



BRENDO MAYK ROCHA LEDO
BRUNO HENRIQUE RODRIGUES FISCHER
MARCOS VINÍCIUS DO PRADO SILVA

APLICAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING NO
GERENCIAMENTO DE MANUTENÇÃO:
COLHEDORA DE ALGODÃO JOHN DEERE 7760

LAVRAS – MG

2022

BRENDO MAYK ROCHA LEDO
BRUNO HENRIQUE RODRIGUES FISCHER
MARCOS VINÍCIUS DO PRADO SILVA

APLICAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING NO GERENCIAMENTO DE
MANUTENÇÃO:
COLHEDORA DE ALGODÃO JOHN DEERE 7760

Concepção básica apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Mecânica, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Me. Filipe Augusto Gaio de Oliveira
Orientador

LAVRAS – MG
2022

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelos(as) próprios(as) autores(as).**

Ledo, Brendo Mayk Rocha.

Aplicação do Lean Manufacturing no gerenciamento de manutenção : Colhedora de algodão John Deere 7760 / Brendo Mayk Rocha Ledo, Bruno Henrique Rodrigues Fischer, Marcos Vinícius do Padro Silva. – Lavras : UFLA, 2022.

81 p. : il.

Concepção Básica (graduação)–Universidade Federal de Lavras, 2022.

Orientador: Prof. Me. Filipe Augusto Gaio de Oliveira.

Bibliografia.

1.Máquinas Agrícolas. 2.Manutenção. 3.Melhoria Contínua. I. Oliveira, Filipe Gaio. II. Título.

**BRENDO MAYK ROCHA LEDO
BRUNO HENRIQUE RODRIGUES FISCHER
MARCOS VINÍCIUS DO PRADO SILVA**

**APLICAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING NO GERENCIAMENTO DE
MANUTENÇÃO: COLHEDORA DE ALGODÃO JOHN DEERE 7760**

**APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING IN MAINTENANCE
MANAGEMENT: JOHN DEERE 7760 COTTON HARVESTER**

Concepção básica apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Mecânica, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 08 de setembro de 2022.
Dra. Joelma Rezende Durão Pereira UFLA
Dr. Sandro Pereira da Silva UFLA

Prof. Me. Filipe Augusto Gaio de Oliveira
Orientador

**LAVRAS – MG
2022**

Dedicamos esse trabalho aos nossos familiares, em especial aos avós Ulisses Ferreira, Antônio Vicente Rodrigues e Marcelo Rocha do Prado, pois graça aos seus princípios, valores, esforços e apoio que hoje podemos concluir o curso. Também em especial, a filha do Brendo, Sofia Rocha Ledo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelas nossas vidas e por nos ajudar a ultrapassar todos os obstáculos ao longo do curso.

Agradecemos aos nossos pais, irmãos, familiares, namoradas e amigos, que nos apoiaram e incentivaram nos momentos difíceis, na realização deste trabalho e compreenderam as nossas ausências enquanto nos dedicávamos à realização deste curso.

Ao nosso orientador Me. Filipe Augusto Gaio de Oliveira, que nos guiou no decorrer desse etapa com grande maestria.

A todos os professores que tivemos durante o curso de Engenharia Mecânica, pelos ensinamentos compartilhados e na contribuição para formação do nosso processo pessoal e profissional.

E a todos amigos da faculdade, que ao fim, se tornaram grandes amigos para a vida.

“A gravidade explica os movimentos dos planetas, mas não pode explicar quem colocou os planetas em movimento. Deus governa todas as coisas e sabe tudo que é ou que pode ser feito.”

(Isaac Newton)

RESUMO

Há décadas o agronegócio apresenta-se como fator de grande importância para a economia nacional. A implementação de uma gestão e de ferramentas de qualidade nessa área pode ocasionar em uma melhoria visível nos processos e produtos de qualquer um de seus setores. Uma vez implementados, esses recursos tendem a colaborar para a identificação de falhas e para a possibilidade de melhorias, resultando, em um diferencial para o mercado. Esta pesquisa teve por objetivo trabalhar acerca da proposta de utilização de ferramentas de Melhoria Contínua (*Lean Manufacturing*; *Kaizen*; Diagrama de *Ishikawa*; 5W2H; e Lições Aprendidas) no processo de manutenção de uma colhedora de algodão. Foram abordados referenciais teóricos que trabalham a produção do setor algodoeiro, do setor de manutenção, de seus indicadores e dos demais temas que referenciam e auxiliam a pesquisa. Utilizou-se a coleta e análise de dados de uma empresa agrícola localizada em Correntina (BA), fazendo a pesquisa documental e a verificação *in loco*, bem como a aplicação dessas ferramentas e o desenvolvimento do plano de ação de melhoria, no qual buscou-se a análise de desempenho pautados em qualidade, agilidade, flexibilidade, confiabilidade e custos. Foram escolhidos indicadores para avaliar as operações de manutenção, permitindo medir o desempenho quanto ao reparo das máquinas, além de estimar, levando-se em consideração a comparação com artigos tratados com temas similares, o quanto de melhoria seria gerada no desempenho da organização. Foi possível demonstrar que o custo de manutenção envolve terceirização de colaboradores e que esse processo chega a um custo aproximado de 18,71% do total gasto em manutenção. Além disso, foi elaborado um plano concreto da implementação de lições aprendidas e aplicação do estoque mínimo, assim como a projeção de compras e abastecimento de estoque que foram desenvolvidas para melhorar o fluxo da manutenção, visto que a empresa anteriormente não trabalhava com um estoque bem definido. Em decorrência disso, 25% das paradas por manutenção foram prolongadas por mais tempo que o previsto devido a falta de peças. Com a implementação do estoque mínimo, verificou-se que seria possível uma melhoria de 34,85% no intervalo entre um reparo e outro nas máquinas e uma otimização de 16,91% no tempo médio de cada parada para manutenção. Com isso, a disponibilidade da máquina cresceria 2,52%.

Palavras-chave: Agronegócio; Ferramentas de Qualidade; Gestão; Confiabilidade; Indicadores.

ABSTRACT

Agribusiness has been a factor of great importance for the national economy for decades. The implementation of quality management and tools in this area can lead to a visible improvement in the processes and products. Once implemented, these resources tend to contribute to the identification of failures and the possibility of improvements, resulting in a differential for the agribusiness market. This research aimed to work on the proposal to use Continuous Improvement tools (Lean Manufacturing; Kaizen; Ishikawa Diagram; 5W2H; and Lessons Learned) in the maintenance process of a cotton harvester. Theoretical references that work with the production of the cotton sector, the maintenance sector, their indicators and other themes that guide and help the research were approached. It used the collection and analysis of data from an agricultural company located in Correntina (BA), carrying out documentary research and on-site verification, as well as the application of these tools and the development of the improvement action plan based on quality, agility, flexibility, reliability and costs. Indicators were chosen to evaluate the maintenance operations, allowing to measure the performance regarding the repair of the machines, taking into consideration the comparison with articles treated with similar themes and how much improvement would be generated in the organization's performance. It was possible to demonstrate that the cost of maintenance involves outsourcing employees and that this process gets an approximate cost of 18.71% of the total spent on maintenance. In addition, a concrete plan was prepared for the implementation of lessons learned and application of the minimum stock, as well as the projection of purchases and stock supply that were developed to improve the maintenance flow, since the company, previously, did not work with a well-stocked inventory. As a result, 25% of maintenance downtimes were extended longer than expected due to lack of mechanical parts. With the implementation of the minimum stock, it was found that it would be possible to improve by 34.85% in the interval between one repair and another in the machines and an optimization of 16.91% in the average time of each stop for maintenance. Therefore, the machine availability would grow by 2.52%.

Keywords: Agribusiness; Quality tools; Management; Reliability; Indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Os pilares de sustentação do programa TPM.	22
Figura 2.2 – Exemplo de Diagrama de <i>Ishikawa</i>	30
Figura 2.3 – Colhedora de Algodão John Deere 7760.	36
Figura 2.4 – Detalhe do conjunto da Unidade da colhedora.	36
Figura 2.5 – Fusos recolhedores montados na máquina.	37
Figura 4.1 – Lições aprendidas.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Países e suas respectivas produções de algodão.	12
Tabela 2.2 – <i>Overview</i> da produção do Algodão.	14
Tabela 2.3 – Quadro explicativo do método 5W2H.	33
Tabela 4.1 – Tempo previsto para revisão.	44
Tabela 4.2 – Estoque disponível na empresa durante as atividades de colheita.	46
Tabela 4.3 – Tempo em operação durante a colheita.	46
Tabela 4.4 – MTBF – Mean Time Between Failures ou Tempo Médio Entre Falhas.	47
Tabela 4.5 – MTTR – Mean Time Between Repair ou Tempo Médio Entre Reparos.	48
Tabela 4.6 – Availability – Fator disponibilidade.	48
Tabela 4.7 – FM – Falta de materiais que afetam os serviços de manutenção.	48
Tabela 4.8 – Distribuição de gastos nas últimas 4 safras.	49
Tabela 4.9 – Comparação de gastos com serviços internos e externos.	49

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAPA	Associação Brasileira dos Produtores de Algodão
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CM	Custo de materiais
FM	Falta de materiais que afetam os serviços de manutenção
HRM	<i>Human resources Management</i> ou Gestão de Recursos Humanos
JIT	<i>Just-In-Time</i> ou Na hora Certa
KPI	<i>Key Performance Indicators</i> ou Indicadores Chave de Performance
LM	<i>Lean Manufacturing</i> ou Manufatura Enxuta
MASP	<i>Method Analysis and Solution Problem</i> ou Método de Análise de Problemas e Soluções
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i> ou Tempo Médio Entre Falhas
MTTR	<i>Mean Time Between Repair</i> ou Tempo Médio Entre Reparos
NBR	Norma técnica brasileira
PDCA	<i>Plan, Do, Check e Act</i> ou Plano, Fazer, Verifique e Agir
RPM	Rotação por Minuto
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> ou Manutenção Produtiva Total
TPS	<i>Toyota Production System</i> ou Sistema de Produção Toyota
TQM	<i>Total Quality Management</i> ou Gestão da Qualidade Total
WCM	<i>World Class Maintenance</i> ou Manutenção de Classe Mundial

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos	11
1.1.1	Objetivo Geral	11
1.1.2	Objetivos Específicos	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	O algodão no Brasil	12
2.2	Conceito de manutenção	15
2.3	Tipos de manutenção	15
2.3.1	Manutenção corretiva	15
2.3.2	Manutenção Preventiva	16
2.3.3	Manutenção Preditiva	18
2.4	Gestão de Manutenção	19
2.4.1	Manutenção Produtiva Total (TPM)	20
2.4.2	<i>Lean Manufacturing</i> e o pensamento enxuto	22
2.4.3	<i>Kaizen</i>	27
2.4.4	<i>Brainstorming</i>	28
2.4.5	Diagrama de <i>Ishikawa</i>	29
2.4.6	5W2H	31
2.4.7	Indicadores (KPI's)	33
2.5	Manutenção da unidade da colhedora	35
3	MATERIAIS E MÉTODOS	40
3.1	Coleta e análise de dados	40
3.2	Aplicação das ferramentas	41
3.2.1	Indicadores	41
3.2.2	Diagrama de <i>Ishikawa</i>	42
3.2.3	Método 5W2H	42
3.2.4	Lições aprendidas	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1	Dados coletados	44
4.1.1	Tempo previsto para a manutenção preventiva	44
4.1.2	Lista de estoque mínimo	45

4.1.3	Indicadores	46
4.2	Ferramentas aplicadas	50
4.2.1	Diagrama de <i>Ishikawa</i>	50
4.2.2	5W2H	53
4.3	Outros planos de ações de melhorias	58
5	CONCLUSÃO	60
6	ESTUDOS FUTUROS	61
7	BIBLIOGRAFIA	62
	APENDICE A – Estoque mínimo para utilização no processo de manutenção	71
	APENDICE B – Diagramas de <i>Ishikawa</i>	73
	APENDICE C – Ferramenta 5W2H	77
	APENDICE D – Lista de lições aprendidas	81

1 INTRODUÇÃO

A manutenção tem por finalidade manter as máquinas e os equipamentos em bom estado de conservação, minimizando o risco de quebra ou de paradas indesejadas durante uma operação. No setor agrícola, essa prática é definida como um conjunto de procedimentos que visam manter as máquinas nas melhores condições de funcionamento, prolongando a sua vida útil com o auxílio de lubrificação, ajustes e revisões em geral. A inovação nos métodos de manutenção tende à redução de custos para uma empresa, visto que ela amplia o nível de qualidade e diminui os gastos com reparos. No entanto, se a manutenção não for executada corretamente e com a importância de que precisa, o percentual de confiabilidade das peças é reduzido e as possibilidades de falha aumentam.

A necessidade da reformulação do processo de gestão de manutenção surgiu como consequência às dificuldades que a empresa apresentou neste setor, relacionadas às altas taxas de falhas e à baixa disponibilidade de equipamentos devido à alta frequência de intervenções corretivas, que acabam diminuindo a produtividade da empresa quanto à gestão de manutenção. Dessa forma, a principal justificativa deste trabalho é estabelecida pela manutenção não ser bem planejada e efetiva, fazendo com que as máquinas colhedoras não estejam completamente revisadas para a colheita, levando à perda de produtividade ocasionada por elementos que precisam ser reparados corretamente, causando um aumento nos custos produtivos e no desperdício de mão de obra.

O funcionamento de máquinas agrícolas é um processo que envolve basicamente dois fatores: humano e mecânico. O operador deve ler o manual de instruções fornecido pelo fabricante e estar familiarizado com todos os comandos e controles da máquina para usá-la e, assim, tomar as medidas necessárias para garantir a sua segurança e evitar futuras falhas ou mau funcionamento dos componentes.

Os dados, coletados na empresa e compilados em formas gráficas por meio das ferramentas de qualidade, possibilitam a identificação de falhas no processo. A partir disso, é possível elaborar um plano de melhorias para que a empresa agrícola esteja preparada quando houver necessidade de algum reparo nas peças das colhedoras sem prejudicar o desempenho da sua produção.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Apresentar etapas de manutenção padronizadas pela empresa e, posteriormente, aplicar as ferramentas de melhoria contínua com sugestões de planos de ações para reduzir custos, aumentar a eficiência das operações e otimizar o tempo de manutenção.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Identificar o procedimento mais crítico a ser mapeado no processo de manutenção das colhedoras da empresa;
2. Identificar as causas raízes de falhas nos procedimentos;
3. Apresentar os pontos de melhorias implantados;
4. Identificar as atividades que não agregam valor ao setor e avaliar a possibilidade de eliminá-las.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O algodão no Brasil

O algodão é considerado a fibra têxtil, natural ou manufaturada, mais significativa, bem como a planta mais completa e com os mais diversos bens de utilidade (MAGALHÃES, 2006). O material colhido é conhecido como algodão em caroço e é composto por pluma (fibra) e por caroço (sementes com “línter”, parte restante do beneficiamento da pluma, ou seja, fibras menores envoltas). Suas principais aplicações estão nas indústrias de fiação e tecelagem, assim como nas de alimentação animal (farelo) e humana (óleo), além de uma variedade de produtos secundários (BORÉM, 2003).

O algodão está presente em todos os continentes e é produzido por mais de 60 países, sendo cultivado, em média, em 35 milhões de hectares por ano. Além disso, a demanda global do produto aumenta constantemente desde a década de 1950, com uma taxa média de crescimento anual de 2%. O comércio mundial desta fibra têxtil é avaliado em cerca de US\$12 bilhões por ano e emprega mais de 350 milhões de pessoas nos mais variados departamentos de atividades, indo desde os campos até os transportes. Assim, conforme demonstra a Tabela 2.1, em um panorama global, o Brasil, junto com a China, a Índia, os Estados Unidos e o Paquistão, destaca-se nos últimos anos como um dos cinco maiores produtores desse material no mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (ABRAPA, 2022).

Tabela 2.1 – Países e suas respectivas produções de algodão.

Continentes / País	Exportações / Toneladas
Estados Unidos da América	403.713,12
Brasil	177.491,34
Índia	124.805,84
Austrália	64.787,66
Grécia	34.363,30
Demais países	340.338,43
TOTAL	1.145.499,69

Fonte: Abrapa (2022, Adaptado).

De toda esta produção nacional, o estado do Mato Grosso, maior produtor do país há anos, juntamente com o estado da Bahia, corresponde a mais de 80% de todo o algodão em pluma produzido no Brasil (CONAB, 2021).

Contudo, o cultivo e a produção de algodão no Brasil não é algo presente apenas na atualidade. Os nativos brasileiros (povos indígenas) já teciam algodão em fios e em roupas

primitivas antes mesmo dos portugueses chegarem à costa brasileira. No entanto, foi somente em 1750, no nordeste do país, que começou a exploração comercial da cultura agrícola no Brasil, seguindo as operações de mineração iniciadas com o colonialismo português. Assim, com o decorrer do tempo, o Brasil tornou-se um dos maiores produtores e exportadores de algodão do mundo até meados da década de 1980, época em que houve um declínio da produção devido a chegada ao país do inseto conhecido como bicudo do algodão, que é, hoje, uma das pragas mais graves da cultura algodoeira em todo o mundo. Consequentemente, apenas na década de 1990 esse cenário teve uma melhora significativa. Entretanto, em decorrência à epidemia de bicudo de algodão, as mudanças na política comercial e econômica e a consequente abertura comercial para outras nações, tiveram uma nova influência sobre a indústria brasileira de cotonicultura, expondo os produtores e as indústrias têxteis nacionais à concorrência desleal dos importados (AMIPA, 2022).

Na Tabela 2.2, Cêelho (2021) apresenta uma visão de vários pontos da produção de algodão.

Tabela 2.2 – *Overview* da produção do Algodão.

Pontos fortes	<p>Grande aptidão de produção: clima e solo favoráveis; Grandes produtores capitalizados, geralmente associados e com alto nível tecnológico, o que permite ganhos de escala na produção; Fibra produzida de boa qualidade; Presença de importantes portos marítimos e proximidade dos demais continentes;</p>
Pontos fracos	<p>Preço do produto ditado pelo mercado externo, por ser commodity; Custo de produção elevado, pelo alto grau de mecanização, principalmente dos insumos, em maior parte importado e dependente do câmbio; Problemas na logística de escoamento da produção (transporte rodoviário e portos); Baixo grau de associação entre os pequenos produtores, principalmente no Semiárido; Existência de subsídios em outros países produtores, como os EUA; Dificuldade para mudar para outra cultura, em função da especificidade do maquinário utilizado.</p>
Oportunidades	<p>Geração de benefícios sociais, econômicos e ambientais, tais como a geração de divisas, pela exportação e diversificação das atividades, contribuindo para a sustentabilidade do sistema de produção; Fonte de renda e emprego, por intermédio da ampla cadeia de serviços, que envolve produção de sementes, trabalhos de implantação e manutenção da cultura, até o beneficiamento; Instituições e associações brasileiras têm buscado promover o algodão no mercado internacional, através do Projeto Ásia, na tentativa de diversificar importadores e aumentar a participação de mercado, fortalecendo relações com China, Coreia do Sul, Paquistão e Turquia; Disponibilidade de áreas nos Cerrados nordestinos, com condições edafoclimáticas favoráveis à expansão da cultura, algo inexistente entre os principais países concorrentes; Possibilidade para os pequenos produtores, principalmente no Semiárido, atender nichos de mercado, como o do algodão agroecológico e do orgânico, negociando sem intermediários com empresas interessadas; Recuperação pós-pandemia da economia chinesa, que deve aumentar suas importações de algodão.</p>
Ameaças	<p>Concorrência com outras culturas mais rentáveis, como a soja e milho; Agravamento da crise econômica mundial com a pandemia de Covid-19, que aumentou o desemprego e reduziu o poder de compra da população, fazendo cair o consumo de algodão no planeta; Concorrência com fibras sintéticas, cuja demanda aumenta com baixas ocasionadas do preço do petróleo (como ocorridas em abril e novembro de 2020).</p>

Fonte: Coêlho (2021, Adaptado).

Grande parte das operações agrícolas são feitas por máquinas de pequeno e grande porte. Como ocorre com diversos equipamentos mecânicos, as máquinas da agroindústria e seus componentes falham repetidamente. De acordo com Afsharnia *et al* (2021), a confiabilidade e disponibilidade do maquinário agrícola depende da frequência das falhas e do tempo de reparo, podendo ocorrer esses problemas por defeito, dano físico ou desgaste das peças. Além disso, a falta de componentes, quando são necessários, pode levar a paradas imprevistas e perdas irreparáveis para um sistema agrícola. Dessa maneira, a operação e manutenção das máquinas agrícolas dependem da previsão das falhas, bem como o gerenciamento do processo de manutenção.

2.2 Conceito de manutenção

A manutenção é definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT – NBR 5462/1994) como "A soma de todos os procedimentos técnicos e administrativos, incluindo as ações de fiscalização, visando manter ou substituir um item em estado no qual possa desempenhar uma determinada função". O objetivo de sustentar uma organização é definido como um conjunto de fatores que expressam as aspirações futuras, disposição e desejo de ser e agir. Em poucas palavras, o propósito combina sua própria vontade, sua auto-imagem e suas convicções fundamentais, transcende o ambiente e não é limitado pelas capacidades atuais ou pelo ambiente externo (PRITCHARD, 1969).

2.3 Tipos de manutenção

Pode-se dizer que há basicamente três métodos de manutenção: corretiva, preventiva e preditiva. Todavia, a manutenção de máquinas agrícolas é realizada, geralmente, em caráter corretivo ou preventivo (SILVA; FRANÇA, 2014).

2.3.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva em máquinas agrícolas pode ser definida como a substituição de peças desgastadas ou a detecção e restauração de falhas nos equipamentos, sendo dividida em duas categorias: planejada e não planejada (PINTO; XAVIER, 2007). A primeira é definida como a retificação do mau desempenho ou da falha por escolha gerencial, agindo de acordo com o rastreamento ou com a estratégia prevista até a quebra. Em contrapartida, a segunda é

definida por eles como a “atuação da manutenção em fato já ocorrido, seja este uma falha ou um desempenho inferior ao esperado”. Nesse sentido, embora essa abordagem tenha como objetivo a busca por simplificar e reduzir os custos de manutenção, outras variáveis significativas devem ser levadas em consideração além da de evitar falhas nos equipamentos.

No entanto, se de um lado essa separação em categorias é utilizada como fator determinante, de outro ela não é assumida. Segundo Branco Filho (2008), a Manutenção Corretiva corresponde a todo trabalho de manutenção realizado em máquinas com defeito, sendo ela programada ou não. Ou seja, nessa perspectiva, qualquer reparo que não possa esperar ou ser agendado previamente, deve ser chamado de Manutenção Corretiva de Emergência.

Dito isso, algumas vantagens e desvantagens da utilização da Manutenção Corretiva podem ser destacadas, sendo elas (FILHO, 2008):

- Vantagens: a eliminação da necessidade de monitoramento e inspeções da máquina;
- Desvantagens: quebra de equipamentos durante o horário de produção; corporações usando máquinas de *backup*; e não há necessidade de interagir com ações.

2.3.2 Manutenção Preventiva

De acordo com De Almeida (2018), a Manutenção Preventiva é uma manutenção programada e regulamentada realizada em períodos de tempo determinados com a finalidade de manter a máquina ou o equipamento em boas condições de funcionamento e conservação, evitando paradas inesperadas. O planejamento deste tipo de reparo é realizado com base na documentação das Manutenções Corretivas realizadas (folha de execução das Manutenções Corretivas) e nas informações do fabricante sobre a vida útil das peças, objetivando manter a máquina em seu estado operacional ideal, diminuindo, a sua probabilidade de falha e aumentando a ausência de quebras, a confiabilidade e a regularidade de operação do sistema produtivo (PEREIRA, 2011).

A Manutenção Preventiva está continuamente buscando métodos de melhoria, eliminando custos desnecessários, diminuindo o tempo de inatividade e aumentando a eficiência das máquinas, a produção e a lucratividade, o que reflete positivamente na gestão e no funcionamento do setor maquinário. Compreende-se, que a Manutenção Preventiva é a ação tomada para reduzir os danos ou as quedas no desempenho dos equipamentos a partir de uma estratégia baseada em tempo. Em outras palavras, todo trabalho de manutenção realizado em equipamentos que estão em condições de operação de forma sistemática, seja pelo tempo decorrido, pelos

quilômetros percorridos ou por qualquer outra variável, é denominado Manutenção Preventiva sistemática ou manutenção baseada no tempo (FILHO, 2008).

Algumas vantagens da Manutenção Preventiva podem ser elencadas em conformidade à De Almeida (2018), são elas:

- Equilibrar a utilização de recursos: é possível desenvolver um ritmo de trabalho consistente e estimar o número de mecânicos no setor de manutenção por meio do planejamento das atividades de manutenção, reduzindo assim momentos ociosos e excesso ou falta de colaboradores;
- Eliminar tempos de espera para compra de peças: o cronograma de manutenção preventiva prevê o consumo de peças e insumos que serão necessários nas atividades de manutenção, evitando estoques desnecessários ou falta de componentes que causam a parada da máquina até que a peça seja comprada e recebida;
- Confiabilidade de prazos no sistema de produção: a manutenção preventiva garante que os maquinários empregados no sistema produtivo de uma empresa funcionem corretamente, evitando atrasos ou esperas de quebra de máquinas;
- Satisfação do cliente: a manutenção preventiva auxilia no cumprimento dos prazos de fornecimento das peças e melhora a qualidade dos bens gerados pelos equipamentos que são mantidos em condições de funcionamento, agregando assim ao prazer dos consumidores da organização;
- Gestão ambiental: o efeito ambiental dos resíduos gerados pelas operações de fabricação é um grande problema global. Nesse contexto, a manutenção preventiva deve se concentrar em equipamentos antipoluição, ou seja, trabalhar em questões que resultem em vazamento de fluido de corte ou lubrificante, excesso de emissão de gases e controle de cavacos de usinagem.

Mesmo considerando todas essas vantagens que podem ser aproveitadas a partir da implementação da Manutenção Preventiva, Kardec e Nascif (2013), consideram que os fatores que influenciam para a adoção desse método são: a impossibilidade de aplicação da Manutenção Preditiva; a existência de aspectos relacionados à segurança pessoal; a exposição do meio ambiente a riscos; e a utilização de equipamentos complexos ou que funcionam em operação contínua.

2.3.3 Manutenção Preditiva

A Manutenção Preditiva, segundo Branco Filho (2008), é “todo o trabalho de acompanhar e monitorar as circunstâncias da máquina, suas operações de parâmetros e sua degradação”. Paralelamente a ele, Nepomuceno (2014) conceitua a Manutenção Preditiva como sendo uma ação tomada em resposta a uma mudança em uma condição, estado operacional ou parâmetro para o qual um sistema é monitorado. Além de prolongar a vida útil das revisões e, consequentemente, conseguir estimar quando uma peça estará disponível para reparo, a Manutenção Preditiva, prevê, por meio de análises sistemáticas, a substituição de componentes ou a revisão de equipamentos. Além disso, este método favorece a disponibilidade do equipamento, uma vez que as avaliações são feitas enquanto a máquina está em funcionamento. Assim, quando determinada uma intervenção, uma Manutenção Corretiva programada é realizada (FEEVALE, 2012). Como resultado, o monitoramento da operação de manutenção é levado em consideração para prever a falha da máquina e garantir que sua atividade seja mantida pelo maior tempo possível.

Nota-se, pois, que seu objetivo é evitar falhas de equipamentos ou sistemas, monitorando sistematicamente diferentes características, incluindo o calor, a vibração e o ruído, permitindo que o equipamento fique disponível por mais tempo (NEPOMUCENO, 2014).

Dito isso, para que a Manutenção Preditiva ocorra é necessário que alguns requisitos sejam atendidos. São eles (NEPOMUCENO, 2014):

- O equipamento, sistema ou instalação deve permitir algum tipo de monitoramento/medição;
- O equipamento, sistema ou instalação deve garantir esse tipo de ação com base nos custos envolvidos;
- As falhas devem ser ocasionadas por fatores que podem ser rastreados assim como a sua progressão;
- Implementação de um programa sistemático de monitoramento, análise e diagnóstico.

Com base nessa nova visão, a manutenção passa a ser uma função estratégica, tendo em vista a sua importância dentro da empresa. Em decorrência disso, a técnica preditiva, conhecida internacionalmente como *Condition Monitoring*, vem evoluindo gradativamente em sua aplicação, sendo a sua eficiência medida com base em três indicadores principais: a disponibilidade,

que indica o percentual do equipamento disponível para o processo produtivo; o tempo médio entre as falhas; e o tempo médio de reparo, sendo os dois últimos indicadores do cálculo do primeiro (NEPOMUCENO, 2014).

Uma das estratégias de manutenção mais eficientes e econômicas é monitorar e implementar protocolos estabelecidos. Embora isso possa parecer evidente, é comum encontrar sistemas que coletam, registram e monitoram a Manutenção Preditiva, mas não realizam intervenções de qualidade igual aos dados registrados em determinadas empresas. Nesse sentido, apenas uma parte de todo o potencial que o método detém é experienciado (FEEVALE, 2012).

2.4 Gestão de Manutenção

A manutenção assumiu uma maior responsabilidade em garantir a fiabilidade e a disponibilidade no desempenho da organização em resultado das mudanças ocorridas nos setores tecnológico e fabril, com uma diversificada gama de equipamentos, bem como o desenvolvimento da produtividade e qualidade (FEEVALE, 2012).

Em um estudo sobre análise comparativa entre modelos de manutenção mecânica em máquinas agrícolas, realizado pelo autor Diniz, *et al.* (2020), identificou-se os melhores procedimentos a serem adotados pela empresa no ramo da silvicultura com máquinas colhedoras. Com intuito de reduzir os custos de produção, os autores analisaram os indicadores de manutenção e então, com base nos dados e desempenho apresentados, os pesquisadores afirmaram que o modelo tradicional de manutenção baseada apenas na realização de lubrificação corretiva e preventiva, bem como a limpeza dos componentes com base nas recomendações do fabricante, apresenta menor eficiência se comparada com o modelo de manutenção preventiva semanal utilizada no modelo WCM (do inglês, *World Class Maintenance*, ou Manutenção de Classe Mundial). Este modelo em questão destaca como base, no caso para Manutenção Preventiva, um envolvimento de práticas que também utilizam outros programas de manutenção, como a Manutenção Produtiva Total (TPM).

Dessa maneira, utilizando o modelo WCM, os resultados mostraram um aumento de 5% na disponibilidade mecânica e uma redução de 60% no consumo de óleo hidráulico. Além disso, devido a um investimento em infraestrutura e treinamento de mecânica, o custo de manutenção aumentou 3% no modelo WCM, mas com potencial para melhor manutenção de máquinas florestais ao longo prazo, juntamente com melhorias na segurança operacional, na capacidade de produção e na vida útil mais longa da máquina (DINIZ *et al.*, 2020).

Segundo Afsharnia e Fatemeh (2021), a otimização do agendamento de Manutenção Preventiva com base na confiabilidade estimada das máquinas colhedoras, pode reduzir as perdas na produção, as paradas por quebras em operação e os custos de inatividade, além de reduzir atrasos e suas implicações nos custos de tempo, inconveniência e perdas de produto durante a colheita. Diante disso, os autores afirmam que, para reduzir perdas, os gestores das agroindústrias devem seguir as sugestões:

- Implementar efetivamente a manutenção preditiva baseada em análise de óleo para monitorar o desempenho e as condições da máquina durante a operação de colheita para reduzir a probabilidade de quebras;
- Fornecer um *backup* confiável que está disponível para substituir instantaneamente a colhedora de serviço quando ela falha;
- Adquirir peças de reposição originais de fabricantes locais de equipamentos originais ou importados legalmente;
- Investir na aquisição de novos maquinários e na substituição de colhedoras desgastadas para aumentar a confiabilidade e a disponibilidade das máquinas;
- Otimizar a programação de Manutenção Preventiva para minimizar as paradas de operação, os custos de tempo de inatividade e as perdas na produção.

2.4.1 Manutenção Produtiva Total (TPM)

A Manutenção Produtiva Total vem de origem japonesa, na empresa Nippondenso, uma das empresas fornecedoras de componentes eletrônicos para a Toyota no início da década de 1960, tendo como seu objetivo a viabilização do sistema *Just in Time*, através da melhoria da confiabilidade dos equipamentos (JIPM, 2008).

A manutenção produtiva total leva em consideração não só evitar falhas de equipamentos, mas também contribuir para um melhor entendimento dos procedimentos de manutenção para evitar interrupções na produção, melhorando a confiabilidade dos equipamentos e a qualidade dos processos, entregando bons resultados para a empresa, seus colaboradores e a sociedade. Como resultado, o TPM é definido como um sistema destinado a aumentar a eficácia e eficiência do equipamento através da construção de um sistema completo de manutenção pro-

dutiva que abrange toda a vida útil do equipamento e inclui todos os setores relacionados ao equipamento, como planejamento, uso e manutenção (AHUJA *et al*, 2008).

O TPM busca ações para melhorar pessoas, equipamentos e almeja pela qualidade geral, pois o compromisso de manter a todos é valioso, pois deve haver responsabilidade pelo processo que tenta resolver o problema ou dizer quem pode resolvê-lo, e esse envolvimento, a sociedade não deve descurar o interesse pelo processo de manutenção e equipamentos, mas também deve abordar a motivação das pessoas envolvidas no processo (XENOS, 2004).

Esse tipo de manutenção, visando estabelecer o controle da produção e da manutenção, é considerada como a ação dos responsáveis pela definição de tarefas e indicadores eficazes para o alcance dos resultados. Assim, o monitoramento e a compreensão mais fáceis dos esforços da equipe de manutenção, portanto, ajudam a desenvolver os processos da empresa (GUIMARÃES, 2012).

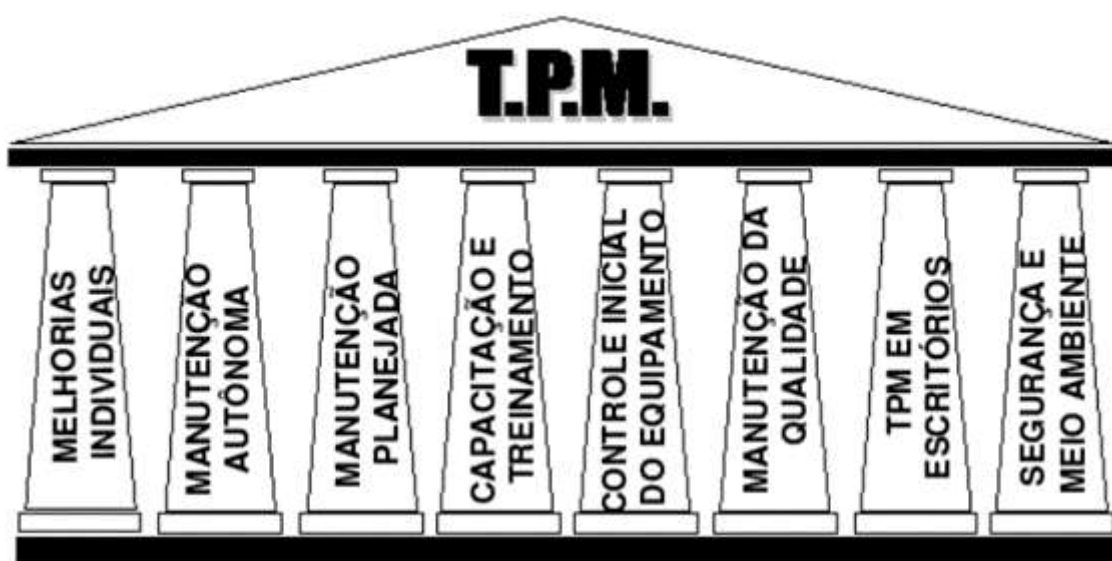
O TPM emprega oito pilares para atingir seu objetivo. Esses pilares, segundo Marocco (2013), são os seguintes:

1. Pilar de Melhorias individuais: a manutenção para perdas crônicas relacionadas à máquina é chamada de pilar de melhoria focada, direcionada ou específica, com ênfase na manutenção preventiva;
2. Pilar de Manutenção Planejada: Este pilar se preocupa com os procedimentos de gestão e melhoria contínua do equipamento. Seu objetivo é aumentar a disponibilidade, a confiabilidade e a relação custo-benefício em uma base constante;
3. Pilar de Gestão Antecipada: Refere-se à prevenção da manutenção. Novos equipamentos devem ser projetados tendo em mente o histórico de manutenção e a experiência das pessoas que irão operá-los e mantê-los, buscando métodos para fazer uma máquina que seja mais fácil de manter e operar do que outras que tenham a mesma finalidade;
4. Pilar Liderança, Flexibilidade e Autonomia de Equipes: refere-se à utilização de treinamentos técnicos, comportamentais e práticas para liderança, flexibilidade e autonomia de equipes para todas as partes envolvidas;
5. Pilar de Manutenção Autônoma: refere-se ao treinamento teórico e prático que permitirá aos operadores realizar manutenções proativas e potencializar melhorias;

6. Pilar Manutenção da Qualidade: este pilar se preocupa com a confiabilidade do dispositivo e sua relação com a qualidade do produto e disponibilidade para uso, obtidos a partir da regularidade da manutenção;
7. Melhoria de Processos Administrativos: os procedimentos de gestão tem impacto direto na eficiência e produtividade das atividades operacionais. O objetivo deste pilar, conhecido como Office TPM, é aprimorar esses procedimentos e reduzir o desperdício;
8. Pilar Segurança, Saúde e Meio Ambiente: está alicerçado nas práticas dos pilares anteriores. Seu foco principal é melhorar as condições de trabalho e reduzir as preocupações com a segurança de todos os colaboradores e o meio ambiente.

Ambos são retratados na Figura 2.1.

Figura 2.1 – Os pilares de sustentação do programa TPM.



Fonte: Singh (2013, adaptado).

2.4.2 *Lean Manufacturing* e o pensamento enxuto

O *Lean Manufacturing* é um método que está presente em diversas segmentações, indo desde as áreas administrativas até as operacionais, visando eliminar o desperdício em qualquer processo, ou seja, deletar tudo o que não agrega valor para o cliente, ou que não é visto como valioso por ele. Transportar um produto até um cliente, por exemplo, oferece valor mínimo, pois o cliente está mais preocupado com a qualidade, o preço e o prazo de entrega do que com a distância percorrida pelo produto. Nesse sentido, o *Lean Manufacturing* tem sido amplamente

utilizado para aumentar a produtividade, eficiência e reduzir os custos nas empresas, bem como para proporcionar um ambiente de trabalho melhor e mais saudável, por meio da organização do ambiente (MAIA *et al.*, 2011).

Em relação aos benefícios proporcionados pelo método do *Lean Manufacturing*, podemos incluir:

- Maior eficiência;
- Produtividade aumentada;
- Ambiente de trabalho limpo e organizado;
- Redução de custos;
- Redução inteligente de estoque intermediário;
- Redução dos prazos de entrega de produtos, processos e serviços;
- Uso inteligente de áreas.

Ademais, o *Lean Manufacturing* é uma estratégia de produção multidimensional que envolve um conjunto de procedimentos industriais voltados para a identificação de atividades que agregam valor na perspectiva do cliente e facilitando o fluxo dessas operações através da organização do lado do cliente (SHAH; WARD, 2007; WOMACK; JONES; ROOS, 1990). Esta estratégia surgiu dos esforços de Taichii Ohno, da *Toyota Motor Company*, que criou o *Toyota Production System* (TPS) (Ohno, 1988). A Manufatura Enxuta visa criar um fluxo simplificado de operações que produz itens completos no ritmo que os clientes desejam com pouco ou nenhum desperdício (SHAH; WARD, 2003). Identificam-se dez fatores na formulação conceitual e na medição da manufatura enxuta:

1. O *feedback* do cliente e o desempenho do produto e serviço devem ser compartilhados com os fornecedores regularmente para garantir a transferência eficaz de informações;
2. Entrega *Just-In-Time* (JIT) do Fornecedor: Os fornecedores fornecem apenas a quantidade de coisas necessárias no momento especificado, quando os clientes as desejam;
3. Desenvolvimento de fornecedores: Os fornecedores devem ser desenvolvidos em conjunto com o fabricante para reduzir inconsistências e incompatibilidades de habilidades;

4. Envolvimento do cliente: Como os clientes são a força motriz por trás de um negócio, seus desejos e expectativas devem ser priorizados;
5. Produção puxada: O início do requisito baseado em kanban de um sucessor deve levar em conta o fluxo de produção do predecessor, geralmente conhecido como produção JIT;
6. Fluxo mais simples: Um fluxo simplificado de mercadorias com poucas pausas deve ser projetado em toda a fabricação;
7. Menos tempo de preparação: A adaptação de recursos às alterações do produto deve levar o menor tempo possível;
8. Manutenção produtiva/preventiva total: Para evitar quebras de máquinas e equipamentos, devem ser implementadas abordagens efetivas de manutenção periódica. Um tempo de reparo limitado deve ser mantido em caso de falha;
9. Controle Estatístico do Processo: A qualidade do produto é crítica e nenhuma falha deve ser transmitida de um processo para outro;
10. Envolvimento dos funcionários: "Se os funcionários estiverem devidamente motivados e capacitados, eles devem ser capazes de dar uma boa contribuição para a organização."

Esse modelo de dez partes leva em consideração características de pessoas e processos, bem como preocupações internas e externas que receberam menos atenção em pesquisas anteriores (GOUBERGAN *et al.*, 2011). Nessa perspectiva, esta pesquisa se apoiou nesses dez recursos bem conhecidos da Manufatura Enxuta, todos os quais demonstraram ser atingíveis com a tecnologia da Indústria 4.0.

Cada uma das dez dimensões é dividida em quatro aspectos principais com base nas entidades envolvidas (GOUBERGAN *et al.*, 2011).

- Aspectos que afetam os fornecedores;
- Aspectos que afetam os consumidores;
- Aspectos que afetam os processos;
- Controle e fatores humanos.

Os fatores do fornecedor concentram-se na integração com os fornecedores da empresa e incluem itens como *feedback* deles, seu desenvolvimento e entrega JIT. O elemento “cliente” enfatiza o envolvimento do consumidor nas operações da empresa. Produção puxada, fluxo contínuo e dimensões de redução do tempo de *setup* são alguns dos elementos do processo que se concentram nas operações e no sequenciamento do processo (HASLE *et al.*, 2012). Os aspectos humanos e de controle, como o nome indica, dizem respeito ao sistema de controle e ao pessoal. A manutenção produtiva/preventiva total, o gerenciamento de processos estatísticos e o envolvimento dos funcionários estão incluídos nesta categoria (SHAH; WARD, 2007).

Assim, a principal responsabilidade dos gerentes de produção é selecionar técnicas apropriadas para melhorar as operações de chão de fábrica (HERRON; BRAINDEN, 2006). De acordo com Bhasin e Burcher (2006), as empresas frequentemente começam iniciativas de melhoria tentando incorporar um pequeno número de práticas de LM em toda a organização. No entanto, elas estão cientes de que esse método não oferece benefícios importantes ou de longo prazo. Além disso, de acordo com estudos sobre as várias práticas de LM, usar muitas estratégias ao mesmo tempo oferece o melhor retorno sobre o investimento (Cua *et al.*, 2001, Shah e Ward, 2003, Shah e Ward, 2007). Portanto, é possível concluir que reunir um pacote de práticas de LM ao mesmo tempo é uma técnica mais eficaz e consistente (SHAH; WARD, 2003).

As abordagens LM são amplamente reconhecidas como um meio de melhorar a eficiência operacional de uma empresa (SHAH; WARD, 2003). Vários estudos, no entanto, sugerem que implantações de longo prazo são difíceis de alcançar, pois muitas empresas ainda limitam sua implementação *Lean* ao chão de fábrica, sendo isso um obstáculo significativo, pois limita os benefícios potenciais da adoção do LM.

A Manufatura Enxuta desenvolveu-se a partir da evolução da manufatura clássica no século XI, segundo Marx (1988), e muitos processos e atividades de manutenção foram aprimorados com o uso de diversas metodologias e instrumentos. Nessa perspectiva, devem ser mencionados os conceitos de melhoria contínua - *Kaizen*, 5S, ferramentas *Just-in-Time* - JIT, produção *Kan-ban*, nivelamento - *Heijunka* e automação - *Jidoka*.

Dito isso, a economia visa, segundo Ohno (1997), eliminar procedimentos que agregam tempo e dinheiro sem agregar valor ao produto, sendo todo desperdício o sintoma de um problema, não a causa. Além disso, o desperdício deve ser excluído e o emprego deve ser protegido na Manufatura Enxuta. As manutenções de trabalho compartilham suas experiências e evoluem

como consequências do seu trabalho com o ambiente, resultando, assim, no desenvolvimento contínuo.

De acordo com Slack, Câmaras, Johnston E Ferraz (2006), sete desperdícios se destacam nesse cenário, sendo eles:

1. **Superprodução:** A superprodução é definida como a produção que ocorre consideravelmente antes do necessário, resultando em estoques substanciais. Como resultado, os problemas na produção em massa são difíceis de detectar;
2. **Espera:** inclui o tempo ocioso do empregado na execução de tarefas; é a porção que necessita de tempo para chegar ou entrar na linha de produção/manutenção, bem como a possibilidade de acrescentar o mesmo tempo de processamento devido a informações descoordenadas, permitindo que trabalhem no tempo preciso e adequado. Refinamento do contato com as pessoas interessadas;
3. **Transporte:** Quando a mobilidade de indivíduos e componentes é superestimada, não são consideradas as melhores, mais curtas e mais curtas rotas. As fábricas de uma empresa devem ser examinadas a fim de construir métodos de transporte mais eficientes que não desperdicem combustível ou causem tempo de inatividade de pessoal ou componentes;
4. **Superprocessamento:** ocorre naturalmente na linha de fabricação ou manutenção para evitar desperdício de procedimentos e seleção de componentes para manutenção e produção. O excesso de processamento de resíduos ocorre quando utilizamos más práticas, equipamentos superdimensionados, operamos com tolerâncias excessivamente rígidas, realizamos operações que não são exigidas pelo cliente e assim por diante;
5. **Movimentação:** movimentação maior do que o trabalhador ou máquina necessita, o que não agrega valor à organização. Como as viagens são feitas de maneira ineficiente (que consomem muito tempo), um ambiente de trabalho congestionado pode frequentemente resultar em perda de tempo e energia dos funcionários no cumprimento de suas funções;
6. **Fabricação de um item/produto defeituoso:** isso resulta em perda de valor para a empresa. Como resultado, o tempo que leva para construir um projeto falho pode custar um milhão de dólares a uma empresa. Sabe-se que a má execução do serviço pode resultar em falhas de processo e interrupções de produção imprevistas;

7. **Estoque:** ocorre quando há excesso de matéria-prima e itens, resultando em aumento dos gastos com manutenção. Além disso, o espaço ocupado por esses itens excedentes pode ser utilizado para outras atividades que agregam valor ao negócio.

2.4.3 *Kaizen*

Kaizen é definido por Sonobe (2018) como “o conceito de gestão e *know-how* que resulta em melhorias contínuas, colaborativas, incrementais e de baixo orçamento em qualidade, produtividade, custo, entrega, segurança, moral e meio ambiente”. Nesse sentido, *Kaizen* é uma filosofia participativa, uma vez que se destina a usar uma coleção de idéias e *insights* (percepções) desenvolvidos e refinados pela gerência e funcionários por meio de observações e experimentações cooperativas, aumentando, portanto, a produção de forma incremental, gradual e de passo a passo.

De acordo com Sugimoto (2018), “*Kaizen* pode ser descrito como ações que preenchem a lacuna entre o estado existente e o estado ideal, resolvendo problemas ou concluindo tarefas em um nível operacional”. Assim, para ser bem-sucedida, uma empresa que pratica *Kaizen* deve primeiro analisar a situação existente, depois determinar o estado ideal e, então, ter a vontade de preencher a lacuna entre os dois (OTSUKA, 2022).

A diferença entre os estados existentes e ideais é geralmente exposta por atividades esbanjadas ou sem valor agregado. Para melhorar o lucro, o método *Kaizen* enfatiza a redução de custos, principalmente no nível fundamental, pela eliminação de qualquer tipo de desperdício ou mudança, em vez de buscar imediatamente a criação de itens de alta qualidade, alto preço ou maior volume de vendas. Isso se justifica pois a inovação no processo de redução de custos é mais viável do que a inovação na criação de novos bens para empresas de países em desenvolvimento. No entanto, o *Kaizen* avançado destina-se a contribuir para a melhoria da qualidade do produto, bem como a introdução de inovações incrementais (OTSUKA, 2022).

Nesse sentido, se o *Kaizen* for totalmente implementado, menos trabalhadores serão necessários, mas a produtividade do trabalho aumentará proporcionalmente. Todavia, é altamente recomendável que os trabalhadores dispensados em resultado à melhoria da economia de mão de obra, não sejam demitidos, pois a demissão diminui a motivação dos trabalhadores para adotar o *Kaizen*. Esses trabalhadores dispensados deveriam ser realocados para empregos mais produtivos, sendo, de acordo com Harada (2015), os funcionários mais produtivos atribuídos a responsabilidades mais difíceis. Esse método cria um conjunto robusto de talentos de gerencia-

mento intermediário que incentiva a adoção do *Kaizen*. Há de se investigar, aqui, se o uso dessa estratégia realmente reduz a quantidade de pessoas necessárias nas organizações. Além disso, como o *Kaizen* deve aumentar a eficiência da produção, aumentará o número de funcionários a longo prazo. Como resultado, veremos como o número de funcionários mudou ao longo do tempo (OTSUKA, 2022).

Kaizen pode ser visto como uma competência empresarial que faz parte da gestão da qualidade total (TQM) ou de qualquer outro tipo de iniciativa de melhoria e inovação (BESSANT, 2003; CAFFYN, 1997). Afinal, ele não é uma ideia estática, mas sim uma ideia que progride através de vários estágios (pré-*Kaizen*, estruturada, orientada a objetivos, proativa, capacidade de *Kaizen*), com padrões de comportamento únicos emergindo de cada um quando a *Kaizen* é efetivamente implementada (BESSANT, 2003).

Ademais, a ação do *Kaizen* envolve a agregação de valor aos produtos e/ou serviços, concentrando-se na identificação de problemas, suas causas básicas, as medidas que devem ser adotadas, além das mudanças nos padrões e técnicas operacionais necessárias para garantir que o problema não ocorra novamente (VONK, 2005).

Muitas questões em uma economia altamente competitiva e globalizada resultam em ideias/sugestões para o desenvolvimento. Assim, os aspectos que tornaram o *Kaizen* efetivo no Sistema Toyota de Produção permanecem verdadeiros e, em um contexto competitivo onde velocidade e eficiência são fundamentais, são mais valorizados na atualidade do que eram nas décadas de 1970 e 1980. Como resultado, ao adotar o *Kaizen* com sucesso, as empresas podem obter vantagens competitivas consideráveis (OROPESA-VENTO *et al.*, 2015).

Kaizen é uma filosofia de gestão que gera mudanças ou pequenas melhorias incrementais no método de trabalho (ou processos de trabalho) que permitem reduzir desperdícios e conseqüentemente melhorar o desempenho do trabalho, levando a organização a uma espiral de melhoria incremental (BAZARRA; DÁVILA, 2008, p.79).

Nesse sentido, essa estratégia de gestão é baseada em um conjunto de princípios norteadores que orientam a conduta das pessoas quando utilizam uma combinação de estratégias e tecnologias para melhorar seu trabalho cotidiano (BERGER, 1997; IMAI, 1986).

2.4.4 Brainstorming

Brainstorming, que significa "tempestade de pensamentos" em inglês, tenta produzir o máximo de informação possível a partir do conhecimento dos interessados no assunto, permitindo a descoberta de possíveis explicações para um determinado problema. O *Brainstorming*,

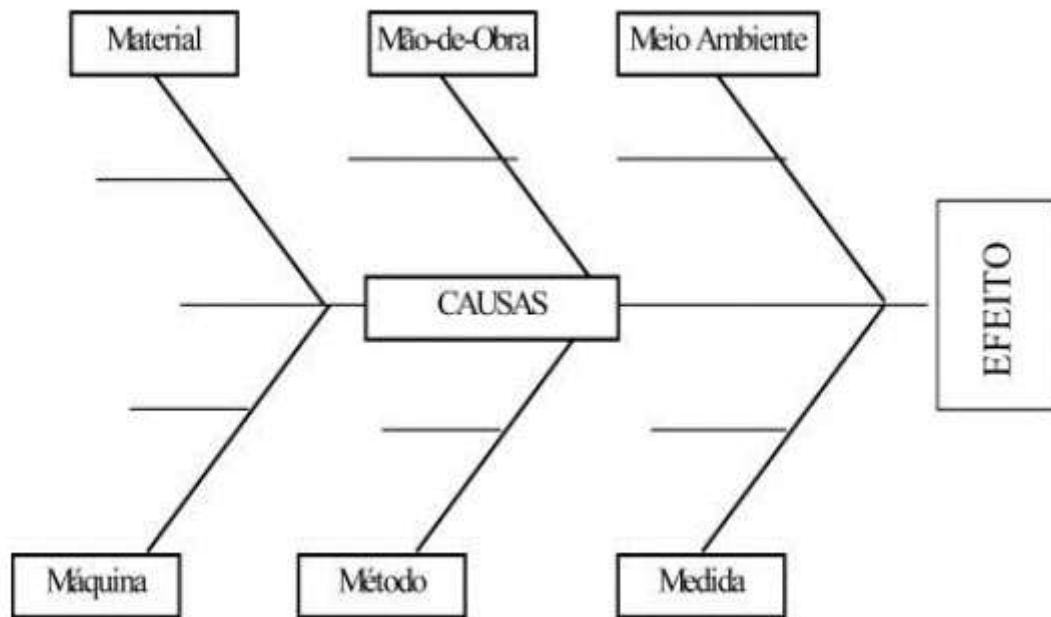
segundo Costa (1991), é uma rodada de ideias desenhada para encontrar propostas por meio de trabalho em grupo, inferências sobre causas e efeitos de problemas e tomada de decisões. Essa estratégia está alicerçada no conceito de que um grupo cria mais ideias do que indivíduos sozinhos e, portanto, é uma fonte significativa de inovação gerada a partir do desenvolvimento de ideias inovadoras e promissoras sobre um determinado assunto.

Baxter (2008) afirma que "o *brainstorming* baseia-se no princípio: quanto mais ideias, melhor", e declara que frequentemente é feito em grupos de seis ou mais indivíduos, sendo que um deles atua como mediador ou líder, orientando a ênfase das ferramentas e garantindo que suas regras e passos sejam seguidos. Com esse método "é possível adquirir mais de 100 ideias em uma sessão de uma a duas horas usando esse método" (Baxter, 2008). As ideias mais óbvias costumam ser as primeiras, e as melhores e mais imaginativas aparecem no final da sessão". Como resultado, destaca-se a adaptabilidade da ferramenta, como afirma Schlicksupp (1999) "este método também pode ser usado como um trampolim para o uso de ferramentas mais avançadas, destacando primeiro os conceitos mais óbvios e acessíveis". Como resultado, pode ser usado em conjunto com outras tecnologias para melhorar a eficiência.

2.4.5 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama *Ishikawa* (devido ao seu autor Kaoro Ishikawa na década de 1960), também conhecido como Diagrama de causa e efeito ou, até mesmo, como diagrama de espinha de peixe (devido a sua forma), é uma técnica que faz parte do MASP (*Problem Analysis and Solution Method*) e tem como finalidade a organização das informações, permitindo identificar e analisar as causas potenciais de um problema, verificando a dispersão na qualidade do produto e do processo. Ou seja, o diagrama de *Ishikawa* simplifica processos complexos, decompondo-os em processos mais simples e mais controláveis (TUBINO, 2000). Essa ferramenta é poderosa para localizar a origem de um problema (SLACK, 2009).

Basicamente, são definidas quatro etapas no desenvolvimento e aplicação desse tipo de diagrama: a primeira tem o princípio de colocar o problema na caixa de efeito/problema; a segunda deve identificar as principais categorias de possíveis causas do problema; a terceira deve ocorrer em discussões em grupo para descobrir o que pode realmente levar a fatorar o problema; e, finalmente, o quarto estágio ou processo deve documentar todas as causas potenciais em um gráfico, Figura 2.2, discutir cada item e buscar esclarecimentos (EPAEP, 2015).

Figura 2.2 – Exemplo de Diagrama de *Ishikawa*.

Fonte: Faxina (adaptado, 2018).

A capacidade de identificar e analisar todos os elementos relacionados ao problema sob investigação é aprimorada pelo uso mais amplo do diagrama de *Ishikawa* para identificar as prováveis fontes dos problemas descobertos. Essa ferramenta é usada para coletar os resultados das sessões de *brainstorming* da equipe e preenchê-los com informações do "quadro geral". Fornecendo uma imagem sequencial e auxiliando no arranjo e inter-relação das variáveis (LUCA, 2016).

O diagrama de causa e efeito, segundo Werkema (1995), é uma ferramenta para apresentar as relações entre os resultados de um processo, neste caso os fatores que influenciam e podem alterar o resultado do processo considerado. Cada problema tem uma causa distinta, que deve ser investigada e avaliada uma a uma para verificar qual realmente fez com que o resultado (problema) fosse eliminado, de acordo com a abordagem. Elimine o problema eliminando a causa.

De acordo com Costa (2018), os seguintes procedimentos devem ser feitos para completar o diagrama:

1. Defina o problema a ser examinado e os objetivos que deseja atingir na primeira fase;
2. Pesquise e aprenda sobre o processo observando, documentando e trocando ideias com outras pessoas envolvidas;

3. Realizar uma reunião com todas as pessoas envolvidas no processo para discutir o assunto; é fundamental encorajar todos a oferecer seus pensamentos e fazer um *brainstorming*;
4. Após coletar todos os dados, categorize-os em três categorias: motivos primários, secundários e terciários, descartando dados irrelevantes;
5. Monte o diagrama e verifique se ele representa com precisão o cenário atual para todos;
6. Anote o que é mais importante para alcançar seu objetivo.

A análise de processo é a análise que esclarece a relação entre os fatores de causa no processo e os efeitos como qualidade, custo, produtividade, etc., quando se está engajado no controle de processo. O controle de processo tenta descobrir os fatores de causa que impedem o funcionamento suave dos processos. Ele procura assim a tecnologia que possa efetuar o controle preventivo. Qualidade, custo e produtividade são efeitos ou resultados deste controle de processo (ISHIKAWA, 1993, pg. 26).

A ferramenta, segundo Bilsel (2012), retrata as origens de uma questão como uma espinha de peixe: os 6 M's: máquina, materiais, mão de obra, meio ambiente, método e medidas. Procedimentos, pessoas, pontos, políticas, medição e ambiente são as categorias mais comuns utilizadas na prestação de serviços. É possível determinar as causas dos problemas e combatê-los da forma mais eficaz possível usando o diagrama de causa e efeito.

2.4.6 5W2H

Segundo Silva (2013) a ferramenta 5W2H foi instituída por profissionais da indústria automobilística japonesa como uma ferramenta adicional na utilização do PDCA, notadamente na fase de planejamento.

De acordo com Polacinski *et al.* (2012), a ferramenta consiste em um plano de ação para ações pré-determinadas que precisam ser construídas e mapeadas com a maior clareza possível, utilizando o propósito fundamental da ferramenta 5W2H de responder a sete questões básicas e organizá-las.

Segundo Nakagawa (2014), a utilização de 5W2H é benéfica quando utilizada isoladamente para colocar em prática decisões simples e cotidianas da empresa, bem como quando utilizada em conjunto com outras ferramentas analíticas ou planos que demandam ação, bem como em circunstâncias que envolvem a implementação de várias decisões.

A ferramenta 5W2H, segundo Candeloro (2008), é uma forma de *checklist* que garante que a operação seja realizada sem dúvidas por parte dos gestores e funcionários. O que (*what*), quem (*who*), onde (*where*), quando (*when*) e por que (*why*) são as palavras em inglês que se correlacionam com o 5W (Porquês), como (*how*) e quanto (*how much*) são os dois Hs. Ao definir uma ação requerida, é criada uma tabela básica utilizando o 5W2H, conforme apresentado na tabela 4, na qual são agrupadas as questões e o que se prevê de cada uma.

A técnica 5W2H é uma ferramenta útil para identificar os dados e processos mais significativos de um projeto ou unidade de produção a qualquer momento (SEBRAE, 2008). Ele também permite que você descubra quem é quem na organização, o que eles fazem e por que eles fazem o que fazem. O processo consiste em sete perguntas que são usadas para colocar as soluções em prática:

1. O que você quer dizer? Qual é exatamente a atividade? Qual é o assunto? O que precisa ser medido? Quais são os resultados deste exercício? Quais são as atividades que dependem dele? Quais atividades são necessárias para iniciar o projeto? Que materiais são necessários?
2. Quem é? Quem é o responsável pela operação? Qual equipe está no comando? Quem vai realizar uma tarefa específica? Quem depende da conclusão da atividade? A atividade depende de quem a inicia?
3. Aonde você vai? Em que local será realizada a operação? Qual é a localização? Quando e onde será a atividade? Onde as reuniões de equipe serão realizadas pessoalmente?
4. Qual é a razão por trás disso? Qual é o objetivo da operação? É possível deixá-lo de fora? Qual é o objetivo da atividade? Por que a atividade não pode ser combinada com outra? Por que A, B e C foram selecionados para participar desta atividade?
5. Quando você vai fazer isso? Quando será finalizado? Quando começa a atividade? Quando tudo isso vai acabar? Quando os encontros presenciais vão acontecer?
6. Como você faz isso? Como deve ser realizada a operação? O que você quer dizer? Que método será usado para realizar a atividade? Como acompanhar o andamento desta ação? Como A, B e C colaboraram para concluir essa tarefa?
7. Qual é o custo de fazer a mudança? Qual o custo atual da operação? Qual é a relação custo-benefício? Qual é a duração estimada da atividade?

A Tabela 2.3 demonstra o passo a passo da aplicação da ferramenta 5W2H. Onde, as linhas são divididas entre 5W e 2H (primeira coluna à esquerda) de acordo com as iniciais de cada termo da língua inglesa representada na segunda coluna; a terceira coluna refere-se a tradução desses termos, e a quarta coluna descreve a ação a ser tomada por meio de perguntas.

Tabela 2.3 – Quadro explicativo do método 5W2H.

Método dos 5W2H			
5w	What	O que?	Que ação será executada?
	Who	Quem?	Quem irá executar?participar da ação?
	Where	Onde?	Onde será executada a ação?
	When	Quando?	Quando a ação será executada?
	Why	Por quê?	Por que a ação será executada?
2H	How	Como?	Como será executada a ação?
	How much	Quanto custa?	Quanto custa para executar a ação?

Fonte: SEBRAE (2008, Adaptado).

A técnica 5W2H, segundo o SEBRAE (2008), é uma ferramenta básica, porém eficaz, para auxiliar na análise e conhecimento de um determinado processo, problema ou ação a ser realizada, podendo ser utilizada em três etapas na resolução de problemas:

1. **Diagnóstico:** auxilia na investigação de um problema ou processo, aumentando o nível de informação e buscando rapidamente falhas;
2. **Plano de ação:** auxilia na criação de um plano de ação sobre o que deve ser feito para eliminar um problema;
3. **Padronização:** auxilia na padronização de procedimentos que devem ser seguidos como modelo, evitando o reaparecimento de modelos.

2.4.7 Indicadores (KPI's)

Os KPI's são frequentemente utilizados pelas empresas para avaliar o sucesso das operações em que estão envolvidas. Um *Key Performance Indicator* (KPI) quantifica com que sucesso uma empresa ou atividade atinge um objetivo específico. Eles avaliam os resultados de atos anteriores na conclusão de um período ou atividade, ou seja, refletem os resultados anteriores. A manutenção pode empregar um sistema de gestão de indicações adequado para medir o desempenho de suas ações (GONÇALVES, 2014).

A parte mais desafiadora da criação de um KPI é decidir quais metas você deseja atingir. Padoveze (2010) afirma:

Podemos descrever um indicador de desempenho como um conjunto de métricas financeiras e não financeiras pré-estabelecidas pela administração que funcionarão como metas a serem atingidas ou superadas para controlar o desempenho da firma e dos gerentes divisionais (PADOVEZE, 2010, p. 53).

A norma *NP EN 15341 2009* especifica os métodos de produção de indicadores para determinação de indicadores críticos de manutenção. O indicador trata uma propriedade mensurável de um fenômeno usando uma fórmula específica que avalia sua evolução e a compara com o alvo. A adesão à norma de cálculo de indicadores de manutenção agrega a criação de indicadores com um retrato mais representativo da área ou processo impactado.

De acordo com a norma *NP EN 15341 2009*, para a geração de indicadores de desempenho da manutenção devem ser estabelecidos os objetivos que descrevem o processo de gestão da manutenção. Ele é projetado para usar KPI's para avaliar a eficiência técnica, econômica e organizacional, a fim de gerar uma avaliação que permita a formulação de iniciativas de melhoria contínua (VILAÇA, 2017).

Os KPI's são informações incrivelmente significativas. Existem, no entanto, vários sinais que podem ser descobertos, e eles não necessariamente transmitem a verdade real.

Segunda Proença (2019), o estabelecimento de KPI's deve ajudar a:

1. Auxiliar em decisões de gestão;
2. Estabelecer comparações internas e externas;
3. Avaliar pontos fortes e pontos fracos;
4. Determinar orçamento para a manutenção;
5. Identificar problemas, planificar melhoria contínua e avaliação de medidas implementadas.

A disponibilidade de equipamentos é uma das indicações mais citadas na manutenção (D). A disponibilidade do equipamento é a probabilidade de o equipamento estar operacional em um determinado momento, levando em consideração considerações temporais. Tempo médio entre falhas, abreviado como tempo médio entre falhas (MTBF) e tempo médio para reparo, abreviado como tempo médio para reparo (MTTR) (EN, 2010; SHON, 2006; RAPOSO, 2017).

Sendo assim, esses indicadores serão trabalhados de forma quantitativa, para ter-se parâmetros a serem analisados e controlados.

Conforme mostrado na Equação 2.1, o indicador MTBF reflete uma relação entre a soma do tempo útil de operação excelente do equipamento e o número total de falhas no mesmo período de tempo (PEREIRA, 2018).

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Tempo util de bom funcionamento})}{n(\text{Numero total de falhas no mesmo tempo})} \quad (2.1)$$

Conforme mostrado na Equação 2.2, o indicador MTTR reflete uma ligação entre a soma dos tempos de reparo e o número total de reparos (EN, 2010; PEREIRA, 2018).

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Tempo de reparacao})}{n(\text{Numero total de reparacoes})} \quad (2.2)$$

Assim, com o MTBF e o MTTR é possível então calcular a disponibilidade do equipamento através da Equação 2.3 (RAPOSO, 2017).

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2.3)$$

Outro importante indicador seria a parte de custos relativos à manutenção, sendo um dos indicadores mais importantes da atividade de manutenção, representando a soma básica dos seguintes componentes: custos de intervenção de manutenção (recursos materiais, peças de reposição e mão de obra), custos próprios (internos) da equipe de manutenção, como administração, treinamento e assim por diante, e o custo de produção perdida (se houver), bem como o custo de oportunidade perdida devido à falta de produto se houver demanda, Equação 2.4. As empresas muitas vezes apenas acompanham os custos de intervenção, mas também devem monitorar suas próprias despesas (ZEN, 2003).

$$\begin{aligned} \sum \text{Custos} = & \text{Custos de intervencao de manutencao} + \text{Custos internos} + \\ & + \text{Custo de producao perdida} + \text{Custo de producao parada} \end{aligned} \quad (2.4)$$

2.5 Manutenção da unidade da colhedora

O processo da manutenção preventiva da unidade da colhedora deve seguir as orientações como base o Manual do Operador (2010) para a realização de todo processo de manutenção da Cotton Picker 7760, Figura 2.3.

Figura 2.3 – Colhedora de Algodão John Deere 7760.



Fonte: Autores (2022).

A Unidade é o principal componente da colhedora, visto que é o sistema que realiza a coleta da fibra da planta, Figura 2.4.

Figura 2.4 – Detalhe do conjunto da Unidade da colhedora.



Fonte: Autores (2022).

Nesse sentido, esse sistema é o que consome mais tempo de mão de obra para realizar a revisão e deve ter uma atenção maior. A seguir é possível observar no detalhe os componentes da Unidade, Figura 2.5, e a descrição dos principais componentes do sistema.

Figura 2.5 – Fusos recolhedores montados na máquina.



Fonte: Autores (2022).

A classificação dos fusos ocorre conforme o número de dentes quebrados e da remoção de folga entre fusos e anéis (troca de anel se houver folga).

- Tipo A: 0 a 3 dentes quebrados;
- Tipo B: 4 a 7 dentes quebrados;
- Tipo C: 8 a 12 dentes quebrados;
- Tipo D: 13 a 15 dentes quebrados.

Após classificação dos fusos, deve-se colocá-los de acordo com o seguinte procedimento:

- Barras dianteiras: os quatro fusos de baixo são do tipo A e demais deverão ser fusos novos;
- Barras traseiras: utilizar fusos tipos A,B e C nesta ordem.

Em média, instala-se 1920 fusos novos por máquina a cada revisão. Na montagem dos fusos deverão ser torqueados com 9 *kgfm*.

- **Alinhamento:** Verificar o alinhamento das unidades, estando desalinhados, realizar o alinhamento. Para realizar o alinhamento utiliza-se a ferramenta específica (ferramenta de alinhamento por gravidade), desmontando a unidade (deixando só a carcaça) e conduzindo a estrutura para o lado onde a ferramenta indica o desalinhamento;
- **Rolamentos:** Verificar as condições dos rolamentos das unidades quanto a folgas e quebras, havendo rolamentos quebrados, substituí-los. Atentar-se aos rolamentos das barras, dos tambores (inferior e superior), mancais dos tambores, rolamento da embreagem e rolamento do desfibrador (superior e inferior), pois apresentam quebras com maior frequência;
- **Desfibradores:** Verificar as condições dos desfibradores quanto a desgaste ou se estão quebrados para trocá-los. Havendo desgaste superior a 80%, substituir a peça, caso contrário, lixar e regular os desfibradores. Em média, instala-se 120 desfibradores novos por máquina a cada revisão;
- **Escovas de limpeza:** Substituir todas as peças na manutenção preventiva. Realizar o alinhamento do suporte das escovas (utilizando a mesma ferramenta de alinhamento do desfibrador), limpar as mangueiras d'água, estando com vazamento, devem fazer a substituição delas. Trocar distribuidor d'água caso esteja apresentando folga. Em média, substitui-se 240 escovas por máquina a cada revisão;
- **Caixa de transmissão:** Verificar as engrenagens da caixa de transmissão, avaliando os dentes, caso estejam quebrados substituir a peça. Verificar os rolamentos da caixa de engrenagens se estão com folgas ou quebrados. Trocar óleo da caixa de transmissão;

- **Barras:** Trocar os pinos da barra e uniformizar por meio de relógio comparador. Verificar desgaste da bucha inferior e superior, havendo folga, substituir. Trocar anel de o'ring superior a cada 2 anos safra (se houver vazamento, trocar antes).

Com isso, a lista de manutenção pré-definida acima tem como objetivo padronizar a Preventiva, assim como definir uma rotina para realização desse tipo de manutenção na colhedora de algodão.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado como um estudo de caso, no período de Fevereiro/2022 a Julho/2022, a respeito da gestão e planejamento de manutenção em uma empresa agrícola responsável pela produção de algodão localizada em Correntina - BA.

As análises ocorrem por meio dos conceitos do *Kaizen* englobada na metodologia de *Lean Manufacturing*, a qual é aplicada aqui com o intuito de eliminar ou diminuir ao máximo todas as atividades que demandam tempo, custo e que não agregam valor durante o período de manutenção das máquinas. Assim, para chegar nesse resultado utiliza-se das ferramentas de Melhoria Contínua, tais como: Diagrama de *Ishikawa* e 5W2H.

Atualmente, o *Kaizen* já é aplicado na empresa produtora de algodão, a qual está sendo tratada a melhoria do processo de manutenção das colhedoras, por meio do 5S (base da qualidade que visa a organização do ambiente de trabalho, eliminação e desperdício), porém, de forma incompleta e sem a melhor maneira de aplicação. Com isso, a filosofia *Kaizen* é utilizada aqui com o objetivo de atingir a melhoria por meio da evolução do trabalho e de pequenos benefícios diários que contribuem para toda a equipe (gestores e funcionários).

Dessa maneira, por meio de coleta de dados, análise, fundamentos e conceitos acerca da aplicação da Melhoria Contínua, foi realizada a comparação de dois cenários distintos: a gestão de manutenção padrão (atual da empresa) versus a gestão de manutenção com aplicação da Melhoria Contínua. Para isso, foi realizada uma pesquisa de dados das métricas de manutenção utilizadas em campo, assim como uma pesquisa de procedimentos de manutenção e registros da empresa.

3.1 Coleta e análise de dados

Foram coletados dados de campo como a quantidade de peças trocadas durante um período de manutenção, tempo de reparo e custos oriundo da planta da respectiva empresa. Sendo obtidas informações sobre a estrutura organizacional da empresa no setor de manutenção (coleta de dados com o departamento de manutenção).

Por meio dessas etapas, foram selecionados indicadores quanto ao tempo médio entre falhas (MTBF), tempo médio de reparos (MTTR), disponibilidade das máquinas e custos para a avaliação das atividades de manutenção, os quais possibilitam mensurar, por meio de comparação com trabalhos similares que serão demonstrados na discussão, o quanto a aplicação da

Melhoria Contínua na manutenção de equipamentos agrícolas impacta nos resultados da organização.

Após a aplicação das ferramentas de Melhoria Contínua em todo o processo de manutenção, por meio dos dados obtidos, foi possível fazer a comparação de duas análises: a gestão de manutenção padrão (atual da empresa) versus a gestão de manutenção com aplicação da melhoria contínua (realizada por meio de análise de dados computacionais) embasados em obras literárias da manutenção no ramo agrícola. Com isso, é apresentado quais os problemas que foram detectados e possíveis soluções por meio da aplicação de ferramentas de Melhoria Contínua (*Lean Manufacturing, Kaizen, Ishikawa e 5W2H*).

Para o início da pesquisa, a equipe se reuniu para discussão e um *Brainstorming* inicial foi realizado para a discussão das etapas e levantamento de dados a respeito dos procedimentos de manutenção utilizados em campo pela empresa.

3.2 Aplicação das ferramentas

Partindo do princípio da dificuldade de revisão da colhedora em questão, foi feita uma proposta de elaboração de melhoria visando o uso da metodologia *Lean Manufacturing*.

Ao identificar os desperdícios na produção, confirmando-os por meio dos indicadores, parte-se para o desenvolvimento de análises e aplicação das ferramentas. Nesse contexto, algumas métricas foram utilizadas, optando-se, primeiramente, pelo uso da ferramenta *Kaizen*.

Esse método foi utilizado com o intuito de resolver problemas e propor novas ideias nos procedimentos de manutenção das colhedoras. Dessa maneira, foi feita uma análise da situação existente dos procedimentos de manutenção da empresa, coletas de dados e análises para implantação das ferramentas de Melhoria Contínua.

3.2.1 Indicadores

Foi utilizado o *Power BI* para tratamento e análise de dados coletados, a fim de se fazer o levantamento acerca de alguns indicadores, sendo alguns novos como MTBF, MTTR e outros, além dos indicadores de custos, que vinham sendo os únicos a serem observados e controlados pela empresa. Essa parte do trabalho ocorreu durante os meses de março e abril de 2022, e foram considerados dados das manutenções como paradas, trocas de peças e outros parâmetros, levantados acerca de 4 safras anteriores (safra 17/18; 18/19; 19/20; 20/21), que seriam os anos agrícolas que vão de outubro a setembro. Como primeiro passo, fez-se as importações e

limpezas necessárias nas planilhas analisadas, a fim de retirar as linhas nulas, geralmente em branco, e ter dados reais. Estes podem ser trabalhados e organizados em tabelas e gráficos que demonstrem a situação de um modo geral e de cada máquina.

3.2.2 Diagrama de *Ishikawa*

O Diagrama de *Ishikawa*, ou espinha de peixe, foi utilizado para que pudesse ser realizada uma associação das causas e efeitos para cada problema encontrado nos procedimentos de manutenção. Nesse momento, foi realizado um *Brainstorming* com técnicos de manutenção e operadores da empresa para levantar as falhas e, após isso, outro para chegar às possíveis causas destes problemas, que foram refinados, posteriormente, por meio do 5W2H, em que fez-se o trabalho de utilização que englobou as causas e problemas durante o mês de abril de 2022. Dessa forma, foi possível analisar as causas raízes de cada problema e elaborar decisões com relação às situações a serem eliminadas ou melhoradas.

Em outras palavras, o processo de elaboração do diagrama de *Ishikawa* ocorreu por meio da identificação dos problemas e falhas por meio da utilização da técnica de *Brainstorming* com todos os membros do grupo para relatar as possíveis causas, que são abordadas no próximo tópico de resultados e discussões.

3.2.3 Método 5W2H

O método 5W2H foi utilizado para esquematização e criação de planos de ação, auxiliando nas soluções de problemas definidos no método de Diagrama de *Ishikawa*, também por forma de *Brainstorming*, entre os meses de abril e maio de 2022, em que levou-se em consideração em consideração os sete questionamentos vigentes no 5W2H. Dessa maneira, é possível consolidar informações para tomadas de decisões na criação de um plano efetivo de Melhoria Contínua no setor de manutenção em estudo baseando-se nos tópicos do quadro comparativo do 5W2H.

3.2.4 Lições aprendidas

A sugestão de uma documentação acerca das lições aprendidas vem da necessidade de investigação e documentação quanto a algum problema ou falha, humana ou mecânica, que fez com que ocorressem paradas nos equipamentos, com o intuito de investigar o que houve

de errado e evitar a recorrência do mesmo problema, ou sua solução de forma mais rápida e eficiente (evitando desperdício de tempo e recursos para a empresa).

Foi desenvolvido um template que exemplifica como seria seu formato e uso na empresa a partir de uma reunião com colaboradores da empresa, bem como o registro dessa lição, a fim de identificar problemas comuns que deveriam ser solucionados. Para exemplificar a aplicação de lições aprendidas é necessário questionar acerca do que ocorreu durante a operação da máquina, o motivo do evento ter ocorrido, quais consequências acarretadas pelo erro (ou acerto, no caso de solução de problemas) e quais as sugestões para ocasiões futuras.

Dessa forma, será construída uma base de conhecimento para que os responsáveis pelo gerenciamento das máquinas possam analisar o que precisa ser otimizado, fazer uma análise de risco e considerar a melhor abordagem para corrigir o que não funcionou. As lições aprendidas também devem ser documentadas para futuros membros da equipe de gerenciamento. Como resultado, ter a documentação dos aspectos bons e ruins torna mais fácil para a organização para entender o que deve e o que não deve ser feito em iniciativas futuras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A princípio, para se constatar os problemas iniciais expostos no *Brainstorming*, foram definidas algumas métricas sobre os indicadores apontados anteriormente pela literatura como sendo os mais indicados para o trabalho de manutenção.

4.1 Dados coletados

4.1.1 Tempo previsto para a manutenção preventiva

No intuito de melhor gerenciar a realização da manutenção preventiva, estão estabelecidos dimensionamentos conforme a Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Tempo previsto para revisão.

Grupo de máquinas	Modelos	Grupo de atividades	Horas
Colhedora de algodão	CP 7760 CP 690	Unidade colhedora	200
		Motor	16
		RMB	32
		Transmissão	16
		Sistema Hidráulico	24
		Sistema Elétrico	24
		Outras atividades	55
		Total Horas	367

Fonte: Autores (2022).

Onde, o grupo de atividades contém componentes de:

- Unidade colhedora: principal elemento da colhedora, é o sistema que realiza a coleta da fibra da planta;
- Motor: componente de garantia da geração de potência para posterior distribuição para os mais diversos sistemas, seja para deslocamento, bomba hidráulica ou sistema elétrico;
- RMB (*Round Module Builder*): é o sistema responsável por receber o algodão coletado pelas unidades e enfadar-se com a lona de proteção. Trata-se de um componente vital para manter o rendimento da colheita e a qualidade do algodão;
- Transmissão: é feita por motores hidráulicos individuais de cada roda;
- Sistema hidráulico: controla o funcionamento das unidades, do RMB e demais componentes periféricos que utilizam cilindros e motores hidráulicos;

- Sistema elétrico: comanda as movimentações do equipamento, através de sensores e válvulas eletrônicas, sendo fundamental ao correto funcionamento da máquina e captação do produto na lavoura.

4.1.2 Lista de estoque mínimo

Para montar a lista de itens de reposição de cada fazenda, deve-se levar em consideração dois pontos: o processo e tempo entre manutenções apresentados no Manual do operador (2010) e o número de máquinas que há disponível para executar o processo de colheita.

Esta relação de peças é sugestiva e deve ser avaliada em função da demanda e uso. Caso houver algum consumo excessivo em algum componente/peça este deverá ser investigado sobre a causa que resultou no uso extra das peças.

A sugestão e a quantidade de peças apresentadas na lista de estoque deve ser constantemente monitorada de acordo com o processo que é necessário e apresentado no Manual do Operador (2010), dado a necessidade de monitoramento da execução correta da manutenção em peças e componentes considerados de sacrifício para o conjunto, como pinos e rolamentos. Essa sugestão de estoque mínimo foi avaliada para um grupo de 7 colhedoras.

A Tabela 4.2 demonstra o estoque utilizado na empresa.

Tabela 4.2 – Estoque disponível na empresa durante as atividades de colheita.

Levantamento de estoque disponível na empresa.		
Código John Deere	Descrição	Quantidade
AKK17562	Desfibrador completo	3
N276291	Eixo de acionamento da embreagem	1
N190954	Embreagem de segurança	1
JD9467	Rolamento	1
N371572	Eixo de engrenagens	7
AKK18840	Fuso recolhedor completo	500
JD9209	Rolamento	2
AN273434	Barra recolhedora	10
N118289	Engrenagem cilíndrica reta	7
JD8804	Rolamento de agulhas	50
N371626	Coroa	70
34H60	Pino elástico	100
34H266	Pino elástico	20
34H235	Pino elástico	20
N198724	Peça acionada pelo came	1
N370976	Mancal	2
L4490N	Correia trapezoidal	1
N378575	Correia trapezoidal	1

Fonte: Empresa (2022).

A lista completa do estoque mínimo para a colhedora pode ser observado no Apêndice A.

4.1.3 Indicadores

Antes mesmo dos indicadores mais utilizados, primeiramente foi calculado parâmetros de base para se ter noção do quanto de trabalho há com as máquinas em uma safra, levando-se em conta as 7 máquinas desse modelo que pertencem a fazenda, que estão expostas na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Tempo em operação durante a colheita.

Tempos durante operações	
Tempo em operação e parada	7,23 mil horas
Tempo em colheita	3,10 mil horas
Tempo sem colher	4,13 mil horas
Tempo em manutenção	526,00 horas
Tempo oportuno	766,11 horas

Fonte: Autores (2022).

A primeira linha da tabela expõe todo o tempo em que a máquina esteve em funcionamento, seja para testes, consertos, manobras, entre outros. A segunda linha seria apenas o

momento de trabalho da máquina, ou seja, que ela está realizando a colheita do algodão e posteriormente os demais momentos em que a mesma esteve em funcionamento, mas não esteve trabalhando em suas atividades destinadas. As duas últimas linhas representam os pontos mais cruciais para esse trabalho, que são apresentados os tempos em que a máquina esteve em manutenção e tempos em que as máquinas poderiam ter passado por algum tipo de ajuste, uma vez que estava parada por motivos que não manutenção e que poderiam ser explorados para tal, como, por exemplo, abastecimento e calibração.

Os resultados dos indicadores são tratados nas Tabelas 4.3 a ???. De acordo com a Equação 2.1, o MTBF resultado da análise de paradas das máquinas, durante a safra 20/21, está disposto na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – MTBF – Mean Time Between Failures ou Tempo Médio Entre Falhas.

MTBF	
Tempo de manutenção	526 horas
Tempo de manu. sem aguardar peças	450,28 horas
MTBF manu. e aguar. peças	152,28 horas
MTBF de manu. sem aguardar peças	205,35 horas

Fonte: Autores (2022).

O período útil de funcionamento excelente é todo o tempo de funcionamento menos o tempo sem falha. Um índice MTBF maior representará maior disponibilidade operacional do equipamento, conforme mostrado na Tabela 4.4.

Nota-se que há um aumento de 60% no tempo médio entre falhas (MTBF) quando não há a necessidade de aguardar a chegada de peças novas para manutenção conforme a Tabela 4.4. Esse indicador motivou ao desenvolvimento do estudo de estoque extra de peças da colhedora ao ser comparado com resultados das máquinas agrícola citadas na obra *Analysis of indicators and cost of World Class Maintenance in Forest machines* de Diniz *et al.* (2019). Onde o autor destaca o MTBF de 24,0 e 46,0 horas para as máquinas agrícolas em análise e com aumento de 7,7% e 45% de tempo médio entre falhas, após implantação e estabilização do programa de manutenção de Classe Mundial baseada na manutenção preventiva. O resultado deve-se principalmente ao treinamento de mecânicos e operadores e ao estoque de peças existentes no almoxarifado (Diniz *et al.*, 2019). Tendo em vista que nessa obra foram aplicadas ferramentas semelhantes às desenvolvidas neste trabalho, é possível afirmar que a elaboração de estoque mínimo é primordial para o aumento do indicador MTBF.

Quanto ao cálculo de MTTR, que se faz presente na Equação 2.2, obteve-se os seguintes resultados durante a safra 20/21 apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – MTTR – Mean Time Between Repair ou Tempo Médio Entre Reparos.

MTTR	
Tempo de manutenção	526 horas
Tempo de manu. sem aguardar peças	450,28 horas
MTTR manu. e aguar. peças	11,96 horas
MTTR de manu. sem aguardar peças	10,23 horas

Fonte: Autores (2022).

Ao contrário do MTBF, que é projetado para ser um valor alto, o MTTR deve ser baixo, significando intervenções de manutenção tratadas rapidamente. Também é possível inferir que a falta de peças em estoque acaba atrasando os trabalhos de manutenção, como visto na Tabela 4.5, que foram cerca de 75,72 horas com as máquinas paradas apenas aguardando as peças não disponíveis serem entregues pelos fornecedores, que conduziu em um tempo de disponibilidade maior da máquina de 53,07 horas para o MTBF (uma melhoria de 34,85%) e uma variação de 1,73 horas para o MTTR (uma melhoria de 16,91%). Isso está de acordo com o artigo *Analysis of indicators and cost of World Class Maintenance in Forest machines* de Diniz *et al.* (2019), ao expor que a diminuição do MTTR indica melhoria no processo.

Assim, como visto na Equação 2.3, com a obtenção dos dados de MTBF e MTTR foi possível a determinação do Fator Disponibilidade, representado na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Availability – Fator disponibilidade.

Disponibilidade	
Manutenções e aguardando peças	92,72 (%)
Apenas manutenções	95,25 (%)

Fonte: Autores (2022).

A Tabela 4.6 expõe a Melhoria quanto a disponibilidade da máquina, que aumenta caso não necessite do aguardo de peças, demonstrando novamente a necessidade de um estoque mínimo.

Outro fator importante é a falta de material, disposto na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – FM – Falta de materiais que afetam os serviços de manutenção.

FM - Falta de Materiais	
Aguardando peças	11
Manutenções e aguardando peças	44

Fonte: Autores (2022).

Ou seja, o indicador FM (Falta de Materiais) leva em consideração as paradas para manutenções e a falta de materiais em si, que são expostas como “aguardando peças”, no caso, não havia peças necessárias para o reparo. Assim, o percentual de parada por FM foi de 25% das ocasiões.

Quanto aos custos, fez-se um comparativo entre as 4 safras, identificando o somatório de seus custos totais de peças e mão de obra gastos nesse tempo, Equação 2.4, a partir de uma base de dados em excel sobre esse controle de custos que já havia na fazenda, Tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Distribuição de gastos nas últimas 4 safras.

Gastos	
Safra	Gastos (R\$)
17/18	1,42 Mi
18/19	1,65 Mi
19/20	1,4 Mi
20/21	2,21 Mi

Fonte: Autores (2022).

É perceptível que na última safra acompanhada, Safra 20/21, os gastos sobressaíram da média que geralmente eram empregadas, fato justificado pela alta no minério de ferro que conduziu ao aumento significativo no preço dessa *commodity* e, conseqüentemente, no preço das peças.

Outros parâmetros trabalhados foram quanto a gastos em serviços externos, ou seja, de equipes terceirizadas que prestaram manutenções nas máquinas, como visto na Tabela 4.9.

A Tabela 4.9 demonstra a necessidade de treinamento dos colaboradores, uma vez que 18,71% dos gastos são com serviços externos, ou seja, de terceirizados. Esses custos foram obtidos a partir da separação dos custos totais das safras em custos com mão de obra e peças internas, da própria empresa, e externas, que faz referência a gastos com terceirizados.

Tabela 4.9 – Comparação de gastos com serviços internos e externos.

Gastos em serviços	
Internos	Externos
R\$ 5,43 Mi	R\$ 1,25 Mi
81,29 %	18,71 %

Fonte: Autores (2022).

Ou seja, a Tabela 4.9 esboça que a terceirização significa boa parte dos custos de manutenção das máquinas, sendo possível a qualificação da equipe e redução de custos a longo prazo quanto a terceirizados.

4.2 Ferramentas aplicadas

Após as análises dos indicadores, cujos valores foram obtidos por meio das coletas referentes ao procedimento de manutenção, foi necessário a elaboração de Diagramas de *Ishikawa* para a identificação e organização dos fatores que causam problemas no âmbito da manutenção. Para o desenvolvimento dos Diagramas foi utilizado na análise os aspectos 6M's (Materiais, Métodos, Mão-de-obra, Meio ambiente, Medidas e Máquina). Em seguida, aplicou-se o método 5W2H para a identificação das causas raízes dos problemas identificados no método anterior.

Foi utilizado o método de *Brainstorming* com todos os membros do grupo para relatar as possíveis causas das adversidades notadas no processo de manutenção da máquina agrícola.

4.2.1 Diagrama de *Ishikawa*

A partir do problema do alto custo de manutenção fora do previsto foi possível analisar, primeiramente pelo Diagrama de *Ishikawa* no Apêndice B, os seguintes aspectos com os possíveis causadores do problema:

- Materiais: Vida útil das peças encurtado (peças novas sendo montadas em conjuntos antigos), peças inapropriadas para a operação e qualidade das peças oriundas do fabricante;
- Método: Recursos limitados da função dos elementos e não são considerados desvios (inflação ou alta da matéria prima);
- Mão de obra: Terceirizados vão e voltam todos os dias, parte hidráulica e elétrica terceirizada e perda de foco ou produtividade dos operadores;
- Ambiente: Dificilmente são planejados recursos para melhoria ou troca de equipamentos do galpão de manutenção, queda de energia e quebra de equipamentos;
- Medição: Indicadores não levam em conta o desgaste anual das máquinas, falta de previsão ou orçamento dos custos apurados e falta de registros das falhas percebidas durante a manutenção;
- Máquina: Máquinas antigas, custo de manutenção aumentando e falta de recursos de modernização das máquinas.

Para o problema de previsão e orçamento dos custos de manutenção não serem precisos, foi identificado por meio da análise do Diagrama de *Ishikawa* e 5W2H que a principal causa foi

a falta de documentação de histórico sobre os registros de falhas e problemas do passado. Pode-se observar que é necessário adotar a elaboração de um relatório prático que seja disponível entre os operadores e gestores da empresa para o acompanhamento das falhas, problemas ou acidentes que ocorreram no passado a fim de não repeti-los no futuro. Dessa maneira, é possível identificar falhas e custos envolvidos, o que é necessário para se manter um valor seguro no caixa da empresa para qualquer tipo de fatos inesperados, uma vez que a solução do evento estará disponível em registros e documento digital.

Quanto ao alto consumo de combustível, foram obtidas através do Diagrama de *Ishikawa*, Apêndice B, as seguintes vertentes:

- Materiais: vazamento de fluidos ou combustível na mangueira, falta de regulagem do pedal ou vela e contagiro (indicador) desajustado;
- Método: Falta de manutenção periódica no tanque de combustível e estilo de direção (aceleração ao longo da atividade);
- Mão de obra: Falta de treinamento e troca de funcionário;
- Ambiente: Área com curva de nível e diversidade de solos;
- Medição: Funcionamento da máquina em alta rotação e calibragem dos pneus (ponto de contato pneu-solo);
- Máquina: Filtro de combustível, excesso de peso ou carga, filtro de ar e falha na bobina.

Ao analisar as causas raízes do alto consumo de combustível, de acordo com as análises de Diagrama de *Ishikawa* e 5W2H, respectivamente nos Apêndices B e C, verifica-se que um dos fatores que contribui para esse problema está relacionado com o sistema hidráulico da máquina e os filtros. Devido a impurezas, como poeira, o óleo pode tornar-se mais viscoso, dificultando a máquina para realizar seus movimentos, e por apresentarem movimentos mais lentos, sua produtividade diminui, fato este que é comprovado por Diniz *et al.* (2020) em sua obra *Comparative Analysis of Maintenance Models in Forest Machines*. Além disso, pode ocorrer danos no retentor de óleo devido a ruptura e endurecimento do material de borracha de vedação. De acordo com Wattanajitsiri (2020) na obra *Identifying preventive maintenance guideline for a combine harvester with application of failure mode and effect analysis technique*, isso levaria ao derramamento de óleo, o que poderia danificar outras partes da colhedora.

Em relação ao problema relacionado com o atraso na solicitação de peças, no Diagrama de *Ishikawa*, Apêndice B, obteve-se as seguintes causas:

- Materiais: Peças com defeito de fábrica, peça fora do padrão solicitado, trincas e quebras inesperadas e falta de materiais;
- Método: Sem medidas padrão, sem procedimentos e estoque mínimo limitado;
- Mão de obra: Falta de treinamento, falta de fornecedor e falta de know how do operador;
- Ambiente: Trajetos interrompidos por chuvas, má iluminação nos galpões de manutenção;
- Medição: Falta de indicadores das qualidades das peças, falta de histórico e de projeção de compras;
- Máquina: Sem padrão na montagem, comunicação precária, conectividade baixa e oscilação de energia na rede elétrica.

Quanto ao atraso na solicitação de peças, da ferramenta do 5W2H, Apêndice C, identificou-se que a principal causa do problema está relacionada à falta de projeção e o acompanhamento de estoque para peças que, por meio de históricos, são as mais utilizadas e conseqüentemente trocadas durante a realização dos processos de manutenção, tanto na manutenção preventiva quanto na manutenção corretiva.

Outro fator identificado através do Diagrama de *Ishikawa*, Apêndice B, está relacionado à falta de indicadores causas:

- Materiais: Falta de equipamento de medição (termômetro, analisadores de vibração);
- Método: Paradas e trocas de peças sem registro em documentação e falta de acompanhamento e medição das variáveis (temperatura, vibração, etc);
- Mão de obra: Falta de repasse das equipes e falta de treinamento;
- Ambiente: Dificuldade de acesso e comunicação precária devida a distância;
- Medição: Falta de controle de indicadores de hora parada, falta de registro apropriados e falta de padronização de cálculos envolvendo custos;

- Máquina: Falta de sistema adequado para a medição e falta de um software de mapeamento de custos (bem como disponibilidade, alocação, reparos).

Sendo assim, utilizou-se o 5W2H, Apêndice C, para definir a principal causa do problema, sendo essa relacionada a falta de indicadores para acompanhamento de produtividades, desempenhos e estoque disponível.

4.2.2 5W2H

Após o levantamento das principais causas raízes dos problemas da manutenção, aplicou-se o método 5W2H apresentados no Apêndice C, para esquematização e criação de planos de ação baseado nas principais causas apontadas no Tópico 4.2.1. Vale ressaltar que por motivos de privacidade, não foram citados os nomes dos responsáveis pelas atividades neste plano de ação, porém apenas referência ao cargo dos profissionais.

Para a realização do plano de ação visando a redução de custos de manutenção inesperados sugere-se a implantação de registros/documentação das falhas e acidentes, bem como os acertos e soluções no plano de manutenção da máquina colhedora. Uma vez que, além de relatos, há fatos e ocorrências de problemas do passado, na qual suas informações se perdem ou são esquecidas ao longo do tempo por falta de registrar o plano de ação para determinado problema. Com isso, problemas já resolvidos anteriormente podem voltar a ocorrer no futuro se não tiver um plano bem definido de armazenamento das informações e soluções em documentos oficiais de manutenção, o que afeta diretamente a produtividade da colheita de algodão.

Com isso, foi discutida a elaboração de registros através do template de Lições Aprendidas, no qual é disponibilizada para os mecânicos e técnicos da manutenção com o intuito de registrar todos os tipos de falhas e ocorrências que aconteceram no passado e como esses foram solucionados. Os templates serão disponibilizados em formato digital armazenados em nuvem para acesso dos colaboradores e em cópia física de apostilas para consultas rápidas nas oficinas e escritórios.


Para obter resultados satisfatórios na implantação dessa metodologia, é necessário identificação por mecânicos ou técnicos que irão fazer a avaliação dos problemas ocorridos, documentação por meio do preenchimento do novo documento recomendado por meio desses colaboradores ou dos auxiliares que estarão acompanhando, validação por meio da resolução do problema e disseminação de conhecimentos adquiridos nas lições aprendidas dos problemas que ocorreram no passado, com o preenchimento do template que será apresentado posterior-

mente, que levará em conta alguns erros e problemas inesperados, que deverão ser devidamente acompanhados e analisados quanto ao porquê, como, onde ocorreu e qual a solução foi empregada, para ter-se soluções mais práticas se o problema voltar a ocorrer, ou até mesmo procurar evitar situações similares.

A utilização desse relatório de lições aprendidas envolve a participação de toda a equipe de manutenção com o intuito de que todos os envolvidos tenham informações suficientes sobre sua importância (DE AVILA, 2016).

Exemplo da aplicação de lições aprendidas para um caso real ocorrido em campo da empresa, Figura 4.1.

Figura 4.1 – Lições aprendidas.



Lista de Lições Aprendidas

Nome (responsável pela descrição): Brendo Mayk Rocha Ledo
Data: 10/04/2022

Fase do procedimento de manutenção (introdução)

Manobra da máquina após a colheita no talhão.

Objetivo/Metas

Colheita de algodão.

Descrição do problema ocorrido

O operador foi manobrar a máquina com as unidades de colheita abaixadas, acarretando as mesmas a ficarem expostas a serem atingidas por pedras, ou até mesmo desniveis do solo. Assim, ao fazer a manobra, a unidade de número 6 (extrema direita, pela vista frontal na imagem em anexo) foi atingida por uma pedra relativamente grande, causando danos graves na unidade de colheita.

Quais foram as causas?

Manobra da máquina com as unidades de colheita abaixadas, sem observar se havia condições e ambiente para essa ação.

Quais os impactos (tempo/custo)?


Danificação severa na unidade de colheita, tendo que paralisar a máquina por cerca de 15 dias para reparo, em que tiveram de ser substituídas as partes danificadas, remontagem e alinhamento da unidade.

Soluções

Aplicar um checklist disponível dentro da cabine para lembrar o operador de levantar as unidades de colheita.

Lição aprendida

Não manobrar a máquina com as unidades de colheita abaixadas e sempre observar se as adversidades no solo possam vir causar danos a estrutura.



Unidade de colheita danificada.



Fonte: os autores (2022)

O template de documentação de lições aprendidas está disponível no Apêndice D.

Quanto ao alto consumo de combustível, esse tipo de falha pode ser evitada por meio de revisões estratégicas e análise de falhas e monitoramento das operações da máquina semanalmente por meio de observação de traços de óleo e da qualidade do componente, vedação dos elementos hidráulicos e principalmente na especificação do tipo de lubrificante do filtro na bomba de óleo. Dessa maneira, o óleo lubrificante do sistema hidráulico da máquina agrícola permite o melhor alinhamento de aceleração da colhedora para operação em campo, consequentemente, a diminuição de RPM (rotação por minuto), o que permite a diminuição de consumo de combustível.

Levando-se em conta o atraso nas solicitações de peças, deve-se ao fato da empresa ter peças disponíveis de imediato no estoque está diretamente ligado ao custo de manutenção e a alocação de peças novas para implantação nas máquinas, ou seja, montar os conjuntos de elementos das máquinas com apenas peças novas. Isso é válido pelo fato de que no procedimento da manutenção destacado acima é notado que ocorre a interação entre componentes novos e antigos, ou seja, peças novas com peças velhas que podem causar mau funcionamento em um dos sistemas da máquina. Assim, é possível evitar “efeito dominó” caso uma peça quebre ou falhe, em que as peças recuperadas poderem vir a estragar as peças novas e consequentemente parando a máquina.

Dessa maneira, embasando os resultados encontrados no presente estudo com a literatura e considerando uma das sugestões propostas por Afsharnia e Fatemeh (2021), criou-se um plano para a aplicação de estoque mínimo, fornecendo um backup confiável que estará disponível para substituição na colhedora, se houver falha, durante seu trabalho.

Quanto ao foco na solução efetiva para falta de indicadores de produtividade em manutenção, as principais ações desenvolvidas para serem aplicadas estão relacionadas ao desenvolvimento e acompanhamento dos indicadores para a realização de um planejamento e projeção. O planejamento deve ser de acordo com o orçamento da empresa, para a realização de compras e abastecimentos do estoque para todo o ciclo da colheita (pré, durante e pós colheita) e na criação de um procedimento bem estruturado para a realização de solicitação e controle de peças.

Como mencionado a falta de indicadores para o controle de desempenho, produtividade e assertividade entre projetado versus realizado impacta diretamente no acompanhamento e desenvolvimento de ações dentro de cada processo. Sendo assim, a ação de melhoria desenvolvida e apresentada para a empresa consiste na criação de indicadores de cada processo, sendo processos durante a realização das manutenções preventivas e processos durante o período de colheita.

A ação consiste em criar *dashboards* com os principais indicadores operacionais para que esses possam ser apresentados para todos da companhia, com o objetivo de ser um acompanhamento geral entre todos os setores (principalmente o setor de manutenção).

Com o acompanhamento alinhado entre todos os colaboradores, será possível realizar a implementação de metas e objetivos para cada setor, uma vez que os resultados serão apresentados de forma geral para todos.

É possível verificar que antes a gestão de manutenção controlava apenas indicadores de custo e as ordens de serviço geradas pelo trabalho de reparo nas máquinas. Assim, a apresentação e sugestão de melhorias se fez necessária, visto que o processo apresenta algumas falhas que foram expostas e foram propostas soluções que irão otimizar tempo e recursos, com uma melhor organização do setor e divisão de tarefas, além de controlar e buscar alternativas para conter os indicadores (MTBF, MTTR, disponibilidade e estoque) que são importantes para a fluidez da manutenção, o que acarretará na melhor disponibilidade das máquinas para as atividades de colheita. Propostas essas que tendem a otimizar o tempo de parada em cerca de

25% das manutenções, considerando o quesito de falta de peças, que com o estoque mínimo, haveriam sempre peças disponíveis para a troca.

4.3 Outros planos de ações de melhorias

Outro fator que colabora para o aumento dos custos de manutenção envolve a contratação de terceirizados temporários. Verifica-se que o custo de manutenção de terceirizados, quando atrelado a Tabela 4.9 e ??, chega a um custo de 18,71% do total gasto em manutenção, o que pode ser reduzido por meio investimento na preparação e treinamento de técnicos.

Indica-se uma capacitação dos colaboradores através de cursos teóricos e práticos sobre manutenções simples, uma vez que boa parte do trabalho realizado, não sendo mecânico, ou de recuperação de algumas peças, são realizados por terceirizados. Como por exemplo, na revisão da parte hidráulica da máquina, que é menos complexa em relação a parte elétrica, o fornecimento de alojamento para os terceirizados não necessitaria de gastos com condução todos os dias, gerando um custo relativo de deslocamento.

De acordo com a literatura, artigo dos autores Diniz *et al.* (2020), os investimentos iniciais em infraestrutura e em treinamento das equipes de implementação do modelo de melhoria contribuem para um aumento no custo de manutenção se for comparado ao modelo tradicional próprio da empresa (o que está sendo aplicado na empresa e que trata-se da manutenção focada na limpeza e lubrificação dos elementos), mas pode ser amortizado ao longo prazo com o amadurecimento do processo no futuro.

O custo de manutenção em máquinas colhedoras do ramo agrícola podem apresentar um leve aumento, em torno de 3%, no modelo devido ao investimento em infraestrutura e na formação de mecânicos, mas com potencial para melhor manutenção das máquinas, além de melhorias na segurança operacional, capacidade de produção e maior vida útil da máquina. Fato comprovado na obra literária *Comparative Analysis of Maintenance Models in Forest Machines* de Diniz *et al.* (2020), na qual ressalta que a contribuição para o aumento da disponibilidade mecânica das máquinas foi o treinamento dos mecânicos e o investimento feito para melhorar a infraestrutura de campo, proporcionando maior agilidade e eficiência no atendimento das máquinas.

Outro procedimento observado que envolve aumento de custos e paradas inesperadas está relacionado ao processo de manutenção da Unidade, apresentado no tópico 2.5. No proce-

dimento é apresentado que ocorre em média uma troca de 1.920 fusos por máquina nas manutenções realizadas, sendo um número muito expressivo de troca para um componente.

Analisando as causas que resultam na quebra dos componentes, o principal fator está relacionado a velocidade de execução de todo o conjunto (barras e fusos), o que causa uma sobreposição das fibras de algodão nos fusos e conseqüentemente gerando uma resistência do movimento, ocasionando a quebra das peças.

Com esse conhecimento da causa do problema, a proposta de melhoria envolve uma capacitação teórica e prática para o colaborador que realizara o processo de colheita. Além da Lista de Verificação Operacional apresentado no Manual do Operador (2010), no qual apresenta os procedimentos padrões para a limpeza dos fusos no qual reduz as possibilidades de ocorrer um enrolamento nos fusos e barras, a capacitação de que há uma velocidade padrão para cada terreno onde é possível realizar uma colheita eficaz e sem danos nos componentes é fundamental para redução das paradas durante a colheita para manutenção corretiva e para redução de custos

Com a diminuição de paradas inesperadas para trocas e reparos desses componentes, há uma mudança nos indicadores, apresentando resultados melhores para a empresa.

Estima-se que com todos os planos de ação implantados e alinhados com toda a equipe, ocorra uma melhoria no tempo de execução de trocas e reparos da colhedora, possibilitando então mais disponibilidade para uma conferência mais detalhada de cada máquina e a realização de teste práticos do funcionamento e esforços necessários durante a colheita.

A realização de testes dará a oportunidade de realizar manutenção preventivas não realizadas anteriormente, diminuindo a necessidade de manutenções corretivas durante a colheita. Visto que o tempo oportuno (máquina parada sem estar em manutenção) é 46,6% maior que o tempo de manutenção, recomenda-se que seja feito nesse período o abastecimento, calibração e *check* visual dos componentes. Dessa forma, é possível adotar a manutenção preventiva semanal, com verificação dos elementos das máquinas, revisões estratégicas e análise de falhas, bem como manutenção corretiva, quando necessário. O que apresenta maior eficiência comparado ao modelo tradicional utilizado pela empresa.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo a implementação do *Lean Manufacturing*, apoiado na filosofia *Kaizen*, no setor de manutenção do ramo agrícola, mais especificamente em colhedoras de algodão. E teve como intuito agregar mais valor e qualidade nos processos a partir da redução de custos, aumento da eficiência das operações e otimização do tempo de manutenção.

A partir do *Brainstorming*, os problemas mais críticos como as falhas de medição acerca da imprecisão na previsão e no planejamento dos custos de manutenção, o elevado custo de mão de obra em decorrência da contratação de terceirizados temporários e o alto consumo de combustíveis, foram expostos. Com a aplicação do Diagrama de *Ishikawa* e 5W2H foi possível identificar as causas raízes e refinar os problemas e seus causadores, possibilitando determinar e apresentar os pontos de melhorias que foram implementados.

Com a implementação do estoque mínimo, além da análise e controle dos indicadores MTBF e MTTR, verificou-se que seria possível uma melhoria de 34,85% no MTBF. Quanto ao MTTR, seria possível uma melhoria de 16,91%, ou seja, o seu tempo de manutenção seria otimizado. Além disso, levando-se em consideração o indicador de disponibilidade, que é obtido a partir do MTBF e MTTR, a disponibilidade da máquina cresceria 2,52% se sanadas as necessidades de aguardar peças, que conduziu atraso em 25% das manutenções realizadas nas máquinas durante a colheita. Verificou-se também que o treinamento e a capacitação dos colaboradores responsáveis pela manutenção das máquinas é, em âmbito financeiro, fator necessário para a melhoria do processo, uma vez que realizam apenas a revisão da parte mecânica, enquanto a parte hidráulica, elétrica e outros reparos com soldas são realizados por terceirizados. Como resultado, haveria redução de 18,71% dos custos das manutenções e um controle facilitado da qualidade do serviço, investindo os recursos economizados em novas peças e maquinários.

Em termos de gestão de manutenção, os resultados satisfazem os objetivos deste trabalho, uma vez que foi possível agregar mais valor e qualidade nos processos e diminuir desperdício acerca da manutenção da máquina colheitadeira, por meio de novas abordagens produzidas, tais como: implantação de lições aprendidas e estoque mínimo de peças novas que irão otimizar o processo de manutenção, uma vez que irão otimizar o tempo, evitando desperdício do mesmo na resolução de problemas. Assim, foi demonstrado a contribuição do *Lean Manufacturing* aplicado à gestão da manutenção para a máquina agrícola Cotton Picker 7760.

6 ESTUDOS FUTUROS

Para estudos futuros sugere-se a elaboração da aplicação do Método FMEA, que se trata de uma ferramenta de prevenção de interrupções de confiabilidade operacional e preventiva para garantir a manutenção das instalações.

A implementação do FMEA tem o intuito de mapear a ocorrência de falhas com auxílio da documentação do método de Lições Aprendidas aplicado como plano de melhoria no presente estudo. A aplicação do método FMEA permite flexibilidade em caso de situações inesperadas e otimização das habilidades do potencial humano baseando-se nos seguintes fatores:

- Investigação dos riscos (identificando e compartilhando os riscos envolvidos na operação durante a manutenção da máquina agrícola);
- Avaliação dos riscos FMEA de acordo com três fatores principais: Gravidade que o risco apresenta, Ocorrência (frequência que acontece o risco) e Detecção (como é identificado). Cada risco deve ser analisado, comparado e priorizado de acordo com a ordem de prioridade de segurança e procedimento da agroindústria.

Assim, o método de análise de informações FMEA pode ser simples e preciso o suficiente para ser implementado em condições reais de trabalho, uma vez que esse método permite a análise do potencial de falhas em um determinado sistema durante um período de tempo e assim, os gestores tomarem decisões de melhoria baseadas na redução de riscos e erros que surgem no setor.

7 BIBLIOGRAFIA

Algodão no Mundo. Abrapa - Associação Brasileira dos Produtores de algodão. Acesso em 03 de abril de 2022. Disponível em: <<https://www.abrapa.com.br/Paginas/dados/algodao-no-mundo.aspx>>

AHUJA, I.P.S. and Khamba, J.S. (2008), “**Total productive maintenance – literature review and directions**”, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 25 No. 7, pp. 709-756.

AMIPA. **Sobre o algodão.** Acesso em 03 de março de 2022. Disponível em: <<https://amipa.com.br/sobre-o-algodao/historia>>.

AFSHARNIA, Fatemeh, et al. “**Preventive Maintenance Optimization of Sugarcane Harvester Machine Based on FT-Bayesian Network Reliability.**” The International Journal of Quality & Reliability Management, vol. 38, no. 3, 2021, pp. 722–750.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: Guia prático para o design de novos produtos.** São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

BAZI, F. L., TROJAN, F. **Análise de falhas: uma visão holística da melhoria contínua através da manutenção produtiva total (TPM) em um estudo de caso.** Gestão da Produção e Logística. Revista ADMPG Gestão Estratégica, Ponta Grossa, v. 7, n. 2, p.51-61, 2014.

BERGER, A. (1997), “**Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs**”, Integrated Manufacturing Systems, Vol. 8 No. 2, pp. 110-117.

BESSANT, J.R. (2003), **High-Involvement Innovation: Building and Sustaining Competitive Advantage Through Continuous Change**, Wiley.

BESSANT, J. and Caffyn, S. (1997), “**High-involvement innovation through continuous improvement**”, International Journal of Technology Management, Vol. 14 No. 1, pp. 7-28.

BHAMU, Jaiprakash, and Kuldip Singh Sangwan. "**Lean Manufacturing: Literature Review and Research Issues.**" *International Journal of Operations & Production Management* 34.7 (2014): 876-940.

BHASIN, S., Burcher, P., 2006. **Lean viewed as a philosophy.** *J. Manuf. Technol. Manag.* 17 (1), 56–72.

BILSEL, R. Ufuk; Lin, Dennis K.J. (2012). **Ishikawa Cause and Effect Diagrams Using Capture Recapture Techniques.** *Quality Technology & Quantitative Management*, 9(2), 137–152.

BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o planejamento e o controle da manutenção.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

BORÉM, A. et al. **Considerations about cotton gene escape in Brazil.** *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 2003.

CANDELORO, Raúl. **Não Tenha Dúvidas: Método 5W2H.** 2008.

COÊLHO, Jackson Dantas. **Algodão: produção e mercados.** 2021.

COMITÊ Europeu de Normalização , **“Indicadores de desempenho da manutenção (KPI),”** NP EN 15341, 2009.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** Safra 2020/21, 7º levantamento. Acesso em 10 de abril de 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>

COSTA, M. L. **Como imitar os japoneses e crescer.** Florianópolis: EDEME, 1991.

COSTA, Taiane Barbosa da Silva; MENDES, Meirivone Alves. **Análise da causa raiz: utilização do diagrama de Ishikawa e Método dos 5 Porquês para identificação das causas da**

baixa produtividade em uma cacauicultura. Anais do X SIMPROD, 2018.

CUA, K.O., McKone, K.E., Schroeder, R.G., 2001. **Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance.** J. Oper. Manag. 19 (6), 675–694

DE ALMEIDA, Paulo Samuel. **Manutenção Mecânica Industrial–Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada.** Saraiva Educação SA, 2018.

DE AVILA NETO, Clovis Antunes et al. **Aplicação do 5W2H para criação do manual interno de segurança do trabalho.** Revista ESPACIOS| Vol. 37 (Nº 20) Año 2016, 2016.

DINIZ, C. C. C., Lopes, E. S., Koehler, H. S., Miranda, G. M., & Paccola, J. (2020). **Comparative Analysis of Maintenance Models in Forest Machines** [Data set]. SciELO journals.

DINIZ, C. C. C., Lopes, E. S., Koehler, H. S., Miranda, G. M., & Paccola, J. (2019). **Analysis of indicators and costs of World Class Maintenance (WCM) in Forest Machines Maintenance Models in Forest Machines** [Data set]. SciELO journals.

EPAEP, Peri Silva, Murilo Nascimento. **Diagrama De Causa E Efeito, & Previão De Demanda.** (2015). Diagrama de Ishikawa e técnicas de planejamento e controle da produção em uma empresa varejista do setor têxtil em Marabá-PA [Data set].

FAXINA, Adriana; PAPPÁ, Márcia Fernanda. **USO DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA NA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS CAUSADOS NO PROCESSO DE RECAUCHUTAGEM DE PNEUS.** Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP, v. 7, n. 1, 2018.

GARCIA-Sabater, J.J. and Marin-Garcia, J.A. (2009), “**Enablers and inhibitors for sustainability of continuous improvement: a study in the automotive industry suppliers in the Valencia region**”, Intangible Capital, Vol. 5 No. 2, pp. 183-209, available at: <http://doi.org/10.3926/ic.2009.v5n2>. p183-209

GONÇALVES, C, Dias, J. e Cruz-Machado, V. (2014). **Multi-criteria decision methodology**

for selecting maintenance key performance indicators. International Journal of Management Science and Engineering Management, Taylor & Francis.

GOUBERGEN D. Van, M. Dora, M. Kumar, A. Molnar and X. Gellynck, **“Lean Application among European Food SMEs: Findings from Empirical Research”**, Industrial Engineering Research Conference. IIE, Reno, 2011.

GUIMARÃES, Leonardo Miranda; NOGUEIRA, Cássio Ferreira; DA SILVA, Margarete Diniz Brás. **Manutenção industrial: implementação da manutenção produtiva total (TPM).** e-xacta, v. 5, n. 1, 2012.

HARADA, T., 2015, **Management lessons from Taiichi Ohno**, McGraw-Hill, New York, NY.

HASLE, P., Bojesen, A., Langaa-Jensen, P., & Bramming, P. (2012). **Lean and the working environment: a review of the literature.** International Journal of Operations & Production Management, 32(7), 829-849.

HERRON, C., Braidon, P., 2006. **A methodology for developing sustainable quantifiable productivity improvement in manufacturing companies.** Int. J. Prod. Econ. 104, 143–153.

IMAI, M. (1986), **Kaizen: They Key to Japan’s Competitive Success**, McGraw-Hill Higher Education, New York, NY.

JIPM. **Japan Institute of Plant Maintenance Solutions Company Limited.** JIPM-S.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica.** 4 ed. rev. ampl. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2013. 413 p.

KOVÁČ, Ján, et al. **“FMEA Method in Operational Reliability of Forest Harvesters.”** Open Engineering (Warsaw), vol. 11, no. 1, 2020, pp. 29–38.

LUCA, Liliana. **A new model of Ishikawa diagram for quality assessment.** In: IOP Confe-

rence Series. Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2016.

MAIA, Laura Costa; ALVES, Anabela Carvalho; LEÃO, Celina Pinto. **Metodologias para implementar Lean Production: Uma revisão crítica de literatura.** 2011.

MAGALHÃES, M. T. Q. de. **Toxinas Cry: perspectivas para obtenção de algodão transgênico brasileiro.** 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2006.

MANUAL DO OPERADOR Colheitadeira de Algodão 7760. OMN401518 EDIÇÃO H0. ed. Moline, Illinois: JOHN DEERE & COMPANY, 2010. 438 p.

MAROCCO, Gustavo Salomão. **A Importância da Manutenção Produtiva Total na Melhoria Contínua do Processo: Um Estudo De Caso.** Juiz de Fora 2013.

NAKAGAWA, Marcelo. **Ferramenta 5W2H – Plano de Ação para Empreendedores.** Globo, 2014.

NEPOMUCENO, L. “**Técnicas de Manutenção Preditiva**”, editora Edgard Blucher, São Paulo, 2012. pp 41 – 42.

NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Técnicas de manutenção preditiva-vol. 1.** Editora Blucher, 2014.

NETLAND, T.H., 2016. **Critical success factors for implementing lean production: the effect of contingencies.** Int. J. Prod. Res. 54 (8), 2433–2448.

NETLAND, T.H., FERDOWS, K., 2016. **The S-Curve effect of lean implementation.** Prod. Oper. Manag. 25 (6), 1106–1120.

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

OROPESA-Vento, M., García-Alcaraz, J.L., Rivera, L. and Manotas, D.F. (2015), “**Effects of management commitment and organization of work teams on the benefits of Kaizen: planning stage**”, *Dyna*, Vol. 82 No. 191, pp. 76-84, available at: <http://doi.org/10.15446/dyna.v82n191.51157>

PEREIRA, Mario Jorge. **Engenharia de manutenção: teoria e prática**. 2 ed. rev. Rio de Janeiro, RJ: Ciência Moderna, 2011. 228 p.

PEREIRA, V. “**MELHORIAS NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA DO RAMO AUTOMÓVEL**”, Dissertação Mestrado em Engenharia Mecânica - ISEP, 2018.

PINTO, A. K. e XAVIER. **Manutenção: função estratégica, Qualitymark**. Rio de Janeiro, J. N., (2007).

POLACINSKI, Edio, et al. **Implantação dos 5Ss e proposição de um SGQ para uma indústria de erva-mate. Gestão Estratégica: Empreendedorismo e Sustentabilidade** - Congresso Internacional de Administração, 2012. Acesso em 22 mai 2015.

PRITCHARD, Alan. **Statistical bibliography or bibliometrics?**, *Journal of Documentation*, v. 24, n. 4, p. 348-349, 1969.

PROENÇA, S. S. “**ORGANIZATION OF THE MAINTENANCE - METHOD TO IMPLEMENT A MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM AND METHODOLOGY FOR EFFICIENT MAINTENANCE ON HEAVY MACHINERY**”, Relatório de Dissertação do Mestrado em Engenharia de Produção, Setembro 2019.

RAPOSO, H. D. “**Modelos de otimização do tempo de substituição de autocarros de transporte urbano com indexação à frota de reserva**”, Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica no Ramo de Gestão e Robótica Industrial, Agosto 2017.

SANDERS, Adam, Chola Elangeswaran, and Jens Wulfsberg. “**Industry 4.0 Implies Lean**

Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing." Journal of Industrial Engineering and Management 9.3 (2016): 811-33. Web.

SCHLICKSUPP, Helmut; KING, Bob. **Criatividade: Uma vantagem competitiva.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

SHAH, R., Ward, P., 2003. **Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance.** J. Oper. Manag. 21, 129–149.

SHAH, R., Ward, P., 2007. **Defining and developing measures of lean production.** J. Oper. Manag. 25 (4), 785–805.

SINGH, R.; GOHIL, A.; SHAH, D.; DESAI, S. **Total Productive Maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study.** Procedia Engineering, v.51, n.1, 592-599,2013.

SILVA, Alisson O. da, et al. **Gestão da Qualidade: Aplicação da Ferramenta 5W2H como Plano de Ação para Projeto de Abertura de uma Empresa.** Faculdade Horizontina – FAHOR, 2013.

SINGH, R.; GOHIL, A.; SHAH, D.; DESAI, S. **Total Productive Maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study.** Procedia Engineering, v.51, n.1, 592-599,2013.

SLACK,N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção;** Revisão técnica Henrique Corrêia, Irineu Gíaresi. São Paulo: Atlas, 2009.

SONOBE, T., 2018, '**How Kaizen brightens Africa's future**', in K. Otsuka, K. Jin & T. Sonobe (eds.), **Applying Kaizen in Africa: A new avenue for industrial development**, pp. 1-30, Palgrave Macmillan, Cham.

SUGIMOTO, S., 2018, '**Kaizen in practice**', in K. Otsuka, K. Jin & T. Sonobe (eds.), **Applying Kaizen in Africa: A new avenue for industrial development**, pp. 69-110, Palgrave

Macmillan, Cham.

S. Y. Sohn, K. B. Yoon e I. S. Chang, **“Random effects model for the reliability management of modules of a fighter aircraft”**, Reliability Engineering and System Safety, 2006.

TELES, Felipe Matos Macedo. **Análise de dados com utilização de métodos para encontrar causas fundamentais de problemas aplicado em um estudo de caso para redução do prejuízo logístico em uma cervejaria.** 2021.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção.** São Paulo: Atlas, 2000.

UNIVERSIDADE FEEVALE. Unversidade Feevale, c2012. **Inovação e Desenvolvimento Organizacional.** Acesso em 30 de novembro de 2021.

VILAÇA, F. **“Análise de fiabilidade numa frota de autocarros dos Transportes Urbanos de Braga,”** Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial - Universidade Lusiadas Norte, 2017.

VONK, J. (2005), **“Process improvement in business permits through Kaizen”**, Spectrum, Vol. 78 No. 2, pp. 33-34.

WATTANAJITSIRI, V. et al., 2020. **Identifying preventive maintenance guideline for a combine harvester with application of failure mode and effect analysis technique.** MA-TEC Web of Conferences, 319, p.1004.

WEBSTER, J.; Watson, J.T. **Analyzing the past to prepare for the future: writing a literature review.** MIS Quarterly & The Society for Information Management, v.26, n.2, pp.13-23, 2002.

WEISS, A.E. **Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know.** Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.

WERKEMA, M.C.C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

WILLIAMS, Richard L. **“Como Implantar a Qualidade Total na sua Empresa”.** 1ª edição, Rio de Janeiro Ed.: Campus, 1995.

WILSON, Lonnie. **How to implement lean manufacturing.** McGraw-Hill Education, 2010.

WYREBSKI, Jerzy. **Manutenção Produtiva Total – um modelo adaptado – SC. 1997.** Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 1997.

XAVIER, Júlio Nascif. **Manutenção – tipos e tendências. Relatório Técnico TECÉM,** 2005.

XENOS, H. G. d’P. **Gerenciamento da Manutenção Produtiva.** Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

ZEN, Milton A G. **Indicadores de Manutenção.** Infomagizen. n. 0010 Ano: 02. São Paulo, 2003.

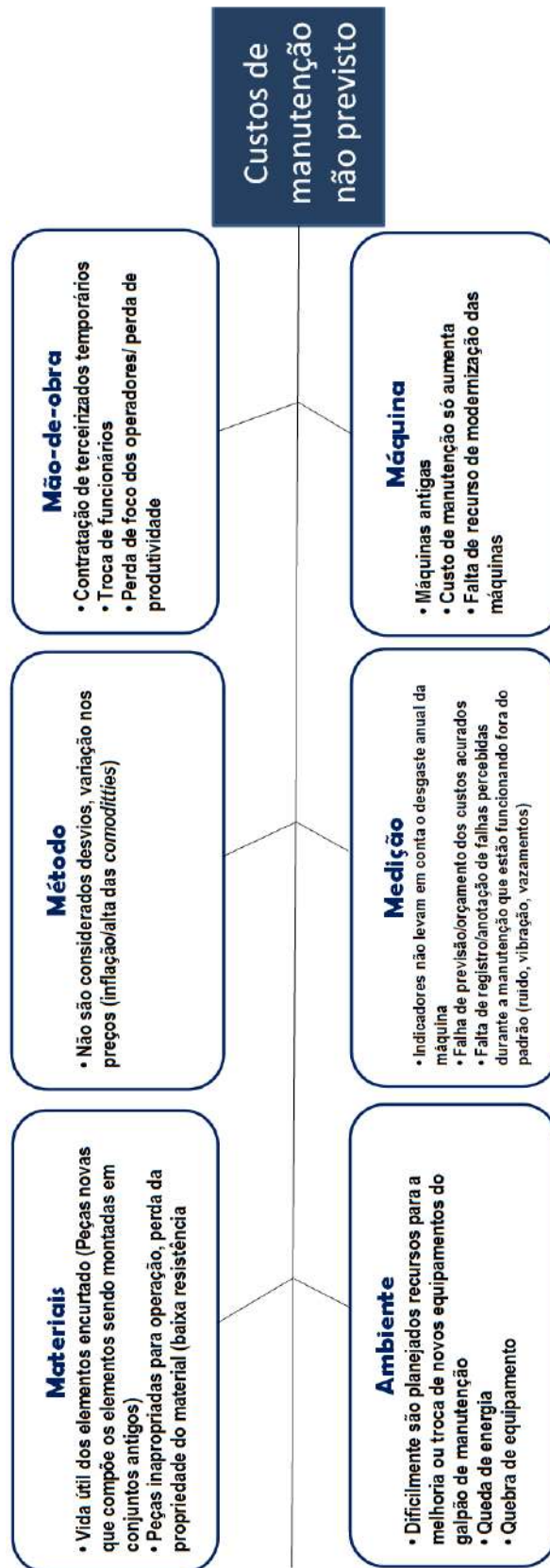
APÊNDICE A – Estoque mínimo para utilização no processo de manutenção

Levantamento de estoque mínimo Colhedora John Deere 7760		
Código da peça	Descrição	Quantidade
AKK17562	Desfibrador completo	3
N276291	Eixo de acionamento da embreagem	1
N190954	Embreagem de segurança	1
JD9467	Rolamento	1
JD9209	Rolamento	2
AN273700	Carretel	2
JD9323	Rolamento	2
N198724	Peça acionada pelo came	1
KK28390	Fuso recolhedor	50
AN111948	Porca	20
N118289	Engrenagem cilíndrica reta	20
34H235	Pino elástico	100
34H266	Pino elástico	100
JD8804	Rolamento	10
N371626	Engrenagem (coroa)	20
34H60	Pino elástico	10
N273309	Fuso do tambor da barra recolhedora	2
AN272787	Rolamento	2
N112291	Pino fixador	2
N190952	Calço do tambor da barra 5"	10
N190953	Calço do tambor da barra 10"	10
N190954	Calço do tambor da barra 3"	10
AN272152	Tambor de descarga do desfibrador	100
AN273953	Carcaça	20
AN275022	Rolamento	5
AN273701	Eixo	2
N276747	Capa	10
N275607	Escova	50
AN274659	Trava	5
AN273512	Trava	5
N190923	Tubo	5 m
AKK13095	Bomba d' água	1
AN406077	Kit retentor	2
N378316	Correia	2
N371845	Anel oring	2
N190049	Polia	1
AN272429	Cruzeta com rolamento	2
CE20014	Vedação	2
DE20079	Rolamento	2
RE558874	Sensor de velocidade	2
CE17370	Vedação	2
DE18209	Rolamento	2

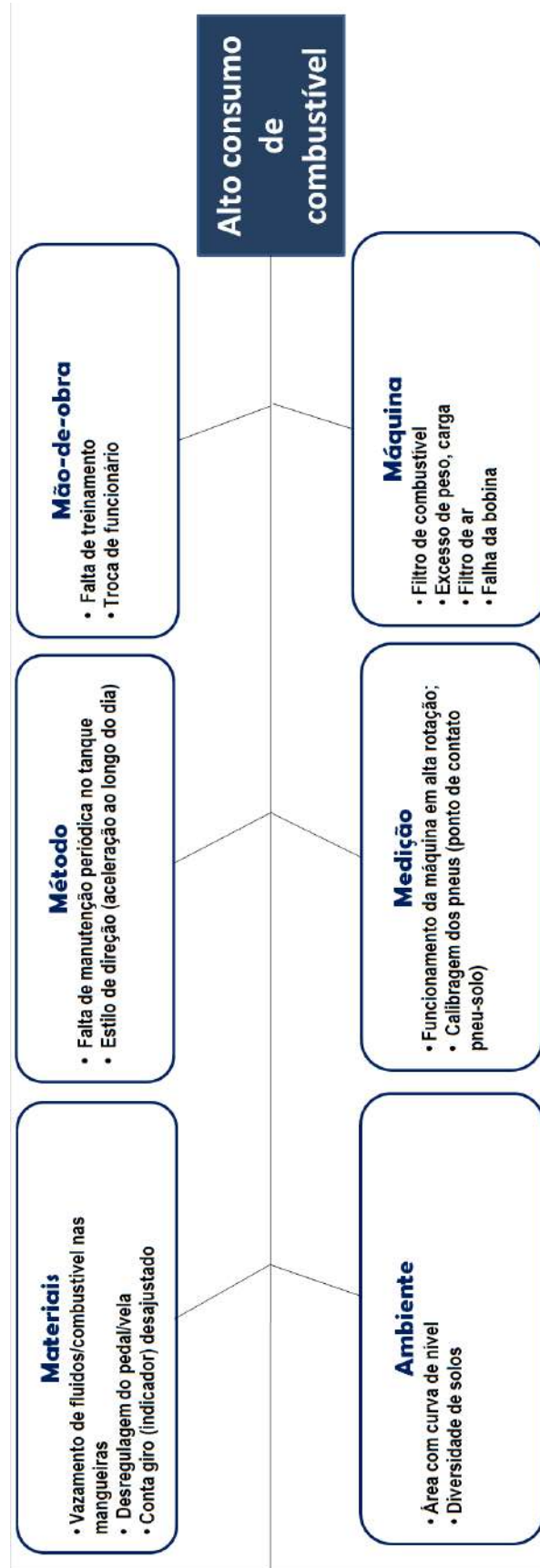
Código da peça	Descrição	Quantidade
DE31345	Engrenagem	1
AL39722	Rolamento	1
AN372757	Rolamento	1
N380472	Capa de rolamento	1
RE24324	Vedação	1
JD10266	Rolamento	1
JD7298	Capa de rolamento	1
JD9058	Rolamento	2
JD9121	Capa de rolamento	2
AE53298	Presilha	10
AKK25568	Presilha	10
E86147	Pino	10
KK36931	Pino	10
AKK23004	Correia larga	1
AN373217	Correia estreita	1
L4490N	Correia de acionamento	2
N381623	Extensão	2
N381904	Extensão	2
N381641	Extensão	2
AN372480	Sensor	1
AN372481	Sensor	1
AN372459	Sensor	2
AN372480	Sensor	1
AN372481	Sensor	1
AN372268	Sensor	1
AKK19690	Interruptor	1
AN275948	Interruptor	1
DE31895	Válvula	1
AN374097	Solenóide	2
AN373834	Motor da unidade	1
AN400889	Bomba auxiliar	1
	Mangueira $\frac{1}{4}$ polegada	10 m
	Mangueira $\frac{1}{2}$ polegada	10 m
	Mangueira $\frac{3}{4}$ polegada	
	Mangueira 1 polegada	
	Mangueira $\frac{3}{8}$ polegada	
RE572785	Filtro de óleo do motor	1
DZ112918	Filtro de combustível	1
RE532952	Filtro de combustível	1
AH128449	Filtro de óleo hidráulico	1
AN373366	Filtro de óleo da transmissão	1
RE210857	Filtro Pro Drive	1
LVA10419	Filtro Pro Drive	3
AH212295	Filtro de ar	1
AH212294	Filtro de ar	1
AH115833	Filtro de ar da cabine	1
H220870	Filtro de ar da cabine	1

Fonte: Autores (2022)

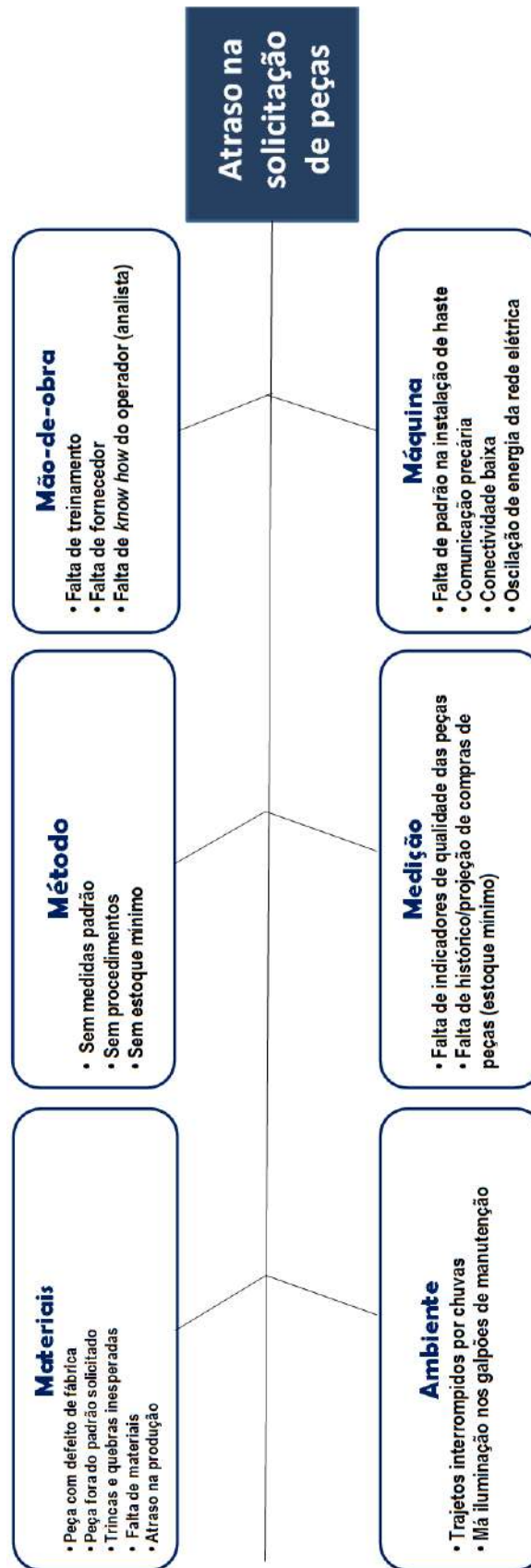
APÊNDICE B – Diagramas de *Ishikawa*



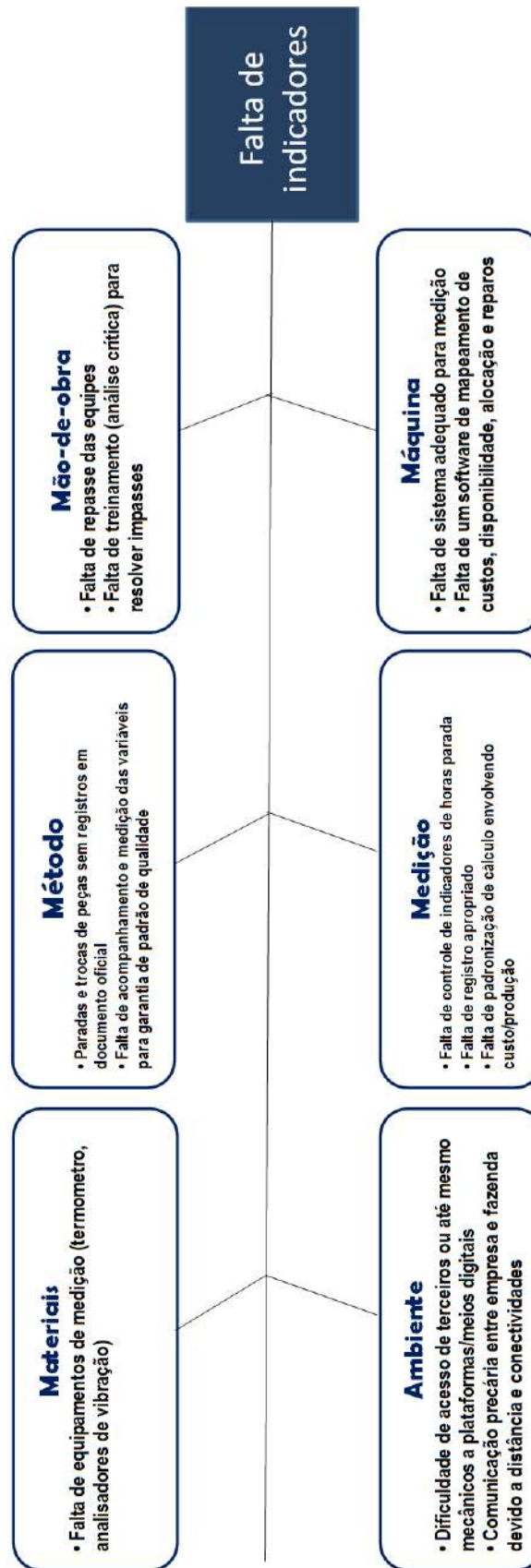
Fonte: Autores (2022).



Fonte: Autores (2022).



Fonte: Autores (2022).



Fonte: Autores (2022).

APÊNDICE C – Ferramenta 5W2H

PLANOS DE AÇÃO PARA OS CUSTOS EXTRAS DE MANUTENÇÃO							
Causa Priorizada	5 W's					2 Hs	
	WHAT O quê	WHO Quem	WHERE Onde	WHY Por quê	WHEN Quando	HOW Como	HOW MUCH Quanto
Falta de planejamento de colaboradores terceirizados	Aluguel de uma casa próxima da fazenda onde se concentra todo o maquinário para os colaboradores terceirizados	Recursos Humanos	Próximo a área do galpão de manutenção	Gastos com condução (longas distâncias e tempo), perda de produtividade	21/10/2023	Pesquisa de quantos trabalhadores são necessários para estar próximo do galpão de manutenção e garantir em tempo hábil toda a manutenção das máquinas	R\$ 15.000,00
Quebra de equipamento que auxilia na manutenção	Checklist e histórico dos equipamentos	Técnico de manutenção	No galpão de manutenção	Para mostrar detalhes importantes e análises de como resolver problemas dos instrumentos que auxiliam na manutenção das colheitadeiras	10/11/2023	Implantação de documentos em nuvem e impressões disponíveis para os responsáveis das operações de manutenção	R\$ 2.000,00
Falha no orçamento/previsão de custos	Entrevista com os operadores e técnicos acerca do funcionamento dos equipamentos e os custos que devem ser considerados para época de manutenção	Administrador financeiro	Na sala de Reuniões Principal	Para gerar orçamento com valores mais acurados	15/01/2020	Colocar Requisição de análise de custos e atualizações dos equipamentos de manutenção, assim como medidas pré manutenção	R\$ 2.000,00
Falta de registros/históricos de falhas percebidas pelos operadores	Implantação de templates registrando as principais falhas já ocorridas no passado	Técnico de manutenção	No galpão de manutenção	Para a consulta (guia) dos tipos de falhas e ocorrências que aconteceram no passado, assim descreve esses eventos em documento para evitar problemas futuros	09/01/2023	Fazer um template de tópicos/assuntos usando planilha Excel e Word	R\$ 2.000,00
Quedas de energia elétrica	Implantação de gerador elétrico no galpão de manutenção	Técnico electricista	No galpão de manutenção	Perda de tempo devido a má iluminação do ambiente durante momentos de quedas de energia elétrica	23/01/2023	Colocar Requisição de Compra	R\$ 10.000,00

Fonte: Autores (2022).

PLANOS DE AÇÃO PARA O ALTO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL						
Causa Priorizada	5 W's					2 H's
	WHAT O quê	WHO Quem	WHERE Onde	WHY Por quê	WHEN Quando	HOW MUCH Quanto
Estilo de direção	Treinamento acerca da operação dos componentes da máquina	Técnico de operação das máquinas	Na sala de reuniões (parte teórica) e no galpão de manutenção (prática)	Há falta de direcionamento para conscientização de como operar a máquina corretamente, com o intuito de aproveitar o máximo desempenho	05/01/2023	R\$ 2.000,00
Calibragem dos pneus	Todos os dias colher a pressão dos pneus da máquina antes de iniciar o processo em campo	Técnico de operação das máquinas	No campo de operação	O ponto de contato entre o pneu e solo pode influenciar na a celeração da máquina, aumentando o RPM e consequentemente aumentando o consumo de combustível	01/01/2023	R\$ 5.000,00
Filtro de Combustível	Revisão periódica (todas as semanas) do filtro de combustível	Técnico de operação das máquinas	No campo de operação	O filtro de combustível precisa ser trocado recorrentemente, pois se não for feito isso, ele deixa de reter micro-partículas de sujeira que chegam ao motor e dificultam a queima, fazendo a máquina consumir mais	01/01/2023	R\$ 2.000,00
Velas de Ignição	Revisão periódica das condições das velas de ignição	Técnico de operação das máquinas	No campo de operação	A vela com mal funcionamento pode provocar a queima irregular na câmara de combustão (mistura ar/combustível irregular), aumentando a quantidade de combustível injetado	01/01/2023	R\$ 2.000,00

Fonte: Autores (2022).

PLANOS DE AÇÃO PARA O ATRASO DE SOLICITAÇÃO DE PEÇAS						
Causa Priorizada	5 Ws					2 Hs
	WHAT O que	WHO Quem	WHERE Onde	WHY Por que	WHEN Quando	HOW MUCH Quanto
Falta de peças	Estoque mínimo de peças mais utilizadas/trocadas no processo de manutenção	Auditor de estoque	Sala de estoque e galpão de manutenção	Há uma grande perda de tempo e produtividade por parte dos colaboradores devido a falta de peças para a finalização do processo de manutenção	01/12/2022	Por meio de levantamento de dados (histórico) das peças mais utilizadas e suas quantidades para a realização da projeção de estoque mínimo R\$ 2.500,00
Falta de procedimento/controle	Padronização e controle para a realização dos procedimentos na solicitação, retirada e utilização das peças para manutenção	Auditor de estoque	Sala de planejamento e galpão de manutenção	Falha no controle de estoque devido a falta de um procedimento definido e padronizado de utilização de peças	01/01/2023	Desenvolvimento e aplicação de um fluxo definido e padronizado para solicitações de peças com fornecedor e controle (fichas e formulários) da quantidade solicitada e utilizada durante o processo de manutenção R\$ 2.500,00
Falta de planejamento	Planejamento estratégico, financeiro e de estoque para peças utilizadas durante o período de manutenção	Analista de planejamento	Setor de planejamento	Necessidade de otimização do tempo de espera entre solicitação e chegada das peças	01/01/2023	Por meio de projeções da quantidade de peças que será necessário durante o procedimento de manutenção tendo como base os dados históricos e indicadores das manutenções já realizadas R\$ 4.000,00
Falta de histórico/projeção	Registro de peças utilizadas durante a manutenção para a geração de banco de dados com essas informações	Técnico de manutenção	No campo de operação	Necessidade de registro da quantidade de peças utilizadas para futuras projeções da demanda durante os procedimentos de manutenção	01/10/2022	Registro de ordem de serviço, material, peças e quantidade utilizadas por meio de fichas e formulários R\$ 3.000,00

Fonte: Autores (2022).

PLANOS DE AÇÃO PARA INDICADORES DE PRODUTIVIDADE						
Causa Priorizada	5 Ws					2 Hs
	WHAT O quê	WHO Quem	WHERE Onde	WHY Por quê	WHEN Quando	HOW MUCH Quanto
Falta de equipamento de medição	Utilização de equipamentos para medição dos principais fatores que acarretam em manutenções	Técnico de manutenção	Galpão de manutenção	Necessidade de dados provenientes dos equipamentos implantados para a geração de indicadores em situação real (na operação)	01/01/2023	Implementação de equipamentos nas colheitadeiras durante a atividade em campo R\$ 2.500,00
Falta de sistema/software	Acompanhamento através do sistema SAP os dados e indicadores	Analista de planejamento	Sector de planejamento	Para nivelamento e clareza nos dados utilizados nos indicadores, a mesma visão para toda a empresa	01/10/2022	Acesso ao sistema e banco de dados para o setor de planejamento para a atualização de indicadores R\$ 4.000,00
Falta de registro	Registro de todas as ocasiões que necessitam de paradas não programadas	Técnico de manutenção	No campo de operação	Necessidade de acompanhamento dos eventos do dia a dia registrados de maneira formal	01/10/2022	Capacitação, acompanhamento e validação por meio de registros dos eventos por meio de fichas impressas e no sistema R\$ 2.500,00
Falta de equipe especializada	Setor/equipe dedicada a atualizar, acompanhar e validar indicadores de produtividade	Analista de planejamento	Sector de planejamento	Necessidade de acompanhamento periódico dos indicadores sobre a produtividade atual dos processos relevantes	01/10/2022	Através da distribuição de cargo de tarefas R\$ 5.000,00

Fonte: Autores (2022).

APÊNDICE D – Lista de lições aprendidas



Lista de Lições Aprendidas

Nome (responsável pela operação):

Data:

Fase do procedimento de manutenção (introdução)

Objetivo/Metas

Descrição do problema ocorrido

Quais foram as causas?

Quais os impactos (tempo/custo)?

Soluções

Lição aprendida

