



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**CAMPUS DE RUSSAS**

**MATHEUS OLIVEIRA BRAGA**

**DIMINUIÇÃO DE FLUXO DE MOVIMENTAÇÃO EM UMA PRODUÇÃO DE KITS  
FOTOVOLTÁICOS**

**RUSSAS**

**2022**

MATHEUS OLIVEIRA BRAGA

DIMINUIÇÃO DE FLUXO DE MOVIMENTAÇÃO EM UMA PRODUÇÃO DE KITS  
FOTOVOLTÁICOS

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de produção da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Sandro Alberto Vianna Lordelo

RUSSAS

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

B794d Braga, Matheus Oliveira.  
Diminuição de fluxo de movimentação em uma produção de kits fotovoltaicos. / Matheus Oliveira Braga. –  
2022.  
65 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas,  
Curso de Engenharia de Produção, Russas, 2022.  
Orientação: Prof. Dr. Sandro Alberto Vianna Lordelo.

1. Diagrama de espaguete. 2. Energia solar. 3. Ciclo PDCA. I. Título.

CDD 658.5

---

MATHEUS OLIVEIRA BRAGA

DIMINUIÇÃO DE FLUXO DE MOVIMENTAÇÃO EM UMA PRODUÇÃO DE KITS  
FOTOVOLTÁICOS

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de produção da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Sandro Alberto Vianna Lordelo

Aprovada em: \_\_/\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Sandro Alberto Vianna Lordelo (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC – Campus Russas)

---

Profa. Dra. Josemeire Alves Gomes  
Universidade Federal do Ceará (UFC – Campus Russas)

---

Profa. Ms. Rochelly Sirremes Pinto  
Universidade Federal do Ceará (UFC – Campus Russas)

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo a Deus, por ter me proporcionado a realização de um dos maiores sonhos de minha trajetória. Por ter me dado forças nos momentos mais angustiantes e me presenteado com amigos e familiares que eu levo pra vida toda.

Aos meus pais (Fátima e Jonhson) e familiares que me ajudaram em todos os momentos, nunca desistindo e sempre acreditando em onde eu poderia chegar, sou grato não só por essa etapa, mas sim por toda a minha vida acadêmica.

Aos meus amigos de Russas, que por anos se fizeram colo, me acolhendo em um lugar onde eu nunca imaginava que poderia me adaptar, vocês carregam parte disso tudo. Em especial a Millenny e Ívina, essas que foram base de sustentação no alívio sentimental. Também a Gabi, essa que me ajudou em todas as dificuldades e se fez presente nos vários dias sozinhos em Russas.

Aos meus amigos de Fortaleza, em especial a Emilly, Neziã, Lucas, Liesley e Alinne. Esses que sempre estiveram ao meu lado, ajudando, ouvindo ou lavando a louça por mim enquanto eu finalizava o TCC.

E por fim a três pessoas que foram essenciais para a finalização da minha graduação. Estefânia que nunca desistiu de mim, a Danyelle que sempre me deu liberdade para priorizar meus estudos e ao meu orientador Sandro, que em meio a tanta loucura se fez paciente e me ajudou nos horários mais improváveis da madrugada. Conciliar trabalho e estudo funcionou pois eu tinha esses três.

Tudo isso só foi possível graças a vocês.

## RESUMO

Com o crescimento da energia solar por volta do ano de 2010, um grande número de empresas ligadas ao ramo surgiu em todo país e a busca por uma fonte de energia limpa que dê um retorno financeiro a médio/longo prazo se tornou cada vez mais comum. A rápida ascensão de negócios pode gerar problemas no setor produtivo, como a baixa produtividade e aumento do fluxo de movimentação. Existindo a importância desse tema, o estudo buscou identificar todas as dificuldades do processo produtivo de uma fábrica de kits fotovoltaicos, sendo necessário a aplicação de ferramentas da qualidade que agreguem valor ao estudo e traga soluções fáceis e alcançáveis, visando sempre o bem estar do colaborador juntamente com uma busca por uma maior lucratividade. A metodologia escolhida propôs uma abordagem quali-quantitativa, utilizando de procedimentos como a pesquisa-ação e pesquisa de campo para levantar dados agregadores de opinião, com uma natureza aplicada para melhor dispor dos resultados finais, podendo aplicar ações corretivas de forma instantânea. A metodologia bibliográfica desenvolvida consistiu na escolha de palavras chaves que pudessem retornar temas relevantes na busca por fontes conceituadas. Com isso, foi preciso desenvolver uma lógica booleana que ajudasse na coleta de arquivos dentro das bases escolhidas (Isi e Scopus), vinculadas ao site da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), e como resultado foram encontrados 51 arquivos na base Isi e 93 na base Scopus para a catalogação e seleção de acordo com o tema proposto. Sendo necessário também a busca por informações específicas nos procedimentos operacionais padrões da própria empresa, construídos pelo autor em parceria com a coordenação do setor de Produção da própria empresa. Os procedimentos passaram por validação da supervisão e dos colaboradores operacionais. O programa Excel também foi muito utilizado, gerando tabelas e o diagrama de espaguete, a principal ferramenta aqui aplicada. Os resultados indicaram que foi possível diminuir consideravelmente o fluxo de movimentação dos colaboradores, reduzindo os riscos físicos assim como aumentando a produtividade da equipe de separação.

**Palavras-chave:** diagrama de espaguete; energia solar; ciclo pdca.

## ABSTRACT

With the growth of solar energy around the year 2010, a large number of companies related to the sector emerged throughout the country and the search for a clean energy source that provides a medium/long-term financial return has become increasingly common. The rapid rise of business can generate problems in the productive sector, such as low productivity and increased flow of movement. Given the importance of this theme, the study sought to identify some difficulties in the production process of a photovoltaic kit factory, requiring the application of quality tools that add value to the study and bring easy and achievable solutions, always aiming at the well-being of the collaborator together. with a quest for greater profitability. The chosen methodology proposed a quali-quantitative approach, using procedures such as action research and field research to collect opinion aggregator data, with an applied nature to better dispose of the final results, being able to apply corrective actions instantly. The bibliographic methodology developed consisted of choosing keywords that could return relevant themes in the search for reputable sources. With that, it was necessary to develop a Boolean logic that would help in the collection of files within the chosen bases (Isi and Scopus), linked to the Capes website (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel), and as a result, 51 files were found in the base Isi and 93 in the Scopus base for cataloging and selection according to the proposed theme. It is also necessary to search for specific information in the company's own standard operating procedures, built by the author in partnership with the coordination of the company's own Production sector. The procedures were validated by supervision and operational employees. The Excel program was also widely used, generating tables and the spaghetti diagram, the main tool applied here. The results indicated that it was possible to considerably reduce the movement flow of employees, reducing physical risks as well as increasing the productivity of the separation team.

**Keywords:** spaghetti diagram; solar energy; pdca.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo de espaguete inicial .....	25
Figura 2: Ilustração do ciclo PDCA .....	28
Figura 3: Ilustração da ferramenta 5W2H .....	29
Figura 4 - Árvore de palavras .....	32
Figura 5 – Tela End Note 20 .....	33
Figura 6 – Planilha excel .....	34
Figura 7 - Insumo “painel” finalizado .....	41
Figura 8 - Insumo “cabo” finalizado .....	42
Figura 9 - Insumos separados pela linha 3 .....	42
Figura 10 - Fluxograma do processo produtivo .....	40
Figura 11 - Embalagem finalizada .....	48
Figura 12 - Layout do setor antes do diagrama espaguete .....	49
Figura 13 - Diagrama espaguete realizado .....	50
Figura 14 - Novo diagrama de espaguete .....	57

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Energia Solar no Brasil .....	16
Gráfico 2 – Tendência das notas .....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critério de avaliação .....	34
Tabela 2 – Base de dados final .....	36
Tabela 3 - Quantidade de passos .....	52
Tabela 4 - Quantidade em metros .....	52
Tabela 5 - Tempo gasto em segundos .....	53
Tabela 6 - 5W2H .....	54
Tabela 7 - Desenvolvimento do ciclo .....	55
Tabela 8 - Checagem do ciclo .....	56
Tabela 9 - Ações a serem tomadas .....	56
Tabela 10 - Atualização sobre tempo .....	58

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Símbolos de operação e transporte .....	30
Quadro 2: Símbolos de espera, inspeção e armazenagem .....	30
Quadro 3: Contribuição parte 1.....	37
Quadro 4: Contribuição parte 2 .....	38

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**ABSOLAR** Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 Contexto .....	14
1.2 Problemática .....	17
<b>1.3 Objetivos</b> .....	<b>17</b>
1.3.1 <i>Objetivo geral</i> .....	<b>177</b>
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	<b>188</b>
1.4 Justificativa da pesquisa .....	18
1.5 Organização do trabalho.....	18
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>20</b>
2.1 <b>Qualidade</b> .....	20
2.1.1 <i>Princípios de gestão da qualidade</i> .....	21
2.2 <b>Melhoria contínua</b> .....	22
2.3 <b>Ferramentas da qualidade</b> .....	23
2.4 <b>Diagrama de espaguete</b> .....	24
2.5 <b>Ciclo PDCA (Plan, Do, Check e Act)</b> .....	26
2.6 <b>5W2H</b> .....	28
2.7 <b>FLUXOGRAMA</b> .....	29
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>31</b>
3.1 <b>Pesquisa bibliográfica</b> .....	31
3.1.1 <i>Árvore de palavras</i> .....	31
3.1.2 <i>Definição das ferramentas de busca</i> .....	32
3.1.3 <i>Busca exploratória</i> .....	32
3.2 <b>Formação da base de dados</b> .....	32
3.3 <b>Ranqueamento do conteúdo estudado</b> .....	34
3.4 <b>Metodologia do trabalho</b> .....	39
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>40</b>
4.1 <b>Processo produtivo da empresa estudada</b> .....	40
4.1.1 <i>Painel</i> .....	40
4.1.2 <i>Cabos</i> .....	41
4.1.3 <i>Materiais Diversos</i> .....	42
4.1.4 <i>Perfil</i> .....	43

<i>4.1.5 Conferência AC e conferência final</i> .....	43
<i>4.1.6 Faturamento</i> .....	43
<i>4.1.7 Fluxograma do processo produtivo</i> .....	43
<b>4.2 Criação do Procedimento Operacional Padrão da linha escolhida</b> .....	44
<b>4.3 Escolha dos fluxos que poderiam ser eliminados</b> .....	48
<b>4.4 Aplicação do diagrama espaguete</b> .....	50
<b>4.5 Análise de tempo e distância antes das ações serem tomadas</b> .....	51
<b>4.6 PDCA e 5W2H</b> .....	53
<i>4.6.1 Planejamento</i> .....	53
<i>4.6.2 Desenvolvimento</i> .....	54
<i>4.6.3 Checar</i> .....	55
<i>4.6.4 Agir</i> .....	56
<b>4.7 Realização do novo diagrama de espaguete e resultados</b> .....	56
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	60
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	62

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contexto

A busca pela inserção da energia solar na matriz energética mundial ocasionou um aumento de 395% da produção primária de energia solar entre 2003 e 2013. Houve um crescimento de 17% na produção total de energia no mesmo período, enquanto que as fontes renováveis tiveram um crescimento de 56%, com isso, a energia solar só foi superada pela energia eólica (SILVA, 2015).

A crescente dessa energia inovadora se tornou ainda mais visível quando são tomadas como base informações mais recentes do ano de 2020, onde segundo os dados da ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica) mais de 86 mil novos empregos foram criados no setor solar em todo o território brasileiro. Este número representa uma alta de 62% em relação aos empregos acumulados no Brasil desde 2012. Ainda segundo o levantamento da associação, em 2020 a fonte fotovoltaica movimentou mais de R\$ 13 bilhões em negócios, um aumento de 52% em relação aos investimentos acumulados no país desde 2012.

Mesmo com um baixo valor competitivo, as empresas do ramo crescem exponencialmente através da promessa de economia que as usinas fotovoltaicas terão a médio prazo, com isso, a busca pela própria geração de energia se torna cada vez mais comum mesmo que venha a surgir novas regras a serem seguidas, como por exemplo a chamada “taxação do sol”, conforme declara Marcia Sousa (2022):

Em janeiro deste ano, um marco legal para a microgeração e a minigeração distribuída de energia foi instituído na forma da Lei 14.300/2022. O texto garantiu que as antigas regras do setor fossem mantidas até 2045 para quem já possuía a instalação solar e para novos clientes no período de 12 meses. Agora, a três meses para acabar o ano, o assunto volta à tona, pois o prazo para garantir, por exemplo, a isenção de alguns componentes tarifários está prestes a terminar. Isso porque quem quiser instalar placas solares em sua residência, pequeno negócio ou terreno, terá de pagar uma tarifa de uso do sistema de distribuição. A medida passa a valer a partir de 6 de janeiro de 2023.

Nesse contexto, é importante decidir de forma correta e entender em que cenário se encontra a sua necessidade. Segundo Roubicek (2022), há duas principais formas de geração de energia solar no Brasil. Uma delas é a chamada geração centralizada, que normalmente se refere a grandes centros de energia solar. A outra forma de geração de energia no país é chamada de

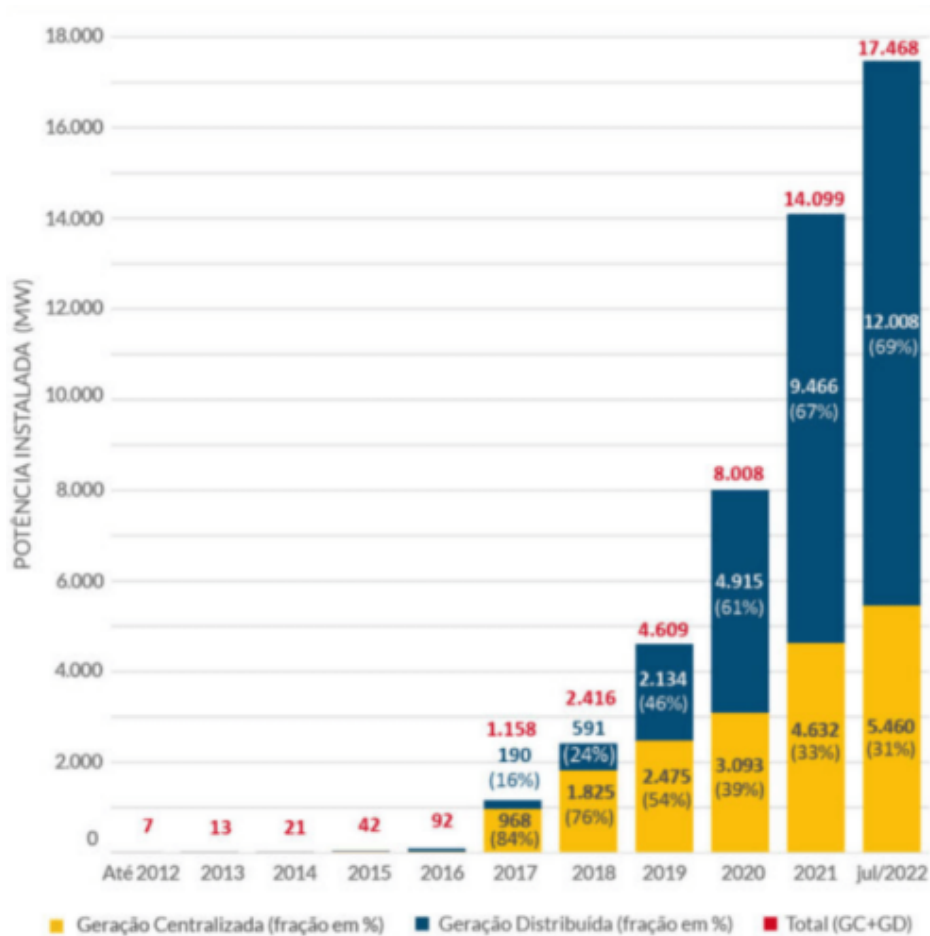
geração distribuída. Trata-se de uma produção descentralizada de energia. Baseada em geração de pequeno e médio porte. E é nesse segundo tipo de geração que a empresa estudada se localiza, fabricando e vendendo os kits fotovoltaicos de acordo com a necessidade de seus clientes.

Segundo a Absolar, há cerca de 1,2 milhão desses pontos de geração distribuída de energia solar no Brasil. Eles estão concentrados da seguinte forma:

- Residências representam 78,4% das conexões;
- Estabelecimentos de comércio ou serviços representam 11,8% das conexões;
- Consumidores rurais representam 7,7% das conexões;
- Indústrias representam 1,7% das conexões;
- Prédios públicos representam 0,3% das conexões.

É nítido que a procura pelo mercado é bastante significativa, o meio produtivo de empresas especializadas necessita de técnicas mais avançadas e profissionais cada vez mais capacitados para a realização de um trabalho pouco antes visto. O gráfico 1, da Absolar, comprova o crescimento exponencial da geração distribuída nos últimos anos:

Gráfico 1 – Energia Solar no Brasil



Fonte: Absolar (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica)

Para acompanhar a grande alta no número de procura mostrado no gráfico 1 acima, é necessário que essas empresas se tornem extremamente técnicas no que fazem, otimizando sua produção e capacitando seus colaboradores. Uma das formas de otimizar a produção é revisar todo o fluxo de trabalho existente, desde o momento em que as matérias-primas chegam à empresa até quando o produto pronto é enviado ao cliente (EQUIPE TOTVS, 2021).

Atualmente, existem várias ferramentas da qualidade que ajudam no desenvolvimento de trabalhos de otimização da produtividade, visando uma melhor disposição dos postos de trabalho e até mesmo alterando parte da cultura da empresa, revisando processos e verificando se esses são realmente necessários ou se existe alguma dificuldade no meio produtivo.

Essa melhor identificação ajuda na aplicação de soluções e no estudo foi importante existir a análise do setor fotovoltaico, existindo a importância de aprimorar os processos dessas empresas distribuidoras de energia solar para atender a alta demanda do mercado nacional. Nessas, o fluxo de movimentação deve ser muito visado, principalmente nas mais jovens que possuem um espaço bastante limitado. Com isso, o presente trabalho aplicou ferramentas da qualidade em uma determinada linha de produção de uma empresa de painéis fotovoltaicos, tendo em vista o fluxo de movimentação de seus colaboradores.

## **1.2 Problemática**

Segundo informações da Absolar citadas anteriormente, esse crescimento da matriz energética de pequenas e médias fontes de usinas solares fazem surgir novas empresas no mercado, muitas vezes ignorando fluxos necessários para a obtenção de uma maior rapidez no atendimento da alta demanda, como é o caso da empresa estudada. A partir da pesquisa-ação aqui citada, se abre margem para algumas questões:

- 1- A empresa já possui um mapeamento de processos do setor a ser estudado?
- 2- O ciclo PDCA é eficaz no momento de analisar os projetos?
- 3- Se retirado determinado fluxo o processo continuará tendo funcionalidade?
- 4- O diagrama espaguete ajuda na produtividade da empresa?
- 5- A tabela 5W2H ajudou no momento de designar tarefas?

## **1.3 Objetivos**

### *1.3.1 Objetivo geral*

Essa pesquisa tem como objetivo geral aplicar ferramentas da qualidade: diagrama de espaguete, ciclo PDCA e 5W2H em uma linha de produção de uma empresa de painéis fotovoltaicos, tendo em vista diminuir o fluxo de movimentação.

### *1.3.2 Objetivos específicos*

Para alcançar o objetivo geral desse trabalho, alguns objetivos específicos foram realizados. São eles:

- Mapear todos os processos que acontecem em um dos setores da empresa escolhida;
- Aplicar ferramentas da qualidade nos processos identificados como possível ameaças;
- Identificar oportunidades de melhoria;
- Traçar plano de ação em cima de cada uma das etapas de conclusão da melhoria;
- Analisar qualitativamente os trabalhos bibliográficos escolhidos.

### **1.4 Justificativa da pesquisa**

A energia solar vive um momento único no Brasil. No último ano, mesmo em contexto de pandemia, a capacidade energética do setor cresceu cerca de 52% e hoje, a solar é vista como a principal fonte a encabeçar a retomada verde no país e a transição para uma economia 100% limpa e renovável, seguida da eólica, hidrelétrica e do gás natural (ABSOLAR, 2021). Esse destaque foi crucial no momento da escolha do tema, ele pode dar abertura nas falhas operacionais em casos de empresas que crescem rapidamente visando apenas a rapidez de produção.

É nesse cenário que surgem as ferramentas escolhidas, essas têm papel fundamental no estudo em questão e buscam a todo momento identificar os maiores obstáculos, tratar esses da melhor forma e mitiga-los, uma vez que além da diminuição do fluxo também é necessário manter intacto o planejamento na cultura organizacional do setor selecionado.

### **1.5 Organização do trabalho**

O presente trabalho tem como divisão a seguinte forma:

Em seu capítulo 1 ele contextualiza todo o cenário envolto do estudo sobre a empresa de energia solar, trazendo sua justificativa, objetivos, problemáticas e delimitações do tema.

Seguindo ao capítulo 2, esse tem como foco a revisão bibliográfica da pesquisa, onde serão levantadas todas as ferramentas da qualidade usadas no estudo assim como definições de temas a serem abordados.

Já no capítulo 3, será descrita toda a metodologia de pesquisa utilizada assim como os artigos selecionados para o avanço do estudo.

A seguir, no capítulo 4, a pesquisa-ação vai ser apresentada junto com os resultados da pesquisa.

E finalizando com o capítulo 5, que é estruturado pela conclusão do trabalho, descrevendo todas as respostas das questões levantadas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Qualidade

Levando em consideração a evolução da gestão da qualidade desde os seus primórdios até o momento atual, Oliveira (2009) diz que o Código de Hamurabi (primeiro código de leis escritas) é o indicio pioneiro de preocupação com a qualidade e com a satisfação da demanda. Por volta de 2.150 a.C., este código já demonstrava uma preocupação com a durabilidade e funcionalidade das habitações produzidas na época, de tal forma que, se um construtor negociasse um imóvel que não fosse sólido o suficiente para atender sua finalidade e desabasse, seria imolado.

Segundo Carpinetti (2017), a gestão da qualidade é vista hoje, tanto no meio acadêmico como empresarial, como um fator estratégico para a melhoria de competitividade e produtividade. Essa importância da gestão da qualidade decorre de um longo processo de evolução do conceito e da prática de gestão da qualidade. Com as contribuições de autores como Juran, Deming e Feigenbaum, a partir da década de 50, o conceito de qualidade foi ampliado de perfeição técnica em projeto e fabricação para adequação do produto ao uso, a partir da perspectiva do mercado, incluindo outros atributos, mais amplos e não necessariamente com ênfase em desempenho técnico superior.

Segundo Paladini (1998), a gestão da qualidade convencional investia na superespecialização dos operadores de produção. Visando sempre a maior eficiência, a Administração Científica adotava igual postura, indo um pouco além: sugeria a divisão das operações em partes mínimas. Juntando os dois procedimentos, Taylor enfatizava a ideia de que tarefas mais simples (resultantes da pulverização da atividade produtiva) têm condições de ser mais bem ensinadas. A competência do operador, neste contexto, é incrementada muitas vezes.

Hoje, a gestão da qualidade não mais encara estes elementos como relevantes. O operador multifuncional tende a ser mais útil no contexto dos sistemas integrados de produção; a divisão das tarefas deve considerar, primeiro, sua relação de importância no contexto do sistema como um todo e a normalização deve ser analisada num conceito globalizado e não individualizado, de mínimas tarefas (PALADINI, 1998).

Já de acordo com a ISO 9000 (2015), uma organização focada em qualidade promove uma cultura que resulta em comportamentos, atitudes, atividades e processos que agregam valor através

da satisfação das necessidades e expectativas dos clientes e de outras partes interessadas pertinentes. A qualidade dos produtos e serviços de uma organização é determinada pela capacidade de satisfazer os clientes e pelo impacto pretendido e não pretendido nas partes interessadas pertinentes. A qualidade dos produtos e serviços inclui não apenas sua função e desempenho pretendidos, mas também seu valor percebido e o benefício para o cliente.

A prática de Qualidade deu-se início a partir da década de 50, quando os estudiosos Armand V. Feigenbaum, Joseph M. Juran e Winston Edwards Deming desenvolveram o conceito de Qualidade Total (LINS, 2005). Esse princípio foi se desenvolvendo até que chega no ponto mais atual, no qual existe normas técnicas que estabelecem o modelo de gestão da qualidade.

### 2.1.1 Princípios de gestão da qualidade

Ainda de acordo com a ISO 9000 (2015), que seria a versão mais atual das normas relacionadas ao tema, temos 7 princípios da qualidade e a seguir é mostrado a relação deles e o que nisso impacta:

- I- **Foco no cliente:** O foco principal da gestão da qualidade é atender às necessidades dos clientes e empenhar-se em exceder as expectativas desses. Sucesso sustentável é alcançado quando uma organização atrai e retém a confiança dos clientes e de outras partes interessadas pertinentes. Cada aspecto da interação é uma oportunidade para criar mais valor para o cliente. Entender as necessidades atuais e futuras dos clientes e de outras partes interessadas contribui para o sucesso sustentável da organização.
- II- **Liderança:** Líderes em todos os níveis estabelecem uma unidade de propósito e direcionamento e criam condições para que as pessoas estejam engajadas para alcançar os objetivos da qualidade da organização. A criação de unidade de propósito, direcionamento e engajamento das pessoas permite a uma organização alinhar as suas estratégias, políticas, processos e recursos para alcançar os seus objetivos.
- III- **Engajamento de pessoas:** Pessoas competentes, com poder e engajadas, em todos os níveis na organização, são essenciais para aumentar a capacidade da organização em criar e entregar valor. A fim de gerir uma organização eficaz e eficientemente, é importante respeitar e envolver todas as pessoas em todos os níveis. Reconhecimento,

empoderamento e aperfeiçoamento de competências, facilitam o engajamento das pessoas na realização dos objetivos da qualidade da organização.

**IV- Abordagem de processo:** Resultados consistentes e previsíveis são alcançados de forma mais eficaz e eficiente quando as atividades são compreendidas e gerenciadas como processos inter-relacionados que funcionam como um sistema coerente. Compreender como os resultados são produzidos por este sistema permite que uma organização otimize o sistema e seu desempenho.

**V- Melhoria:** As organizações de sucesso têm um foco contínuo na melhoria. A melhoria é essencial para uma organização manter os atuais níveis de desempenho, reagir às mudanças em suas condições internas e externas e criar novas oportunidades.

**VI-Tomada de decisão com base em evidência:** Decisões com base na análise e avaliação de dados e informações são mais propensas a produzir resultados desejados.

**VII- Gestão de relacionamento:** Para o sucesso sustentado, as organizações gerenciam seus relacionamentos com as partes interessadas pertinentes, como provedores. Partes interessadas pertinentes influenciam o desempenho de uma organização. O sucesso sustentado é mais provável de ser alcançado quando a organização gerencia relacionamentos com todas as suas partes interessadas para otimizar o impacto sobre o seu desempenho, assim, a gestão de relacionamentos com suas redes de provedores e parceiros é de particular importância.

## 2.2 Melhoria contínua

A Gestão da Qualidade Total, ou TQM, pode ser considerada como um conjunto de atividades de melhoria contínua envolvendo todos em uma organização, no alcance de seus objetivos, tais como: qualidade, custo e prazo, tendo como foco a satisfação do cliente (CARPINETTI, 2012).

Segundo Bessant *et al.*, (1994), a melhoria contínua pode ser definida como um processo de inovação incremental, focada e contínua, envolvendo toda a organização. Seus pequenos passos, alta frequência e pequenos ciclos de mudanças vistos separadamente têm pequenos

impactos, mas somados podem trazer uma contribuição significativa para o desempenho da empresa (JACA *et al.*, 2012; WU & CHEN, 2006).

Em detrimento disso, o *Lean Blog by Terzoni* (2018) cita 4 passos essenciais para a melhoria contínua:

**Foco:** Como todo início de planejamento, é preciso definir um objetivo, um foco do que será melhorado. A sua empresa provavelmente quer ter um bom produto X ou bom serviço Y, então deve-se focar em como fazer isso e não se distrair estudando outras coisas não relacionadas.

**Métricas:** Para saber se você está indo no caminho certo e, de fato, melhorando, é fundamental ter métricas para medir a sua evolução. Do contrário, você pode mudar, mudar e mudar, mas não diminuir custos e nem agregar valor para o consumidor final.

**Padronização:** Ao padronizar o processo, ou seja, que todos os envolvidos façam suas atividades de maneira sempre igual, fica fácil identificar os obstáculos e os pontos de melhorias.

**Técnicas de Melhoria Contínua:** Para alcançar a métrica estabelecida anteriormente de reduzir para 5 ingredientes artificiais e saber quais ações tomar, é importante adotar ao menos uma técnica de melhoria contínua, seja o Lean Manufacturing / Kaizen, Seis Sigma, PDCA ou outra.

### 2.3 Ferramentas da qualidade

Segundo Mariani (2015), para gerenciar os processos e, sobretudo, tomar decisões com maior precisão, se faz necessário trabalhar com base em fatos e dados, ou seja, informações geradas no processo buscando e interpretando corretamente as informações disponíveis como forma de eliminar o empirismo. Para tanto, existem técnicas importantes e eficazes, denominadas de ferramentas da qualidade, capazes de propiciar a coleta, o processamento e a disposição clara das informações disponíveis, ou dados relacionados aos processos gerenciados dentro das organizações.

Avaliar a satisfação do cliente, visando a melhoria da qualidade nos serviços e produtos, é uma das importantes funções competitivas dos programas e ferramentas da qualidade. Essa prática promove a confiabilidade e produz consideráveis vantagens à empresa em relação aos seus concorrentes (CARNEVALLI; MIGUEL; CALARGE, 2008).

Para Montgomery (2009), as sete principais ferramentas para resolução de problemas de controle estatístico do processo deveriam ser amplamente ensinadas às organizações e usadas rotineiramente para identificar oportunidades de melhoria e eliminação de perdas. Corrêa e Corrêa

(2010), afirmam que as sete ferramentas da qualidade são:

- a) Fluxograma ou diagrama de processo;
- b) Diagrama de causa e efeito;
- c) Diagrama de Pareto;
- d) Histograma;
- e) Gráfico de controle;
- f) Folha de verificação;
- g) Diagrama de dispersão.

De acordo com Sam, M. F. M., *et al.*, (2022), a maioria das empresas implementa as ferramentas da qualidade para obter lucros diretamente, reduzindo custos ou indiretamente, maximizando a produtividade. Ao integrar essas ferramentas e técnicas, o desenvolvimento visa a detecção e remoção de vários resíduos dentro da fábrica ou da cadeia de suprimentos.

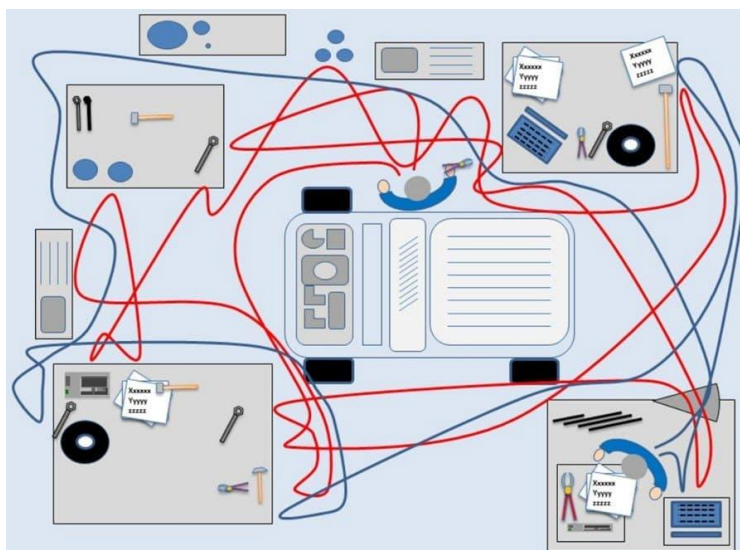
## **2.4 Diagrama de espaguete**

Utilizado com muita frequência nos conceitos de *Lean Manufacturing*, o diagrama espaguete basicamente auxilia na definição de um layout industrial ou administrativo. Graficamente analisa a distância percorrida por um operador, sistema de alimentação das linhas de produção entre outras aplicações. O diagrama de espaguete é uma ferramenta para ajudar a estabelecer o layout ideal com as observações das distâncias percorridas na realização de uma determinada atividade. (FREITAS, 2003)

Assim como Tapping e Shuker (2010) afirmam, o diagrama consiste em traçar o caminho percorrido pelo material ou pessoas em um layout específico, permitindo evidenciar e quantificar os desperdícios de movimentação e transporte.

A figura 1 mostra um exemplo de diagrama de espaguete sendo utilizado em uma indústria de rolos de impressora, a intenção desse estudo seria diminuir a imprevisibilidade da demanda e o curto ciclo de vida dos produtos:

**Figura 1:** Fluxo de espaguete inicial



Fonte: Secaf (2020)

Com definições e exemplo citado, segue abaixo o passo a passo de como construir um diagrama de espaguete (FREITAS, 2013):

- PASSO 1: Desenhar o layout da área/ unidade (esboço da planta);
- PASSO 2: Desenhar os principais mobiliários, materiais e equipamentos, identificando estações de trabalho e estoque de materiais e medicamentos;
- PASSO 3: Identificar a planta baixa do local e adaptar o desenho, iniciando a construção do diagrama;
- PASSO 4: Observar a movimentação de pessoas, materiais/medicamentos e/ou informações;
- PASSO 5: Desenhar linhas no diagrama para representar os fluxos das pessoas, materiais/medicamentos e/ou informações (caminho percorrido);
- PASSO 6: Definir os fluxos: pessoas (profissionais, pacientes), materiais/medicamentos e/ou informações, diferenciando com cores distintas. A participação da equipe que trabalha na unidade é de extrema importância, pois são eles que vivenciam diariamente o processo de trabalho;

- PASSO 7: Analisar o diagrama a partir do levantamento dos desperdícios de movimentação e transporte relacionados aos processos realizados. Se necessário, contabilizar o tempo gasto com as atividades, metragem, etc.
- PASSO 8: Anotar todas as paradas e interrupções durante o processo;
- PASSO 9: Identificar oportunidades de melhorias.

Para Balaji, M., *et al.*, (2022), uma ferramenta eficiente de redução do lead time pode reduzir os custos de fabricação e melhorar a satisfação do cliente a longo prazo. O diagrama espaguete é usado para medir o tempo de entrega do produto e também contabilizar o processo de valor agregado e não agregado no sistema e, assim, melhorar a qualidade do produto.

## 2.5 Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*)

Segundo Napoleão (2022), o PDCA surgiu nos Estados Unidos na década de 20, criado pelo estatístico americano Walter Andrew Shewhart. Inicialmente, conhecido como ciclo de Shewhart, era composto por apenas três passos repetidos continuamente (especificação, produção e inspeção). Anos depois, em 1951, William Edwards Deming notou a necessidade da inserção de mais um passo, nascendo assim a “Roda de Deming”, a qual era composta por quatro passos também repetidos de forma contínua: especificação, produção, colocar no mercado e reprojeter.

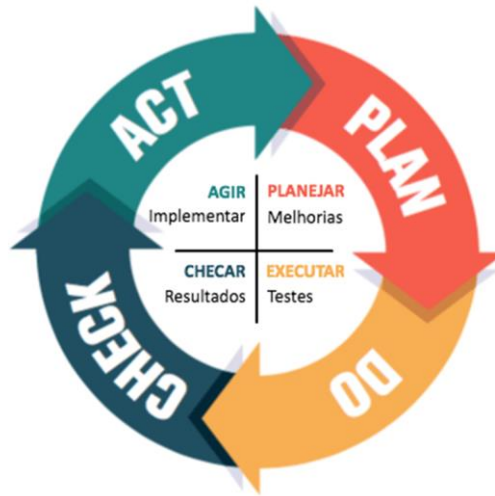
Rabello (2022) diz que o Ciclo PDCA na solução de problemas nas empresas é uma das metodologias mais usadas. Assim como para a melhoria contínua de processos. É uma ferramenta dividida em quatro etapas e utilizada para solucionar problemas que não são facilmente visualizados. Geralmente, esses problemas também já sofreram diversas tentativas falhas de solução. Suas finalidades são acelerar e aperfeiçoar as atividades de uma empresa, por meio da identificação dos problemas, de suas causas e das possíveis soluções. É um tipo de processo que, a cada repetição, chega-se a um resultado diferente. Esses resultados, por sua vez, serão utilizados nas vezes seguintes de forma acumulativa. Dessa forma, pode-se dizer que o PDCA é um ciclo que traz resultados diferentes e complementares a cada utilização, o que faz com que ele seja um método de uso contínuo para maior sucesso na resolução de problemas.

As etapas do Ciclo PDCA são descritas por Napoleão (2022) da seguinte forma:

- *Plan* – Planejamento: O Planejamento é a etapa na qual o que será feito é planejado, ou seja, nessa etapa o cenário ou problema é analisado e, diante disso, deve ser construído um plano contendo os passos que se pretende realizar. Nessa etapa, outras ferramentas podem ser acrescentadas ao PDCA para melhorar o planejamento das ações. É possível, por exemplo, utilizar o 5 Porquês ou Diagrama de Ishikawa para identificação e análise quando o ciclo abordar a resolução de problemas. Além disso, o 5W2H é uma ferramenta interessante na hora de elaborar um plano de ação que contemple as ações planejadas, pois cada um dos questionamentos do 5W2H proporciona uma visão aprimorada e consistente do que precisa ser feito.
- *Do* – Execução: A Execução é a etapa mais importante, pois sem sua realização não é possível colocar em prática as etapas seguintes. É a etapa de “pôr as mãos na massa” para executar o que foi planejado. É importante ressaltar que, para iniciar a etapa de execução, é fundamental que o planejamento esteja completo e que o que precisa ser feito esteja claro para todos os envolvidos.
- *Check* – Verificação: A Verificação é a etapa em que é avaliado o que foi feito durante a execução (etapa anterior), procurando identificar o que deu certo e o que deu errado. Geralmente, verifica-se se as atividades planejadas foram feitas corretamente, se o resultado esperado foi atingido e quais foram os pontos positivos e negativos na execução do plano.
- *Act* – Atuar/Agir: O Atuar/Agir é a etapa que mais requer atenção. Está relacionada a agir/atuar de acordo com o resultado obtido e observado na etapa de verificação. Sendo assim, pode haver duas situações: o alcance ou não do resultado esperado. Caso o resultado seja alcançado, deve-se incorporar o método/processo ou melhoria na rotina ou até mesmo em outros processos. Entretanto, caso o resultado não tenha atingido as expectativas desejadas, deve-se identificar os pontos de falhas e reiniciar o ciclo novamente.

Todos os 4 passos, de forma simplificada, podem ser visualizados na figura 2 a seguir:

**Figura 2:** Ilustração do ciclo PDCA



Fonte: Dox (2019)

## 2.6 5W2H

Napoleão (2018) afirma que essa foi uma ferramenta criada na indústria automobilística japonesa durante a condução de estudos sobre qualidade, essa é considerada uma ferramenta administrativa e da qualidade que pode ser aplicada em várias áreas de negócio e em diferentes contextos dentro de uma organização, como no planejamento estratégico para organizar e guiar a execução de ações dentro da empresa ou até mesmo para planejar uma viagem de negócios. O 5W2H tem como objetivo principal auxiliar no planejamento de ações, pois ele ajuda a esclarecer questionamentos, sanar dúvidas sobre um problema ou tomar decisões.

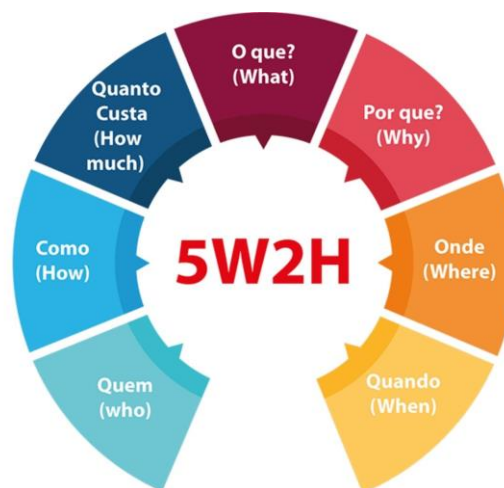
De acordo com Nakagawa (2014), a ferramenta 5W2H pode ser usada sozinha para colocar em prática uma decisão simples na empresa, como a aquisição de um novo equipamento ou a execução de uma atividade pontual. Nessas situações mais simples, o preenchimento dos campos dos 5W2H em um formulário feito em editor de texto, planilha ou mesmo no corpo de uma mensagem eletrônica já é suficiente para a elaboração do plano de ação. O mesmo autor cita como usar a ferramenta e a composição de cada um dos 7 campos:

- 1) Ação ou atividade que deve ser executada ou o problema ou o desafio que deve ser solucionado (*what*);
- 2) Justificativa dos motivos e objetivos daquilo estar sendo executado ou solucionado (*why*);

- 3) Definição de quem será (serão) o(s) responsável(eis) pela execução do que foi planejado (*who*);
- 4) Informação sobre onde cada um dos procedimentos será executado (*where*);
- 5) Cronograma sobre quando ocorrerão os procedimentos (*when*);
- 6) Explicação sobre como serão executados os procedimentos para atingir os objetivos pré-estabelecidos (*how*);
- 7) Limitação de quanto custará cada procedimento e o custo total do que será feito (*how much*)?

Na figura 3 a seguir, pode ser observado uma ilustração de como funciona as perguntas da ferramenta abordada:

**Figura 3:** Ilustração da ferramenta 5W2H



Fonte: Publi (2021)



## 2.7 FLUXOGRAMA

Segundo Andrade (2018), o fluxograma é uma ferramenta de baixo custo e de alto impacto, através dela é possível compreender a transição das atividades, de uma forma geral o fluxograma é

uma ferramenta simples que permite analisar o fluxo de trabalho a fim de obter uma ampla visão do processo, facilitando assim na identificação de possíveis melhorias. Segundo Longo (2011), fluxograma é uma técnica de representação gráfica que se utiliza de símbolos previamente convencionados, permitindo a descrição clara e precisa do fluxo, e ou sequência de um processo, seja ele fabril ou serviços. Além disso, são formas de representar, por meio de símbolos gráficos, a sequência dos passos de um trabalho para facilitar sua análise.




Nos quadros 1 e 2 a seguir é mostrado a descrição de como são utilizados, em sua maioria, os símbolos para descrever processos industriais:

**Quadro 1:** Símbolos de operação e transporte

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO
	<b>Operação:</b> ocorre quando se modifica intencionalmente um objeto em qualquer de suas características físicas ou químicas, ou também quando se monta ou desmonta componentes e partes.	Martelar um prego, colocar um parafuso, rebitar, dobrar, digitar, preencher um formulário, escrever, misturar, ligar e operar máquina etc.
	<b>Transporte:</b> ocorre quando um objeto ou matéria prima é transferido de um lugar para o outro, de uma seção para outra, de um prédio para outro. Obs: apenas o manuseio não representa atividade de transporte.	Transportar manualmente ou com um carrinho, por meio de uma esteira, levar a carga de caminhão, levar documento de um setor a outro etc.

Fonte: Graeml e Peindo (2007)

**Quadro 2:** Símbolos de espera, inspeção e armazenagem

	<b>Espera ou demora:</b> Ocorre quando um objeto ou matéria prima é colocado intencionalmente numa posição estática. O material permanece aguardando processamento ou encaminhamento	Esperar pelo transporte, estoques em processo aguardando material ou processamento, papéis aguardando assinatura etc.
	<b>Inspeção:</b> ocorre quando um objeto ou matéria-prima é examinado para sua identificação, quantidade ou condição de qualidade.	Medir dimensões do produto, verificar pressão ou torque de parafusadeira, conferir quantidade de material, conferir carga etc.
	<b>Armazenagem:</b> ocorre quando um objeto ou matéria-prima é mantido em área protegida específica na forma de estoque.	Manter matéria-prima no almoxarifado, produto acabado no estoque, documentos arquivados, arquivos em computador etc.

Fonte: Graeml e Peindo (2007)

É importante ressaltar que a construção de cada fluxograma deve ser considerada pelo seu autor, onde esse vai fazer o uso adequado da simbologia e assim identificar da forma mais clara possível em sua legenda.

### **3 METODOLOGIA**

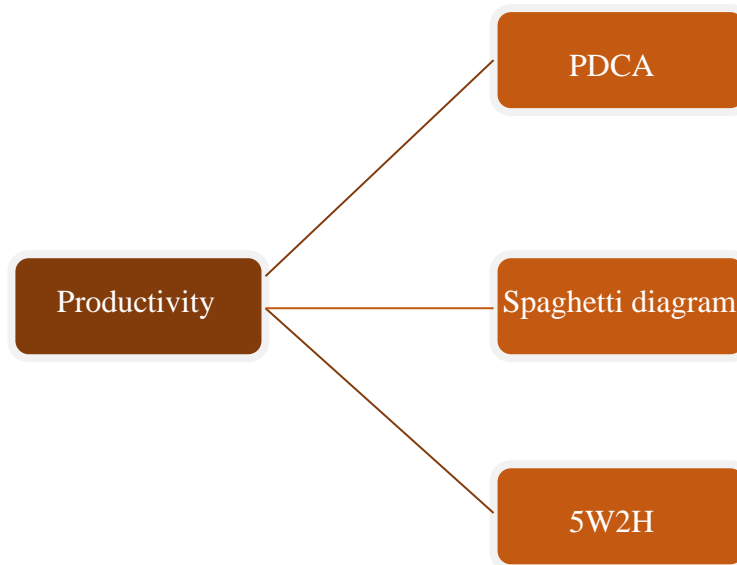
O objetivo desse capítulo é apresentar a metodologia de pesquisa utilizada para a seleção de artigos que serão utilizados como embasamento para a pesquisa do estudo proposto. Para isso, foram escolhidas palavras chaves para o tema, estruturação da lógica booleana para a realização da pesquisa, a busca em motores de pesquisa e a filtragem desses artigos mais relevantes. Somado a isso, o objetivo também é mostrar a metodologia realizada no trabalho, expondo a abordagem, procedimentos e objetivos.

#### **3.1 Pesquisa bibliográfica**

A primeira etapa para a realização do estudo foi a pesquisa bibliográfica, e devido a grande gama de artigos encontrados na internet se fez necessário que o autor realizasse uma filtragem apenas dos trabalhos que seriam relevantes para o andamento do estudo.

##### *3.1.1 Árvore de palavras*

As palavras chaves escolhidas para a realização da pesquisa compõem em sua totalidade de palavras referentes às ferramentas utilizadas e o objetivo final do estudo, que seria o aumento da produtividade da empresa escolhida. Todas essas foram inseridas em inglês pois as bases de dados Isi e Scopus em sua maioria são compostas por artigos nesse idioma. Dessa forma e de acordo com a figura 4 a seguir, as palavras escolhidas foram:

**Figura 4** – Árvore de palavras

Fonte: Autor (2022)

### 3.1.2 Definição das ferramentas de busca

As ferramentas de busca escolhidas foram a Isi e a Scopus, essas duas possuem uma vasta quantidade de materiais científicos de todos os temas de forma geral, sendo necessário uma seleção mais a fundo para tratar dados que o usuário deve selecionar.

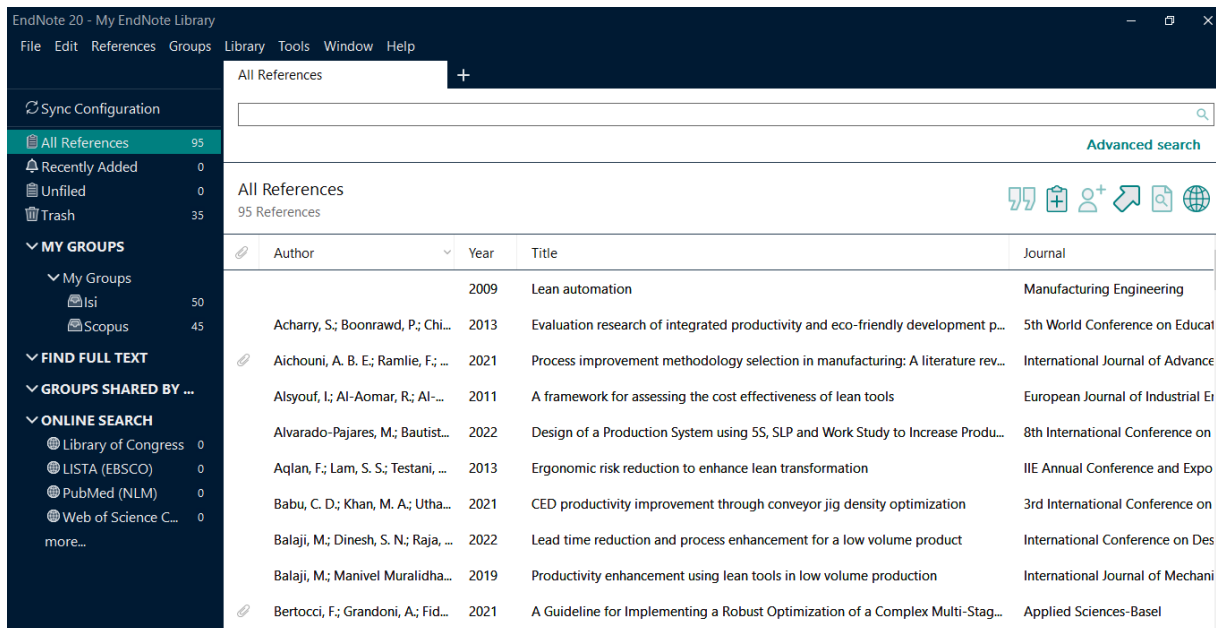
### 3.1.3 Busca exploratória

Para a utilização das ferramentas de busca e maior controle da base de dados de cada uma delas foi utilizada a lógica booleana para estruturar as palavras na busca. Com a ajuda dos conectivos se pôde montar a seguinte lógica booleana: (productivity AND (pdca or "spaghetti diagram" or 5w2h)), com isso foram retornados 51 resultados na base Isi, já na base Scopus foram retornados 93 resultados. Porém, o autor selecionou apenas os resultados que se referiam a uma determinada área de atuação: engenharia. Assim, os resultados se reduziram a 51, a mesma quantidade de trabalhos retornados pela Isi.

## 3.2 Formação da base de dados

Em razão de uma melhor análise, todos os trabalhos que estavam presentes em ambas as bases, ou seja, duplicados, foram excluídos. Restando assim apenas 95 resultados. A figura 5 a seguir mostra a tela final do EndNote20 após a exclusão dessas duplicadas:

Figura 5 – Tela End Note 20



Author	Year	Title	Journal
	2009	Lean automation	Manufacturing Engineering
Achary, S.; Boonrawd, P.; Chi...	2013	Evaluation research of integrated productivity and eco-friendly development p...	5th World Conference on Educat
Aichouni, A. B. E.; Ramlie, F.; ...	2021	Process improvement methodology selection in manufacturing: A literature rev...	International Journal of Advance
Alsayouf, I.; Al-Aomar, R.; Al-...	2011	A framework for assessing the cost effectiveness of lean tools	European Journal of Industrial E
Alvarado-Pajares, M.; Bautist...	2022	Design of a Production System using 5S, SLP and Work Study to Increase Produ...	8th International Conference on
Aqlan, F.; Lam, S. S.; Testani, ...	2013	Ergonomic risk reduction to enhance lean transformation	IIE Annual Conference and Expo
Babu, C. D.; Khan, M. A.; Utha...	2021	CED productivity improvement through conveyor jig density optimization	3rd International Conference on
Balaji, M.; Dinesh, S. N.; Raja, ...	2022	Lead time reduction and process enhancement for a low volume product	International Conference on Des
Balaji, M.; Manivel Muralidha...	2019	Productivity enhancement using lean tools in low volume production	International Journal of Mechani
Bertocci, F.; Grandoni, A.; Fid...	2021	A Guideline for Implementing a Robust Optimization of a Complex Multi-Stag...	Applied Sciences-Basel

Fonte: Autor (2022)

Para fazer o levantamento de dados foi utilizado o software EndNote 20, com isso foi extraído o nome e resumo de todos os resultados da base Isis e Scopus. Logo após isso, todas essas informações foram enviadas ao MS Excel, onde por lá se conseguiu ter uma melhor manipulação do que foi extraído. Na figura 6 a seguir é mostrado o modelo inicial de como se tornou a planilha:

Figura 6 – Planilha Excel

NOME	ABSTRACT
(2009). "Lean automation." Manufacturing Engineering 142(2).	Lean manufacturing tools along with right automation system can play a significant role in improving productivity. Smart applications of automation or deployment of systems having automated and lean features along with flexible manufacturing systems can be used as per factory operation's requirement. A proper testing need to be carried out before deployment of any lean automation systems. Manufacturers, who are planning to deploy lean principles to automated system, are advised to perform Plan, Do, Check, Act (PDCA) steps before implementing a lean automation system. Manufacturers also need to adopt those flexible automation systems, that are easy for modification and can improve the process, productivity, save time, and reduce errors. Intelligent robots with latest vision can provide higher degree of flexibility for automation in lean environments.
Acharry, S., et al. (2013). Evaluation research of integrated productivity and eco-friendly development project for enterprise in electrical and electronics industry. 5th World Conference on Educational Sciences (WCES), Rome Sapienza Univ, Rome, ITALY, Elsevier Science Bv.	The purpose of this research was to evaluate the instruction of eco-friendly development projects and productivity in electrical and electronics factories. The tools used to collect data were questionnaires, used in 45 factories, and an in-depth interview, which was used in 10 factories. Kaizen principles, or the PDCA cycle, were used in the project to teach how to reduce waste, improve recycling, reduce the amount of electronics used, improve continuity on the production line, improve the work space and improve transport. The results of the research found that by organising the increase in instructional activities with regard to the eco-friendly project and productivity, there were both direct and indirect advantages for the various enterprises. The direct effects included: (1) the overall production costs were reduced since the import factors had been newly adapted. All 45 factories could reduce their overall costs by \$1,246,897.70 per year. (2) In terms of developing production pieces, capacity increased. (3) The amount of carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ) released into the atmosphere was reduced. All 45 factories could reduce the amount of carbon dioxide released by 2,013,503.73 kg CO <sub>2</sub> e per year. Indirect effects of this project included the ability to apply knowledge from instructional activities to other parts of work, as well as gaining ideas and concepts to deal with problems within business. The information was analysed using percentage, standard deviation, LISREL, and content analysis. (C) 2013 The Authors. Published by Elsevier Ltd. Selection and/or peer-review under responsibility of Academic World Education and Research Center.
Aichouni, A. B. E., et al. (2021). "Process improvement methodology selection in manufacturing: A literature review perspective." International Journal of Advanced and Applied Sciences 8(3): 12-20.	Problems in manufacturing have always been a hurdle for leadership, engineers, and professionals. They can lead to low productivity, poor quality, high costs, and ultimately loss of customers. Problems should be prevented by fair means and following well-established methodologies of continuous process improvement. The present paper addresses this topic, which in both academic and professional literature has been discussed from one single angle-that is, how to use a specific methodology in a certain situation. From that perspective, researchers from academia and consultancy promote the use of a particular method. One of the greatest challenges to researchers and practitioners in manufacturing is to select the right methodology for problem-solving and process improvement. The present paper attempts to address this issue from a literature review perspective. The approach followed is based on the fact that understanding the attributes of process improvement methodologies reported in the open literature and their linkages to the main phases of the continuous improvement process will provide insights on how the selection of the methodologies can be carried out in real manufacturing situations. (C) 2020 The Authors. Published by IASE.

Fonte: Autor (2022)

### 3.3 Ranqueamento do conteúdo estudado

Após os arquivos serem organizados, foram lidos os títulos assim como os resumos de cada um dos artigos, esses passaram por uma análise qualitativa onde o autor deu 3 critérios e notas que seriam dados para cada um deles, segundo a tabela 1 abaixo:

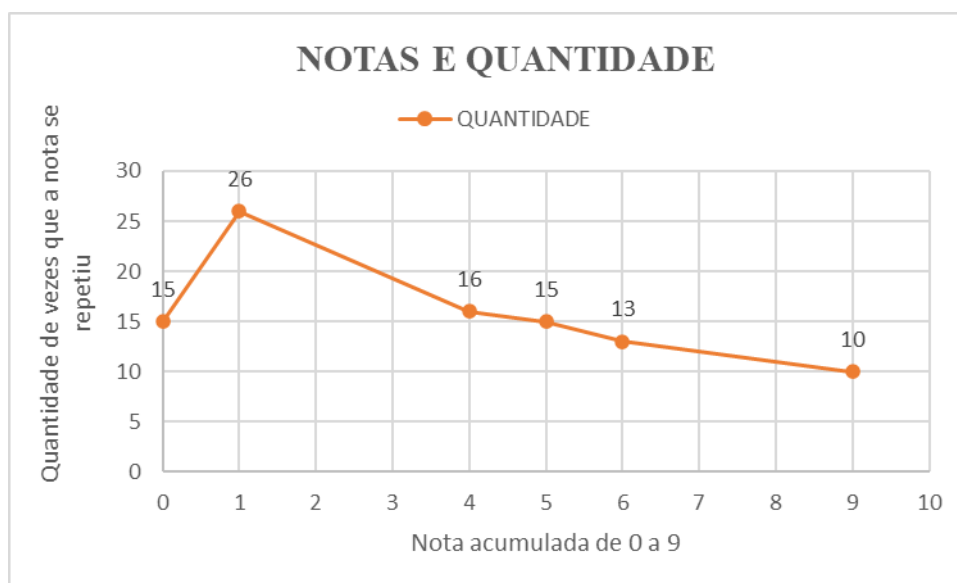
Tabela 1 – Critério de avaliação

CRITÉRIO	NOTA
É um artigo que trata de produtividade?	1
É um artigo onde o foco é o meio industrial?	3
É um artigo que utiliza as ferramentas estudadas pelo autor?	5

Fonte: Autor (2022)

A nota de relevância do artigo é composta pela soma das 3 notas indicadas na tabela. Onde a menor nota pode ser 0 (quando o artigo não possui nenhuma ligação com nenhum dos 3 critérios estabelecidos pelo autor) e a maior nota pode ser 9. O gráfico 2 a seguir mostra o comportamento das notas no decorrer da leitura de todos os resumos propostos:

**Gráfico 2** – Tendência das notas



Fonte: Autor (2022)

Por fim, foram selecionados os artigos que tiveram nota máxima na pontuação, onde esses apresentaram os 3 critérios estabelecidos. 10 artigos estiveram dentro desse parâmetro, esses estão dispostos na tabela 2 abaixo:

**Tabela 2** – Base de dados

ANO	AUTOR	TÍTULO
2013	Acharry, S., et al.	Evaluation research of integrated productivity and eco-friendly development project for enterprise in electrical and electronics industry.
2022	Balaji, M., et al.	Lead time reduction and process enhancement for a low volume product.
2018	Bhardwaj, A., et al.	Productivity gains through PDCA approach in an Auto Service Station.
2020	Correia, N., et al.	Implementing an AGV system to transport finished goods to the warehouse.
2019	Goyal, G. and D. S. Verma	Optimization of plant layout in manufacturing industry.
2015	Kanaganayagam, K., et al.	Lean methodologies to improve assembly line efficiency: An industrial application.
2020	Luiz, L. C., et al.	Implementation of the Lean Six Sigma Methodology in a chemical industry.
2021	Makwana, A. D. and G. S. Patange	A methodical literature review on application of Lean & Six Sigma in various industries.
2014	Resende, V., et al.	Financial and human benefits of lean production in the plastic injection industry: An action research study.
2022	Sam, M. F. M., et al.	Application of Lean Manufacturing Tools: The Impact on Kaizen and Product Defection in Packaging Companies.

Fonte: Autor (2022)

Através desses, foi realizado um estudo de acordo com os temas propostos, facilitando o embasamento da pesquisa. Dentre as ferramentas utilizadas nos trabalhos selecionados estão o ciclo PDCA, a metodologia *Lean Six Sigma*, a tabela 5W2H e a crono análise, onde os autores conseguiram atingir seus objetivos intensamente, alguns saindo da estagnação total para rodar o ciclo da melhoria contínua.

Após leitura dos 10 trabalhos selecionados, foi observado alguns dos principais resultados de cada um deles, onde se deve destacar no trabalho de Bhardwaj a facilidade no momento de identificar desperdícios em atividades mal executadas. Levando em consideração isso, as ferramentas utilizadas na pesquisa-ação tiveram como base o *feedback* positivo dos autores da bibliografia, a contribuição de cada um desses para o trabalho se encontra nos quadros 3 e 4 abaixo:

**Quadro 3:** Contribuição parte 1

Título	Contribuição para o trabalho
Evaluation research of integrated productivity and eco-friendly development project for enterprise in electrical and electronics industry.	Cita o ciclo PDCA quando estuda a produtividade de uma determinada equipe de funcionários no ramo eletro eletrônico. A utilização do princípio Kaizen juntamente com o ciclo de gestão de qualidade ajudou a equipe a reduzir um custo considerável, mostrando assim que a ferramenta é de suma importância para o crescimento de qualquer empresa.
Lead time reduction and process enhancement for a low volume product.	O trabalho tem como objetivo reduzir o lead time, aumentar a produtividade e reduzir os defeitos no processo por meio da implementação de ferramentas enxutas, logo, uma das ferramentas citadas é o diagrama espaguete, a principal ferramenta utilizada no trabalho em questão.
Productivity gains through PDCA approach in an Auto Service Station.	No trabalho em questão, Bhardwaj <i>et al.</i> , provou que o ciclo PDCA foi bastante necessário para a produtividade aumentar significativamente, reduzindo o tempo total em que anteriormente era consumido por atividades desnecessárias. Com isso, concretiza ainda mais o fato dessa ser uma ferramenta ser essencial para a bibliografia.
Implementing an AGV system to transport finished goods to the warehouse.	O trabalho de Correia, N., <i>et al.</i> (2020), cita um tipo de cliente que visa a entrega de sua mercadoria no menor tempo possível. Para isso, ele busca eliminar o desperdício em operações que envolvem o transporte de material de um ponto a outro. Assim como evitar o fluxo de empilhadeiras no local, assim como o presente trabalho.
Optimization of plant layout in manufacturing industry.	O estudo aplica a ferramenta diagrama de espaguete em um layout industrial, afim de reduzir a movimentação geral, os tempos de busca e aumentar a produtividade. Mais uma vez a ferramenta é usada e mostrando que o modelo pode ajudar a pequenas indústrias a atingir o objetivo requerido, como é o caso das empresas em ascensão.

Fonte: Autor (2022)

Quadro 4: Contribuição parte 2

Título	Contribuição para o trabalho
Lean methodologies to improve assembly line efficiency: An industrial application.	Os autores mostram que ferramentas enxutas podem ser usadas em qualquer tipo de indústria, incluindo a de grandes equipamentos de movimentação de terra. Utilizando a metodologia Kaizen e o diagrama espaguete, ele garante a eficácia desses métodos em uma linha de montagem.
Implementation of the Lean Six Sigma Methodology in a chemical industry.	O trabalho em questão apresentou uma metodologia diferente dos outros estudados, onde o autor desenvolveu a criação do mapeamento do processo produtivo estudado afim de identificar melhor o passo a passo dos procedimentos. Após isso, identificado as oportunidades de melhorias presentes nele. Dessa forma, exemplificado que seria necessário ter esses procedimentos criados antes de dar início a aplicação de qualquer outra ferramenta.
A methodical literature review on application of Lean & Six Sigma in various industries.	No artigo Makawana foi compilado os trabalhos realizados na área de <i>Lean Six Sigma e Lean Manufacturing</i> e o seu impacto no desempenho organizacional, afim de esclarecer dúvidas sobre redução ou eliminação de desperdícios.
Financial and human benefits of lean production in the plastic injection industry: An action research study.	Os autores buscam reduzir custos através da eliminação dos desperdícios com um foco na entrega rápida até o cliente. O foco desses é a indústria de injeção plástica, porém o estudo pode servir como embasamento para outros estudos.
Application of Lean Manufacturing Tools: The Impact on Kaizen and Product Defection in Packaging Companies.	Pontua mais uma vez a importância das ferramentas da qualidade para atingir o objetivo geral da empresa abordada. Aqui houve a eliminação de alguns materiais, logo após serem revistos e analisados pela equipe. E foi aí que foi visto que seria possível existir essa eliminação de processos.

Fonte: Autor (2022)

### **3.4 Metodologia do trabalho**

O presente trabalho apresenta uma pesquisa quali-quantitativa, onde foi realizado o levantamento de dados quantitativos em relação ao cálculo das ferramentas da qualidade aplicadas juntamente com a análise de comportamentos no meio do processo produtivo, entendendo a cultura do setor estudado e a aderência dos colaboradores com as mudanças propostas.

Uma pesquisa-ação foi realizada tendo em vista um maior aprofundamento nas técnicas processuais existidas na empresa estudada. Acrescentado a isso, foi agregado um estudo de campo onde através da coleta de informações entre os funcionários se pôde contribuir com a criação de procedimentos novos e melhoria dos já existentes.

A pesquisa por sua natureza se tornou aplicada, onde houve uma maior descrição das etapas seguidas juntamente da aplicação de ferramentas da qualidade, tornando essa ainda mais específica e existindo soluções imediatas para a resolução de adversidades.

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo será mostrado o material de estudo assim como os resultados obtidos durante a realização do trabalho, a partir de dados coletados na aplicação das ferramentas.

### 4.1 Processo produtivo da empresa estudada

A empresa estudada começou suas atividades em 2015, inicialmente, com a venda de produtos fotovoltaicos ao cliente final, para clientes residenciais, empresariais e rural. Logo depois, fez-se necessário a implementação de um setor de engenharia, pra tratar de ocorrências que vieram a aparecer, anos depois esse número se elevaria para 9 setores.

Essa está atuando no mercado fotovoltaico a mais de 5 anos, contendo mais de 500 colaboradores engajados e mais de 6 mil parceiros em todos o país. Hoje, ela se encontra na terceira posição entre os maiores *players* de energia solar do Brasil e assumiu a liderança do Norte e Nordeste em potência instalada. Seu faturamento gira em torno de 1,2 milhões de reais. Seu principal produto é o kit gerador fotovoltaico, esse que é composto por painel solar, inversor (insumo que transforma energia solar em energia elétrica), cabos e materiais elétricos para instalação.

É importante ressaltar que a empresa possui uma linha de produção que engloba 7 setores diferentes, que são eles: painel, cabos, materiais diversos, perfil, conferência AC, conferência final e faturamento. Em todos os setores citados são separados, ou conferidos, insumos que irão compor o equipamento fotovoltaico.

#### 4.1.1 Painel

O painel, também conhecido como “Linha 1”, é o carro chefe do processo produtivo, ele que irá ditar o ritmo dos setores restantes. Diariamente o planejamento do dia é enviado para os *tablets* dos líderes de produção, esses fazem a distribuição dos pedidos para cada dupla de separadores que realizam a movimentação dos painéis fotovoltaicos. Por ser o maior insumo, esse vai ditar o endereçamento desse pedido na baia de expedição para que ele aguarde todos os insumos restantes das outras linhas.

Após a finalização da separação, o líder do setor bipa todos os códigos de barra das placas

que compõem o pedido, após isso o pedido é encerrado e instantaneamente ele aparece nas linhas “cabos”, “perfil” e “materiais diversos”. Na figura 7 a seguir, é mostrado um exemplo de um pedido totalmente finalizado na linha 1, painel:

**Figura 7:** Insumo “painel” finalizado



Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.2 Cabos

O setor dos cabos, também conhecido como “Linha 2”, é o setor responsável por realizar a separação da metragem correta que cada pedido solicita, de acordo com o projeto realizado pelo cliente. Após sua finalização, esse é enviado para a baía de expedição no mesmo endereço que se encontra o painel de seu mesmo pedido. Na figura 8 a seguir, é mostrado um exemplo do insumo já completo para o envio:

**Figura 8:** Insumo “cabo” finalizado.



Fonte: Autor (2022)

#### *4.1.3 Materiais Diversos*

No setor de materiais diversos é realizada a separação de insumos que vão ajudar na instalação elétrica e estrutural do kit fotovoltaico, essa etapa do processo é feita por separadores de forma individual, onde esses separam todos os insumos e inserem esses dentro das caixas. O fechamento das caixas não é realizado nesse momento, pois na etapa seguinte é feita a conferência de todos esses insumos. A figura 9 a seguir exemplifica essa separação:

**Figura 9:** Insumos separados pela linha 3



Fonte: Autor (2022)

#### *4.1.4 Perfil*

Pelo setor de perfil, se entende a separação de estruturas metálicas que realizam a fixação dos painéis fotovoltaicos no telhado ou solo do cliente. Esses são essenciais no momento da instalação.

#### *4.1.5 Conferência AC e conferência final*

No setor de conferência AC os colaboradores fazem a conferência de todos os insumos separados na linha 3, os mesmos são lacrados e enviados para a baia de expedição, onde o restante do pedido está aguardando para finalmente ser expedido.

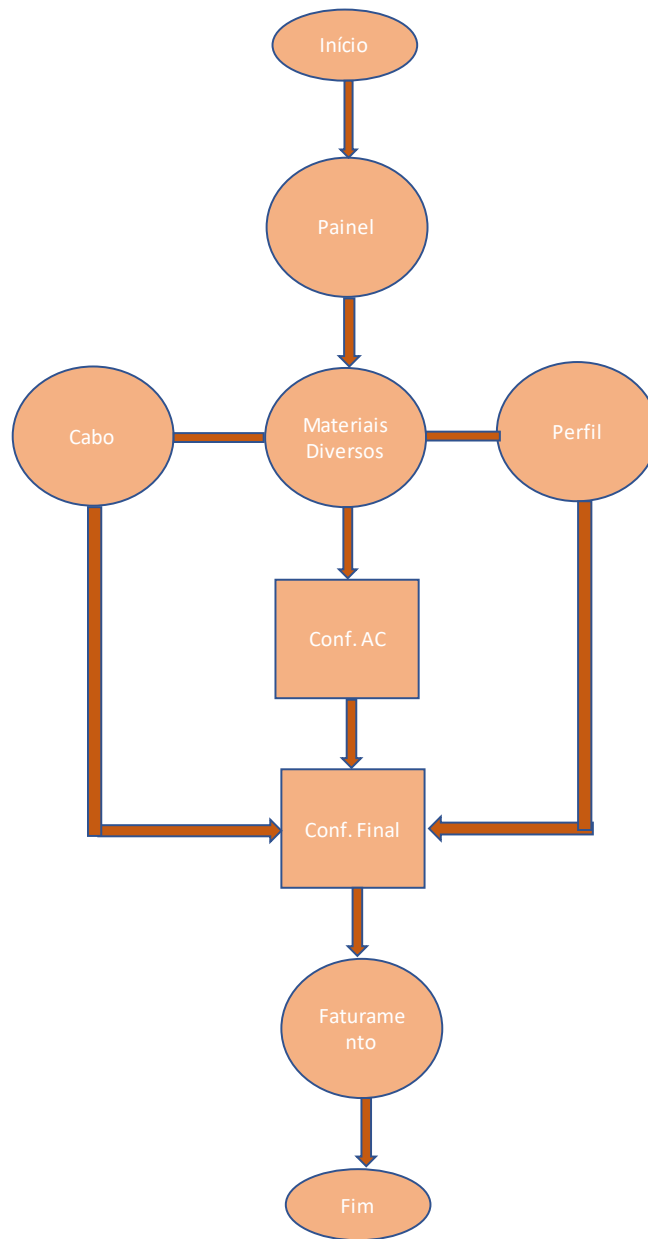
Já na conferência final, o colaborador abre o pedido e visualiza a quantidade de volumes que a linha de produção gerou, em seguida é confirmado e bipado todos os volumes.

#### *4.1.6 Faturamento*

É de suma importância que a empresa registre a venda de determinado insumo emitindo sua nota fiscal, isso ocorre ao final de todo o processo de produção, sendo finalizado assim a linha de produção do kit fotovoltaico.

#### *4.1.7 Fluxograma do processo produtivo*

Para melhor entendimento do processo produtivo citado, foi criado um fluxograma para tornar mais visual o funcionamento de todas as linhas já explicadas. Na figura 8 a seguir é mostrado o fluxograma:

**Figura 10:** Fluxograma do processo produtivo

Fonte: Autor (2022)

#### 4.2 Criação do Procedimento Operacional Padrão da linha escolhida

Para a criação dos procedimentos operacionais padrão, houve a alocação no setor estudado por 2 semanas, onde se pôde analisar cada procedimento realizado pelos separadores e alinhar com a supervisão a melhor forma de realizar esses procedimentos. Também foram consideradas as opiniões e aprovação dos auxiliares de produção, pois esses se encontram diretamente em

contato com o meio produtivo.

A etapa do processo escolhida para a realização do estudo foi a Linha 1, Painel. Nessa o grau de importância é bastante elevado, pois existe um intenso fluxo de pessoas e máquinas no mesmo local, fazendo com que o alto fluxo desnecessário possa causar algum dano à integridade física do colaborador. No setor Painel existem diferentes tipos de pessoas com cargos distintos ocupando o mesmo espaço, os envolvidos são: operador de empilhadeira, auxiliar de operações, líderes de operações e supervisor de operações.

Para que a análise de desperdício seja feita de forma mais assertiva, foi realizado o mapeamento de todos os processos que envolviam essa atividade. A qualidade na aplicação da ferramenta se torna cada vez mais alta com essas etapas bem definidas. Essa divisão em processos parciais teve a seguinte forma:

- 1- Recebimento do pedido e distribuição de atividades;
- 2- Acondicionamento dos painéis fotovoltaicos nas baias de separação;
- 3- Separação e preparação dos painéis fotovoltaicos;
- 4- Bipagem dos códigos de barra que cada painel possui;
- 5- Amarração dos painéis fotovoltaicos;
- 6- Embalar os painéis fotovoltaicos com o envoltório de papelão;
- 7- Identificação dos pedidos com etiqueta de papel;
- 8- Alocar pedido finalizado na baia de espera de expedição;
- 9- Conferência do pedido finalizado, na baia.

Se faz necessário o melhor entendimento de cada uma dessas partes no trabalho desenvolvido, a seguir é mostrado o descritivo de cada um dos pontos:

- 1- Recebimento do pedido e distribuição de atividades;
  - O líder de operações visualiza o pedido no sistema e realiza a distribuição da atividade por equipe de colaboradores (2 colaboradores) envolvidos no processo;
  - O auxiliar de operações aciona o operador de empilhadeira, que realiza a movimentação dos painéis, para que os distribua nas baias de separação conforme atividades de separação distribuídas para os colaboradores;

## 2- Acondicionamento dos painéis fotovoltaicos nas baias de separação.

- O operador de empilhadeira irá receber a demanda do auxiliar de operações e realizar a movimentação dos painéis fotovoltaicos do estoque até a equipe indicada.

## 3- Separação e preparação dos painéis fotovoltaicos.

- A equipe que realiza a separação e preparação dos painéis irá receber a etiqueta de descrição do pedido e de acordo com a quantidade do mesmo irá iniciar a separação.
- Caso a quantidade de placas no pedido seja superior a quantidade de placas advindas no pallet do fornecedor, o colaborador deve realizar a separação apenas da quantidade complementar, devendo manter o outro pallet fechado.
- Caso a quantidade do pedido de painéis seja inferior a quantidade vinda no pallet do fornecedor o auxiliar de produção deve posicionar o pallet adequado para armazenar o pedido.
- Dentre as placas do mesmo pedido deve ser inserido o plástico bolha para que as células existentes na placa não causem atrito uma nas outras causando algum tipo de avaria.
- No momento da separação, é colocado uma madeira na frente da primeira placa do pallet, para que não exista avaria com empilhadeira.

## 4- Bipagem

- Após o término da separação de painéis a dupla responsável deve informar ao líder do painel que o pedido já está pronto para ser bipado;
- O líder de operações deve se locomover até a dupla e realizar a bipagem de todos os códigos de barra das placas que compõem o pedido.

## 5- Amarração dos painéis fotovoltaicos

- Após a separação dos painéis fotovoltaicos conforme o pedido o mesmo deve ser amarrado com a fita pet de arquear;

- Se o pedido tiver menos de 4 placas, são inseridas 3 fitas na vertical (extremidades e meio) para a maior fixação das placas. Caso contrário, são inseridas 2 fitas na vertical (extremidades).

#### 6- Embalar os painéis fotovoltaicos

- Deve ser inserido dois envoltórios na lateral das placas, de modo que a mesma não fique exposta.
- Logo em seguida, a equipe arqueia 3 fitas pet prendendo as duas extremidades dos painéis e também o meio desse, de modo que passe por fora do pallet, dando mais segurança para que o mesmo não se mova para fora do pallet.
- O separador deve colar uma etiqueta “frágil” em cada lado das laterais do pedido.

#### 7- Identificação dos pedidos.

- Após a finalização da embalagem, a dupla deve fazer uma abertura no envoltório da placa, deixando visível o modelo e capacidade da mesma para o processo de conferência. Caso o envoltório não esteja cobrindo essas informações essa etapa pode ser pulada.
- A etiqueta entregue no início do pedido e a etiqueta impressa pelo líder do painel devem ser coladas na parte superior do pedido concluído, no mesmo lado da abertura para conferência;

#### 8- Alocar pedido finalizado na baia de espera de expedição.

- Após a etapa de identificação o pedido é enviado para a equipe de embalagem, onde os mesmos devem envolver o pedido com o papel *stretch* utilizando a envolvedora de *stretch*;
- O plástico deve ser inserido em todos os 4 lados do pedido, não sendo necessário colocá-lo na parte de cima dos painéis. Por fim, a fita adesiva com a logo da empresa deve ser inserida envolta do pedido. Assim como mostrado na figura 11 abaixo:

**Figura 11** – Embalagem finalizada



Fonte: Autor (2022)

9- Conferência do pedido finalizado, na baia.

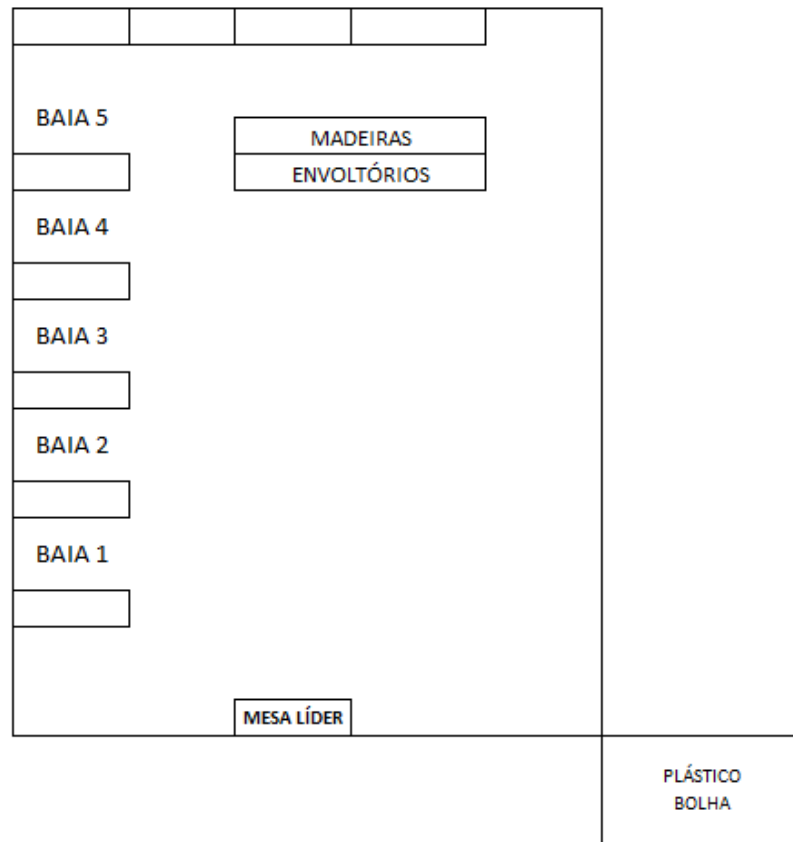
- O supervisor deve orientar que um dos colaboradores realize a conferência de todos os pedidos já finalizados;

### **4.3 Escolha dos fluxos que poderiam ser eliminados**

O diagrama de espaguete foi realizado para cada uma das 5 duplas que compõem a linha 1, cada uma dessas equipes está disposta em uma baia de separação que são enumeradas de 1 até 5. O fluxo de movimentação se mostrou bastante intenso, uma vez que o espaço é bastante compacto para receber um processo produtivo que contém insumos de tamanho consideravelmente grandes (painéis fotovoltaicos).

No diagrama, cada linha traçada caracteriza a movimentação que algum dos colaboradores realizou para fora de sua baia de separação, afim de ilustrar apenas os processos que demandam uma maior locomoção e um maior grau de periculosidade. O layout do setor antes de ser realizado o diagrama pode ser observado na figura 12 abaixo:

**Figura 12:** Layout do setor antes do diagrama espaguete



Fonte: Autor (2022)

Algumas observações podem ser feitas mesmo antes de serem traçadas as linhas do diagrama de espaguete:

- I- O local onde se encontra o plástico bolha é distante de todo o processo produtivo;
- II- A madeira de proteção foi um processo acrescentado por motivos de ocorrências de avaria, sendo necessário reavaliar todo esse processo.
- III- Para as 5 duplas que foram observadas existiam apenas 2 carrinhos de fita pet de arquear, tendo esses que fazerem a divisão de um dos mais importantes acessórios do processo produtivo.

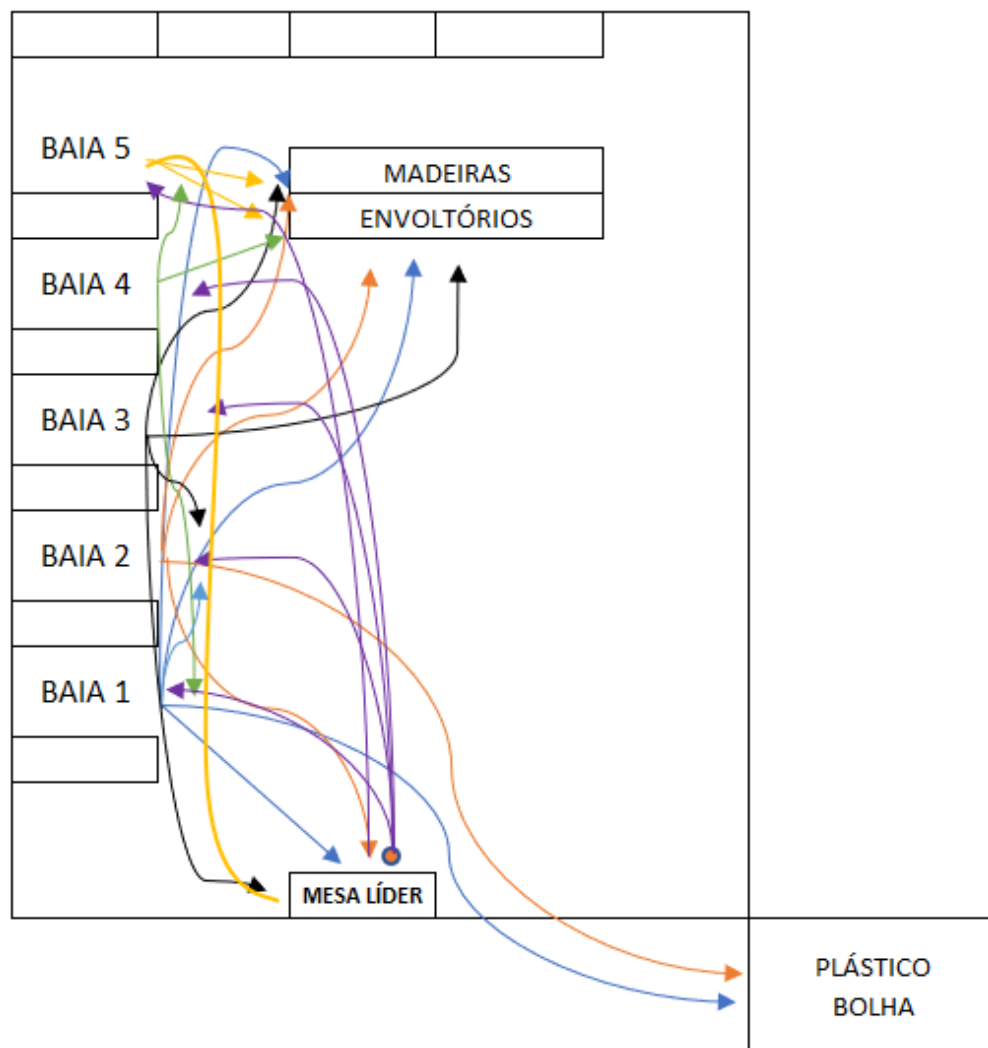
A mesa do líder identificada na figura é o local onde são impressas as etiquetas do pedido. Todos os envoltórios usados no embalagem do pedido se encontram em apenas um local do galpão, fazendo com que o colaborador se locomova até esse muitas vezes durante o dia. Logo, 6 etapas do processo foram escolhidas como ponto críticos no trabalho da linha 1, são essas: busca

por envoltório, transporte das madeiras, transporte do plástico bolha, recolhimento das etiquetas, bipagem dos códigos de barra e deslocamento na busca por fitas de arquear.

#### 4.4 Aplicação do diagrama espaguete

Com o layout desenhado e alguns problemas identificados, o diagrama espaguete do fluxo atual foi traçado, esse pode ser visualizado na figura 13 abaixo:

**Figura 13:** Diagrama espaguete realizado



Fonte: Autor (2022)

No traçado do diagrama espaguete as linhas amarela, verde, preta, laranja e azul ilustram a movimentação de cada equipe de separação. Já a linha roxa, mostra a movimentação dos líderes do setor que fazem a bipagem do pedido.

Pela equipe 1 (linha azul) se pôde observar um grande fluxo de movimentação em busca dos envoltórios e madeiras, visto que essas estão dispostas na baia mais distante desses insumos, e a todo início de pedido eles necessitam ir até esses insumos. Também foi observado que a fita de arquear não estava disponível em toda a parte do tempo, logo existiu a movimentação do mesmo até a baia ao lado. Houve também o deslocamento de um dos colaboradores até a mesa do líder para a entrega da etiqueta de frágil e identificação do pedido.

Já a equipe 2 (linha laranja) também houve um alto fluxo nos processos de envoltório, madeira e etiquetas de identificação. Além disso, eles tiveram que se locomover até a outra parte do galpão em busca do plástico bolha, fazendo existir uma longa espera por parte do outro colaborador da dupla.

Na equipe 3 (linha preta) houve os mesmos fluxos da equipe 1, onde existiu locomoção em relação a etiquetas, madeiras e envoltórios.

Pela equipe 4 (linha verde) existiram longos fluxos com o plástico bolha, com a busca pelo carrinho da fita de arquear e uma quantidade mínima com a busca de envoltórios. Nessa equipe não houve o fluxo até a madeira, pois a mesma possuía madeira sobrando na baia de separação.

Por fim, na equipe 5 (linha amarela), houve fluxos até a madeira, envoltório e etiquetas de identificação.

Pela aplicação do diagrama espaguete, ficou nítido que existe um grande número de fluxo nesse meio produtivo, as linhas mostram visualmente que os processos precisam ser mais enxutos fazendo com que o separador saia o menos possível da baia de separação, aumentando assim a sua produtividade e eficiência.

#### **4.5 Análise de tempo e distância antes das ações serem tomadas**

Além do diagrama de espaguete também foi realizada a análise da distância e do tempo que as cinco equipes realizaram as atividades citadas anteriormente. Na tabela 3 abaixo é mostrado a quantidade de passos que os colaboradores deram ao realizar essas:

**Tabela 3:** Quantidade de passos

Equipe	Envoltório	Madeiras	Plástico bolha	Etiquetas	Bipagem	Fita de Arquear
1	26	28	34	15	15	5
2	23	24	0	18	18	0
3	20	21	0	22	22	3
4	16	14	48	25	25	20
5	12	8	0	29	29	0
Média	19,4	19	16,4	21,8	21,8	5,6

Fonte: Autor (2022)

Segundo Maureen Drake (s.d), levamos em consideração que cada passo padrão possui 0,83 metros. É importante trazer os dados para unidades de medidas mais convencionais, houve a transformação e na tabela 6 abaixo é mostrado a quantidade de metros percorrida no momento da análise:

**Tabela 4:** Quantidade em metros

Equipe	Envoltório	Madeiras	Plástico bolha	Etiquetas	Bipagem	Fita de arquear
1	21,32	22,96	27,88	12,3	12,3	4,1
2	18,86	19,68	0	14,76	14,76	0
3	16,4	17,22	0	18,04	18,04	2,46
4	13,12	11,48	39,36	20,5	20,5	16,4
5	9,84	6,56	0	23,78	23,78	0
Média	15,908	15,58	13,448	17,876	17,876	4,592

Fonte: Autor (2022)

De acordo com cada uma das médias levantadas, o tempo gasto na somatória de todos os processos dá um total de 85,28 metros de fluxo desnecessário. Esse fator pode acarretar além de uma menor produtividade um risco muito elevado nas condições físicas do colaborador, quando se fala em fadiga e risco de acidentes no meio produtivo.

Quando se leva em consideração a produtividade, é importante que além do diagrama de espaguete seja feito uma contagem em relação ao tempo que cada um desses fluxos foi realizado. Essa é uma etapa de grande importância pois no caminho percorrido pelo colaborador várias situações podem entrar em conflito, como por exemplo a fadiga, o desvio de foco e a espera pela passagem de empilhadeiras e pedidos. Para isso foi cronometrado cada uma das etapas, gerando as informações da tabela 5 a seguir:

**Tabela 5:** Tempo gasto em segundos

Equipe	Envoltório	Madeiras	Plástico bolha	Etiquetas	Bipagem	Fita de arquear
1	62	65	22	15	15	5
2	49	36	0	18	18	0
3	71	15	0	22	22	3
4	56	48	36	25	25	20
5	25	22	0	29	29	0
Média	52,6	37,2	11,6	21,8	21,8	5,6

Fonte: Autor (2022)

De acordo com os dados mostrados, em média os fluxos geraram cerca de 150,6 segundos a mais no tempo de produção, acarretando um longo desperdício de tempo gerado com esse impedimento.

#### 4.6 PDCA e 5W2H

Para solucionar os possíveis problemas no meio produtivo algumas ações precisaram ser traçadas, e para realizar esse acompanhamento foram escolhidas duas ferramentas da qualidade: o PDCA e o 5W2H, onde esses puderam abordar de forma mais clara cada etapa dos projetos.

##### 4.6.1 Planejamento

Pela etapa do planejamento foi necessário levantar todas as questões críticas do processo observado no diagrama de espaguete, e as mais relevantes foram:

- I- Grande deslocamento na busca por envoltórios;
- II- Grande deslocamento na busca por plástico bolha;
- III- Ida a mesa do líder para a coleta das etiquetas;
- IV- Descolamento para introduzir a madeira de proteção;
- V- Deslocamento para uso do carrinho de fita de arquear;

Com os pontos levantados se fez necessário aplicar a ferramenta 5W2H para controle dos projetos. O passo a passo é mostrado de forma simplificada cada ação a ser tomada assim como suas demais observações na tabela 6 abaixo:

**Tabela 6: 5W2H**

O QUE?	COMO?	QUEM?	QUANDO?		ONDE?	POR QUE?	QUANTO?
			INÍCIO	FIM			
Envoltórios	Armazenar uma determinada quantidade de envoltórios em cada baia.	Líder	25/08/2022	Indeterminado	Galpão 2	Para evitar o fluxo de movimentação da baia até o local onde esses são armazenados.	-
Plástico bolha	Orientar os líderes a fazer o transporte desse insumo.	Supervisor	25/08/2022	01/09/2022	Galpão 2	Diminuição do fluxo de movimentação no processo.	-
Etiquetas, adesivos e pincéis	Fixar gavetas bin na parede das baias, depositando etiquetas, pincéis e adesivos dentro dessa.	Matheus e Vicente	10/08/2022	12/08/2022	Galpão 2	Diminuição do fluxo de movimentação no processo.	-
Madeira de proteção	Colocar um depósito em cada baia, onde serão depositadas as madeiras.	Matheus	25/08/2022	01/09/2022	Galpão 2	Diminuição do fluxo de movimentação no processo.	-
Fita de arquear	Solicitar a compra de mais 3 carrinhos.	Matheus	25/08/2022	01/09/2022	Galpão 3	Diminuição do fluxo de movimentação no processo.	R\$ 2.247,33

Fonte: Autor (2022)

Como visto na tabela, houve uma reunião de orientação para que no início do dia a equipe deslocasse um número grande de envoltórios e depositassem os mesmos ao lado das baias de separação, fazendo com que o estoque desse insumo não se endereçasse em apenas um local do galpão.

O fluxo de busca pelas etiquetas e adesivos foi retirado após a instalação das gavetas bin na parede da baia, o custo total do projeto foi nulo, pois a empresa já possuía as gavetas em seu patrimônio.

#### 4.6.2 Desenvolvimento

Afim de colocar todos os pontos do planejamento em ação, foi necessário desenvolver um acompanhamento do desenvolvimento do plano de ação, gerando a tabela 7 a seguir:

**Tabela 7:** Desenvolvimento do ciclo

<b>IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS</b>	<b>% CONCLUÍDO</b>	<b>APLICAR MELHORIAS</b>
1 - Grande deslocamento na busca por envoltórios.	100%	Aplicação do plano de ação, verificar se ainda existe fluxo de movimentação após a melhoria realizada.
2 - Grande deslocamento na busca por plástico bolha.	100%	Aplicação do plano de ação, verificar se ainda existe fluxo de movimentação após a melhoria realizada.
3 - Ida a mesa do líder para pegar etiquetas, adesivos e pincéis.	100%	Verificar se o estoque de materiais está sendo usado corretamente.
4 - Deslocamento para introduzir a madeira de proteção.	100%	Eliminação da madeira no pedido, por conta de mudança do processo.
5 - Deslocamento para busca do carrinho de fita de arquear	100%	Solicitação da compra dos 3 carrinhos e autorização da coordenação.

Fonte: Autor (2022)

Como visto na tabela, a madeira de proteção foi um processo retirado da linha de produção. Após conversas do autor com a coordenação e com o setor de logística, foi observado que os índices de avaria caíram bastante, fazendo com que não fosse mais preciso a utilização do mesmo.

#### 4.6.3 Checar

Na parte de checagem foi realizada a vistoria de todas as orientações para verificar se algo saiu fora do padrão estabelecido, na tabela 8 a seguir é mostrado de forma resumida de alguns pontos levantados no dia em questão:

**Tabela 8:** Checagem do ciclo

<b>IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS</b>	<b>AVALIAR RESULTADOS</b>	<b>DATA</b>
1 - Grande deslocamento nas buscas por envoltórios.	Realizado novamente o diagrama espaguete para observar o fluxo.	09/09/2022
2 - Grande deslocamento na busca por plástico bolha.	Realizado novamente o diagrama espaguete para observar o fluxo.	09/09/2022
3 - Ida a mesa do líder para pegar etiquetas, adesivos e pincéis.	Algumas gavetas caíram em decorrência do espaço, os painéis esbarraram e derrubaram.	09/09/2022
4 - Deslocamento para introduzir a madeira de proteção.	Processo excluído.	09/09/2022
5 - Deslocamento para busca do carrinho de fita de arquear	Verificação de como está o andamento da compra dos 3 carrinhos.	09/09/2022

Fonte: Autor (2022)

Como observado, em todos os problemas identificados foi colocado uma data para realizar a checagem, onde os pontos que se destacaram foram a eliminação da madeira de proteção e a derrubada das gavetas *bins*.

#### 4.6.4 Agir

Quando houve a finalização do Checar do ciclo PDCA, foi visualizado que deveriam ser feitas ações para impactar em empecilhos que vieram a acontecer, na tabela 9 abaixo está descrito a identificação do problema junto com a ação corretiva:

**Tabela 9:** Ações a serem tomadas

<b>IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS</b>	<b>AGIR CORRETIVAMENTE</b>
3 - Ida a mesa do líder para pegar etiquetas, adesivos e pincéis.	Instalar as gavetas bin em um local mais estratégico, fazendo com que os painéis não tenham contato com as mesmas.

Fonte: Autor (2022)

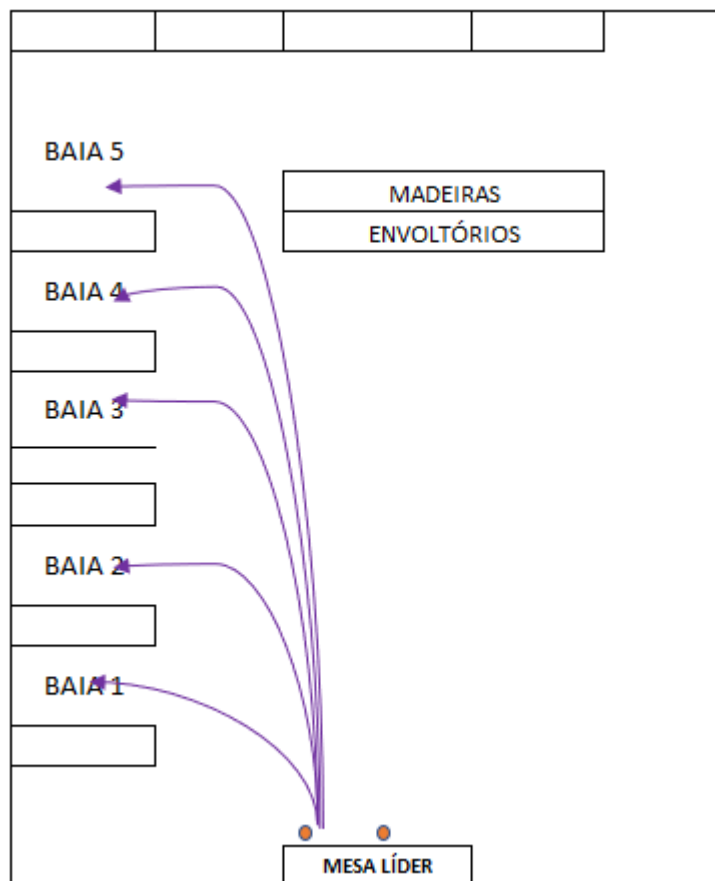
No agir foi possível reestruturar as instalações já feitas nas baias com as gavetas bin, dessa vez visando uma maior adaptação das mesmas no local impedindo que essas venham a cair no momento de realização do processo.

#### 4.7 Realização do novo diagrama de espaguete e resultados

Com o plano de ação realizado e o alinhamento com a equipe sendo feito constantemente, foi verificado que a rotina diária da equipe foi mudada com o passar do tempo, a cultura do setor foi de que a partir de então a baia de separação deveria ter todos os insumos disponíveis para ser realizada a separação.

Com isso, um novo diagrama de espaguete foi realizado, tendo como resultado o layout de acordo com a figura 14 a seguir:

**Figura 14:** Novo diagrama de espaguete



Fonte: Autor (2022)

Como se pode observar no diagrama, o único fluxo de movimentação que continuou existindo foi o do líder do setor que faz a bipagem dos códigos de barra das placas. Esse fluxo fica impossível de ser retirado no momento, pois a empresa não possui um espaço mais amplo para que o pedido vá até ele. Com isso, o processo reduziu o tempo gasto com seus déficits e de acordo com a tabela 10 abaixo se levantou novos tempos para cada um dos processos:

**Tabela 10:** Atualização sobre tempo

Equipe	Envoltório	Madeiras	Plástico bolha	Etiquetas	Bipagem	Fita de arquear
1	0	0	0	0	15	0
2	0	0	0	0	18	0
3	0	0	0	0	22	0
4	0	0	0	0	25	0
5	0	0	0	0	29	0
Média	0	0	0	0	21,8	0

Fonte: Autor (2022)

Com o tempo excedente sendo eliminado, o autor levantou dados de produtividade para visualizar melhor os resultados das ferramentas aplicadas, assim temos que o tempo eliminado foi em média de 128,8 segundos.

Para analisar a produtividade ganha, esse tempo foi multiplicado por 3 (quantidade mínima de pedidos que cada dupla faz por hora), totalizando 386,4. Logo depois multiplicado por 9 (horas trabalhadas por dia), totalizando 3477,6. Em seguida multiplicando por 5 (número de equipes), totalizando 17.388 segundos. Esse número foi transformado em minutos, totalizando 289,8 minutos. Por fim, temos que esse tempo eliminado se refere a 14,49 pedidos por dia, ou seja, 2,898 pedidos a mais por dupla de separadores.

Somado aos números de produtividade, assim como no trabalho de Correia, N., et al. (2020), o risco de acidentes envolvendo as empilhadeiras do local foi bastante reduzido, fazendo assim com que a segurança do setor fosse elevada.

Com isso, se pôde responder todas as perguntas propostas na introdução do trabalho:

- **A empresa já possui um mapeamento de processos do setor a ser estudado?**

Como visto no início, a empresa não possuía um mapeamento realizado de seus processos produtivos, sendo necessário a construção dos mesmos.

- **O ciclo PDCA é eficaz no momento de analisar os projetos?**

O uso do ciclo PDCA foi essencial no momento de traçar estratégia para acompanhar o projeto de forma geral. Através dele foi possível identificar erros do planejamento inicial, como por exemplo a localização das gavetas bin.

- **Se retirado determinado fluxo o processo continuará tendo funcionalidade?**

Como analisado nos resultados, um dos fluxos foi mantido para evitar que o processo seja barrado (bipagem), todos os outros não afetaram a funcionalidade.

- **O diagrama espaguete ajuda na produtividade da empresa?**

O diagrama de espaguete conseguiu diminuir o excesso de fluxo de movimentação, fazendo com que a produtividade aumentasse.

- **A tabela 5W2H ajudou no momento de designar tarefas?**

Sim, pois com essa ficou mais claro o responsável de cada atividade, fazendo com que o projeto final atingisse seu objetivo.

## 5 CONCLUSÃO

Esse trabalho se propôs a fazer uma pesquisa-ação onde o foco determinante seria a aplicação de ferramentas da qualidade para a diminuição de fluxo de movimentação em uma fábrica de equipamentos fotovoltaicos. A contribuição efetiva deste foi reduzir esse fluxo fazendo com que a empresa estudada tivesse um maior retorno de produtividade. Com base no que foi descrito, se pode levantar alguns pontos conclusivos que retornaram como resultado de tal aplicação.

Não existia um mapeamento de processos onde se pudesse localizar o procedimento operacional padrão do setor escolhido, logo, o primeiro passo que se fez necessidade foi a criação do mesmo, para que as ferramentas pudessem ser aplicadas da melhor forma. Com isso, se pôde observar que o Diagrama de Espaguete foi uma ferramenta essencial para a visualização dos principais obstáculos. Em sua primeira aplicação, ela localizou várias linhas de movimentação, que foram excluídas após a excelência de todo o plano de ação estabelecido.

Após essa melhor visualização de fluxo, foi traçado o ciclo PDCA, onde através das etapas de planejamento, desenvolvimento, checagem e ação ficou fácil de identificar em que parte do projeto a equipe estava localizada, podendo assim aplicar a tabela 5W2H, que serviu para orientar melhor os responsáveis de cada tarefa e assim concluir todo o plano traçado. Somado a isso, a leitura dos trabalhos bibliográficos facilitou no momento de qualificar esses e podendo agregar ainda mais fundamentação teórica na pesquisa-ação apresentada.

Pelo novo fluxo, as equipes podem vim a realizar até 14,49 pedidos a mais por dia, que somados ao bom seguimento das novas práticas e o costume do novo processo, pode seguir com uma alta chance de elevação nos meses que sucederam o estudo. O grau de risco também foi reduzido, pois como visto no estudo, os colaboradores estavam suscetíveis a sofrerem danos físicos com o alto fluxo de pessoas e empilhadeiras. Mesmo assim, houveram limitações no trabalho relacionadas a má adaptação de alguns funcionários que não visavam o seguimento do novo processo.

Como trazido em toda a abordagem inicial do trabalho, as ferramentas da qualidade escolhidas confirmaram que existia um problema no meio produtivo escolhido, e através da validação dos separadores, supervisão e coordenação foram levadas em consideração a retirada de processos e um sistema mais enxuto, melhorando assim a produtividade total da produção.

Mesmo tendo tido um resultado bastante significativo para o meio produtivo escolhido, o presente trabalho não deve ser generalizado pois se trata de uma pesquisa-ação, onde existe uma abordagem mais específica de determinado processo escolhido juntamente com a aplicação de ações instantâneas. Assim sendo, fica como sugestão de pesquisas futuras o retorno no setor de produção para que seja reconferido o estudo de tempo e fluxo de movimentação dos processos aplicados.

## REFERÊNCIAS

ACHARRY, S., *et al.* **Evaluation research of integrated productivity and eco-friendly development project for enterprise in electrical and electronics industry.** 5th World Conference on Educational Sciences (WCES), Rome Sapienza Univ, Rome, ITALY, Elsevier Science Bv, 2013.

ATUAL CENÁRIO DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL E SUAS PERSPECTIVAS. **Tecnoblog**, 17 de ago. de 2022. Disponível em: <<https://conteudos.bloxs.com.br/energia-solar-no-brasil>>. Acesso em: 05 de novembro de 2022.

BALAJI, M., *et al.* **Lead time reduction and process enhancement for a low volume product.** International Conference on Design, Manufacturing and Materials Engineering (ICDMME), Coimbatore, INDIA, Elsevier, 2022.

BHARDWAJ, A., *et al.* **Productivity gains through PDCA approach in an Auto Service Station.** 2nd European International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. IEOM 2018, IEOM Society, 2018.

COMO FUNCIONA O MERCADO DE ENERGIA SOLAR NO BRASIL? **Elysia Energia Solar**, 17 de outubro de 2022. Disponível em: <<https://elysia.com.br/mercado-energia-solar-brasil-como-e/>>. Acesso em: 04 de novembro de 2022.

CARPINETTI, Luiz. **Gestão da qualidade.** Atlas, 3ª Edição, 2016.

CICLO PDCA, UMA FERRAMENTA IMPRESCINDÍVEL AO GERENTE DE PROJETOS. **Dox**, 20 de março de 2019. Disponível em: <<https://www.doxplan.com/Noticias/Post/Ciclo-PDCA,-uma-ferramenta-imprescindivel-ao-gerente-de-projetos>>. Acesso em: 12 de dez de 2022.

COELHO, Fabrício *et al.*, Aplicação das ferramentas da qualidade: estudo de caso em pequena empresa de pintura. **Revista fatec zona sul**, São Paulo, v.3, n.1, outubro de 2016.

CORREIA, N., *et al.*, **Implementing an AGV system to transport finished goods to the warehouse.** *Advances in Science, Technology and Engineering Systems* 5(2): 241-247, 2020.

CRESCE NÚMERO DE PESSOAS QUE PRODUZEM A PRÓPRIA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, 30 de set. de 2022. Disponível em: <<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ceara/cresce-numero-de-pessoas-que-produzem-a-propria-energia-eletrica-no-brasil-1.3283726>>. Acesso em 19 de outubro de 2022.

DIAGRAMA DE ESPAGUETE: O QUE É, PRINCIPAIS BENEFÍCIOS E UM PASSO A PASSO DE COMO USAR NA SUA EMPRESA. **Setting Consultoria**, 01 de dez de 2020. Disponível em: <<https://setting.com.br/blog/processos/diagrama-espaguete/>>. Acesso em: 12 de dez de 2022.

DRAKE, Maurreen. Quanto é um passo? **Coruja Sábia**. Disponível em: <<https://corujasabia.com/info/32940/quanto-e-um-passo>>. Acesso em: 18 de nov. de 2022.

FREITAS, Eder. Diagrama de espaguete/spaghetti. **Blog Engenharia de Produção**, 10 de mar. de 2013. Disponível em: <[http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.com/2013/03/diagrama-de-espaguete-spaghetti\\_10.html](http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.com/2013/03/diagrama-de-espaguete-spaghetti_10.html)>. Acesso em: 07 de novembro de 2022.

GOYAL, G. and D. S. Verma. **Optimization of plant layout in manufacturing industry**. International Journal of Recent Technology and Engineering 8(2): 3115-3118, 2019.

KANAGANAYAGAM, K., *et al.* **Lean methodologies to improve assembly line efficiency: An industrial application**. International Journal of Industrial and Systems Engineering 20(1): 104-116, 2015.

MAKWANA, A. D. and G. S. Patange. **A methodical literature review on application of Lean & Six Sigma in various industries**. Australian Journal of Mechanical Engineering 19(1): 107-121, 2021.

LUIZ, L. C., *et al.* **Implementation of the Lean Six Sigma Methodology in a chemical industry**. Navus-Revista De Gestao E Tecnologia 10: 18, 2020.

MARIANI, Celso. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. **Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v.2, n.2, p. 110-126, 2005.

NAKAGAWA, Marcelo. 5W2H – Plano de ação para empreendedores. **Movimento Empreenda**. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/5W2H.pdf>>. Acesso em: 19 de novembro de 2022.

NAPOLEÃO, Bianca Minetto. PDCA. **Ferramentas da Qualidade**, 03 de out. de 2018. Disponível em: <<https://ferramentasdaqualidade.org/pdca/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20PDCA%3F,especifica%C3%A7%C3%A3o%20%20produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20inspe%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 19 de novembro de 2022.

NAPOLEÃO, Bianca Minetto. 5W2H. **Ferramentas da Qualidade**, 10 de ago. de 2018. Disponível em: <<https://ferramentasdaqualidade.org/5w2h/>>. Acesso em: 19 de novembro de 2022.

OLIVEIRA, José *et al.*, Um estudo sobre a utilização de sistemas, programas e ferramentas da qualidade em empresas do interior de São Paulo. **Produção**, v.21, n.4, p. 708-723, outubro/dezembro de 2011.

PALADINI, Edson. As bases históricas da gestão da qualidade: a abordagem clássica da administração e seu impacto na moderna gestão da qualidade. **Gestão e Produção**, v.5, n. 3, p. 168-186, dezembro de 1998.

PRODUTIVIDADE NA INDÚSTRIA: 8 DICAS PARA SEUS PROCESSOS. **Totvs**, 21 de setembro de 2021. Disponível em: <<https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/produktividade-na-industria/>>. Acesso em: 04 de novembro de 2022.

RABELLO, Guilherme. O que é ciclo PDCA e como ele pode melhorar seus processos. **Siteware**, 05 de ago. de 2022. Disponível em: <<https://www.siteware.com.br/metodologias/ciclo-pdca/>>. Acesso em: 19 de novembro de 2022.

RESENDE, V., *et al.* **Financial and human benefits of lean production in the plastic injection industry: An action research study**. International Journal of Industrial Engineering and Management 5(2): 61-75, 2014.

RISCOS COM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS: PROCEDIMENTO DE SEGURANÇA NR12. **Engenharia Adequada**, 27 de jan. de 2022. Disponível em: <<https://adequada.eng.br/riscos-maquinas-equipamentos/>>. Acesso em: 18 de nov. de 2022.

ROUBICEK, Marcelo. O crescimento da energia solar no Brasil. E o seu futuro. **Nexo Jornal**, 29 de setembro de 2022. Disponível em: <<https://www.nexojornal.com.br/expresso/2022/09/29/O-crescimento-da-energia-solar-no-Brasil.-E-o-seu-futuro>>. Acesso em: 12 de novembro de 2022.

SAM, M. F. M., *et al.* **Application of Lean Manufacturing Tools: The Impact on Kaizen and Product Defection in Packaging Companies**. 4th Symposium on Intelligent Manufacturing and Mechatronics, SIMM2021. M. N. Ali Mokhtar, Z. Jamaludin, M. S. Abdul Aziz, M. N. Maslan and J. A. Razak, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. 25: 424-433, 2022.

SETOR FOTOVOLTAICO GEROU MAIS DE 86 MIL EMPREGOS NO BRASIL EM 2020. **Absolar**, São Paulo, 11 de jan. de 2021. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticia/setor-fotovoltaico-gerou-mais-de-86-mil-empregos-no-brasil-em-2020/>>. Acesso em 13 de outubro de 2022.

SILVA, Rutelly Marques da Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios.2015. Disponível em: <<http://www12.senado.gov.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>>. Acesso em 13 de outubro de 2022.

SOUSA, Márcia. “Taxação” de energia solar passa a valer em janeiro. **Arch Daily**, 09 de outubro de 2022. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/989135/taxacao-de-energia-solar-passa-a-valer-em-janeiro>>. Acesso em: 05 de novembro de 2022.

TAPPING, D.; SHUKER, T. Lean Office: Gerenciamento do Fluxo de Valor para Áreas Administrativas. 1ª ed. São Paulo: Leopardo Editora, 2010. 186p.