:

- i. **Superprodução:** Acontece ao se produzir mais do que o cliente solicita, gerando um excesso de estoque. A programação da produção deve estar de acordo com aquilo que o cliente solicita.
Superprodução por quantidade: É a produção realizada além do que foi solicitado pelo cliente;

- Superprodução por antecipação:** É a produção realizada antes do necessário, fazendo com que produtos ou peças fiquem armazenadas aguardando processamento.
- ii. **Espera:** Quando peças ou produtos estão prontos para serem manufaturados, ficam esperando que recursos (material, pessoas, equipamentos ou informações) sejam destinados à processá-los.
 - iii. **Transporte:** Transporte de peças ou produtos entre estações de trabalho incrementa tempo de fabricação, gerando um custo que não agregará valor ao produto final.
 - iv. **Movimentação desnecessária:** Acontecerá quando a disposição de equipamentos, bancadas de trabalho e pontos de coleta de peças estão incorretas dentro do *layout* de uma estação de trabalho. Esses movimentos não agregam valor ao produto, somando um custo desnecessário de produção sendo, assim, considerado um desperdício.
 - v. **Estoque em excesso:** O acúmulo de peças e produtos representa um desperdício, visto que estará impactando na área para armazená-los, além do tempo para manipulá-los;
 - vi. **Defeitos:** Peças ou produtos com defeitos não podem ser comercializados e gerarão a necessidade de passarem por retrabalhos ou mesmo serem descartados.
 - vii. **Desperdício do próprio processo:** Falta de informação, utilização de equipamentos e ferramentas de maneira incorreta irão gerar esse desperdício. Processar em excesso pode ser tão prejudicial como sub-processar.

2.1.4 Princípios do Lean Manufacturing

WOMACK e JONES (1998) definem alguns princípios que podem ser seguidos para eliminar os desperdícios de produção. Ao todo, são cinco princípios:

- i. **Especificação de valor:** Valor pode ser definido apenas pelo cliente final. As especificações dos requisitos pretendidos pelo cliente precisam estar claras. As necessidades do cliente precisam ser satisfeitas e o produto ou serviço precisa ser entregue no tempo e na quantidade certa, com a qualidade pretendida.

- ii. **Identificar a cadeia de valor:** A cadeia de valor são todas as ações necessárias para levar um produto ou serviço para o cliente final. Segundo (PINTO, 2008) existem três classificações para processos: aqueles que agregam valor, aqueles que não agregam valor, mas são necessários e aqueles que não agregam valor e precisam ser eliminados.
- iii. **Fluxo:** Os processos precisam estar bem definidos para que surja a existência do fluxo contínuo. A remoção dos desperdícios e dos gargalos de produção possibilitará uma redução no tempo de processo de peças e produtos.
- iv. **Puxar:** Faça com que o cliente puxe a sua produção. Ou seja: venda um produto para produzir um produto.
- v. **Busca da perfeição:** Melhoria contínua de processos, custos, defeitos e espaços.

2.2 CONCEITOS E FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING

2.2.1 Metodologia 5S

Segundo DAYCHOUM (2008) o Programa 5S foi inventado por Kaoru Ishikawa, no Japão, na década de 1950. DAYCHOUM (2008) ainda relata que o programa 5S foi criado com o objetivo de transformar as organizações e atitude das pessoas, aumentando produtividade, diminuindo desperdícios, reduzindo custos e melhorando a qualidade de vida dos funcionários.

O Programa 5S parte de cinco sentidos que são representados por cinco palavras japonesas: *Seiri*, *Seiton*, *Seisoh*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. As definições de cada sentido, segundo FREITAS e SUETT (2005) são:

- i. **Senso de utilização (*Seiri*):** Diz respeito à identificação de materiais, equipamentos, ferramentas, utensílios, informações e dados, descartando ou buscar destinar ao local correto de utilização aqueles materiais considerados necessários;
- ii. **Senso de ordenação (*Seiton*):** Refere-se à disposição sistemática dos objetos e dados, ou seja, define os locais e critérios corretos de armazenagem de materiais, ferramentas, equipamentos, utensílios e informações, de modo a facilitar a localização de cada item;

- iii. **Senso de limpeza (*Seiso*):** Além de retirar, o senso prega sobre não depositar sujeiras no ambiente de trabalho, priorizando que informações, documentos, materiais, equipamentos e dados estejam sempre nas melhores condições para a sua utilização. Além da limpeza, busca-se identificar a causa raiz dela, buscando eliminá-la.
- iv. **Senso de saúde (*Seiketsu*):** Preocupa-se com a saúde física, mental e emocional. Analisa se existe um ambiente de trabalho agradável e seguro, onde prevalecem as relações interpessoais e organizacionais saudáveis e produtivas.
- v. **Senso de disciplina (*Shitsuke*):** Este hábito é resultado do exercício da força mental, moral e física. Seguir este senso, significa desenvolver o autocontrole, ter paciência, ser persistente e respeitar o espaço e a vontade alheia.

2.2.2 Poka-Yoke e Andon

Em 1961, na Toyota Motor Company, foram criados dispositivos denominados Poka-Yoke, que possuíam, como objetivo, realizar a detecção de anormalidades. Viabilizar a inspeção 100% na fonte, com rápido *feedback* e eliminar custos de produção por perdas decorrentes da fabricação de produtos com defeitos também são objetivos dos Poka Yokes. Segundo GHINATO (1996) os Poka Yokes são utilizados para garantir um processamento com minimização de falhas, mas também podem ser aplicados em operações de inspeção, estocagem e transporte. Detectar anormalidades no processo, interromper e corrigir a anormalidade dependem, em sua maioria, da utilização de dispositivos Poka Yoke.

Segundo OHNO (1997) quando o objetivo é realizar a fabricação de produtos com qualidade em 100% do tempo, algumas inovações tornam-se necessárias em dispositivos e equipamentos, de modo a instalar dispositivos que irão prevenir defeitos.

Poka-Yoke, à prova de erros ou, do inglês, “*mistake-proofing*” pode ser quaisquer dispositivos simples que são instalados em equipamentos ou no posto de trabalho de modo a detectar erros e prevenir falhas no processo de fabricação. Alguns exemplos de Poka-Yoke são citados por OHNO (1997):

- i. Quando existe um erro de fabricação, o material não servirá no instrumento;
- ii. Se há irregularidade no material, a máquina não funcionará;
- iii. Se há um erro de trabalho, a máquina não iniciará o processo de fabricação;

- iv. Quando há erros de trabalho ou um passo foi pulado, as correções são feitas automaticamente e a fabricação continua;
- v. As irregularidades no processo anterior são barradas no processo posterior, a fim de parar os produtos com defeitos;
- vi. Quando algum passo é esquecido, o processo seguinte não será iniciado.

A classificação de Poka Yokes, segundo SHINGO (1996) pode ser feita da seguinte maneira:

- i. **Método do controle:** A linha de produção ou a máquina será parada para que uma ação corretiva seja realizada imediatamente;
- ii. **Método da advertência:** A anormalidade é detectada e sinais sonoros e/ou luminosos são emitidos, de modo a sinalizar a ocorrência e chamar a atenção dos responsáveis;
- iii. **Método do contato:** A anormalidade é detectada na forma ou dimensão por meio de dispositivos que estão em contato com o produto;
- iv. **Método do conjunto:** É utilizado em operações executadas em uma sequência de passos ou movimentos pré-estabelecidos de modo a garantir que nenhum dos passos definidos seja omitido;
- v. **Método das etapas:** Através da execução de movimentos padronizados, esse método evita que um operador realize uma etapa que não faz parte do processo.

Andon é um quadro responsável pela indicação da parada de produção, utilizando luzes para melhorar a visualização pelos operadores (OHNO, 1997). Este ainda define o significado de cada luz indicadora do Andon:

- Luz verde: As operações estão ocorrendo em sua naturalidade.
- Luz amarela: Quando um operador deseja realizar um ajuste na linha e solicita ajuda.
- Luz vermelha: Quando torna-se necessário realizar uma parada de linha ou de uma máquina afim de corrigir um problema.

2.2.3 Sistema Kanban

Kanban, é um termo da língua japonesa que possui o significado de cartão e seu principal objetivo dentro de um sistema produtivo, é coordenar a produção conforme as necessidades de cada produto. O *Kanban* além de fornecer informações sobre tempo e quantidade, irá moldar processos produtivos afim de facilitar o aperfeiçoamento além dos padrões já existentes. Como fonte de informação, o *Kanban* fornece informações pertinentes à estações de trabalho precedentes, controlando o processo de fabricação. Como forma de aperfeiçoamento, ele demonstra fraquezas existentes dentro do fluxo de materiais de uma empresa.

Segundo OHNO (1998, p. 131) *Kanban* é “um instrumento para o manuseio e garantia da produção *just-in-time*, o primeiro pilar do STP. Basicamente, um *Kanban* é uma forma simples e direta de comunicação localizada sempre no ponto que se faz necessária”. Em muitas vezes, um *Kanban* é um pedaço de papel colocado dentro de um envelope. Neste papel, serão escritas quanto de cada parte precisa ser retirada ou quantas peças precisam ser montadas. (OHNO, 1998).

Para o bom funcionamento de um sistema *Kanban*, algumas regras precisam ser seguidas. Além disso, operadores precisam estar disciplinados com a cultura da ferramenta para possibilitar uma implementação com sucesso. No Quadro 1 estão apresentadas algumas funções e regras do sistema *Kanban*.

Quadro 1 - Funções e regras para utilização do sistema *Kanban*

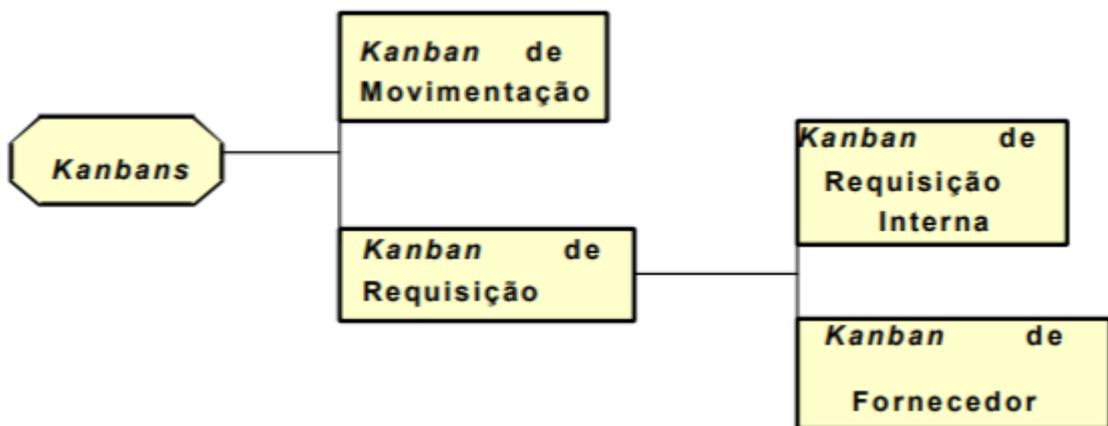
FUNÇÕES DO KANBAN	REGRAS PARA UTILIZAÇÃO
Fornecer informação sobre apanhar ou transportar.	O processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo <i>Kanban</i> no processo precedente.
Fornecer informação sobre a produção.	O processo inicial produz itens na quantidade e seqüência indicadas pelo <i>Kanban</i> .
Impedir a superprodução e o transporte excessivo.	Nenhum item é produzido ou transportado sem um <i>Kanban</i>
Servir como uma ordem de fabricação afixada às mercadorias.	Serve para afixar um <i>Kanban</i> às mercadorias.
Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz.	Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é mercadorias 100% livre de defeitos
Revelar problemas existentes e manter o controle de estoques.	Reduzir o número de <i>Kanbans</i> aumenta sua sensibilidade aos problemas.

Fonte: Ohno (1997).

É muito importante, para o bom funcionamento do sistema *Kanban*, que a produção seja em grande volume e repetitiva, além disso, é importante que a demanda seja estável. Ainda, é importante que os operadores passem por treinamentos sobre o *Kanban* e estejam comprometidos com os objetivos e sucesso do sistema.

Os cartões do sistema *Kanban* podem ser divididos em dois: Cartões de Produção e Cartões de Requisição. Cartões de Requisição podem ser subdivididos em *Kanban* de Requisição Interna e *Kanban* de Fornecedor. A Figura 1 demonstra esta subdivisão.

Figura 1 - Subdivisões dos cartões do sistema *Kanban*



Fonte: Tubino (1997).

O *Kanban* de Produção tem sua área de atuação ao centro de trabalho ou a estação de trabalho que executa determinada atividade produtiva dos itens. “Os cartões de produção exercem as funções das ordens de fabricação e montagem dos sistemas convencionais de PCP”. (TUBINO, 1999, p.88)

Kanbans de Requisição autorizam a movimentação dos itens entre as etapas de produção. Esse tipo de *Kanban* é necessário quando unidades produtivas, fornecedores internos e clientes estiverem distantes fisicamente.

2.2.4 Heijunka

Heijunka é um conceito japonês que possui o significado de “nivelar”. Segundo GHINATO (2000) *Heijunka* é uma programação de produção nivelada de acordo com um

sequenciamento de pedidos em um padrão repetitivo e do nivelamento das variações diárias dos pedidos, de modo a corresponder à uma demanda em um longo prazo.

Programar a produção com o auxílio do *Heijunka* possibilita combinar diferentes itens de maneira a garantir o fluxo contínuo da produção, nivelando a demanda de recursos de produção. (GHINATO, 2000).

As flutuações do fluxo de produto dentro de uma linha de produção proporcionam o aumento dos desperdícios. Isso acontece porque equipamentos, operadores, inventário e outros elementos necessários para a produção precisam estar sempre preparados para um pico. (OHNO, 1988).

2.2.5 *Single Minute Exchange Die (SMED)*

Segundo SHINGO (1996) o SMED é um conjunto de técnicas que possibilitam realizar a troca de ferramentas em menos de dez minutos. Shingo, no início dos anos 50, em uma fábrica da MAZDA, em Hiroshima, no Japão, observou que uma das prensas se manteve parada por mais de uma hora em função de um parafuso. Verificou-se, então, a necessidade de desenvolver mecanismos que possibilitassem uma rápida troca de ferramentas.

Shingo entendeu que, para efetuar trocas de ferramentas, eram necessários que duas atividades fossem executadas:

- i. **Setup Interno** – Operações de *setup* que podem ser executadas apenas quando a máquina/equipamento estiverem paradas, como por exemplo: montar e remover matrizes.
- ii. **Setup Externo** – Operações de *setup* que podem ser completadas apenas enquanto a máquina/equipamento estiverem em funcionamento, como por exemplo: transportar matrizes para o local de armazenagem ou transportar matrizes do local de armazenagem até a máquina.

Para SHINGO (1996) o SMED realiza uma abordagem progressiva em relação à melhoria no processo de *setup*. Para a implementação do SMED, são necessárias quatro estágios, conforme define SHINGO (1996):

- i. **Estágio um:** É o estágio inicial, onde não são feitas distinções entre os *setups* interno e externo. Muitas ações podem ser executadas como *setup* externo, como por exemplo a procura por ferramentas ou a reparação de matrizes, que são executadas enquanto a máquina está parada.
- ii. **Estágio dois:** É o estágio mais crítico para realizar a implementação do SMED. Aqui, é necessário realizar distinções entre os *setups* interno e externo. É necessário montar um *checklist* incluindo todas as partes, condições de operações e os passos que são necessários executar enquanto a máquina estiver em operação. Após isso, torna-se necessário checar o funcionamento de todas as partes, com intuito de evitar atrasos durante o processo de *setup* interno. Então, finalmente, é necessário buscar métodos eficientes para transportar as matrizes enquanto a máquina está funcionando.
- iii. **Estágio três:** Necessário analisar o processo atual de *setup* e determinar se algumas das atividades que são classificadas como *setup* interno podem ser convertidas para *setup* externo.
- iv. **Estágio quatro:** É quando são buscadas oportunidades de melhoria nos *setups* interno e externo, buscando reduzir ou eliminar aquelas operações que são desnecessárias.

2.2.6 Manutenção Produtiva Total (TPM)

O TPM (ou do inglês, *Total Productive Maintenance*) é uma ferramenta fundamental no aumento da disponibilidade e da vida útil dos equipamentos. Essa ferramenta busca reduzir os desperdícios dentro de uma linha de produção, criando um fluxo mais eficiente. Para isso, o TPM utiliza, como base, a manutenção autônoma dos equipamentos, onde é necessário que os operadores passem a desenvolver rotinas de inspeção, lubrificação e limpeza de máquinas e equipamentos. Passa a ser necessário empregar padrões de limpeza e lubrificação e, também, desenvolver a capacidade do operador para encontrar e resolver anomalias (MCKONE *et al.*, 2001).

2.2.7 Mapa do Fluxo de Valor (VSM)

Mapa do Fluxo de Valor (ou, do inglês *Value Stream Mapping*) é, de acordo com (ROTHER e SHOOK, 2003) uma ferramenta que faz um mapeamento de todas as ações, tanto aquelas que agregam valor, como aquelas que não agregam valor, que são necessárias para trazer um produto pelos fluxos essenciais a cada produto. O VSM pode ser dividido em duas principais etapas:

- i. O fluxo de produção desde a matéria-prima até o cliente final;
- ii. O fluxo do projeto do produto, compreendendo sua concepção até o seu lançamento;

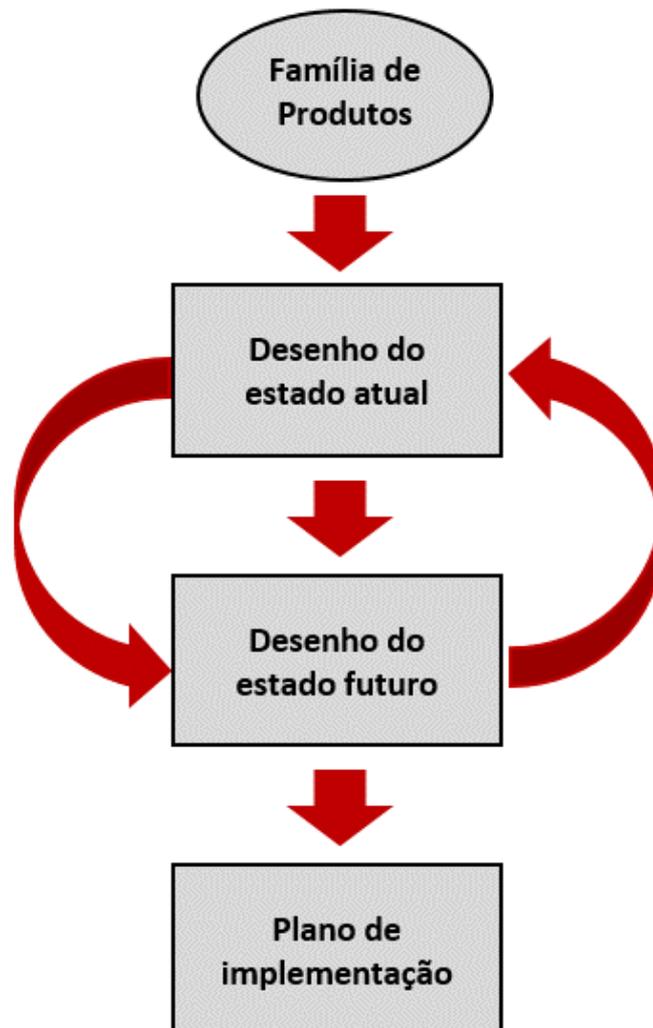
A utilização do VSM permitirá que todas as etapas envolvidas no fluxo de material e de informação possam ser visualizadas e entendidas. Com o VSM, todas as fontes de desperdícios poderão ser identificadas, entregando uma visão global dos processos e não apenas dos processos individuais (ROTHER e SHOOK, 2003).

O VSM é uma ferramenta muito importante para as indústrias que visam a melhoria contínua de seus processos e produtos e alguns pontos essenciais estão citados abaixo, conforme definido por:

- O VSM ajuda a visualizar o fluxo e não apenas processos individuais (montagem, solda, pintura etc);
- Além de identificar os desperdícios, ajuda a identificar as fontes de desperdícios dentro do fluxo de valor;
- Mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material;
- Demonstra, qualitativamente, como a sua indústria deveria operar para criar o fluxo;
- Fornecer uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura;
- Torna as decisões sobre o fluxo visíveis, permitindo que discussões possam ser começadas e finalizadas, de modo a tomar a decisão correta sobre o fluxo;

Para (ROTHER e SHOOK, 2003) para iniciar a construção de um VSM, é necessário seguir as etapas representadas pela Figura 2.

Figura 2 – Etapas do VSM



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

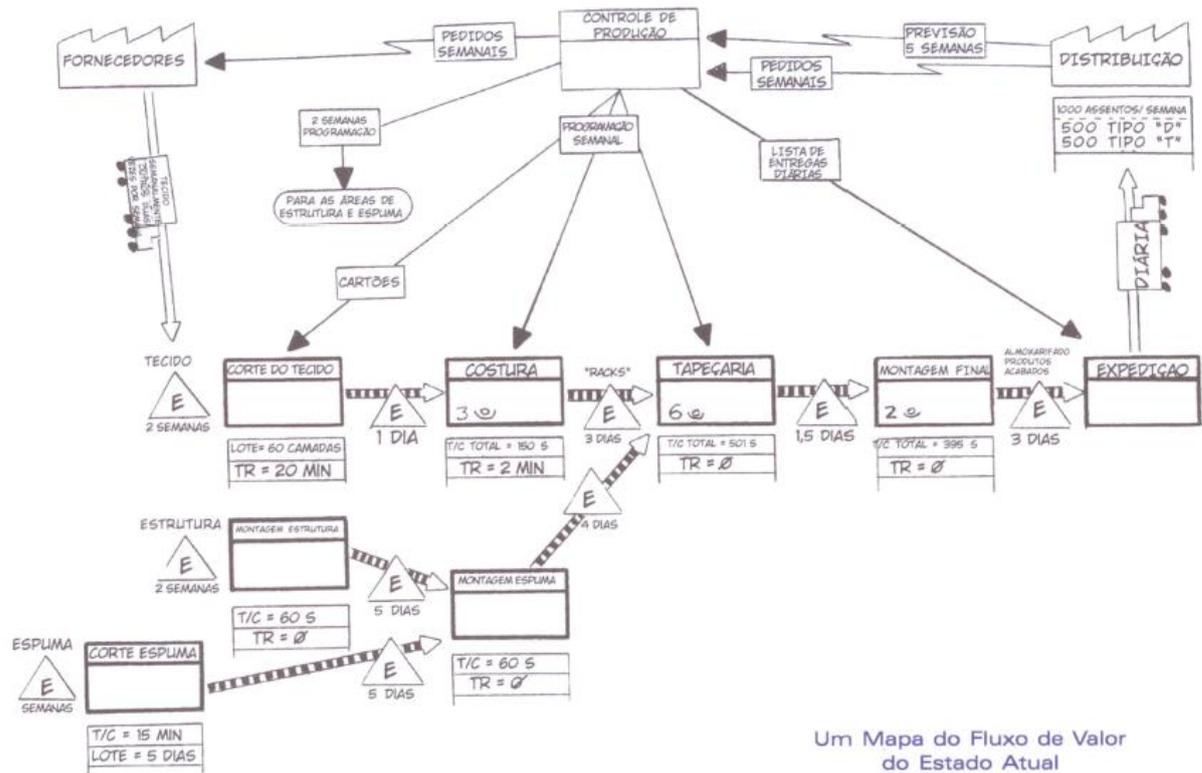
O primeiro passo é fazer um desenho do estado atual do seu processo, coletando informações diretamente do chão de fábrica. São essas informações que irão fornecer os dados para a construção do estado futuro. O estado atual e o estado futuro andam lado a lado, visto que as ideias para o estado futuro surgirão ao mapear o estado atual, da mesma forma que as informações não percebidas sobre o estado atual, aparecerão quando o estado futuro estiver sendo desenhado. (ROTHER e SHOOK, 2003).

O passo final é preparar um plano de implementação, em uma página, mostrando como o estado futuro será atingido. Ao atingir o estado futuro, deverá ser elaborado um novo mapa do estado futuro. Isso, nada mais é, do que a melhoria contínua sendo aplicada no fluxo de

valor. O estado futuro deverá estar sempre sendo reconstruído, buscando melhorias. (ROTHER e SHOOK, 2003).

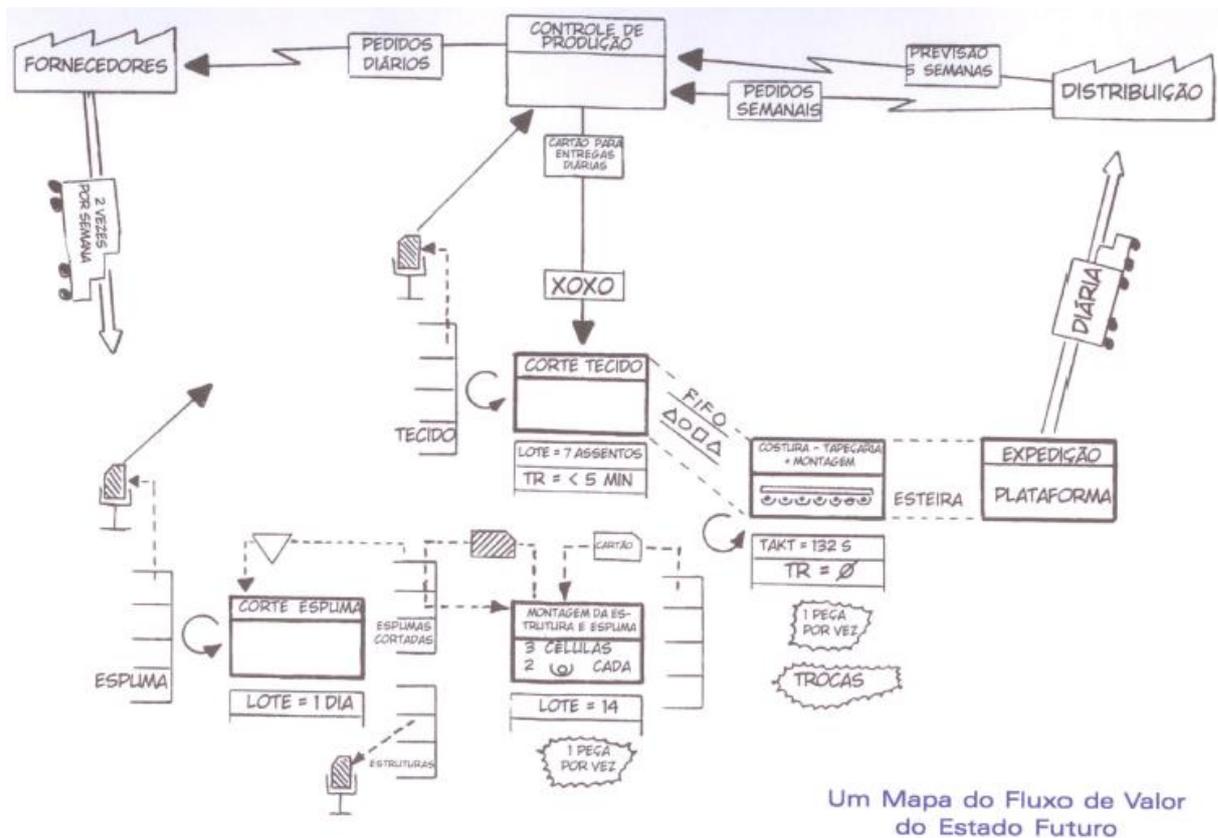
A Figura 3 demonstra um exemplo de VSM do estado atual. A Figura 4 demonstra um exemplo de VSM do estado futuro.

Figura 3 – VSM para um estado atual.



Fonte: Rother e Shook (2003).

Figura 4 – VSM para um estado futuro



Fonte: Rother e Shook (2003).

2.2.8 Kaizen

Kaizen significa a busca pela melhoria contínua, visando aumento de produtividade e qualidade com o menor investimento possível. Segundo FERREIRA et al. (2000) a metodologia *Kaizen* é baseada nas seguintes características:

- i. As pessoas na organização desenvolvem suas atividades, buscando melhorá-las sempre, através de alternativas inovadoras e reduções de custo;
- ii. O trabalho coletivo prevalece sobre o individual;
- iii. A pessoa é um dos bens mais valiosos dentro da organização e precisa ser estimulado a fazer seu trabalho visando as metas compartilhadas da empresa;
- iv. Satisfação e responsabilidade são valores coletivos.

Para IMAI (1994) o *Kaizen* abrange diversas inovações da Gestão Japonesa: controle da qualidade total e gestão da qualidade total; *just in time (JIT)*; *kanban*; manutenção preventiva

total (TPM); automação; disciplina no ambiente de trabalho; melhoria da produtividade; círculos de qualidade; cooperação entre mão-de-obra e administração.

O *Kaizen* dentro de organizações pode ser apoiado em uma ferramenta conhecida como ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). O ciclo PDCA, explicado em cada etapa, pode ser entendido como:

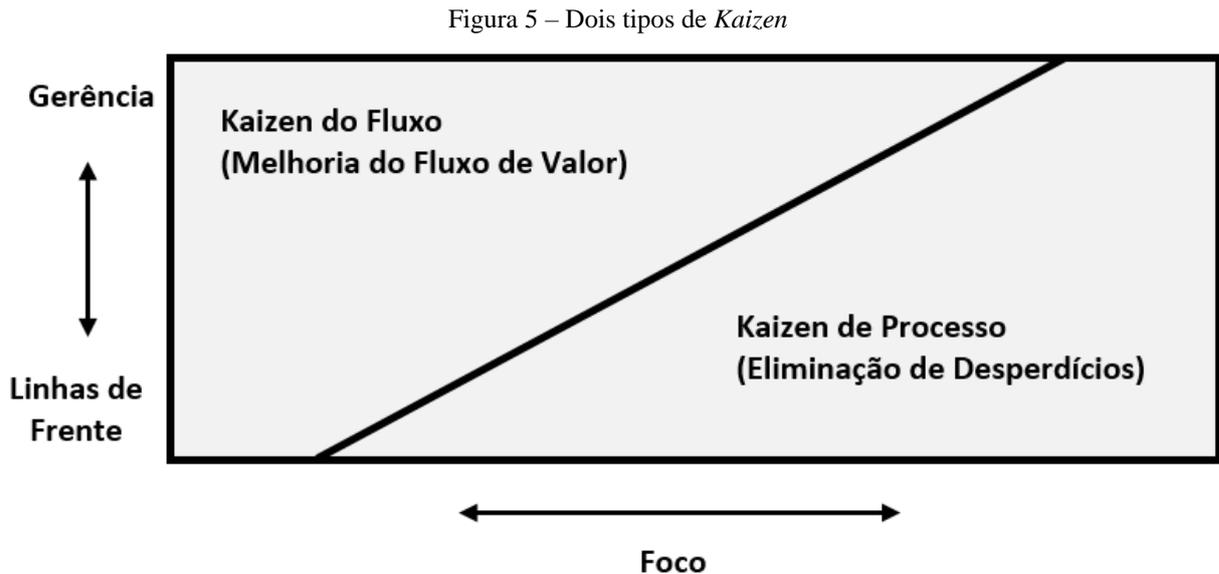
- i. **Plan (Planejar):** Nesse primeiro momento, é necessário realizar uma análise de todos os problemas e identificar suas causas. Todos os objetivos deverão ser definidos, bem como a forma para alcançá-los. É preciso definir um líder para cada ação definida e o mesmo precisa apresentar uma solução dentro de uma data pré-determinada;
- ii. **Do (Executar):** Nesta etapa, o plano traçado na primeira fase deverá ser executado. É fundamental que todos os colaboradores estejam envolvidos para certificar que as ações implementadas estejam dentro do planejado;
- iii. **Check (Verificar):** Nesta etapa, é realizada uma verificação nas ações tomadas, a fim de entender se as mesmas estão de acordo com os objetivos definidos. Além disso, é entendido se é necessário repensar as ações e mudar o caminho;
- iv. **Act (Atuar):** Nesta que é a última etapa, é necessário decidir se as ações realizadas são as melhores para a organização. Se as decisões foram efetivas, adota-se o padrão e o objetivo foi atingido; se as ações não foram efetivas, é necessário traçar um plano para corrigir as causas que não permitiram que o objetivo fosse atingido.

Para ROTHER e SHOOK (2003) existem dois tipos de *Kaizen* e ambos são necessários para uma empresa:

- i. **Kaizen do Fluxo:** O *Kaizen* do Fluxo visa a melhoria do fluxo de valor e concentra-se no fluxo de material e informação e precisa ser liderado por alguém que possa enxergar além das fronteiras dos fluxos de valor de um produto. Nesse caso, é a gerência que será responsável por executá-lo;

- ii. **Kaizen do Processo:** Visa a melhoria contínua, buscando eliminar os desperdícios em nível do chão de fábrica. Esse *Kaizen* tem seu foco no fluxo das pessoas e do processo.

A Figura 5 demonstra os dois tipos de *Kaizen*:



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

2.2.9 Brainstorming

Segundo BAXTER (2011) o método Brainstorming aproveita dados estimulados por associação, os quais têm sua origem em manifestações descontraídas dos projetistas. Ele pode ser aplicado em todas as áreas, com o objetivo de gerar novas ideias. O método, também conhecido como tempestade de pensamentos ou ideias, ocorre quando pessoas de diferentes áreas funcionais se reúnem com o objetivo de encontrar novas ideias para a execução de determinado processo ou produto.

A execução do Brainstorming é realizada através da organização de um grupo multidisciplinar, em uma sessão de curta duração, onde o grupo é instigado a levantar ideias e anotá-las, de maneira teórica e esquematizada, de forma visual.

Com o levantamento de ideias, os resultados são analisados de modo a obter critérios ordenados para uma busca de soluções BAXTER (2011).

2.3 LAYOUT DE FÁBRICA

2.3.1 Entendendo o Layout de Fábrica

O planejamento do layout de uma empresa, ou mesmo de uma estação de trabalho dentro de uma empresa, possui uma grande importância, visto que a entrega de produtos prontos em uma estação de trabalho dependerão de como ele foi organizado. Dentro da área de uma estação de trabalho, a forma como máquinas, equipamentos e pessoas estão dispostas mostrará a eficiência desta estação de trabalho, pois a partir disso, é possível mensurar o tempo que operadores se deslocam de um ponto até outro; de uma máquina até outra.

Segundo CHIAVENATO (2004) o *layout* é o planejamento do espaço físico a ser ocupado, representando a disposição de máquinas e equipamentos que são necessários para realizar a produção de produtos e serviços dentro de uma empresa e é o *layout* que vai demonstrar o arranjo físico das máquinas, operadores e materiais, visando sempre a melhor combinação entre operação das máquinas, a produtividade do trabalho e o fluxo de materiais.

Segundo SLACK et al. (2018) o *layout* de uma operação ou processo significa como os recursos são posicionados entre si, com as tarefas deles são alocadas e a aparência geral desses recursos. O *layout* é importante visto que, caso o mesmo estiver errado, os padrões de fluxo serão muito longos ou confusos e poderá provocar filas de clientes, longos tempos de processo, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis, altos custos e uma fraca respostas aos clientes ou funcionárias que fazem parte da organização (SLACK et al, 2018).

Para IVANQUI (1997) elaborar um novo *layout* em uma empresa é pesquisar e solucionar problemas de posicionamento de máquinas e setores, visando decidir a posição mais adequada para cada um deles. Durante todo o processo de desenvolvimento de um novo *layout* é fundamental estar buscando sempre o fluxo de trabalho mais eficiente, seja ele o fluxo dos colaboradores ou o fluxo dos materiais (IVANQUI, 1997).

Segundo CANEN e WILLIAMSON (1998) reduzir o tempo perdido entre a movimentação de materiais e do próprio produto é um dos principais motivos para elaborar um novo arranjo físico (*layout*) dentro da empresa (CANEN e WILLIAMSON, 1998).

Para MARTINS e LAUGENI (2005) o desenvolvimento de um novo *layout* primeiramente precisa considerar o todo e depois as partes. A visão global pode ser obtida a partir do planejamento ideal e depois do prático. O tipo de *layout* deve ser considerado considerando o número de máquinas a serem utilizadas e o tipo de processo.

2.3.2 Tipos de *layout*

Para MARTINS e LAUGENI (2005) existem cinco principais tipos de *layout*: por processo ou funcional, em linha, celular, por posição fixa e combinada.

Segundo SLACK et al. (2018) os arranjos físicos (*layout*) mais usuais derivam de quatro tipos básicos de *layout*:

- i. Arranjo físico de posição fixa (posicional);
- ii. Arranjo físico funcional;
- iii. Arranjo físico celular;
- iv. Arranjo físico em linha (por produto);

O Quadro 2 sugere algumas alternativas de *layout* para alguns tipos de processo.

Quadro 2 - Alternativas de *layout* para cada tipo de processo.

Tipos de processo de fabricação	Tipos de arranjo físico básicos		Tipos de processo de serviço
Processos do projeto	Arranjo físico posicional Arranjo físico funcional	Arranjo físico posicional Arranjo físico funcional	Serviços profissionais
Processos de <i>jobbing</i>	Arranjo físico funcional Arranjo físico celular	Arranjo físico celular	
Processos de lote	Arranjo físico funcional Arranjo físico celular	Arranjo físico funcional Arranjo físico celular	Loja de serviço
Processos em massa Processos contínuos	Arranjo físico celular Arranjo físico por produto Arranjo físico por produto	Arranjo físico celular Arranjo físico por produto	Serviços em massa

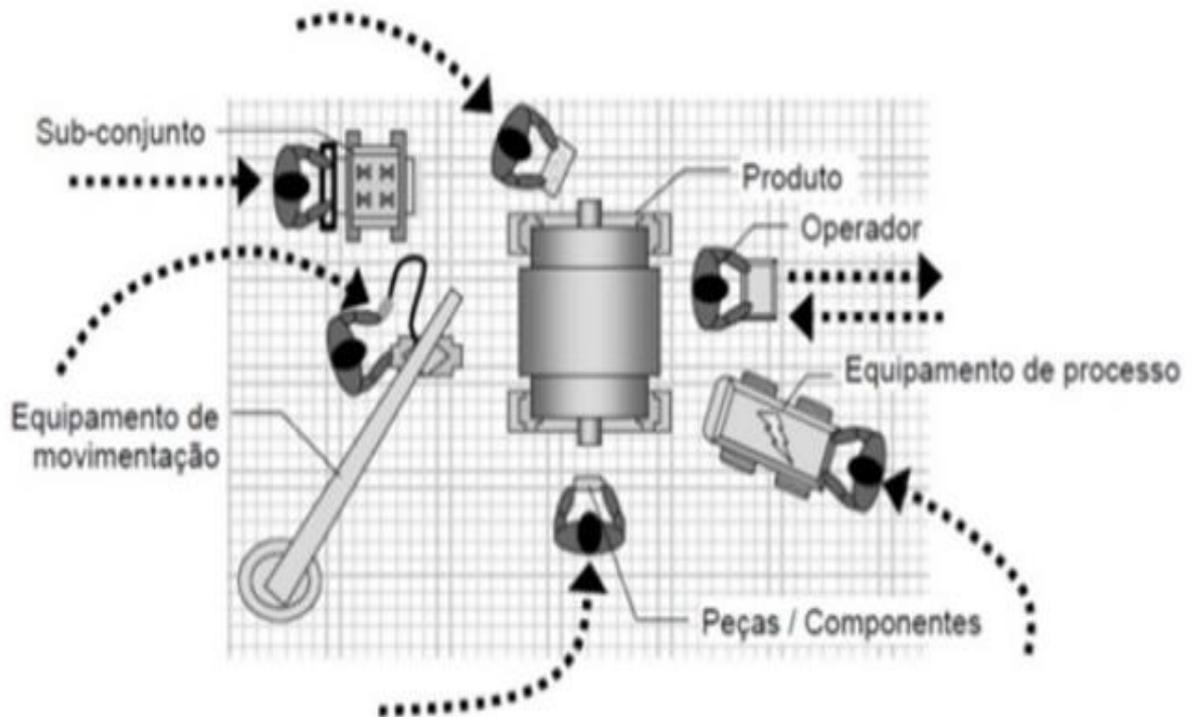
Fonte: Slack et al. (2018).

I. Arranjo Físico Posicional

No *layout* Posicional ou de “posição fixa”, segundo SLACK et al. (2018) os recursos transformados não se movem entre os recursos de transformação. Nesse tipo de *layout* ao invés de materiais, informações ou clientes fluírem através de uma operação, quem sofre o

processamento fica no seu lugar. Dessa forma, quem irá se mover, sempre que necessário, serão os equipamentos, máquinas, instalações e pessoas. Isso acontece devido ao produto ou receptor do serviço ser muito grande ou muito delicado para ser movimentado. Ou, além disso, não pode ser movimentado (SLACK et al.,2018). A Figura 6 representa o posicionamento do *layout* posicional.

Figura 6 – Exemplo de *layout* por posição fixa.



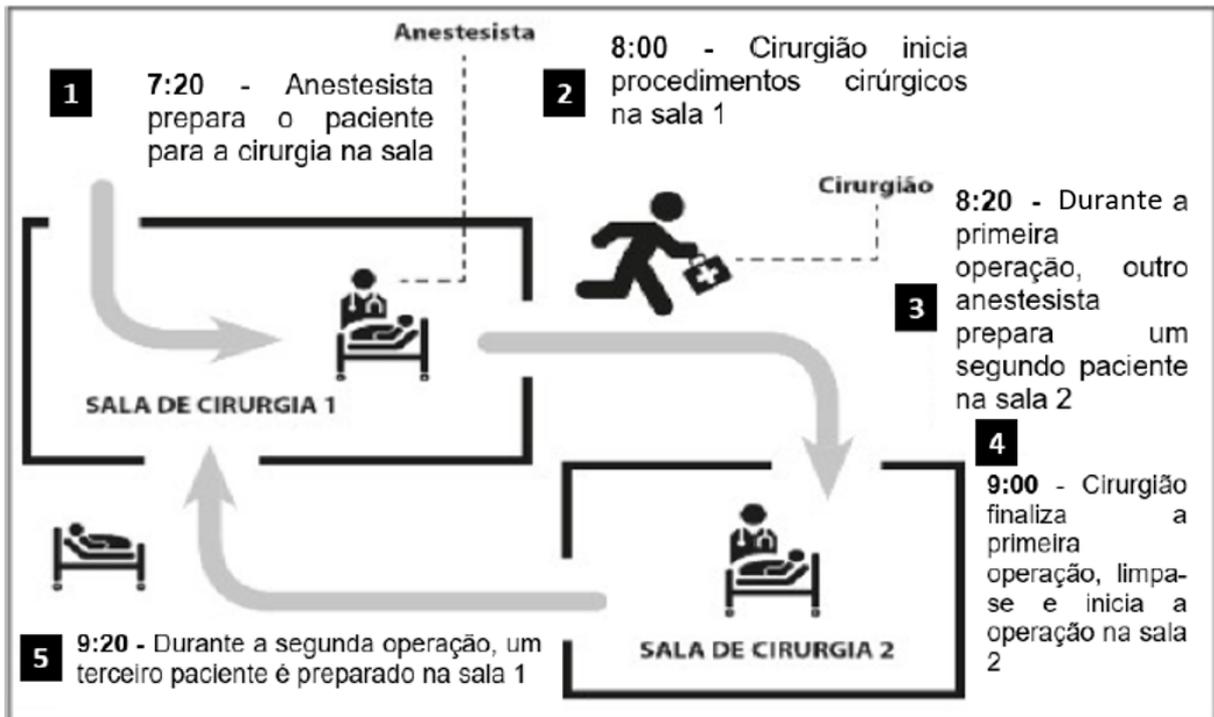
Fonte: Slack et al. (2018).

II. Arranjo Físico Funcional

No *layout* funcional, ou *layout* por processo, segundo SLACK et al. (2018) os recursos ou processos que possuem semelhança estão juntos. Isso ocorre visto que é interessante mantê-los juntos ou porque a utilização dos recursos de transformação é melhorada. Isso significa que os produtos, informações ou clientes, ao fluir pela operação, percorrem um roteiro de atividade a atividade, baseado em suas necessidades. Existem diferentes rotas para cada tipo de produto ou cliente, visto que cada cliente ou produto é único, e cada um terá a sua necessidade. Geralmente, os fluxos dentro da operação serão complexos (SLACK et al., 2018). A Figura 7 mostra um exemplo de *layout* funcional. Nota-se que existem diversos tipos de produtos e com

pequenas quantidades pequenas a moderadas. As máquinas semelhantes estão agrupadas e o produto percorre vários centros.

Figura 7 – Exemplo de um *layout* funcional ou por processo.



Fonte: Adaptado de Slack et al. (2018).

III. Arranjo Físico Celular

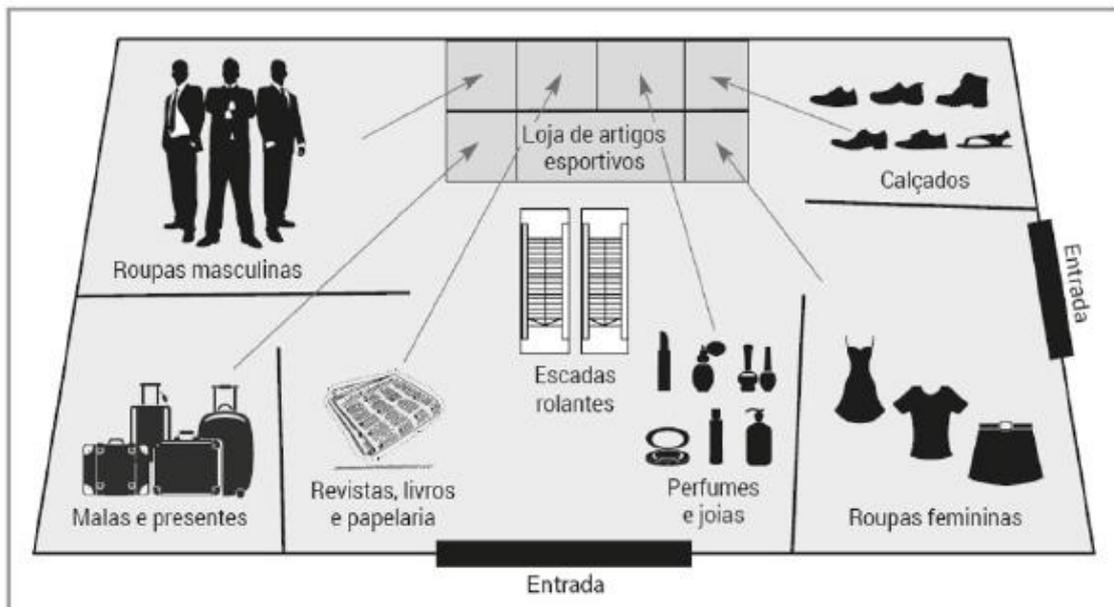
Segundo SLACK et al. (2018) no *layout* celular, os recursos transformados que entram na operação são pré-selecionados para irem até uma parte da operação onde todos os recursos de transformação estão localizados para suprir às necessidades de processamento imediato.

Para MARTINS e LAUGENI (2005) *layout* celular é um local onde o produto possa ser fabricado por inteiro. Nesse cenário, o material é deslocado dentro da célula, passando por todos os processos necessários para serem manufaturados. A principal característica desse tipo de *layout* é a flexibilidade, visto que permite diferentes tamanhos de lotes por produto (MARTINS e LAUGENI, 2005).

Depois de serem manufaturados dentro da estação de trabalho, os produtos prontos dentro desse cenário, podem avançar para outra célula. Esse formato de *layout* permite uma maior organização na complexidade do fluxo que caracteriza o *layout* funcional (SLACK et al., 2018).

O *layout* celular, embora muito associada à manufatura, esse formato também pode ser aplicado em serviços. A Figura 8 demonstra um exemplo de *layout* celular aplicado a uma loja de departamentos. Note que, predominantemente, o *layout* desta loja é funcional, onde cada área de exposição é um processo separado. Já a seção de artigos esportivos é uma exceção, onde vários tipos de produtos são vendidos nela.

Figura 8 – Exemplo de *layout* celular.



Fonte: Slack et al. (2018).

IV. Arranjo físico em linha (por produto)

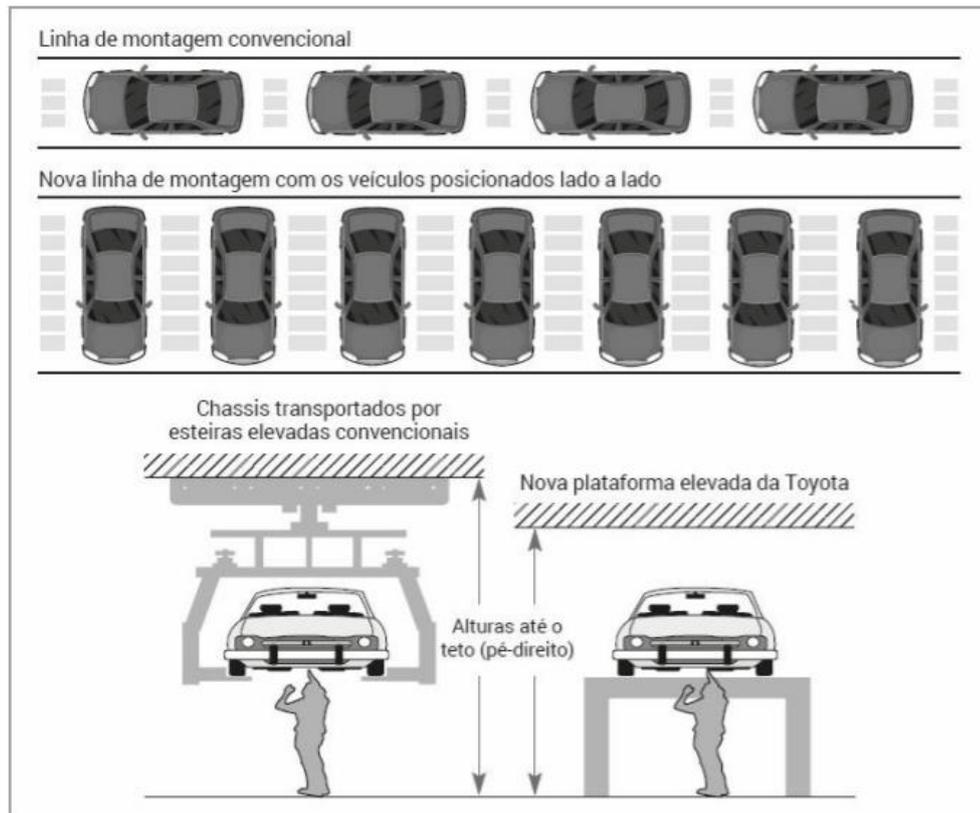
Para MARTINS e LAUGENI (2005) nesse tipo de *layout* as estações de trabalho ou as máquinas são dispostas de acordo com a sequência de operações, sendo executadas conforme a sequência estabelecida. O material ou produto percorre uma linha pré-determinada pelo processo. Esse *layout* é recomendado para os processos que possuem uma maior constância em seus produtos, não possuindo variações entre eles, para produtos seriados e quantidades constantes (MARTINS e LAUGENI, 2005).

Para SLACK et al. (2018) no *layout* em linha, o material ou o produto, elemento de informação ou cliente, seguirá um roteiro predefinido, onde a sequência de operações irá coincidir com a sequência em qual os processos foram dispostos fisicamente.

Os produtos seguem um fluxo ao longo de uma linha de processos, de acordo com suas necessidades. Nesse caso, o fluxo é claro, previsível e relativamente mais simples de ser

controlado. Os principais fatores que determinarão a escolha por esse modelo de *layout* serão os requisitos padronizados do produto ou serviço. A Figura 9 mostra um exemplo de aplicação de *layout* em linha para uma montagem de automóveis.

Figura 9 – Exemplo de *layout* em linha.



Fonte: Slack et al. (2018).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta toda a descrição do objeto de estudo em questão, bem como o procedimento metodológico utilizado para a realização do desenvolvimento deste trabalho.

3.1 OBJETO DE ESTUDO

A estação de trabalho em estudo faz parte de uma linha de produção de uma empresa multinacional do setor metal mecânico, fabricante de implementos agrícolas, localizada em Ibirubá-RS, Noroeste do Rio Grande do Sul.

A empresa conta com um amplo portfólio, possuindo soluções de alta tecnologia, atendendo desde pequenos até grandes agricultores.

Além de contar com um grande parque fabril, a empresa está investindo constantemente em soluções de alta tecnologia, visando sempre a melhoria contínua de seus processos, eliminando desperdícios, aumentando a qualidade de seus produtos. Além de investimentos tecnológicos, a empresa está sempre buscando o aperfeiçoamento da qualidade de vida de seus funcionários, priorizando sempre soluções seguras e confiáveis, que não colocarão em risco a integridade física de seus colaboradores. Os funcionários passam constantemente por treinamentos, de modo a reafirmar o seu compromisso com os agricultores, mantendo os melhores índices de qualidade e satisfação de clientes.

3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

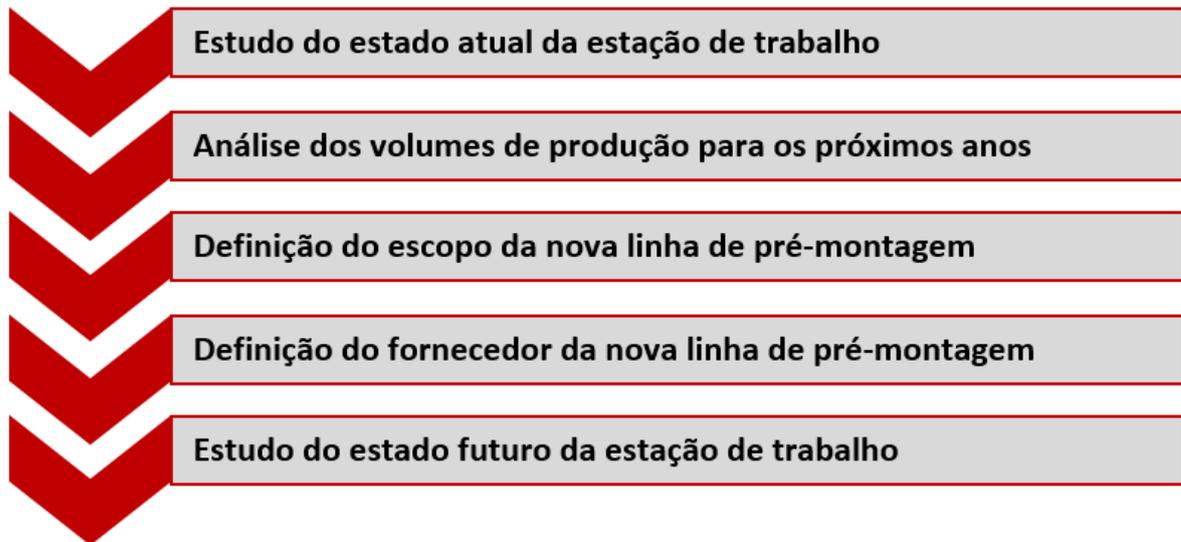
Para a realização deste trabalho, o mesmo foi dividido em várias etapas, de modo a possibilitar uma análise mais ampla da estação de trabalho, visando entender as necessidades da empresa, dos funcionários da estação de trabalho e dos clientes internos da estação de trabalho.

O primeiro passo foi realizar uma análise sobre os dados do estado atual da estação de trabalho, entendendo qual era a capacidade de produção máxima de produtos que a estação de trabalho estava apta a entregar. O segundo passo, foi fazer uma análise de perspectiva de volumes de produção solicitados para os próximos anos. Tendo em mãos estes dados, foi possível entender que a estação de trabalho não teria capacidade de produção para atender o

volume já do ano de 2022, sendo necessário elaborar estratégias para que o posto pudesse atingir a taxa de produção solicitada.

O procedimento adotado, de maneira mais detalhada, pode ser visualizado na Figura 10.

Figura 10 – Esquema do procedimento deste trabalho



Fonte: O Autor (2021).

A análise desenvolvida no estudo deste trabalho consiste em cinco etapas, sendo elas:

1) Estudo do estado atual da estação de trabalho: nesta primeira etapa do trabalho, foi realizado um levantamento dos principais pontos da estação de trabalho: tipos de produtos manufaturados na estação de trabalho, tempo de processo para cada tipo de produto, análise do desenho de processo atual, análise do balanceamento de operações entre os operadores, entrada e saída de materiais, ferramentas utilizadas na estação de trabalho, condições de segurança da estação de trabalho, identificação dos principais desperdícios encontrados na estação de trabalho, *Brainstorming* com os operadores buscando identificar ideias de melhorias vistas da perspectiva deles, crono-análise dos produtos com maior volume de produção e identificação do estado atual da estação de trabalho através de fotografias e vídeos.

2) Análise dos volumes de produção para os próximos anos: nesta segunda etapa do trabalho, foram coletadas informações de volumes de produção para os próximos anos e foram realizadas análises de capacidade máxima da estação de trabalho, visando identificar o

ano e o mês em que a estação de trabalho, na condição atual, não seria mais capaz de atender os volumes de produção.

3) Definição do escopo da nova linha de pré-montagem: nesta terceira etapa do trabalho, foram definidos os principais requisitos necessários para que a nova linha de pré-montagem atinja as expectativas da empresa em relação à segurança, desempenho e produtividade. Além disso, foram definidos requisitos de processo necessário, como por exemplo o número mínimo de operadores trabalhando simultaneamente.

4) Definição do fornecedor da nova linha de pré-montagem: após receber todas as propostas técnicas e comerciais da nova linha de pré-montagem, foi feito um estudo técnico referente a cada proposta em formato de “comparativo técnico” entre cada uma delas. Aqui são listados todos os requisitos de projeto que são NECESSÁRIOS e todos aqueles que são BONS ter na nova linha de pré-montagem. Para cada requisito é definida uma pontuação e, após o término da análise de cada proposta, o fornecedor que obteve a maior nota neste comparativo técnico é selecionado para desenvolver o projeto, de modo a satisfazer todas as necessidades e expectativas da empresa.

5) Estudo do estado futuro da estação de trabalho: nesta etapa do trabalho, foi realizado um estudo para definir qual seria o melhor *layout* para a estação de trabalho, de modo a garantir a segurança dos operadores, produtividade e eliminação de desperdícios dentro do fluxo desta estação de trabalho. Os cálculos para realizar a análise de capacidade máxima da estação de trabalho e tempo de ciclo por produto foram realizados. Além disso, foi elaborado um novo desenho de processo para a estação de trabalho. Procedimentos Operacionais Padrão (POP) e trabalhos padronizados foram elaborados, visando a padronização das atividades, redução de desperdícios, melhoria de qualidade e segurança da estação de trabalho.

3.3 CONTEXTUALIZAÇÃO SOBRE OS PRODUTOS

Para um melhor entendimento sobre os produtos produzidos dentro da estação de trabalho objeto deste estudo, algumas informações serão relatadas dentro deste tópico, de modo a contextualizar os produtos dentro deste trabalho.

A estação de trabalho em estudo é responsável pela montagem das linhas de semente de diversas semeadoras produzidas pela empresa. A linha de semente pode ser dividida em 3 principais pré-conjuntos, sendo eles: disco-duplo, torre da linha e sistema de dosagem de sementes.

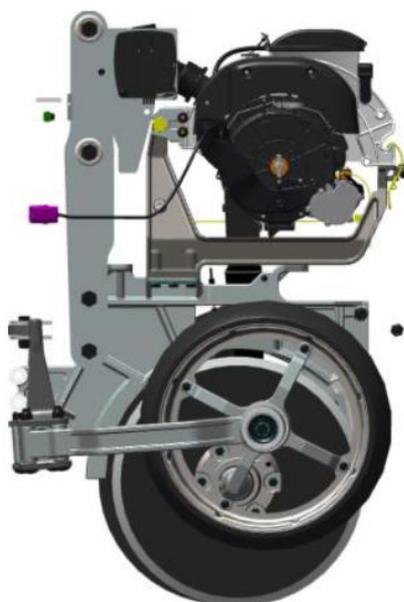
Ao todo, a estação de trabalho é responsável pela produção de nove modelos diferentes de linhas de semente, abrangendo todas as famílias de semeadoras produzidas pela empresa. Desses nove modelos, as linhas podem ser divididas em três principais categorias: linhas de semente com dosagem de semente mecânica, linhas de semente com dosagem de semente pneumática e linhas de semente com dosagem de sementes pneumáticas-eletrônicas. Além disso, pode ser dividida em dois principais modelos: linhas de semente pantográficas e linhas de semente pivotadas. As linhas de semente podem, ainda, serem configuradas de acordo com a necessidade do cliente. Conjuntos opcionais estão disponíveis para a fabricação e alguns modelos de conjuntos opcionais são montados na linha de semente no fluxo da linha de pré-montagem.

3.3.1 Linhas de Semente Pantográficas

As linhas de semente pantográficas representam o maior volume de vendas da empresa. Elas, como o próprio nome já sugere, trabalham de maneira pantográfica e possuem a capacidade de copiar grande parte das curvas de nível que existem dentro de uma lavoura.

A Figura 11 representa um modelo de linha de semente pantográfica que possui o maior volume de vendas.

Figura 11 – Linha de Semente modelo A

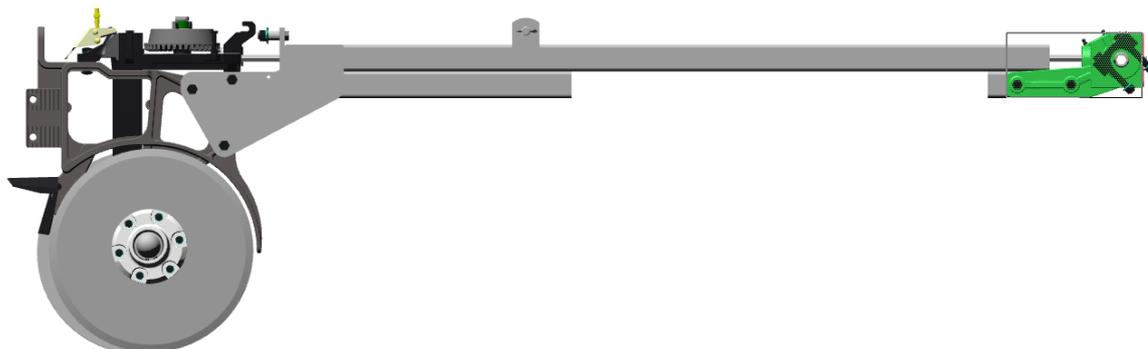


Fonte: O Autor (2021)

3.3.2 Linhas de Semente Pivotadas

As linhas de semente pivotadas são recomendadas para lavouras onde as curvas de nível são menos acentuadas, onde existe um terreno mais plano. Esse modelo de linha representa um volume de venda pequeno e a Figura 12 representa esse modelo de linha.

Figura 12 – Linha de Semente Pivotada

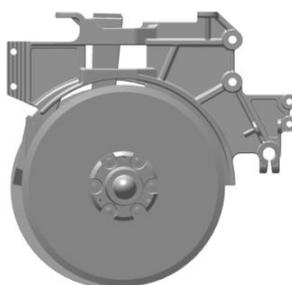


Fonte: O Autor (2021).

3.3.3 Principais Componentes das Linhas de Semente Pantográficas

As linhas de semente pantográficas podem ser divididas em três principais subcomponentes. A Figura 13 representa o disco duplo. A Figura 14 representa a torre da linha de semente. A Figura 15 representa o sistema de dosagem de sementes pneumático-eletrônico. Todos esses componentes fazem parte do modelo com o maior volume de vendas. Para os demais modelos, todos seguem o mesmo conceito. A principal alteração será o *design* da torre da linha e o sistema de dosagem de sementes, que poderá ser mecânico ou pneumático.

Figura 13 – Disco Duplo



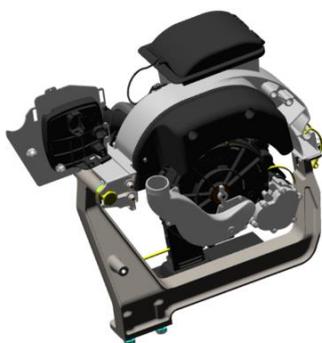
Fonte: O Autor (2021).

Figura 14 – Torre da Linha de Semente



Fonte: O Autor (2021).

Figura 15 – Dosador de Sementes Pneumático-Eletrônico



Fonte: O Autor (2021).

3.3.4 Principais Componentes das Linhas de Semente Pivotadas

As linhas de semente pivotadas, da mesma forma que as pantográficas, também podem ser divididas em três principais componentes. A Figura 16 representa o disco duplo. A Figura 17 representa o cambão da linha. A Figura 18 representa o sistema de dosagem de semente mecânico.

Figura 16 – Disco Duplo



Fonte: O Autor (2021).

Figura 17 – Cambão da Linha de Semente



Fonte: O Autor (2021).

Figura 18 – Sistema de Dosagem de Sementes Mecânico



Fonte: O Autor (2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para dar início às análises, o primeiro passo necessário, é avaliar o cenário atual da estação de trabalho, buscando compreender a verdadeira necessidade de alterações no fluxo de processo da estação de trabalho. Somente a partir disso, é que plausível partir para análises futuras e definições de mudanças. Caso não exista a necessidade, não é necessário realizar mudanças tão significativas na estação de trabalho e investir em uma nova linha de pré-montagem.

A necessidade de alteração é baseada nas projeções de venda para os próximos anos. Após mapear o estado atual da estação de trabalho, foi constatado que a mesma não teria capacidade produtiva para produzir todas as máquinas projetadas já para o ano de 2022. Com isso, foi necessário desenvolver um plano de ação para solucionar esse problema.

Com isso, este estudo tem por objetivo apresentar como solução para o problema de capacidade produtiva, a introdução de uma nova linha de pré-montagem na estação de trabalho. Para isso, é necessário realizar uma análise total sobre a estação de trabalho, sendo necessário reformular o *layout* desta, alterando entrada e saída de materiais e, também, alterando a distribuição de operações entre os operadores desta estação, fazendo com que a mesma tenha capacidade produtiva de entregar os volumes de produção projetados a partir de 2022.

4.1 ANÁLISE DO ESTADO ATUAL

Para realizar o estudo referente ao estado atual da estação de trabalho, o primeiro passo é ter um amplo conhecimento sobre os produtos e a forma como eles são produzidos no fluxo da estação de trabalho. Para isso, torna-se necessário realizar um acompanhamento diário da estação de trabalho, com o intuito de entender se o processo está acontecendo da maneira em que ele foi projetado pela área de Engenharia de Manufatura, responsável por dimensionar os processos da fábrica.

4.1.1 *Layout* da estação de trabalho

Após a realização e checagem de todos os processos acontecendo na prática, é necessário realizar uma análise do fluxo da estação de trabalho pegando como base o *layout* desta estação de trabalho. No conceito de trabalho do *layout* atual, é importante notar que

existem dois principais fluxos: montagem de linhas pantográficas e montagem de linhas pivotadas. A Figura 19 representa uma vista geral da área de montagem da linha de pré-montagem atual. A Figura 20 representa uma visão geral do estação de montagem. A Figura 21 representa a linha de pré-montagem atual. A Figura 22 representa o *layout* atual da estação de trabalho.

Figura 19 – Vista da área de montagem da linha de pré-montagem atual



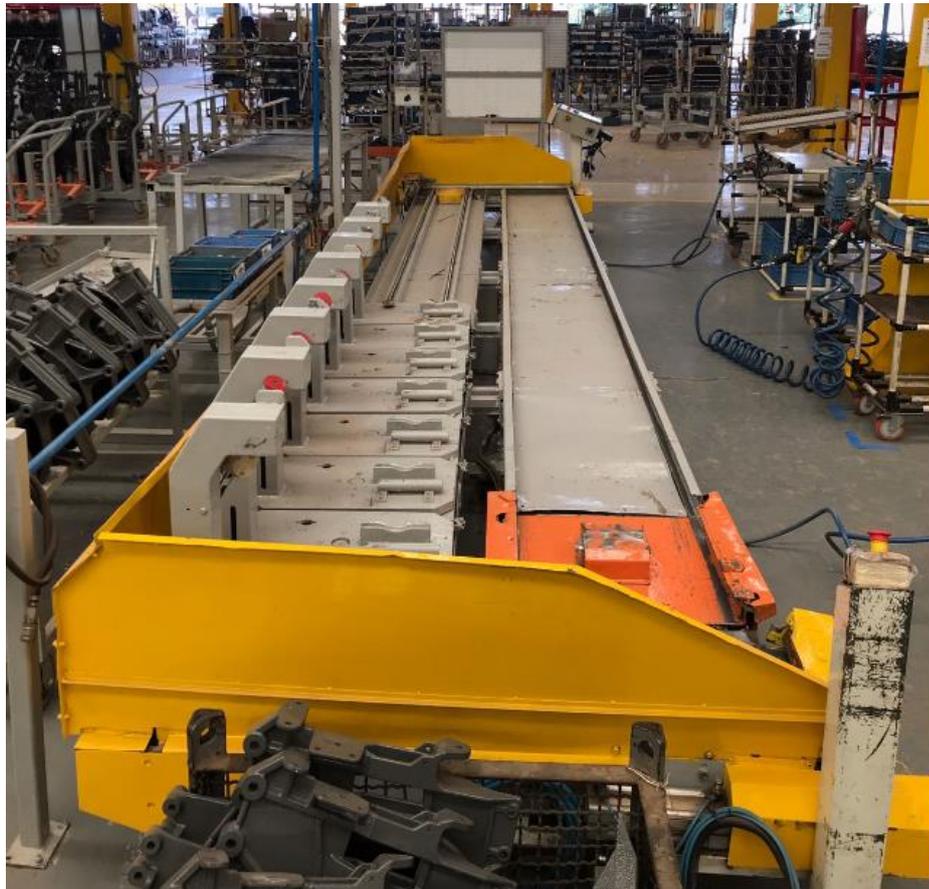
Fonte: O Autor (2022).

Figura 20 – Vista geral da estação de trabalho



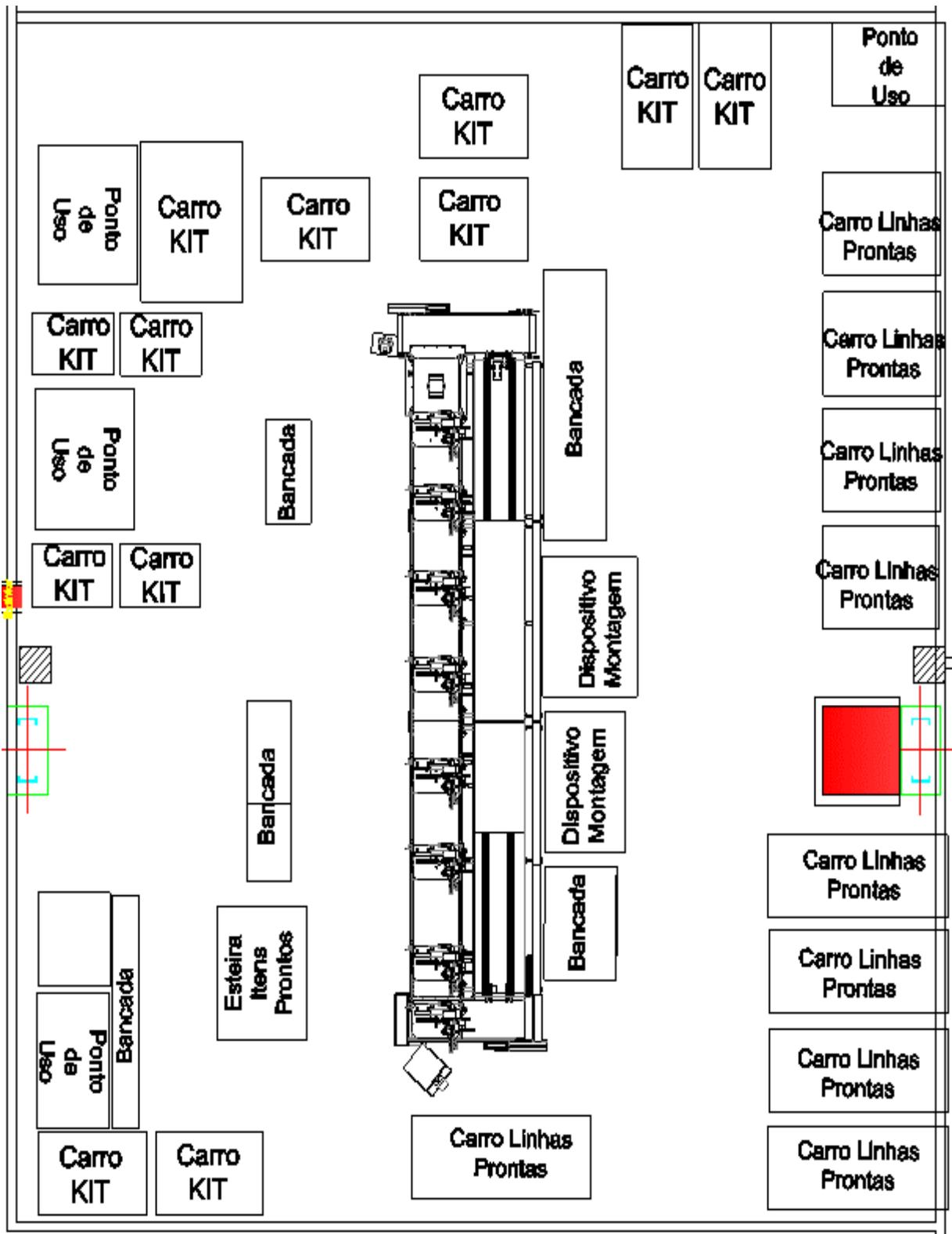
Fonte: O Autor (2022).

Figura 21 – Linha de pré-montagem atual



Fonte: O Autor (2022).

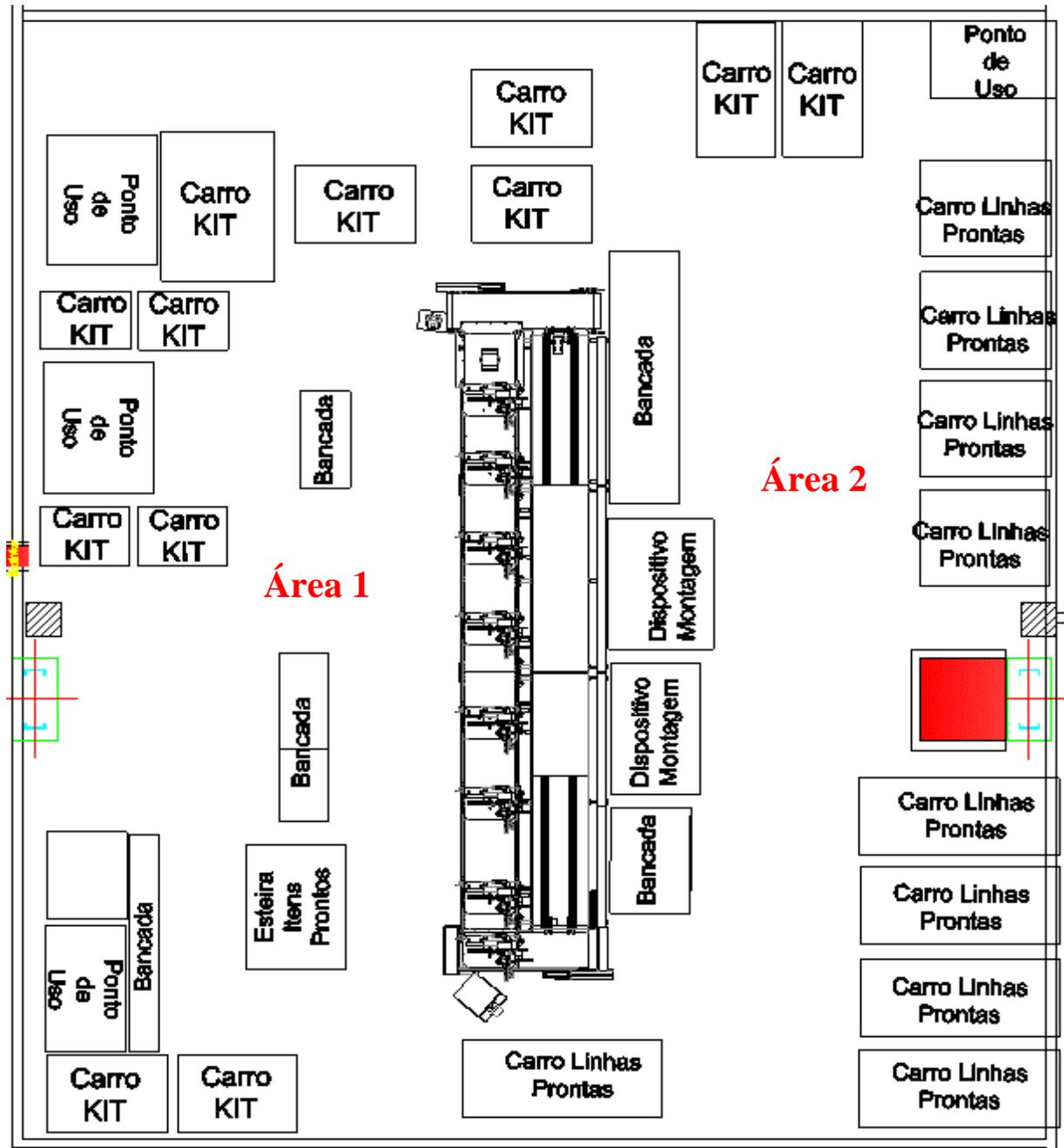
Figura 22 – Layout da estação de trabalho em estudo



Fonte: O Autor (2021).

A Figura 23 demonstra a divisão entre os dois principais fluxos da estação de trabalho. Na área 1, é onde acontece o fluxo de montagem de todos os modelos de linhas pantográficas, enquanto na área 2, é onde acontece o fluxo de montagem dos modelos de linhas pivotadas.

Figura 23 – Divisão dos fluxos de montagem no *layout* atual



Fonte: O Autor (2021).

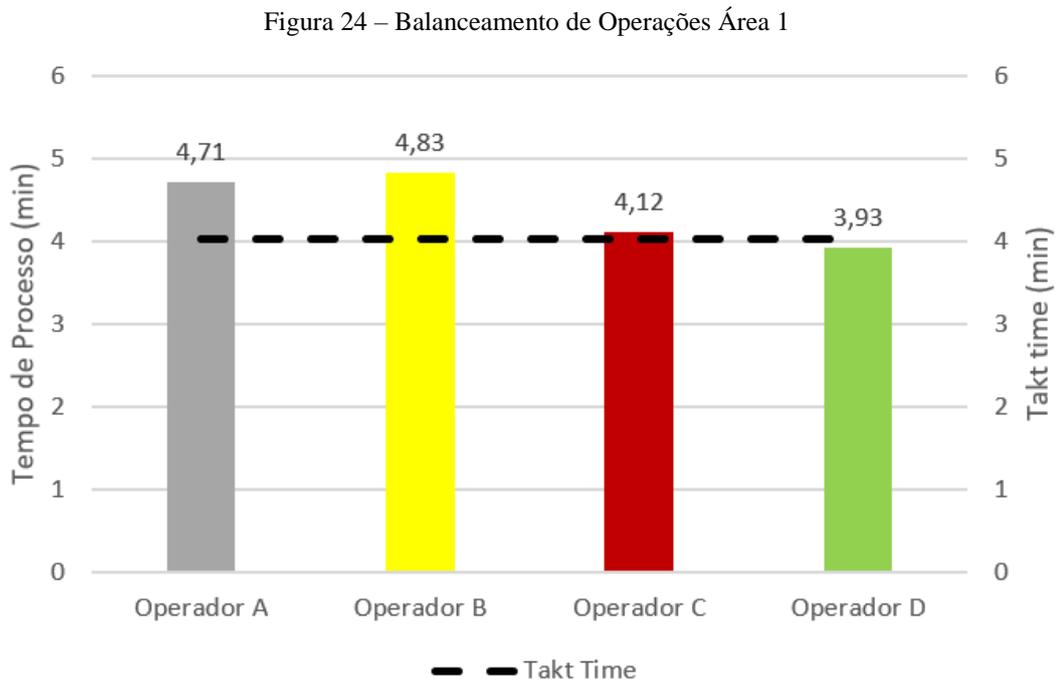
A área total da estação de trabalho é de 126 m². A área 2 ocupa 36 m² de toda a área da estação de trabalho, representando 28,57% do total. Um ponto a ser destacado é de que a

área 2 não está operando em 100% do tempo disponível, ela entra em operação apenas quando existe demanda para os modelos produzidos lá. A área fica ociosa na grande parte do tempo.

4.1.2 Balanceamento de Operações

No estado atual, a estação de trabalho opera com seis operadores, distribuídos entre as áreas demonstradas no tópico anterior da seguinte maneira: quatro operadores trabalhando na área 1 e dois operadores trabalhando na área 2. A Figura 24 demonstra o gráfico de balanceamento da área 1, local de montagem das linhas pantográficas. O *takt time*, baseado na análise de volume para os próximos anos, considerando o mês com a maior produção de linhas de semente é de 4,02 minutos para as linhas pantográficas. Para o cálculo do *takt time*, utilizou-se a Equação (1).

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ disponível}{Volume\ de\ linhas\ de\ semente} \quad (1)$$



Fonte: O Autor (2021).

Como os modelos de linhas pantográficas possuem muito semelhança entre eles, e os modelos possuem produção em praticamente todos os dias do ano, o balanceamento de

operações nesta estação de trabalho é feito considerando todos os modelos. Para que o balanceamento fique mais exato, os tempos de processo de cada modelo são considerados de acordo com o volume de produção de cada modelo. A partir disso, é calculada uma média ponderada, baseada no volume de produção de cada modelo.

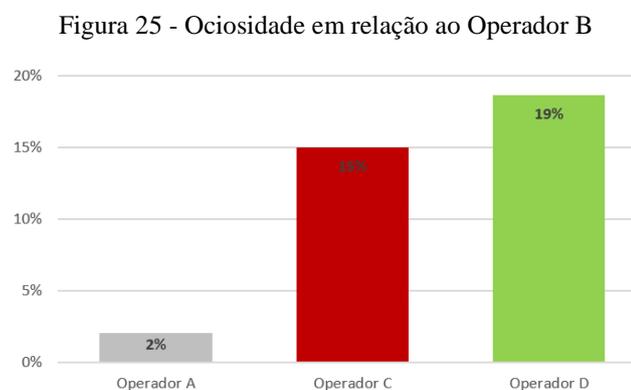
Ao analisar este gráfico, notamos que não há um balanceamento perfeito entre os operadores. O Operador B leva o maior tempo, sendo ele o gargalo desta operação e a capacidade máxima de produção está atrelada a ele. Para isso, pode-se definir que o tempo de ciclo desta operação é 4,83 minutos. Por definição, tempo de ciclo é o tempo necessário para a fabricação de uma peça. Além disso, é possível perceber que apenas o Operador D trabalha abaixo do *takt time*. Com isso, já é possível concluir que a estação de trabalho, no estado atual, não é capaz de atender os volumes de produção projetados para os próximos anos.

O tempo de processo total da montagem das linhas de semente pantográficas é de 17,59 minutos. Entretanto, a taxa de entrega de linhas de semente precisa ser calculada com base no tempo de ciclo desta operação, que é o tempo do Operador B. Considerando um turno de produção com 8,8 horas, conclui-se que a capacidade máxima de produção deste posto é de 109 linhas de semente.

A capacidade de produção é calculada conforme a Equação 2, onde CP é a capacidade de produção. Para o tempo disponível, foi utilizado 528 minutos; e o tempo de ciclo foi de 4,83 minutos.

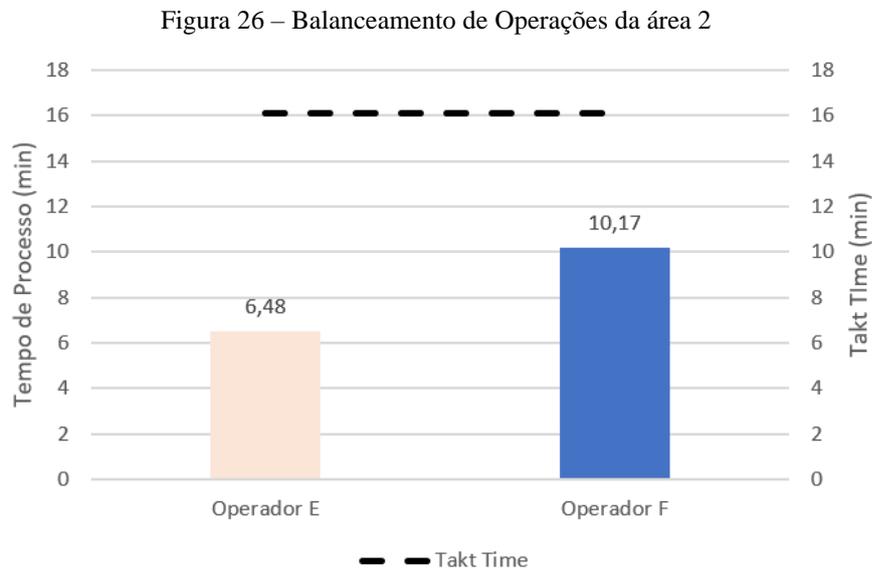
$$CP = \frac{\text{Tempo Disponível}}{\text{Tempo de Ciclo}} \quad (2)$$

Como os Operadores A, C e D possuem um tempo de ciclo inferior ao Operador B, em alguns momentos eles estarão ociosos, não gerando resultados para a empresa. A Figura 25 apresenta a ociosidade em relação ao Operador B.



Fonte: O Autor (2021).

Para a área 2, o balanceamento de operações é demonstrado através da Figura 26. Para o cálculo do *takt time* utilizou-se a Equação 1. Para as linhas pivotadas, o *takt time* é de 16,10 minutos.



Fonte: O Autor (2021).

Analisando este gráfico, nota-se que o balanceamento de operações entre os operadores está muito discrepante. Isso está atrelado com as condições do local onde os modelos de linhas pivotadas são montados. Na área 2 o espaço é limitado e as entradas de materiais estão muito distantes do ponto de montagem, fazendo com que os operadores precisem caminhar bastante para coletar os itens necessários para realizar a montagem. Movimentação desnecessária é um dos desperdícios de produção. Pelo espaço ser limitado, não é possível acrescentar mais operadores para auxiliar na montagem. Mesmo que o tempo de ciclo para esse processo seja de 10,17 minutos, o mesmo ainda está abaixo do *takt time*, demonstrando que este processo seria capaz de atender os volumes de produção para os próximos anos.

Para as linhas pivotadas, o tempo total de processo total de montagem é de 16,65 minutos e a capacidade máxima de produção, calculada pela Equação 2 demonstrada anteriormente, é de 51 linhas.

Somando as capacidades de produção das áreas 1 e 2, pode ser concluído que a capacidade máxima de produção deste posto, no estado atual, é de 160 linhas de semente em um turno de 8,8 horas.

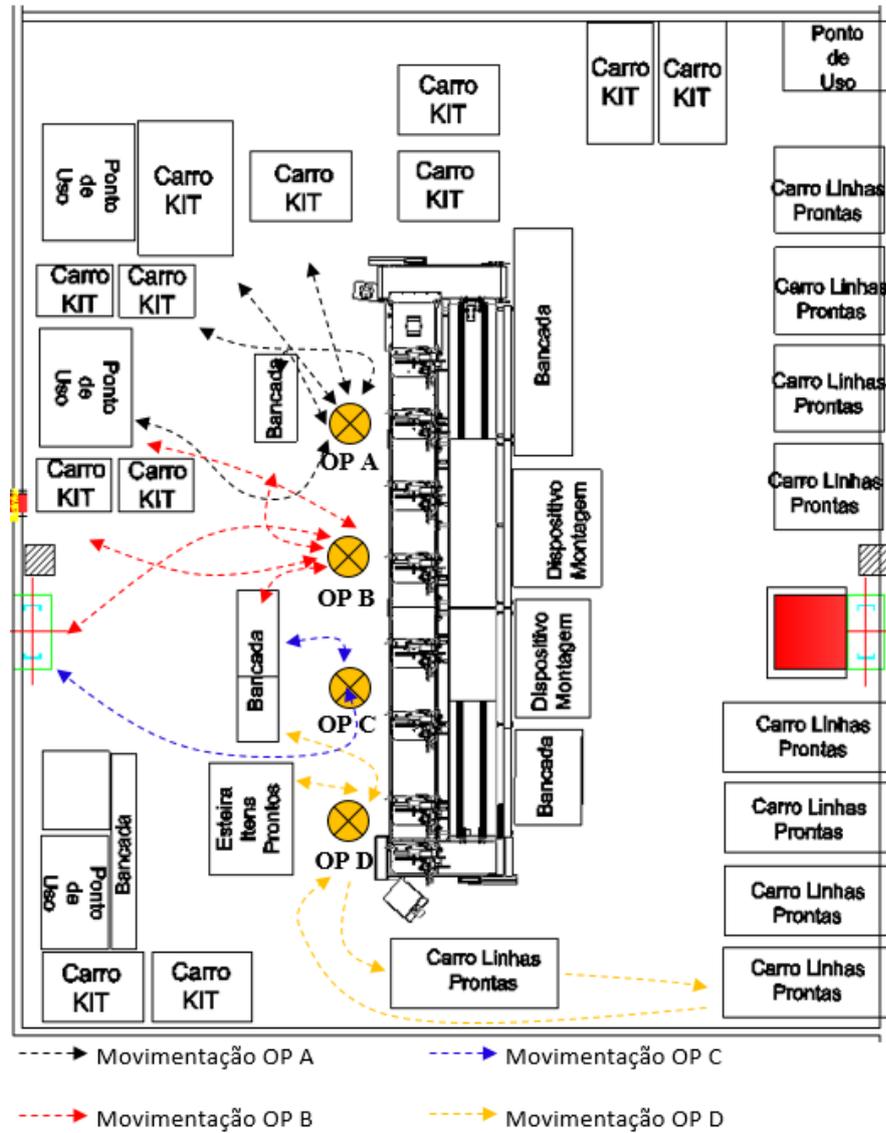
4.1.3 Análise de desperdícios da estação de trabalho na Área 1

Essa etapa do trabalho consiste na apresentação dos desperdícios encontrados dentro do processo no estado atual da estação de trabalho. Os desperdícios de produção, conforme explicado anteriormente, são os principais vilões de uma indústria e precisam, de maneira contínua, ser eliminados do processo de fabricação.

Para a análise da movimentação dos operadores durante o processo de produção de uma linha de semente, a ferramenta utilizada será o Diagrama de Spaghetti. Segundo WOMACK e JONES (1998) digrama de Spaghetti ilustra os desperdícios relativos ao deslocamentos dos operadores, pelo fato de se tratar de uma ferramenta capaz de ilustrar o deslocamento de um produto ou de um operador. Para MARIZ e PICCHI (2013) o diagrama de Spaghetti realiza a identificação de movimentos desnecessários e o planejamento do *layout* futuro.

A análise da movimentação dos operadores da estação de trabalho na área 1, realizada através de um diagrama de Spaghetti, é demonstrada pela Figura 27.

Figura 27 – Diagrama de Spaghetti para a área 1



Fonte: O Autor (2021).

A movimentação por operador, para montar uma linha de semente pantográfica, pode ser visualizada na Tabela 1.

Tabela 1 – Movimentação por operador (Área 1)

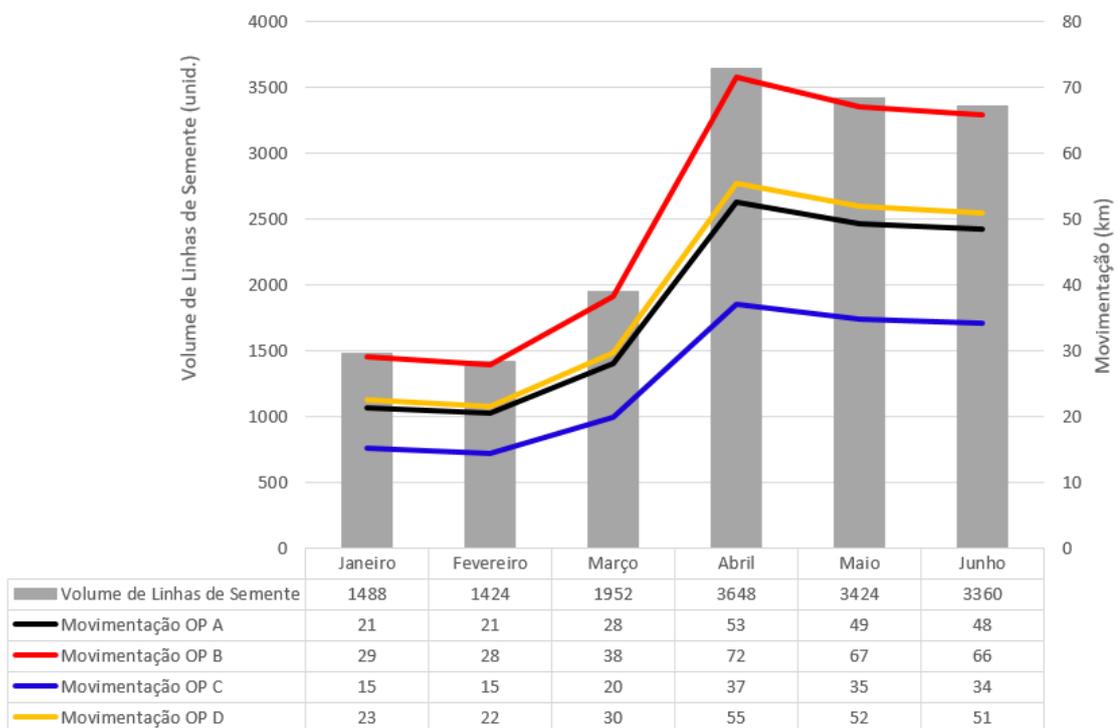
	Buscar peças (m)	Buscar fixadores (m)	Buscar Ferramentas (m)	Conectar mangueira de ar (m)	Levar itens prontos (m)	Total (m)
OP A	9,5	3,7	1,2	0,0	0,0	14,42
OP B	6,0	5,4	1,0	7,2	0,0	19,6
OP C	0,0	1,2	1,2	7,8	0,0	10,2
OP D	1,1	1,3	1,0	0,0	11,8	15,2

Fonte: O Autor (2021).

Para realizar a análise de movimentação dos operadores, foram acompanhadas as montagens de 5 linhas de semente. Durante o acompanhamento, foram registrados vídeos dos operadores realizando os seus processos de montagem. Após isso, foi utilizado o software DraftSight (2020), para realizar a mensuração das distâncias que cada realizou, traçando linhas sobre o *layout* 2D da estação de trabalho.

Ao realizar uma análise da movimentação dos operadores ao longo dos meses, com base nos volumes de produção para os seis primeiros meses de 2022, encontram-se grandes distâncias percorridas, conforme demonstra a Figura 28.

Figura 28 – Distância percorrida por operador na Área 1 durante os meses



Fonte: O Autor (2021).

A partir da análise da movimentação dos operadores, é possível concluir que o Operador B, gargalo deste processo, é o operador que possui a maior movimentação para realizar a montagem de uma linha de semente.

4.1.4 Análise de Valor para a Área 1

Para realizar a análise de valor da estação de trabalho, tomou-se como base os conceitos definidos por OHNO (1997):

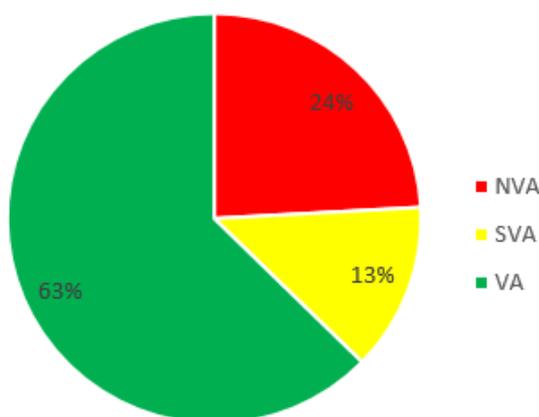
- i. **Atividades que não agregam valor:** São todas aquelas atividades desnecessárias, sendo definidas como “puro desperdício”.
- ii. **Atividades que não agregam valor, mas são necessárias:** Atividades necessárias para permitir o valor agregado, podendo ser definidas como “desperdício necessário”.
- iii. **Atividades que agregam valor:** São determinadas pelo ponto de vista do cliente. São atividades que o cliente paga uma parte do preço final do produto.

Segundo OHNO (1997) as atividades que não agregam valor precisam ser eliminadas do processo, enquanto as atividades que não agregam valor, mas são necessárias, precisam ser evitadas ou encontrar uma forma mais eficiente para executá-las.

As principais formas para agregar valor, acontecem através de processos e operações, sendo fundamental que a empresa disponha de recursos que possibilitem o gerenciamento eficaz destes processos e operações, tendo como objetivo eliminar ou minimizar as atividades que não agregam valor, de modo a obter maior grau de eficiência e eficácia para o aumento da produtividade (SCHWENGBER et al., 2017).

Ao analisar o processo de montagem das linhas de semente na área 1 como um todo, no que diz respeito às atividades que agregam valor e às atividades que não agregam valor ao produto, pode-se concluir que os operadores, durante o processo de montagem de uma linha de semente, ficam 24% do tempo executando atividades que não agregam valor (NVA); 13% do tempo, atividades que não agregam mas são necessárias (SVA); 63% do tempo, atividades que agregam valor (VA). A divisão dessas atividades pode ser visualizada na Figura 29.

Figura 29 – Agregação de valor para a Área 1

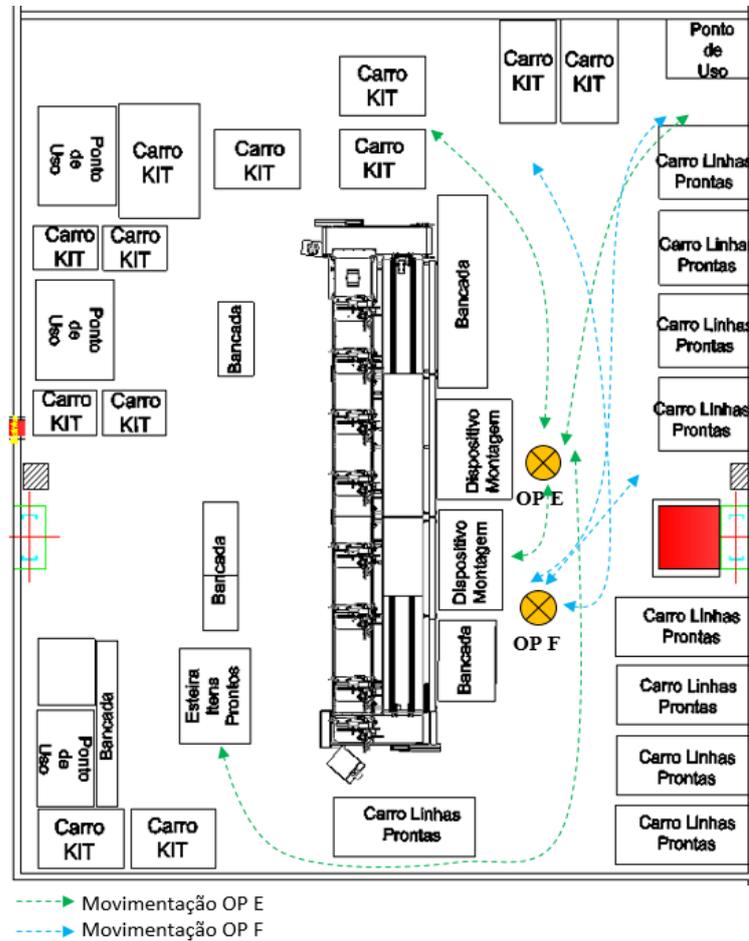


Fonte: O Autor (2021).

4.1.5 Análise dos desperdícios na estação de trabalho para a Área 2

O diagrama de Spaghetti para a Área 2 pode ser visualizado na Figura 30.

Figura 30 – Diagrama de Spaghetti da Área 2



Fonte: O Autor (2021).

A movimentação por operador, para montar uma linha de semente pivotada, pode ser visualizada na Tabela 2.

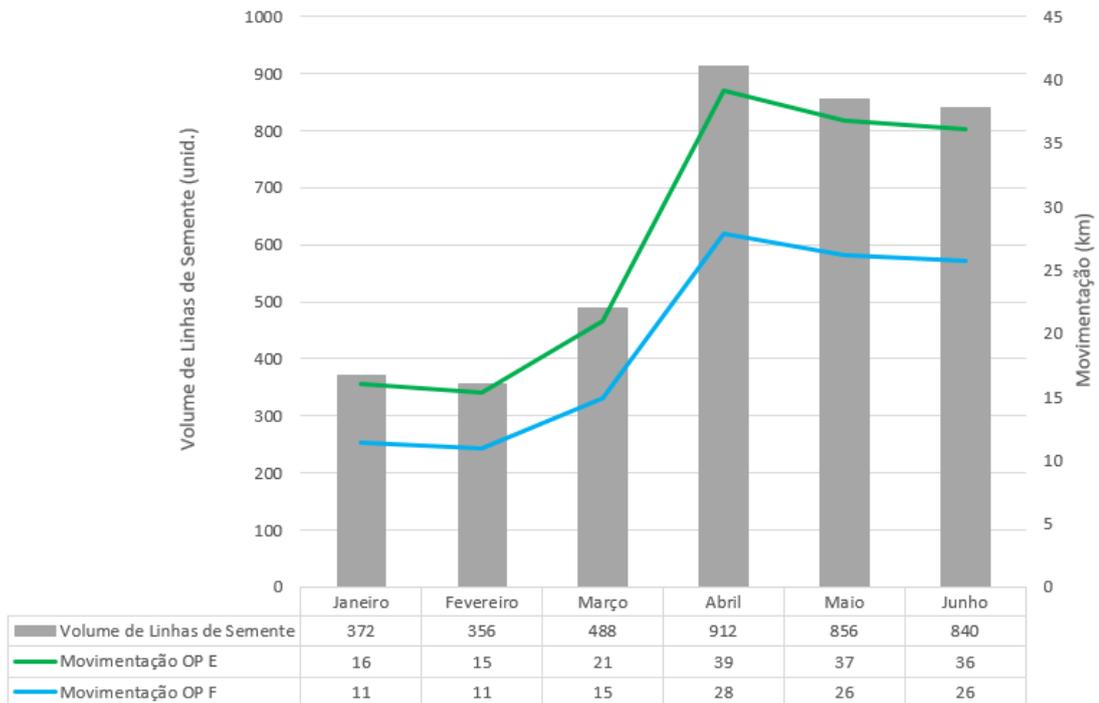
Tabela 2 – Movimentação por operador (Área 2)

	Buscar peças (m)	Buscar fixadores (m)	Buscar Ferramentas (m)	Conectar mangueira de ar (m)	Levar itens prontos (m)	Total (m)
OP E	31,4	10,4	0,6	0,6	0,0	43
OP F	11,6	13,6	0,4	0,4	4,6	30,6

Fonte: O Autor (2021).

A distância percorrida pelos operadores, com base no volume previsto para os seis primeiros meses de 2022, pode ser visualizada na Figura 31.

Figura 31 - Distância percorrida por operador na Área 2 durante os meses



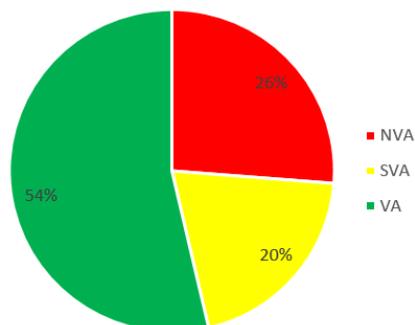
Fonte: O Autor (2021).

Ao realizar a análise do gráfico, podemos perceber que, diferentemente da Área 1, o operador que possui maior movimentação é o Operador E, que não é o gargalo deste processo. Isso acontece devido ao Operador F realizar montagens mais complexas, como por exemplo, a montagem do sistema de transmissão da linha de semente pivotada.

4.1.6 Análise de Valor para a Área 2

A análise de valor da Área 2 pode ser visualizada na Figura 32.

Figura 32 – Análise de Valor para a Área 2



Fonte: O Autor (2021).

Com a análise deste gráfico, é possível perceber que os operadores passam apenas 54% do tempo de fabricação de uma linha de semente pivotada executando atividades que não agregam valor. Isso significa que existe um potencial de melhoria de 46% no processo de montagem dessas linhas e, essa melhoria, pode ser feita através de trabalhos *Kaizen*, melhoria de ferramental, melhor distribuição de atividades entre os operadores, aproximação de entrada de material, treinamento aos operadores, entre outras ferramentas aplicáveis do *Lean Manufacturing*.

4.2 DEFINIÇÃO DO ESCOPO DA NOVA LINHA DE PRÉ-MONTAGEM

Para a definição do escopo da nova linha de pré-montagem, primeiramente foram realizadas reuniões com as áreas envolvidas no projeto, sendo elas: engenharia de manufatura, manufatura e manutenção, afim de entender e definir todos os requisitos de cada processo. Com os requisitos definidos, foi elaborado um caderno de encargos compilando contando com uma explicação do atual processo de montagem e todos os requisitos que foram definidos pelas áreas. Após o término do caderno de encargos, o mesmo foi enviado para 3 fornecedores, que serão denominados como A, B e C.

Ao realizar contato com os fornecedores, o caderno de encargos e todos os requisitos foram explicados, de modo a possibilitar que os fornecedores fizessem uma proposta técnica e comercial de suas soluções.

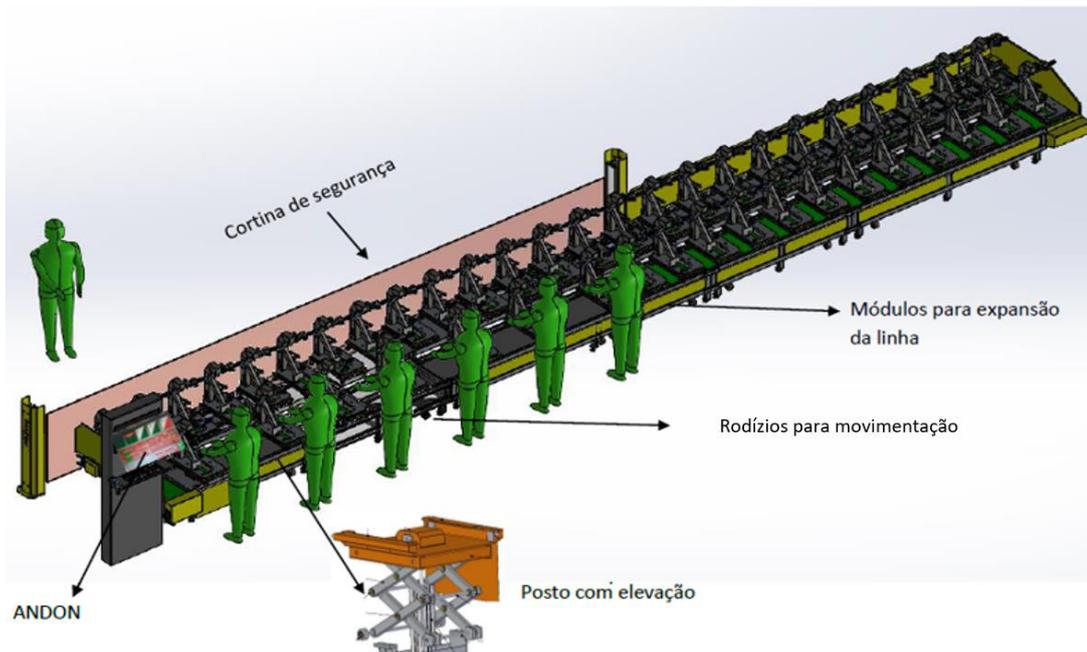
Após o recebimento de todas as propostas técnicas e comerciais, foi realizado um comparativo técnico, de modo a entender qual fornecedor estava propondo a melhor solução para a necessidade da empresa. O comparativo técnico conta com 75 requisitos definidos, distribuídos em cinco diferentes categorias, sendo elas:

- i. **Requisitos técnicos:** 30 itens a serem avaliados;
- ii. **Requisitos de segurança e meio ambiente:** 14 itens a serem avaliados;
- iii. **Componentes utilizados no equipamento:** 9 itens a serem avaliados;
- iv. **Requisitos de manutenção:** 7 itens a serem avaliados;
- v. **Requisitos comerciais:** 15 itens a serem avaliados;

O fornecedor escolhido foi o Fornecedor A, pois teve a maior quantidade de requisitos atingidos, além de ter apresentado uma proposta comercial que mais agradou ao setor de compras da empresa.

A Figura 33 demonstra o conceito apresentado pelo Fornecedor A.

Figura 33 - Conceito da nova linha de pré-montagem

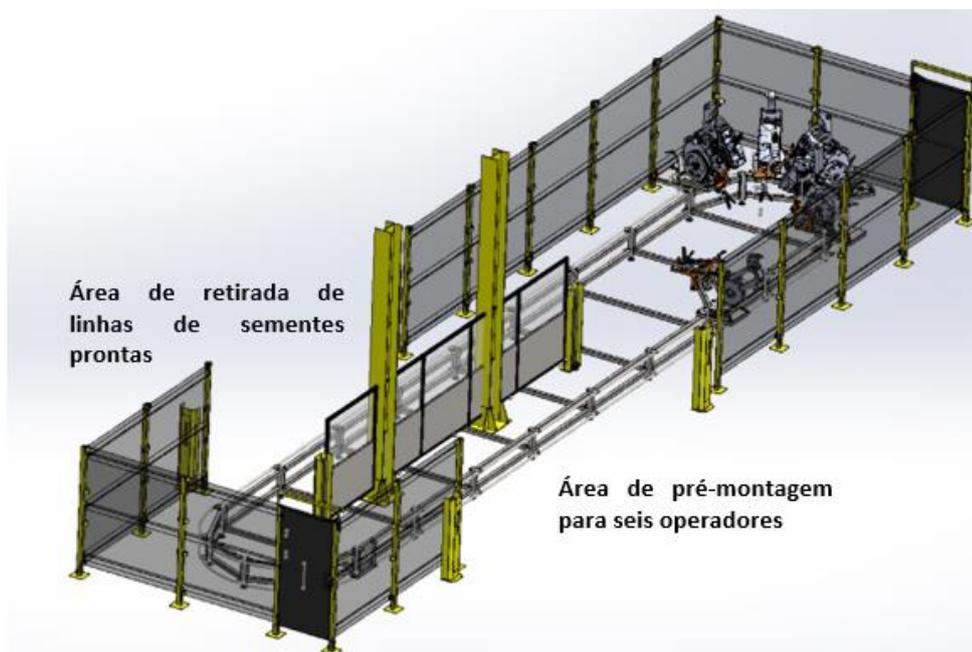


Fonte: Fornecedor A (2021).

O principal requisito dessa nova linha de montagem é de que as linhas de semente, após terem sido montadas, precisam ser levadas até a linha de montagem de maneira automática, através de uma esteira. Esse requisito foi pensado de modo a eliminar a movimentação dos operadores que precisam levar as linhas de semente prontas até a linha de montagem de maneira manual. Essa atividade se caracteriza como uma atividade que não agrega valor. Além disso, a nova linha de pré-montagem precisa ser capaz de comportar seis operadores realizando montagens, tendo dois pontos de elevação para realizar a montagem e regulagem dos limitadores laterais, de modo a garantir a ergonomia dos operadores e possibilitar que essa atividade seja diluída entre dois operadores, pois na linha de pré-montagem atual, com somente um posto de elevação, apenas um operador consegue realizar essa montagem. Um outro requisito importante dessa linha de pré-montagem, é de que a mesma seja construída de maneira modular, possibilitando incrementos de módulos no futuro para aumentar a capacidade de produção, sem precisar adquirir uma nova linha de pré-montagem.

É importante salientar que toda a linha de pré-montagem será construída baseada nas normas de segurança aplicáveis, possuindo grades de proteção que impedem o acesso de operadores nas áreas onde há movimento contínuo. Na parte de retirada das linhas de semente prontas, haverá uma cortina de segurança, que fará o desligamento do movimento da esteira que transporta as linhas de semente, possibilitando que os operadores da linha de montagem façam a retirada das linhas de semente sem haver riscos de segurança. A Figura 34 representa o modelo 3D do projeto do *layout* aprovado da nova linha de pré-montagem.

Figura 34 – Nova Linha de Pré-Montagem



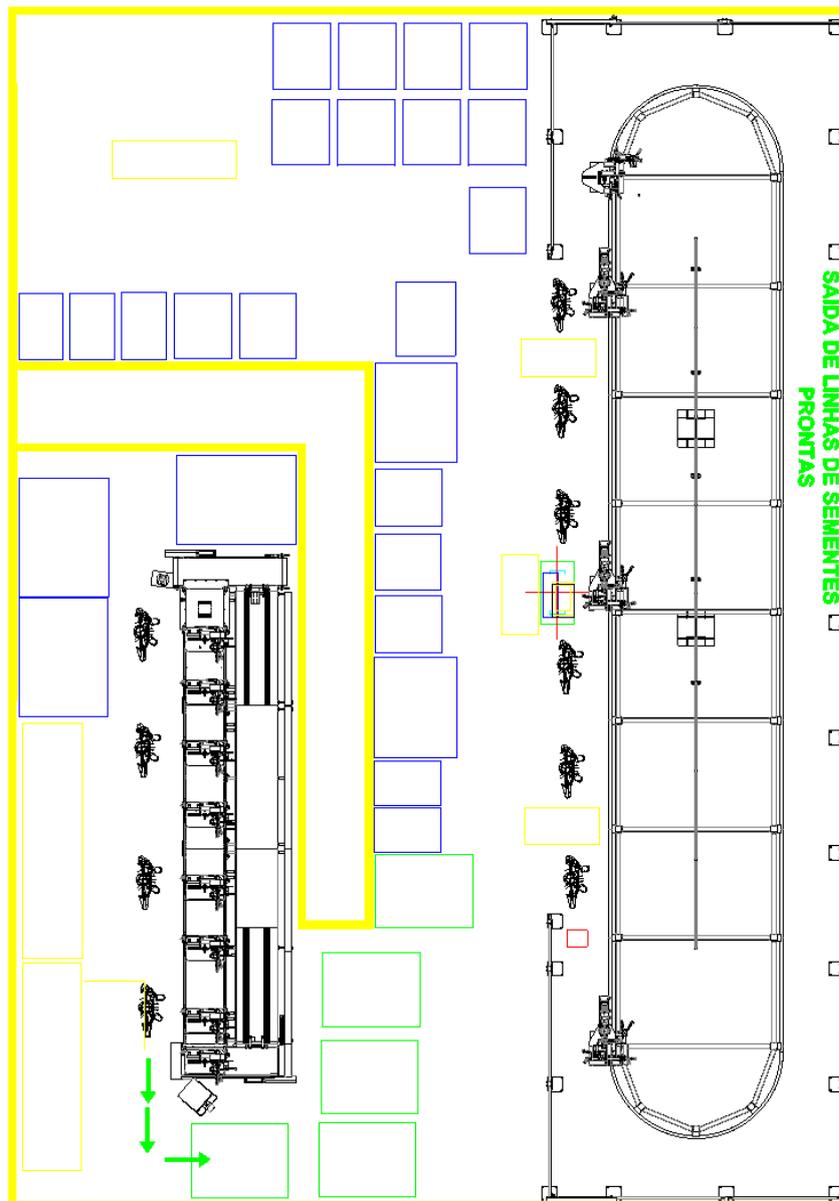
Fonte: Fornecedor A (2021).

4.3 ANÁLISE DO ESTADO FUTURO

4.3.1 Novo *layout* da estação de trabalho

Com a definição do escopo e fornecedor da nova linha de pré-montagem de linhas de semente, tornou-se necessário realizar um estudo de *layout* para definição das novas posições de entrada de material da estação de trabalho.

O estudo de *layout* foi realizado priorizando uma aproximação das entradas de material dos operadores, diminuindo a movimentação e desperdícios encontrados na análise do estado atual. A Figura 35 demonstra o novo *layout* da estação de trabalho.

Figura 35 – Novo *layout* da estação de trabalho

Fonte: O Autor (2022).

Com esse novo *layout*, as entradas de material da estação de trabalho ficaram todas muito próximas dos operadores, reduzindo a movimentação para a coleta de peças para realizar a montagem das linhas de semente. Além disso, com a introdução da nova linha de pré-montagem, não é mais necessário retirar as linhas prontas, colocar em um carro de movimentação e posicionar na borda de linha de montagem. Agora, estas linhas se deslocam automaticamente através de um sistema tracionado até o ponto de saída de linhas de semente, indicado na Figura 35.

4.3.2 Balanceamento de Operações

Para o estado futuro, foi necessário realizar uma nova análise de balanceamento de operações, para validar a capacidade máxima de produção da estação de trabalho. A Figura 36 demonstra o balanceamento de operações para o estado futuro. A Tabela 3 representa a descrição de operações para definir o balanceamento de operações.

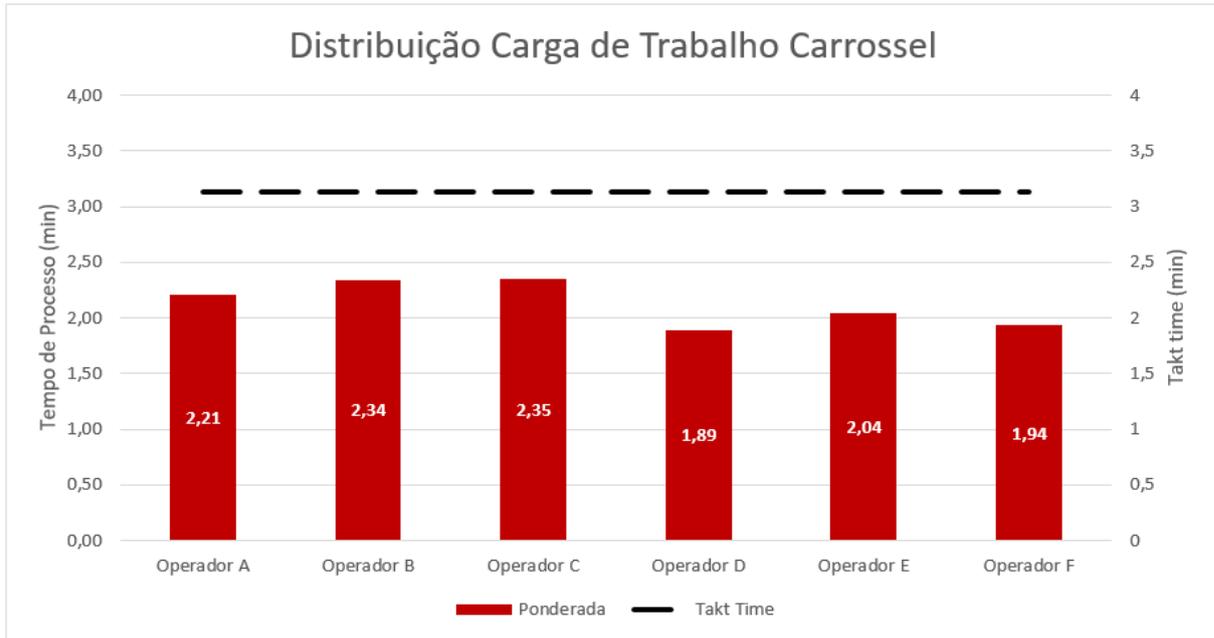
Tabela 3 – Descrição de operações linha de semente com maior volume

Descrição da atividade - Depois	Tempo	Operador	NVA	SVA	VA
Pegar disco duplo no carro kit	11	A	x		
Posicionar disco duplo na bancada	10	A		x	
Pegar braço esquerdo	2	A	x		
Pegar apertadeira	2	A		x	
Posicionar braço esquerdo	5	A			x
Pegar braço direito	5	A	x		
Posicionar braço direito	5	A			x
Pegar parafusos francês	2	A		x	
Colocar 2 parafusos francês	4	A			x
Colocar 2 porcas	8	A			x
Pegar apertadeira	2	A		x	
Encostar 2 parafusos francês	3	A			x
Pegar limitador direito	4	A	x		
Posicionar limitador direito	2	A			x
Colocar parafusos e porcas	12	A			x
Pegar apertadeira	2	A		x	
Apertar porcas	18	A			x
Guardar apertadeira	2	A		x	
Pegar limitador esquerdo	4	B	x		
Posicionar limitador esquerdo	2	B			x
Colocar parafusos e porcas	11	B			x
Pegar apertadeira	2	B		x	
Apertar porcas	16	B			x
Guardar apertadeira	2	B		x	
Pegar chave de boca	2	B		x	
Regular limitador direito	25	B			x
Regular limitador esquerdo	25	B			x
Guardar chave de boca	2	B		x	
Pegar apertadeira	2	B		x	
Apertar 2 parafusos francês inferior	12	B			x
Conferir regulagem limitador	15	C	x		
Guardar parafusadeira	2	C		x	
Pegar caneta	2	C		x	

Marcar parafusos	6	C		x	
Guardar caneta	2	C		x	
Levar carro para próximo estágio	3	C	x		
Pré-montar condutor de sementes	30	C			x
Pré-montar regulador de profundidade	80	F			x
Pegar torre e parafusos	7	C		x	
Montar torre	15	C			x
Pegar apertadeira	5	C	x		
Apertar parafusos	18	C			x
Guardar parafusadeira	2	D	x		
Prensar buchas com martelete	22	D			x
Prensar retentores com martelete	19	D			x
Engraxar buchas com pincel	8	D			x
Montar buchas	4	D			x
Posicionar condutor de semente	10	D			x
Montar condutor de sementes	21	D			x
Pegar parafusos suporte dosador	6	D		x	
Pegar dosador de sementes	10	E	x		
Posicionar dosador de sementes	28	E			x
Apertar parafusos suporte dosador	8	E			x
Guardar ferramenta angular	9	E	x		
Pegar chapa e srm	11	E		x	
Posicionar chapa e sem	38	E			x
Pegar apertadeira	4	F		x	
Apertar parafusos chapa sem	5	F			x
Guardar apertadeira	4	F	x		
Pegar regulador de profundidade	3	F		x	
Posicionar regulador de profundidade	3	F			x
Apertar regulador de profundidade	8	F			x

Fonte: O Autor (2022).

Figura 36 – Balanceamento de Operações – Estado Futuro



Fonte: O Autor (2022).

Com o aumento da capacidade de operadores na linha de pré-montagem, foi possível realizar uma sequência de montagem, permitindo, assim, que o tempo de processo seja mais uniforme entre os operadores, não havendo grande ociosidade entre eles.

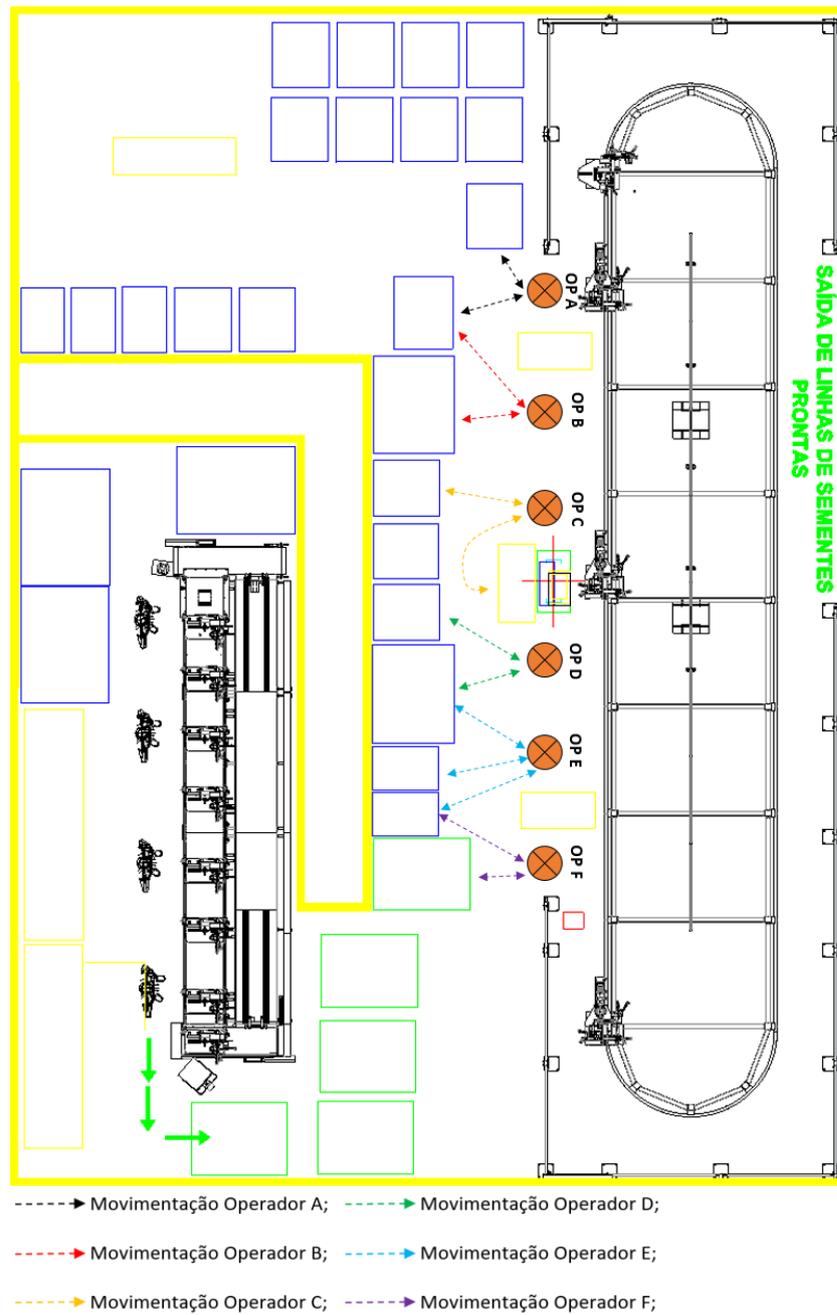
Com esses novos dados, o operador gargalo da nova linha de pré-montagem é o Operador C, com tempo de ciclo de 2,35 minutos. Ao utilizar a Equação (2), pode-se concluir que a capacidade de produção da nova estação de trabalho é de 224 linhas de semente em um turno de 8,8 horas. Como agora todos os modelos de linha de semente são montados no mesmo local, foi definido o tempo de ciclo a partir de uma média ponderada, considerando o volume anual para cada modelo de linha de semente.

Em relação ao Estado Atual, o Estudo Futuro demonstra um ganho de 50% na capacidade de produção da estação de trabalho.

4.3.3 Análise de movimentação

Utilizando o Diagrama de *Spaghetti* foi possível mensurar a movimentação dos seis operadores responsáveis pela montagem das linhas de semente na nova linha de pré-montagem. A Figura 37 demonstra a movimentação dos operadores no novo *layout* para realizar a montagem de uma linha de semente pantográfica.

Figura 37 – Movimentação dos operadores no novo layout



Fonte: O Autor (2022).

A movimentação por operador, para montar uma linha de semente pantográfica, pode ser visualizada na Tabela 4.

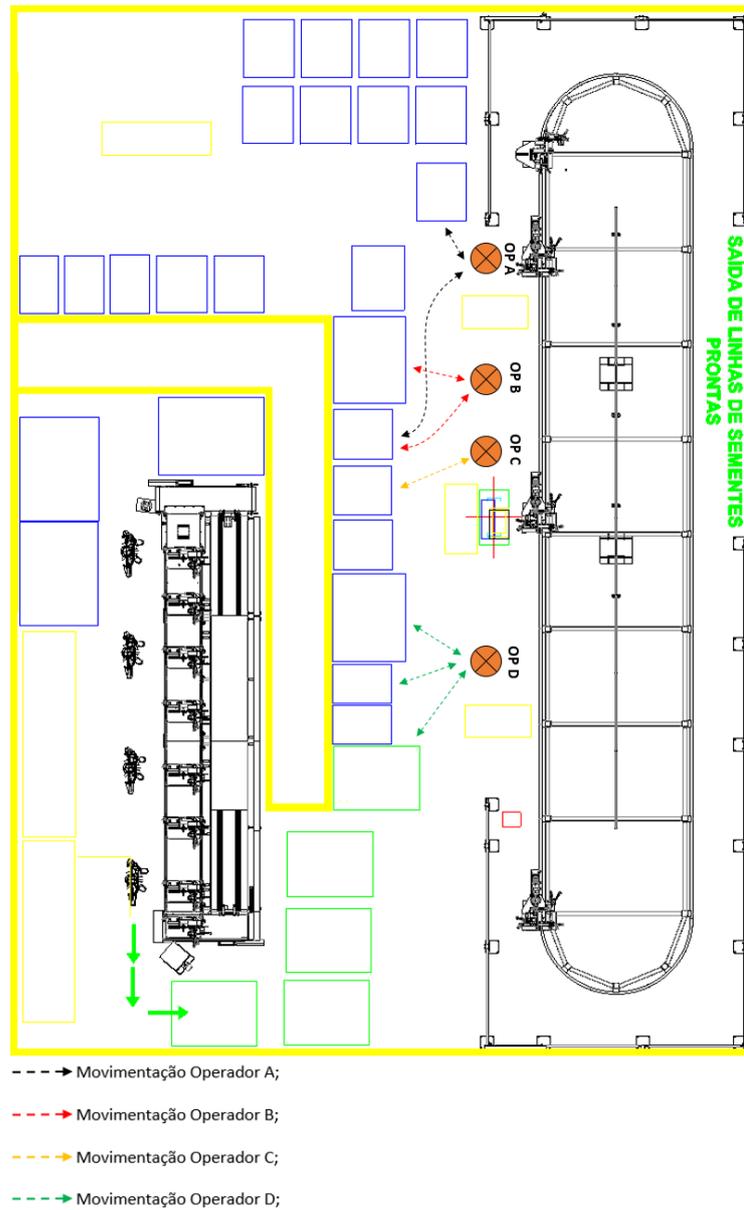
Tabela 4 – Movimentação por operador para montar uma linha de semente pantográfica no novo *layout*

	Buscar peças (m)	Buscar fixadores (m)	Buscar Ferramentas (m)	Conectar mangueira de ar (m)	Levar itens prontos (m)	Total (m)
OP A	3,2	0,4	0,4	0,4	0,0	4,4
OP B	2,6	1,8	0,4	0,4	0,0	5,2
OP C	2,2	0,4	2,8	0,4	0,0	5,8
OP D	2,6	2,4	1,0	0,4	0,0	6,4
OP E	2,4	5,2	0,4	0,4	0,0	8,4
OP F	4,8	0,4	0,4	0,4	0,0	6,0

Fonte: O Autor (2022).

A Figura 38 demonstra a movimentação por operador para realizar a montagem de uma linha de semente pivotada. Em função das possibilidades de sequência de montagem, esse modelo de linha permite, no máximo, 4 operadores realizando a montagem da linha.

Figura 38 – Movimentação para realizar a montagem de uma linha de semente pivotada no novo layout



Fonte: O Autor (2022).

A movimentação por operador, para montar uma linha de semente pantográfica, pode ser visualizada na Tabela 5.

Tabela 5 - Movimentação por operador para montar uma linha de semente pivotada no novo layout

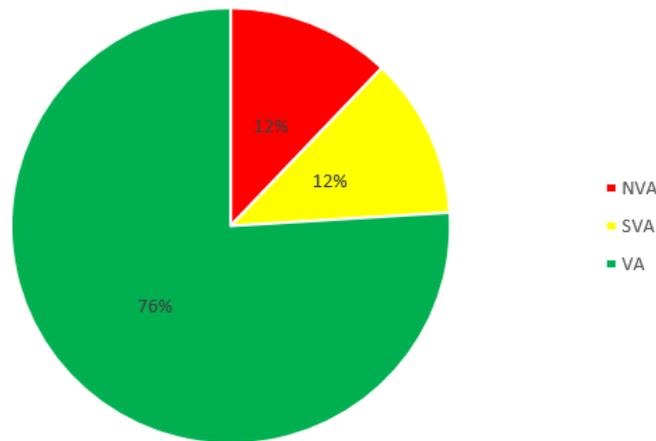
	Buscar peças (m)	Buscar fixadores (m)	Buscar Ferramentas (m)	Conectar mangueira de ar (m)	Levar itens prontos (m)	Total (m)
OP A	5,4	0,9	0,0	0,0	0,0	6,3
OP B	3,5	2,3	0,3	0,3	0,0	6,3
OP C	2,4	0,0	0,3	0,3	0,0	3,0
OP D	6,2	1,8	0,6	0,6	0,0	9,2

Fonte: O Autor (2022).

4.3.4 Análise de Valor

A análise de valor para o Estado Futuro, considerando uma média entre as linhas pantográficas e pivotadas. O resultado pode ser visualizado na Figura 39.

Figura 39 – Análise de Valor para o Estado Futuro



Fonte: O Autor (2022).

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Tendo em vista os dados apresentados, tanto para o Estado Atual, quanto para o Estado futuro da estação de trabalho objeto deste estudo, torna-se possível fazer uma análise de todos os impactos representados pelas modificações de *layout* e implementação da nova linha de pré-montagem.

Com a consolidação da montagem das linhas de semente em apenas um local, é possível concluir que a complexidade das rotas de logística tornou-se menor, visto que agora as entradas de material para a montagem deste fluxo de valor concentram-se em apenas uma área. Como rotas de logística não foi objeto de estudo, não é possível mensurar os ganhos de forma quantitativa.

Os ganhos na capacidade de produção, um dos objetivos deste estudo, foram mensurados e estão, de maneira comparativa, apresentados na Tabela 4. A capacidade de produção considera um turno de 8,8 horas diárias. O Estado Atual, considera a soma entre linhas pantográficas e linhas pivotadas.

Tabela 6 – Aumento da Capacidade de Produção diária de linhas de semente: Estado Atual x Estado Futuro

	Capacidade de Produção (unidade)
Estado Atual	160
Estado Futuro	224

Fonte: O Autor (2022).

Conforme os dados apresentados na Tabela 6, é possível concluir que haverá um acréscimo na capacidade de produção de 40%. Esse ganho é muito representativo, visto que com os volumes de produção previstos para os próximos anos, sinalizavam a estação de trabalho como gargalo de produção, não sendo capaz de produzir os volumes necessários. Com a alteração de *layout* e com a nova linha de pré-montagem, a estação de trabalho será capaz de produzir os volumes necessários.

A redução de movimentação, para fins comparativos, será dividida em duas: movimentação para realizar montagem de linhas pantográficas e a movimentação para realizar a montagem das linhas pivotadas. A Tabela 7 demonstra a redução de movimentação para realizar a montagem de linhas pantográficas entre o Estado Atual e o Estado Futuro.

Tabela 7 – Redução de movimentação para linhas pantográficas: Estado Atual x Estado Futuro

	Movimentação/Linha de Semente Pantógrafica (m)
Estado Atual	59,4
Estado Futuro	36,2

Fonte: O Autor (2022).

Com os dados apresentados na Tabela 7, é possível concluir que houve uma redução de 39,1% na movimentação dos operadores. Essa redução, além de impactar uma redução dos desperdícios de produção, representa que os operadores impactados por essa mudança, terão um desgaste muito menor durante o dia de trabalho.

A Tabela 8 apresenta a redução de movimentação para realizar a montagem de linhas pivotadas entre o Estado Atual e o Estado Futuro.

Tabela 8 – Redução de movimentação para linhas pivotadas: Estado Atual x Estado Futuro

	Movimentação/Linha de Semente Pivotada (m)
Estado Atual	73,6
Estado Futuro	24,8

Fonte: O Autor (2022).

A redução para as linhas pivotadas é ainda mais expressiva. Com as alterações, a movimentação necessária para montar uma linha de semente pivotada é de 66,3%. Isso demonstra que no Estado Atual, o fluxo de montagem estava priorizando apenas as linhas de maior volume de produção, aceitando desperdícios de produção para as linhas de menor volume.

Por questões estratégicas de mercado, não foi possível demonstrar os retornos financeiros que a empresa terá com este projeto. Entretanto, utilizando os valores de custo-hora de fabricação e considerando os volumes de linhas de semente previstos, é possível afirmar que o investimento terá *payback* de 1,8 anos.

5 CONCLUSÕES

O investimento em tecnologias, automatização e em mão de obra para realizar análises de processo em busca da eliminação de desperdícios em empresas de máquinas e implementos agrícolas, vem sendo cada vez mais aplicado. Os principais objetivos ao realizar esse tipo de investimento, é a redução de custos, otimização de processos e o aumento no lucro em seus produtos. Em função da alta competitividade deste mercado, empresas que realizam este investimento conseguem aumentar sua margem de lucro mantendo os preços competitivos.

Com as alterações, é possível aumentar a capacidade de produção da estação de trabalho em 64 linhas de semente, representando 40% de aumento. Além disso, considerando a soma unitária de linhas pivotadas e pantográficas, houve uma redução de 72 metros no processo.

O acréscimo de capacidade de produção torna a empresa mais competitiva dentro do mercado, visto que será capaz de atender um maior número de agricultores com seus produtos.

A redução de movimentação encontrada a partir da alteração de *layout* proposta, além de trazer retornos financeiros à empresa, trará inúmeros benefícios a saúde e bem estar de todos os colaboradores impactados pela alteração, visto que, caminhando menos durante sua jornada de trabalho, evitarão situações de risco que acontecem no dia-a-dia de uma linha de produção.

Com a implementação da nova linha de pré-montagem de linhas de semente, a empresa poderá encarar os desafios comerciais dos próximos anos, garantindo a entrega de todos os produtos solicitados pelo agricultor, seu principal cliente. Por ser um equipamento desenvolvido de maneira modular, o mesmo poderá ser ampliado quando surgir a necessidade de aumentar a capacidade de produção para atingir os volumes de produção solicitados.

O desenvolvimento deste trabalho e a dedicação exclusiva ao estudo das ferramentas do *lean manufacturing* pôde mostrar como existem inúmeras possibilidades para aumentar a margem de lucro de empresas dentro das linhas de produção. Desperdícios existem e precisam ser mitigados com estratégias e planos de ação robustos e efetivos.

A gestão de produção em manufatura pode ser a grande chave para o sucesso de uma empresa. Desenhar processos efetivos pode ser o diferencial para atingir os custos necessários para se tornar competitivo dentro do mercado.

A estação de trabalho seguirá com projetos de redução de custos, pois a melhoria é contínua e sempre surgirão possibilidades de aumentar a eficiência e a produtividade desta.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

a) O *layout* da estação de trabalho ainda pode ser melhorado. Restrições de área impedem a distribuição e aproximação de entradas de material.

b) A distribuição de operações entre os operadores não ficou muito próxima, havendo ociosidade entre eles. O acréscimo de mais um elevador na linha de montagem irá permitir que alguns processos sejam redistribuídos.

c) A conexão das mangueiras de ar das apertadeiras pneumáticas poderá ser suspensa, melhorando o 5S da estação de trabalho e reduzindo potenciais quase-acidentes na área.

d) O processo de retirada das linhas de semente prontas pode ser automatizado, melhorando o processo de acople das mesmas no chassi da máquina – este processo ocorre em outra estação de trabalho.

e) Com a finalização da implementação de linha de pré-montagem, será necessário coletar novas amostras de tempo de todos os produtos impactados.

REFERÊNCIAS

- BAXTER, M. **Projeto de Produto. Guia Prático para o design de novos produtos**. 3ª edição. São Paulo: Blucher, 2011.
- CANEN, A.G.; WILLIAMSON, G.H. Facility layout overview: towards competitive advantage. **Facilities**, volume 16 number 7/8, 1998.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de pessoas**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- DAYCHOUM, Merchi. **40+2 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento**. Rio de Janeiro: Brasport, 2008.
- FERREIRA, A.A.; REIS, A.C.F.; PEREIRA, M.I. **Gestão Empresarial: de Taylor aos Nossos Dias**. 1ª edição. São Paulo: Pioneira, 2000.
- FREITAS, André Luis Policani; SUETT, Waidson Bitão. Uma abordagem multicritério para avaliação e classificação do desempenho da implantação de um programa de qualidade 5S. **XII SIMPEP** – Bauru, SP, Brasil, 7 a 9 de Novembro de 2005.
- GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-in-time**. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.
- IMAI, M. **Kaizen: a Estratégia para o Sucesso Competitivo**. 5ª edição. São Paulo: IMAM, 1994.
- IVANQUI, I.L. **Um modelo para a solução do problema de arranjo físico de instalações interligadas por corredores**. Tese de doutorado, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.
- JONES, D. T.; ROOS, D.; WOMACK, J. P. **A máquina que mudou o mundo**. 8ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- MARIZ, R. N.; PICCHI, F. A. Método para aplicação do trabalho padronizado. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.13, n. 3, p. 7-27, jul./set. 2013.
- MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P. **Administração da Produção**. 2ª edição. São Paulo: Saraiva, 2005.
- MCKONE K.E.; SCHROEDER R. G., CUA K. O. The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. **Journal of Operations Management**. v. 19, p. 39-58, 2001.
- MORAES, Cícero Couto; CASTRUCCI, Plínio de Lauro. **Engenharia de automação industrial**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

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

PINTO, João.P. **Lean Thinking: introdução ao pensamento magro.** Comunidade Lean Thinking, 2008.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar.** São Paulo: Lean Institute Brasil. 2003.

SCHWENGBER, Henrique et al. Princípios da manufatura enxuta e ferramenta de mapeamento de fluxo de valor: caminhos para a redução de desperdícios em uma indústria do ramo de entretenimento e informação. **Revista Espacio.** Venezuela, v. 38, n. 28, p.22, 2017.

SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (TOYOTA PRODUCTION SYSTEM). Disponível em: <<https://www.toyota.com.br/mundo-toyota/toyota-production-system/>> Acesso em: 06/11/2021.

SHINGO, S. **Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da Engenharia de Produção.** Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, Nigel; JONES, Alistair Brandon; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** 8ª edição. São Paulo: Atlas, 2018.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de Planejamento e Controle da Produção.** São Paulo: Atlas, 1997.

TUBINO, Dalvio F. **Sistemas de Produção: a produtividade no chão de fábrica.** Porto Alegre: Bookman, 1999.

WOMACK, J. P.; JONES K. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine os desperdícios e crie riqueza.** 5ª edição. Rio de Janeiro: Campus, 1998.