

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNICURITIBA
ENGENHARIA MECÂNICA**

ANDRÉ LUIZ SCOLARI

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA LEAN TPM NA MÁQUINA DE FUNDIÇÃO POR
INJEÇÃO**

**Orientador:
Prof. Dr. Júlio César Ferreira**

**CURITIBA
2023**

ANDRÉ LUIZ SCOLARI

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA LEAN TPM NA MÁQUINA DE FUNDIÇÃO POR
INJEÇÃO**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel Engenharia Mecânica do Centro
Universitário UniCuritiba.**

Orientador: Prof. Dr. Júlio César Ferreira

**CURITIBA
2023**

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA LEAN TPM NA MÁQUINA DE FUNDIÇÃO POR INJEÇÃO

ANDRÉ LUIZ SCOLARI

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário Unicuritiba, e aprovado pela Banca Examinadora.

.....
Coordenador (a) de Curso

Banca Examinadora integrada pelos Professores:

.....
Prof. Orientador(a)

.....
Prof. Banca Examinadora

.....
Prof. Banca Examinadora

Dedico este TCC a minha mãe Izabel Scolari, pelo exemplo de coragem e simplicidade que sempre com muito carinho me apoiou a correr atrás dos meus sonhos e em memória ao meu coordenador Luiz Gonzaga Moreira.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha mãe Izabel Scolari, pois acredito que sem o apoio dela seria muito difícil vencer esse desafio. Junto também em memória ao meu coordenador de trabalho que me deu a oportunidade de aprender a exercer a função na área de melhoria contínua e me ensinou o que sei hoje e em memória também ao meu pai Rogério Luiz Scolari, que não tive o prazer de conhecer, pois ele faleceu quando eu tinha 15 dias de vida, mas foi um excelente engenheiro mecânico.

RESUMO

Os objetivos específicos do SALSP incluem a implementação das ferramentas lean (Kaizen, TPM e 5S) de forma compatível com o curso em questão. Essas atividades visam desenvolver um ambiente de trabalho mais organizado e harmonioso, otimizando a utilização dos recursos e reduzindo os custos operacionais e desperdícios. Além disso, busca-se maximizar a disponibilidade do equipamento e a eficiência dos processos produtivos, garantindo a capacidade exigida pelo cliente. Neste trabalho de conclusão de curso, utilizamos a compreensão da importância da medição e acompanhamento do desempenho da Injetora 4. Para isso, empregamos o indicador chave de desempenho conhecido como OEE (Eficácia Geral do Equipamento). Através da medição e monitoramento do OEE, identificamos uma baixa disponibilidade da máquina. Essa constatação nos impulsiona a iniciar um estudo de caso com o objetivo de investigar e resolver o problema identificado, a fim de melhorar o desempenho geral da operação.

Palavras-chave: Lean. Kaizen. TPM. 5S. Produtividade. OEE. Processo.

ABSTRACT

The specific objectives of SALSP include the implementation of lean tools (Kaizen, TPM, and 5S) in a manner compatible with the current course. These activities aim to develop a more organized and harmonious work environment, optimizing resource utilization and reducing operational costs and waste. Additionally, the goal is to maximize equipment availability and process efficiency, ensuring the required capacity by the client. In this thesis, we utilize the understanding of the importance of measuring and monitoring the performance of Injection Molding Machine 4. To achieve this, we employ the key performance indicator known as OEE (Overall Equipment Effectiveness). Through the measurement and monitoring of OEE, we have identified a low machine availability. This finding motivates us to initiate a case study with the objective of investigating and resolving the identified problem to improve overall operational performance.

Keywords: Lean. Kaizen. TPM. 5S. Productivity. OEE. Process.

Lista de Figuras.

Figura 1 - Avião em manutenção.	12
Figura 2 - Evolução do conceito de manutenção.	15
Figura 3 - Conceito de "quebra zero".	16
Figura 4 - Fases de implementação dos pilares da manutenção. (Retirado do material de apoio do SALSP).	19
Figura 5 - Ideograma – Kaizen.	20
Figura 6 - Imagem dos 5 sentidos.	22
Figura 7 - Clientes ALS Automotiva S.A.	25
Figura 8 - Bloco de motor, cabeçote, biela, ajustador de freio, carcaça de cambio, cárter de óleo, ponta de eixo, tampa do cabeçote e virabrequim, (ler da esquerda para a direita).	26
Figura 9 - OEE dos últimos 3 meses da Injetora 4.	28
Figura 10 - Equipe de Kaizen de TPM.	29
Figura 11 - Reunião com diretores e gerentes.	30
Figura 12 - Placa traseira rachada, destacado em vermelho.	32
Figura 13 - Lista de peças necessárias para manutenção da injetora LK 1600.	33
Figura 14 - Lavagem da injetora.	34
Figura 15 - Máquina 100% desmontada, ficando somente a base.	35
Figura 16 - Área de segregação de peças, após a desmontagem a área de peças cercada.	35
Figura 17 - Cronograma de desmontagem da máquina.	36
Figura 18 - Chegada da placa traseira.	37
Figura 19 - Conferência de peças novas.	37
Figura 20 - Cronograma de montagem da máquina.	38
Figura 21 - Máquina montada com base, placa traseira e 4 colunas.	39
Figura 22 - Início de teste hidráulico de fechamento.	39
Figura 23 - Máquina já montada, iniciado teste e pintura.	40
Figura 24 - Primeiras 6 peças de injeção de teste.	40
Figura 25 - Máquina pronta, finalizada com pintura e demarcações de área.	41
Figura 26 - Quadro Gestão à vista TPM.	43
Figura 27 - LPP - Lição ponto a ponto de TPM.	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1.	OBJETIVO GERAL	10
1.2.	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	TPM	11
2.1.1	A ORIGEM DO TPM.....	13
2.1.2	OBJETIVO DO TPM	15
2.2	KAIZEN.....	19
2.3.	5S	21
2.4.	OEE	23
3	METODOLOGIA	25
3.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
3.1.	DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO	25
4	DESENVOLVIMENTO	34
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
	REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

O objetivo do TPM (*Total Productive Maintenance*, traduzindo Manutenção Produtiva Total), segundo Massaki Imai, é "estabelecer um sistema de manutenção preventiva que envolva todos os funcionários da empresa, criando uma cultura organizacional focada na melhoria contínua do desempenho dos equipamentos, máquinas e processos produtivos" (IMAI, 1994, p. 75).

Imai (1994) enfatiza que o TPM é uma abordagem holística que envolve toda a organização e busca maximizar a eficiência, a qualidade e a competitividade da empresa através da eliminação de perdas e desperdícios no processo produtivo. Além disso, o autor destaca que o TPM promove a participação ativa dos operadores de máquinas e equipamentos no processo de manutenção, incentivando o seu desenvolvimento técnico e contribuindo para uma maior conscientização sobre a importância da manutenção preventiva e da melhoria contínua na produção. Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo sobre TPM, com foco na sua aplicação em uma indústria metalúrgica.

Frequentemente, a empresa acredita que ao decidirem implementar o TPM, já pode praticar plenamente a Manutenção Autônoma. No entanto, delegar a responsabilidade de cuidar do equipamento ao operador, quando esse equipamento possui uma confiabilidade baixa, desconhecida ou instável, é uma atitude até certo ponto irresponsável. É por isso que é condenável implantar a Manutenção Autônoma sem fazer parte de um projeto mais amplo, iniciando o processo do zero como proposto pelo TPM, possuindo assim maior confiabilidade e melhor resposta do equipamento e operador.

O TPM é baseado em oito pilares fundamentais, que incluem: Manutenção Autônoma, Manutenção Planejada, Controle de Qualidade Total, Treinamento e Educação, Melhoria Contínua, Gerenciamento de Manutenção, Segurança, Saúde e Meio Ambiente, e Foco no Cliente. Cada um desses pilares é essencial para o sucesso da implementação do TPM.

1.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral vem como o intuito de restaurar a condição inicial do equipamento, para a implantação de TPM e treinamento de Manutenção Autônoma dos operadores. A manutenção realizada foi majoritariamente corretiva, sempre que era necessário algum tipo de intervenção devido a avarias. A intervenção englobou desde programação de autômatos, quadros elétricos, sensores, troca de equipamentos de montagem (de material de soldadura das peças, equipamentos de desgaste etc.). Por vezes foi necessário realizar uma manutenção preventiva a equipamentos mais específicos e/ou com uma produção de maior volume. Também foi possível integrar a equipe de manutenção, técnicos de processo e engenharia de projeto.

1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- a) O objetivo específico deste trabalho foi abordar as dificuldades encontradas na implementação do TPM em um determinado equipamento, devido à sua baixa confiabilidade e disponibilidade, bem como seu histórico de manutenção precária. Essas circunstâncias têm dificultado e frustrado a ação de Manutenção Autônoma por parte dos operadores, especialmente devido à sobrecarga de trabalho imposta a eles, resultante da necessidade de lidar com as constantes paradas do equipamento. Na realidade, quando o TPM é implantado de forma adequada em um equipamento confiável, ocorre um gerenciamento mais eficiente desses equipamentos, o que possibilita processos produtivos mais estáveis, graças à maior confiabilidade dos equipamentos, e reduz a sobrecarga do operador, proporcionando uma melhoria na qualidade.
- b) Restauração do equipamento para o estado original, implantação do TPM na injetora TK1600, criação de indicadores MTTR “Tempo Médio para Reparo” e MTBF “Tempo Médio Entre Falhas” na manutenção para a coleta de dados para correção de anomalias do equipamento, mostrando onde e quando se deve ser realizado um conserto, ou quando está máquina está suscetível a uma falha inesperada. Proporcionando assim a antecipação dos distúrbios mais frequentes, adotando a manutenção periódica e preditiva como forma de evitar paradas não previstas, gerando maior disponibilidade e eficiência.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão apresentados os conceitos sobre TPM (Manutenção Produtiva Total), uma abordagem abrangente para a gestão da manutenção e melhoria contínua dos equipamentos industriais. O TPM é baseado na ideia de que cada membro da organização, desde o operador até a equipe de manutenção, tem um papel fundamental na maximização da disponibilidade, desempenho e vida útil dos equipamentos.

2.1 TPM

Segundo Seiichi Nakajima, um dos principais benefícios do TPM (Manutenção Produtiva Total) é a redução dos custos de manutenção, uma vez que as falhas nos equipamentos são identificadas e corrigidas antes que ocorram danos mais graves. Além disso, o TPM tem o potencial de aumentar a produtividade, uma vez que os equipamentos ficam disponíveis por mais tempo, e contribui para a melhoria da qualidade do produto, devido à redução do número de defeitos. A abordagem abrangente do TPM visa otimizar o desempenho dos ativos industriais, proporcionando benefícios significativos para as empresas que o implementam.

Um livro que aborda o TPM de forma abrangente é "Total Productive Maintenance" de Terry Wireman (1990). Na página 21, o autor destaca que "o TPM é uma filosofia de negócio que se concentra na maximização da eficiência da produção através da eliminação de perdas relacionadas à manutenção". Wireman também destaca a importância da participação de todos os colaboradores no processo de implementação do TPM, bem como a necessidade de um forte comprometimento da alta administração. O TPM é uma abordagem abrangente de manutenção que pode trazer benefícios significativos para uma organização. A implementação do TPM requer o comprometimento de toda a equipe da organização, bem como uma forte liderança da alta administração.

TPM garante que o equipamento esteja 100% disponível e produzindo peças de qualidade para atender a demanda do consumidor.



Figura 1 - Avião em manutenção.

(Fonte:https://s2.glbimg.com/W_wGfG6nvfxJAEyki9ABW2PB1GU=/e.glbimg.com/og/ed/f/original/2016/06/02/aviao.jpg)

Imai defende que o sistema de manutenção corretiva tradicional é ineficiente e resulta em desperdícios, retrabalhos, perda de tempo, esforços humanos desnecessários e prejuízos financeiros para as indústrias. Ele enfatiza a importância de adotar uma abordagem proativa para a manutenção, em vez de apenas reagir às falhas. Imai argumenta que a manutenção preventiva e a melhoria contínua são fundamentais para evitar problemas e maximizar a eficiência dos processos industriais.

Como autor do livro "Kaizen: A Estratégia para o Sucesso Competitivo", Imai enfatiza a necessidade de uma mentalidade de melhoria contínua em todas as áreas da organização, incluindo a manutenção. Ele destaca a importância de identificar e eliminar as causas raiz dos problemas, adotar práticas de manutenção planejada e implementar sistemas como o TPM (Manutenção Produtiva Total) para melhorar o desempenho geral da organização.

Fazendo análise desse problema, passou-se a dar ênfase na manutenção preventiva. Com enfoque nesse tipo de manutenção, foi desenvolvido o conceito de manutenção produtiva total, conhecido pela sigla TPM que inclui programas de manutenção preventiva e preditiva.

2.1.1 A ORIGEM DO TPM

Há muita discussão sobre a origem da manutenção preventiva, frequentemente atribuída aos Estados Unidos. No entanto, é importante esclarecer que a Manutenção Produtiva Total (TPM) não foi desenvolvida nos Estados Unidos, mas sim no Japão, durante as décadas de 1950 e 1960, como parte do sistema de produção da Toyota, conhecido como Toyota Production System (TPS).

Essa perspectiva é respaldada por especialistas renomados, como Seiichi Nakajima, cujos extensos escritos sobre a TPM consolidam a sua origem japonesa. Além disso, estudos históricos sobre o sistema de produção da Toyota (TPS) corroboram essa visão.

O TPM foi desenvolvido com o objetivo de melhorar a eficiência e a eficácia das máquinas e equipamentos industriais, reduzindo custos de manutenção e aumentando a qualidade dos produtos. O sistema se baseia em oito pilares fundamentais:

1. Melhoria Contínua (Kaizen)
2. Manutenção Autônoma (Jishu Hozen)
3. Manutenção Planejada (Kikai Teiri)
4. Treinamento e Capacitação (Kyoiku)
5. Controle Inicial (Shoki Kanri)
6. Manutenção da Qualidade (Hinshitsu Hozen)
7. Segurança, Higiene e Meio Ambiente (Anzen Kanketsu)
8. Gerenciamento dos Equipamentos (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke)

O TPM se tornou muito popular no Japão e, posteriormente, foi adotado por muitas empresas ao redor do mundo. Nos Estados Unidos, o TPM foi introduzido na década de 1980 e desde então tem sido amplamente aplicado em empresas de diversos setores industriais, porque anteriormente a indústria trabalhava apenas com o conceito de manutenção corretiva, após a falha da máquina ou equipamento. Isso representava um custo e um obstáculo para a melhoria da qualidade.

Sendo assim ocorre o reconhecimento da importância da manutenibilidade e da confiabilidade como sendo postos-chave para a melhoria da eficiência das empresas. Surgiu, assim, a manutenção preventiva, ou seja, o enfoque da

manutenção passou a ser o de confiança no setor produtivo quanto à qualidade do serviço de manutenção realizado.

Na busca por uma maior eficiência da manutenção produtiva o sistema de produção da Toyota levou ao desenvolvimento do TPM. O TPM é um sistema abrangente que se baseia no respeito individual e na total participação dos empregados. A filosofia por trás do TPM é envolver todos os membros da organização, desde a equipe de manutenção até os operadores de máquinas, no cuidado e na melhoria contínua dos equipamentos.

Nessa época era comum:

- a) avanço na automação industrial;
- b) busca em termos da melhoria da qualidade;
- c) aumento da concorrência empresarial;
- d) emprego do sistema “*just-in-time*” - (na hora certa);
- e) maior consciência de preservação ambiental e conservação de energia;
- f) dificuldades de recrutamento de mão-de-obra para trabalhos considerados sujos, pesados ou perigosos;
- g) aumento da gestão participativa e surgimento do operário polivalente.

Esses diversos acontecimentos foram elementos-chave que impulsionaram o surgimento do TPM. As empresas que utilizavam as máquinas passaram a se preocupar em valorizar e preservar seu patrimônio, levando em consideração o custo do ciclo de vida desses equipamentos. Durante esse mesmo período, surgiram outras teorias com objetivos semelhantes, todas buscando melhorar a eficiência e a gestão dos ativos industriais.

PERÍODOS	ATÉ A DÉCADA DE 1950	DÉCADA DE 1950	DÉCADA DE 1960	DÉCADA DE 1980
ESTÁGIO CONCEITO	MANUTENÇÃO CORRETIVA	MANUTENÇÃO PREVENTIVA	MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO	MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)
REPARO CORRETIVO	X	X	X	X
GESTÃO MECÂNICA DA MANUTENÇÃO		X	X	X
MANUTENÇÃO PREVENTIVAS		X	X	X
VISÃO SISTEMÁTICA			X	X
MANUTENÇÃO CORRETIVA COM INCORPORAÇÃO DE MELHORIAS			X	X
PREVENÇÃO DE MANUTENÇÃO			X	X
MANUTENÇÃO PREDITIVA				X
ABORDAGEM PARTICIPATIVA				X
MANUTENÇÃO AUTÔNOMA				X

Figura 2 - Evolução do conceito de manutenção.

Construímos um programa TPM, envolvendo toda a empresa e habilitando-a para encontrar metas, tais como defeito zero, falhas zero, aumento da disponibilidade de equipamento e lucratividade.

2.1.2 OBJETIVO DO TPM

Segundo Masaaki Imai, o objetivo global da TPM é a melhoria da estrutura da empresa em termos materiais (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria-prima, produtos etc.) e em termos humanos (aprimoramento das capacitações pessoais envolvendo conhecimentos, habilidades e atitudes). A fim de estabelecer uma cultura de melhoria contínua em toda a organização, em que todos os membros da equipe estejam envolvidos na busca pela excelência e na maximização do desempenho geral da empresa.

As melhorias devem ser conseguidas por meio dos seguintes passos:

- a) Capacitar os operadores para conduzir a manutenção de forma voluntária.
- b) Capacitar os mantenedores a serem polivalentes, isto é, atuarem em equipamentos mecatrônicos.
- c) Capacitar os engenheiros a projetarem equipamentos que dispensem manutenção, isto é, o “ideal” da máquina descartável.
- d) Incentivar estudos e sugestões para modificação dos equipamentos existentes a fim de melhorar seu rendimento.

Eliminar as seis grandes perdas:

1. Perdas por quebra.
2. Perdas por demora na troca de ferramentas e regulagem.
3. Perdas por operação em vazio (espera).
4. Perdas por redução da velocidade em relação ao padrão normal.
5. Perdas por defeitos de produção.
6. Perdas por queda de rendimento.

Aplicar as cinco medidas para obtenção da “quebra zero”:

1. Estruturação das condições básicas.
2. Obediência às condições de uso.
3. Regeneração do envelhecimento.
4. Sanar as falhas do projeto (terotecnologia).
5. Incrementar a capacitação técnica.



Figura 3 - Conceito de "quebra zero".

Segundo Seiichi Nakajima em seu livro "TPM: Total Productive Maintenance" (Instituto de Qualidade Automotiva, 1988) para criarmos o conceito de “quebra zero”, nós temos que entender que uma quebra é causada por várias falhas visíveis, porém a falha visível é causada por várias falhas invisíveis como um iceberg (Figura 3). Logo,

se os operadores e a manutenção estiverem conscientes de que devem evitar as falhas invisíveis, a quebra deixará de ocorrer.

Nakajima fala também que as falhas invisíveis normalmente deixam e ser detectadas por motivos físicos ou psicológicos.

Motivos físicos: As falhas não são visíveis por estarem em local de difícil acesso ou encobertas por detritos e sujeiras.

Motivos psicológicos: As falhas deixam de ser detectadas devido à falta de interesse ou de capacitação dos operadores ou mantenedores.

Diagrama espinha de peixe: É uma construção gráfica simples que permite construir e visualizar rapidamente a sequência lógica das operações.

Segundo Seiichi Nakajima, renomado autor e especialista em manutenção, a manutenção pode ser dividida em corretiva, preventiva e preditiva, com finalidade básica de manter os equipamentos funcionando a maior parte do tempo e a custos mais baixos, a manutenção assume hoje um papel importantíssimo no contexto industrial, influenciando diretamente na produtividade e custos.

Manutenção Corretiva: É uma atividade realizada para corrigir um problema ou falha em um equipamento, sistema ou instalação, após o surgimento da falha. Ela é realizada após o equipamento apresentar um defeito ou parar de funcionar, visando restaurar as condições normais de operação. A manutenção corretiva é uma forma reativa de manutenção, ou seja, é realizada em resposta a um problema que já ocorreu. Ela é necessária quando a manutenção preventiva não foi capaz de evitar a falha, ou quando o equipamento é tão antigo que a manutenção preventiva não é mais suficiente para garantir sua operação.

A manutenção corretiva pode ser planejada ou não planejada. A manutenção corretiva planejada é realizada quando a falha pode ser prevista ou programada. Por exemplo, uma peça que apresenta um desgaste natural e deve ser substituída periodicamente. Já a manutenção corretiva não planejada é realizada quando a falha ocorre de forma inesperada e deve ser solucionada imediatamente para evitar maiores danos ou prejuízos. (Seiichi Nakajima).

Manutenção Preventiva: Consiste em exercer um controle sobre o equipamento, através de um conjunto de atividades planejadas e sistemáticas que têm como objetivo evitar ou minimizar falhas e defeitos em equipamentos, máquinas ou sistemas, através da realização de inspeções, ajustes, limpezas e trocas de peças, antes que ocorram problemas que possam causar interrupções ou reduzir a eficiência operacional.

A manutenção preventiva é realizada com base em um cronograma previamente definido, que leva em conta as especificidades de cada equipamento ou máquina, suas condições de uso, desgaste e obsolescência, além de normas técnicas e recomendações dos fabricantes. Dessa forma, a manutenção preventiva busca aumentar a confiabilidade, segurança e vida útil dos equipamentos e sistemas, reduzir os custos de manutenção corretiva e minimizar os impactos negativos sobre a produção e o meio ambiente. (Seiichi Nakajima).

Manutenção Preditiva: É um meio termo entre os dois tipos de manutenção anteriores. Consiste em se programar a parada no momento necessário, tanto para o equipamento como para o Processo produtivo. Isto é possível através do acompanhamento das condições da máquina e como estas condições variam com tempo. (Seiichi Nakajima).

Sendo uma estratégia de manutenção que utiliza dados e análises para prever quando uma máquina ou equipamento pode falhar e, assim, agendar a manutenção preventiva de forma proativa. Em vez de esperar que uma máquina ou equipamento apresente problemas ou falhas para, em seguida, realizar a manutenção corretiva, a manutenção preditiva monitora o desempenho da máquina ao longo do tempo e utiliza dados e análises para identificar problemas antes que ocorram.

Para identificar geralmente se utiliza sensores, sistemas de monitoramento e análise de dados para coletar informações sobre o desempenho de uma máquina ou equipamento. Com base nesses dados, é possível realizar previsões e identificar tendências que ajudam a determinar o momento mais apropriado para a realização da manutenção preventiva. Isso permite que as empresas minimizem o tempo de inatividade, maximizem a eficiência dos equipamentos e evitem reparos caros e inesperados. (Seiichi Nakajima).

<h2 style="text-align: center;">Manutenção Produtiva Total</h2> <p style="text-align: center;"><i>Desenvolvimento das Etapas de Implementação dos Pilares, Manutenção Autônoma, Manutenção Planejada e Melhoria Específica (Sistema de Implementação)</i></p>				
Fases	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
	Reduzir as variações dos espaços entre as quebras.	Prolongar a vida dos equipamentos.	Restaurar periodicamente as deteriorações.	Predizer a vida útil dos equipamentos a partir de suas condições.
Manutenção Autônoma	1ª Etapa - Limpeza, inspeção e etiquetagem. 2ª Etapa - Medidas contra as origens e pontos de difícil acesso. 3ª Etapa - Elaboração de padrões (check list provisório).	4ª Etapa - Inspeção Geral da Máquina.	5ª Etapa - Inspeção Geral do Processo.	6ª Etapa - Sistematização da Manutenção Autônoma. 7ª Etapa - Consolidação do Controle Autônomo.
Manutenção Planejada	1ª Etapa - Avaliação do equipamento e levantamento da situação atual.			
	2ª Etapa - Restauração das deteriorações e melhorias dos pontos deficientes (apoio à Manutenção Autônoma e prevenção de reincidências e problemas semelhantes).		Incorporação às atividades como Manutenção Corretiva.	
		3ª Etapa - Estruturação do controle de informações e dados.	Incorporação às atividades como Manutenção Periódica.	
		4ª Etapa - Estruturação da Manutenção Periódica.	5ª Etapa - Estruturação da Manutenção Preditiva.	6ª Etapa - Avaliar o sistema de Manutenção Planejada.
Melhoria Específica	1ª Etapa - Seleção do equipamento / linha / processo como modelo. 2ª Etapa - Organização das equipes de projeto.		Sistemas de Tratamento de Falhas	
	3ª Etapa - Detecção das perdas atuais.		Melhoria Contínua	
	4ª Etapa - Definição das metas e do prazo de implementação da melhoria. 5ª Etapa - Desdobramento do plano de melhoria.			
			6ª Etapa - Identificação do Fenômeno, Avaliação e Análise das causas dos problemas. 7ª Etapa - Implementação da melhoria. 8ª Etapa - Confirmação dos Efeitos	
				9ª Etapa - Tomada de providências para evitar recorrências 10ª Etapa - Replicação horizontal
	60 dias	60 dias	60 dias	60 dias

Certificação do Equipamento

Figura 4 - Fases de implementação dos pilares da manutenção. (Retirado do material de apoio do SALSP).

2.2 KAIZEN

De origem japonesa, Kaizen é uma palavra constituída de dois ideogramas: Kai, que representa mudança, e o Zen, virtude ou bondade. Kaizen é uma filosofia japonesa que enfatiza a melhoria contínua em todos os aspectos da vida, incluindo negócios, produtividade e vida pessoal. A palavra "kaizen" significa "melhoria" ou "mudança para melhor" em japonês, e a filosofia é baseada na ideia de que pequenas mudanças graduais podem levar a grandes melhorias a longo prazo.

Masaaki Imai, renomado especialista em gestão e autor do livro "Estratégia e técnica do kaizen no piso de fábrica", (O conceito de kaizen se concentra em identificar oportunidades de melhoria, implementando pequenas mudanças e medindo os resultados. Ele também enfatiza a importância da participação de todos os níveis da organização para alcançar a melhoria contínua). O kaizen é amplamente utilizado no

Japão e em muitas empresas ao redor do mundo como uma ferramenta para aumentar a eficiência, melhorar a qualidade, reduzir custos e aumentar a satisfação do cliente.



Figura 5 - Ideograma – Kaizen.

(Fonte: <https://www.kimia.com.br/metodo-kaizen-saiba-o-que-e-e-beneficios/>)

No Livro, “O Modelo Toyota: Manual de aplicação de Jeffrey K. Liker e David Meier”: A filosofia de Kaizen tem suas raízes no Japão do pós-guerra, na década de 1950, como parte da reconstrução do país. A metodologia foi desenvolvida por Masaaki Imai, fundador do Kaizen Institute, com base na filosofia do sistema de produção da Toyota, conhecido como Sistema Toyota de Produção (STP) ou Lean Manufacturing.

Masaaki Imai, renomado especialista em gestão empresarial, escreveu o livro "Gemba Kaizen: Estratégias e técnicas do kaizen no piso de fábrica", onde aborda a importância do Método Kaizen na busca pela melhoria contínua. Ele destaca que todos os indivíduos em uma empresa devem estar comprometidos com a redução de custos, a redução de desperdícios e o aumento da produtividade. O método Kaizen tem uma particularidade, pois para que realmente funcione todos os colaboradores - do CEO aos funcionários do chão de fábrica - fazem parte do processo de aplicação. A implementação do Kaizen ocorre em três etapas: antes, durante e depois do projeto.

Antes do projeto:

- a) Definição do líder do projeto;
- b) Definição da equipe;

- c) Identificação de oportunidades de melhoria (lembre-se que todos os desperdícios devem ser eliminados);
- d) Estabelecimento de metas e objetivos;
- e) Elaboração de plano de ação para execução das atividades;
- f) Análise do processo;
- g) Desenvolvimento de uma solução ideal.

Durante o projeto:

- a) Execução das atividades;
- b) Teste das melhorias;
- c) Discussão sobre o status e o andamento do projeto;
- d) Monitoramento constante dos resultados.

Após o projeto:

- a) Apresentação dos resultados;
- b) Estudo dos resultados;
- c) Padronização da solução;
- d) Planejamento do futuro para o início de uma nova melhoria.

“O importante é mudar sempre mesmo que estejamos crescendo e ganhando o jogo” Masaaki Imai (Criador do Kaizen).

2.3. 5S

Existem controvérsias sobre a autoria da técnica, com algumas referências do modelo Toyota de produção mencionando que ela foi desenvolvida por Hiroyuki Hirano. No entanto, a maioria dos estudos aponta que o 5S surgiu das ideias do professor Kaoru Ishikawa conhecido por suas contribuições para a qualidade total, é frequentemente associado ao desenvolvimento do conceito do 5S por autores, como Seiichi Nakajima, Masaaki Imai, Terry Wireman, entre outros.

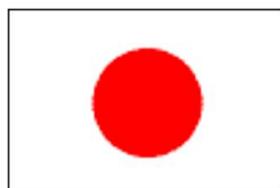
O 5S tem sua origem no Japão, onde a maioria aceita que foi desenvolvido pelo professor Kaoru Ishikawa na década de 1950. O método foi criado como parte do movimento de qualidade total que surgiu no país após a Segunda Guerra Mundial. O

objetivo era melhorar a eficiência e a qualidade das empresas japonesas, que precisavam se reconstruir após a guerra e competir no mercado global.

O método foi inicialmente aplicado nas fábricas, mas logo se espalhou para outros setores e países. Hoje em dia, é uma das ferramentas mais conhecidas e utilizadas em programas de gestão de qualidade em todo o mundo. Sendo uma metodologia de base para diferentes metodologias lean, Kanban, Six Sigma, Kaizen e o Just-in-Time. (Victor Mirshawka, 1993).

A metodologia promove uma maior segurança e saúde aos colaboradores, por conta da maior limpeza e das regras ergonômicas implantadas, melhorando a qualidade de vida dos funcionários no local de trabalho. Tendo como objetivo a manutenção da empresa e de seus processos em ordem, reduzindo o tempo de produção e aumentando os lucros das empresas.

A metodologia 5S é dividida em cinco sentidos, são eles:



整理 **SEIRI**
 整頓 **SEITON**
 清掃 **SEISO**
 清潔 **SEIKETSU**
 身美 **SHITSUKE**



Senso de Utilização
Senso de Ordenação
Senso de Limpeza
Senso de Saúde
Senso de Autodisciplina

Figura 6 - Imagem dos 5 sentidos.

(Fonte: Retirada do material de apoio do SALSP.)

1. Senso de Utilização; implica na eliminação de supérfluos, mantenha no local de trabalho apenas objetos e dados necessários, evite excesso e desperdícios de

qualquer natureza, utilizando os recursos adequados para as atividades específicas. “Nada mais, nada menos; só o necessário”.

2. Senda de Ordenação; implica identificar e colocar tudo em ordem, ter um layout funcional e prático, utilizar comunicação visual, ter um sistema para guardar e localizar rápido aquilo que se utiliza. “Um lugar para cada coisa, cada coisa em seu lugar”.
3. Senso de Limpeza; implica em limpar sempre e não sujar, limpar o que está sujo, criar o hábito de não sujar, inspecionar enquanto limpa, descobrir e eliminar fontes de sujeira. “Mais importante do que limpar é aprender a não sujar”.
4. Senso de Saúde; implica em manter a arrumação, limpeza, ordem e higiene em tudo, identificando oportunidade de melhorias quanto a segurança e ergonomia das atividades, cuidar do corpo e da mente, obedecer às normas de segurança, manter excelentes condições de higiene nas áreas comuns, estimular um clima de confiança, amizade e solidariedade. “Bons hábitos contribuindo para nossa saúde”.
5. Senso de Autodisciplina; implica a autodisciplina para fazer tudo espontaneamente, cumprimento de padrões, compartilhamento de informações, exercitar o aprendizado continuamente, sentir-se responsável pelo bem-estar coletivo, ter paciência e persistência. “Melhoria contínua, respeito, persistência e comprometimento”.

Os seus principais benefícios são melhoria na qualidade, redução de custos, aumento na satisfação do cliente, mais segurança, redução do desperdício e o aumento de produtividade

2.4. OEE

OEE significa "*Overall Equipment Effectiveness*" ou em português "Eficácia Geral do Equipamento". É uma métrica utilizada na indústria para medir a eficiência de um equipamento ou máquina em relação ao seu tempo de operação. (Seiichi Nakajima, 1988).

No livro TPM – Manutenção produtiva total de Nakajima, o OEE é calculado com base em três fatores principais: disponibilidade, desempenho e qualidade. A disponibilidade mede o tempo que o equipamento está disponível para produzir, o desempenho mede a velocidade com que o equipamento está produzindo em

comparação com sua capacidade máxima e a qualidade mede a porcentagem de produtos que atendem aos padrões de qualidade.

O OEE é calculado multiplicando a disponibilidade, o desempenho e a qualidade. O resultado é um valor entre 0 e 1, representando a eficácia geral do equipamento. Quanto mais próximo de 1, maior é a eficácia do equipamento.

O OEE é uma métrica importante para a indústria, pois permite identificar oportunidades de melhoria na operação do equipamento e aumentar a produtividade, reduzindo o tempo de parada, melhorando a velocidade de produção e aumentando a qualidade dos produtos. (Seiichi Nakajima, 1988).

3 METODOLOGIA

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho de conclusão de curso é fundamentado em conhecimento técnico-científico, que se baseia em informações reais e específicas. A obra de Seiichi Nakajima, "TPM - Manutenção Produtiva Total", é utilizada como referência para compreender a importância da medição e acompanhamento do desempenho dos equipamentos. Nesse contexto, realizamos uma avaliação da Injetora 4, conforme apresentado na figura 9, utilizando um indicador chave de desempenho chamado OEE (Eficácia Geral do Equipamento). O OEE é calculado considerando três componentes de desempenho: Disponibilidade, Desempenho e Qualidade. Ao medir e monitorar o OEE, identificamos uma baixa disponibilidade da máquina, o que nos leva a iniciar um estudo de caso para investigar e solucionar esse problema.

3.1. DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O trabalho foi realizado na empresa ALS Automotiva S.A., tendo 1920 colaboradores, sediada no endereço: Rua Capiberibe, nº1600, Bairro: Cidade Industrial, Cidade: Curitiba, Estado: Paraná, CEP:8146-070 - A ALS é uma empresa de capital nacional, que desde 1993 atende as principais montadoras e sistemistas do mercado automotivo e ferroviário. Com atuação no segmento de usinagem, forjaria, fundição de alumínio e ferro, a empresa prima pela qualidade, produtividade, inovação tecnológica e respeito aos clientes e como resultado, a ALS tornou-se especialista em usinagem de componentes de alta precisão. A Figura 7 apresenta os principais clientes.



Figura 7 - Clientes ALS Automotiva S.A.

(Fonte: Foto retirada do site da ALS Automotiva S.A.)

A empresa tem como missão alcançar a excelência mundial em Fundição de Alumínio e Ferro, Forjaria e Usinagem, com o objetivo de superar as expectativas de seus clientes por meio do uso de tecnologia inovadora e melhoria contínua da qualidade. Valores como a responsabilidade socioambiental e a valorização dos talentos humanos são considerados essenciais para a geração de crescimento autossustentável.

Sendo hoje 98 modelos de peças fabricadas pela ALS Automotive S.A. tendo como foco principal o ramo automotivo, porém atendendo também o ramo de empresa bélica, ferroviária e sistemistas. Embaixo temos alguns exemplos de peças fabricadas pela ALS, sendo elas fundidas, forjadas e usinadas.



Figura 8 - Bloco de motor, cabeçote, biela, ajustador de freio, carcaça de cambio, cárter de óleo, ponta de eixo, tampa do cabeçote e virabrequim, (ler da esquerda para a direita).

(Fonte: Retirado do site da ALS Automotive S.A.)

As atividades foram realizadas na ALS Automotive S.A., na área de Desenvolvimento e Melhorias, nas datas de 01/08/2022 à 11/11/2022, de segunda-feira a segunda-feira das 10h00 às 17h00, tendo como foco principal a implementação de ferramentas Lean Manufacturing do SALSP (Sistema ALS de Produção) sendo elas 5S, TPM e Kaizen.

Assim, o mercado atual é um mercado global onde cada vez mais a evolução tecnológica tem uma presença preponderante e onde os clientes são cada vez mais exigentes, querendo cada vez mais produtos de alta qualidade a baixos preços. O mercado tornou-se cada vez mais competitivo e as organizações têm cada vez mais de tomar medidas para conseguirem competir de igual para igual com os seus concorrentes diretos cumprindo os seus objetivos perante os seus clientes de uma forma eficaz, eficiente e rentável.

Recentemente, estávamos enfrentando dificuldades para fechar lotes de produção, então decidimos analisar o desempenho da nossa injetora 4, que vinha sendo o gargalo de produção por 3 meses. Nossa análise começou com a investigação do motivo pelo qual a injetora de alumínio TK1600 estava apresentando um OEE abaixo da meta de 60%. OEE é o principal indicador de efetividade global de um equipamento e é amplamente utilizado nas indústrias de manufatura. A sigla OEE significa *Overall Equipment Effectiveness*, ou seja, Eficácia Geral do Equipamento. Após a análise do OEE, identificamos rapidamente uma baixa disponibilidade da máquina. Observamos que as maiores paradas ocorriam na hora de fechar o molde, quando a máquina não conseguia fechar corretamente e, ao mesmo tempo, quando conseguia, ela projetava metal.

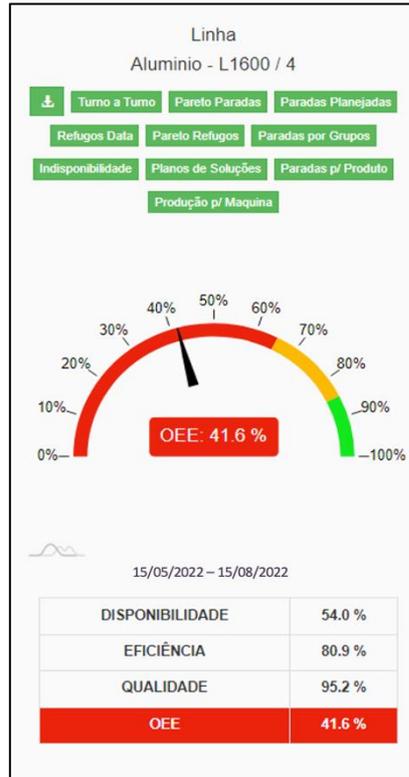


Figura 9 - OEE dos últimos 3 meses da Injetora 4.

(Fonte: Retirado do sistema da ALS Automotive S.A.)

Sendo assim foi convocado um Kaizen de TPM onde foi montado uma equipe com um representante de cada área produção (Figura 10), engenharia de processo, engenharia de projeto, manutenção, ferramentaria, qualidade, com isso conseguimos levantar alguns problemas presentes na hidráulica e nas travas de fechamento do molde, porém ainda não tendo encontrado o que necessitávamos para a melhora no desempenho do equipamento e sanado o nosso principal problema de fechamento.



Figura 10 - Equipe de Kaizen de TPM.

(Fonte: Foto tirada no celular André Luiz Scolari (2022)).

Convocamos uma reunião com os diretores e gerentes (Figura 11), para nos ajudarmos na avaliação dos pontos que estávamos atacando, sendo assim eles deram a sugestão de chamar o representante autorizado da injetora, para fazer um levantamento detalhado de todos os problemas presentes que conhecíamos e dos que não conhecíamos.

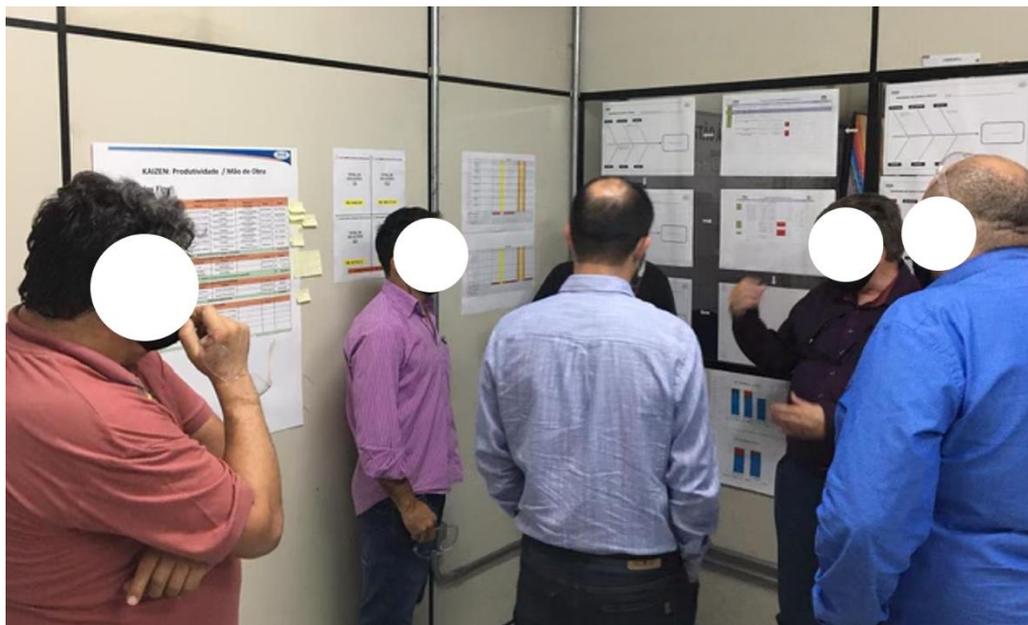


Figura 11 - Reunião com diretores e gerentes.

(Fonte: Foto tirada no celular André Luiz Scolari (2022)).

Foi realizado a visita técnica para a avaliação do estado geral da máquina em operação. A máquina apresenta baixa eficiência no sistema de injeção, por falta de repetibilidade no processo e pouco recurso de ajuste para o processo. Abaixo serão apontadas as deficiências encontradas na visita técnica.

Hidráulica Geral: Sistema hidráulico com óleo contaminado com partículas; Vazamentos externos provocando a perda de óleo e baixando o nível do reservatório; Falta de manômetros de vácuo para análise dos filtros de sucção; Falta dos elementos filtrantes dos filtros de pressão; Nível de óleo baixo; Manômetros de pressão defeituosos; Controle de pressão e vazão com baixa precisão; Filtros de aeração não atuando; Vazamentos internos provocados por atuadores; Vazamentos internos provocados por componentes hidráulicos desgastados ou mal funcionamento; Limpeza geral do sistema de troca de calor; As válvulas direcionais e de seguranças do controle de pressão estão defeituosas; As válvulas proporcionais de controle de pressão e vazão estão 75% a 85% das condições de trabalho; Todas as válvulas direcionais estão com desgastes prematuros devido as más condições de trabalho; Filtragem geral de óleo; Flushing de todo o circuito hidráulico.

Injeção: Válvula da primeira fase de injeção defeituosa; Servo-Válvula defeituosa; Válvulas direcionais com vazamentos internos; Válvulas de segurança com vazamento interno; Falta de manômetros; Falta de elementos filtrantes alta

pressão; possível vazamentos internos nos cilindros de injeção e intensificador; possível vazamento interno nos acumuladores; As condições gerais de todas as válvulas proporcionais estão entre 80 e 90%. Sistema analógico para controle de velocidades não apresentam precisão; conectores elétricos danificados; cabeamento ressecado ou curto; acionamento das válvulas sem interface (direto do PLC).

Fechamento: Este equipamento está com a placa traseira rachada no reforço que sustenta as colunas guias; Desgastes nos embuchamentos de bronze; Desgaste nos bronzes das sapatas; Riscos profundos no cromo das colunas; Afundamento nas placas; Desgaste nas fitas de aço; Não foi possível avaliar o sistema de lubrificação; Não foi possível avaliar mais avarias causadas pela trinca na placa traseira; Correção do controle de esforço das colunas (celular de carga).

Após fazer as correções mecânicas de desgastes, fazer o paralelismo com ChipForce.

Ejetores, Clamps e Machos: Fazer a revisão dos atuadores e válvulas; Fazer a revisão das tubulações e mangueiras; Instalar filtros de retorno para que os machos não contaminem o óleo do reservatório, corrigir acabamento; Fazer correção de acabamentos e substituição de sensores defeituosos.

Motor hidráulico e retração de coluna: Não possui motor hidráulico; Revisar todos os cilindros da retração da coluna; revisar ou substituir as válvulas direcionais do circuito de retração da coluna e acionamento do motor hidráulico; Corrigir cabeamento de acionamentos; Substituir sensores que não atuam.

Após a análise do relatório passado na visita técnica, vimos que não tínhamos identificado a placa traseira rachada no reforço que sustenta as colunas guias (Figura 12), tendo em vista que para este conserto necessitamos de 3 a 5 meses de máquina parada, devido a importações de peças da China, país onde se fábrica a injetoras TK.

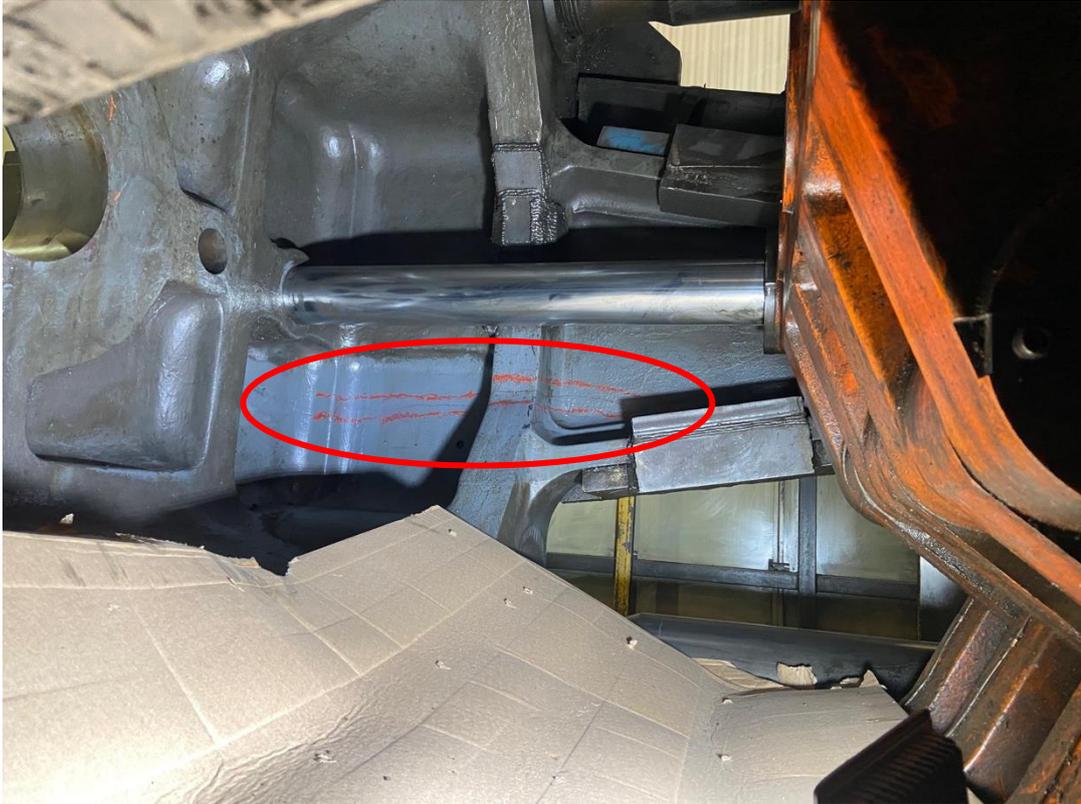


Figura 12 - Placa traseira rachada, destacado em vermelho.

Feito todo o levantamento, foi identificado a necessidade de compra de 48 modelos de diferentes peças a serem importadas, sendo um total de 137 peças (Figura 13).

Ordem apresentada a diretoria, que necessita aprovar a compra das peças, porém a nossa maior dificuldade que não esperávamos era a própria TK Machinery Co. não se dispor da peça principal, a REAR PLATEN ou placa traseira a pronta entregar, ela nos solicitou 47 dias para entrega de uma base nova, ficando refém da empresa, pois ela é a única fornecedora e fabricante de peças.

Orçamento de Peças				
DCC 1600	S/N:1352049601			
Item	Part No.	Nome	Especificação	Quantidade
1	2116-02517	Proportional throttle valve	LIQZ0-TE-2252L4/Q	1
2	2116-08033	Servo valve	TDP080EH99C2NBO	1
3	11494335500	Cover for Cartridge valve (4)	DCC2000/DCC1600	1
4	2113-06201	Pressure valve	DBDS 20 P1X/200	2
5	2112-10205	Directional valve	EP-10W-2A-02-N-05-HDD	2
6	2140-00077	Pressure gauge	MBB-R-250-1	12
7	2140-00082	Pressure gauge	MBB-U10-600-1	1
8	2104-00700	Hydraulic motor	700-2K1-E87-41-ZAAAA	1
9	2115-01101	Proportional pressure valve	DBET-6X/200g24K4V-50	1
10	2116-04023	Proportional throttle valve	TDA040EW09A2NXW	1
11	2113-01301	Pressure valve	ZDB 6 VP2-4X/200V	3
12	2112-12201	Directional valve	4WE 6 D6X/EG24N9K4	8
13	2105-20060	Hydraulic pump	4535V-60AM38-86BB-22-R	1
14	2142-82013	Oil suction filter	QD520-Y50	1
15	2142-00133	High pressure filter	0-18P-1-05QH-TW6-X-B2B2-11	3
16	2140-00082	Pressure gauge	MBB-U10-600-1	2
17	2142-00044	Filter	BU100E	3
18	2682-00603	Pressure & flow amplifier board	LKFP-03A	1
19	2682-00086	Flow amplifier board	PCD 00A-400-11	2
20	1,21462E+14	Rear platen	DCC1600	1
21	12312107301	Copper bush for die close LS rod	IMPRESS-III-PLUS DCC1250	1
22	11462114101	Copper bush of rear platen	DCC1600	4
23	11462112201	Copper bush of rear platen (2)	IMPRESS-II DCC1600	4
24	11462201100	Big steel Bush	DCC1600	6
25	11462203100	Big steel Bush (2)	DCC1600	4
26	12312112000	Dust removal rubber for steel strip	IMPRESS-III-PLUS DCC1250/DCC1600	4
27	12312109401	Copper bush for die adjust gear	IMPRESS-III-PLUS DCC1250/DCC1600	1
28	12312125400	Baffle plate for	IMPRESS-III-PLUS DCC1250/DCC1600	4
29	1CB16002-101601	Copper bush of MP platen (1)	250x292x170	8
30	1CB16002-104204	Copper plate for MP sideway	DCC1600B	2
31	"121462168243400	Cooper plate for die carrier sideway (1)	DCC1600	2
32	11462107900	Rear platen sideway shoe	DCC1600	2
33	11465404001	Steel strip	DCC1600	2
34		Cooper bush for cross head	130x150x225	2
35	2209-90004	Dust seal	DIS 250x263x7x9,5	12
36	2209-40010	Dust seal	DSI 130X143X7X9,5	4
37	11462115100	Die adjust big gear	DCC1600	1
38	11462300000	Die close cylinder assembly	DCC1600	1
39	5460-90029	Toggle lubrication system	DCC1600	1
40	2112-12201	Directional valve	4WE 6 D6X/EG24N9K4	4
41	2113-01301	Pressure valve	ZDB 6 VP2-4X/200V	4
42	2112-12201	Directional valve	4WE 6 D6X/EG24N9K4	4
43	2112-30401	Directional valve	4WE 10 J3X/CG24N9K4	4
44	1CB16002-101201	Guide rod for cross head	DCC1600B	2
45	2990-00020	Felt	3/8"	1
46	1CB16002-400200	Ejector cylinder sleeve	D190XD260X420	2
47	1CB16002-404900	Ejector piston connection rod	D189.5X1011	2
48	2105-20071	Hydraulic pump	4535V-42A30-1DD-22R	1

Figura 13 - Lista de peças necessárias para manutenção da injetora LK 1600.

4 DESENVOLVIMENTO

O real trabalho se iniciou com a proposta de implementar o sistema de TPM na injetora 1600/04, mas após a atividade de etiquetagem dos pontos de manutenções necessários, identificamos que seria necessário fazer uma intervenção na máquina, pelo alto número de cartões de TPM apontados e principalmente após a descoberta de uma trinca na base de fechamento.

À vista disso a injetora estava trabalhando abaixo da sua capacidade, por motivo da trinca na base, a sua estrutura trabalhava empenando na hora do fechamento de molde, fazendo assim um fechamento parcial e projetando matéria prima para área externa, além de produzir peças de refugo, devido a falta de material em algumas áreas das peças produzidas e alguns pontos de manchas.

Tendo todas as informações levantadas e equipe de TPM montada para atuação, foi montado um cronograma de atividades de desmontagem e montagem a serem executadas na máquina. Iniciou-se primeiro com a lavagem com desengraxante e água quente da parte interna e externa da máquina até a retirada da última peça necessária para revisão, recuperação ou até mesmo a substituição.

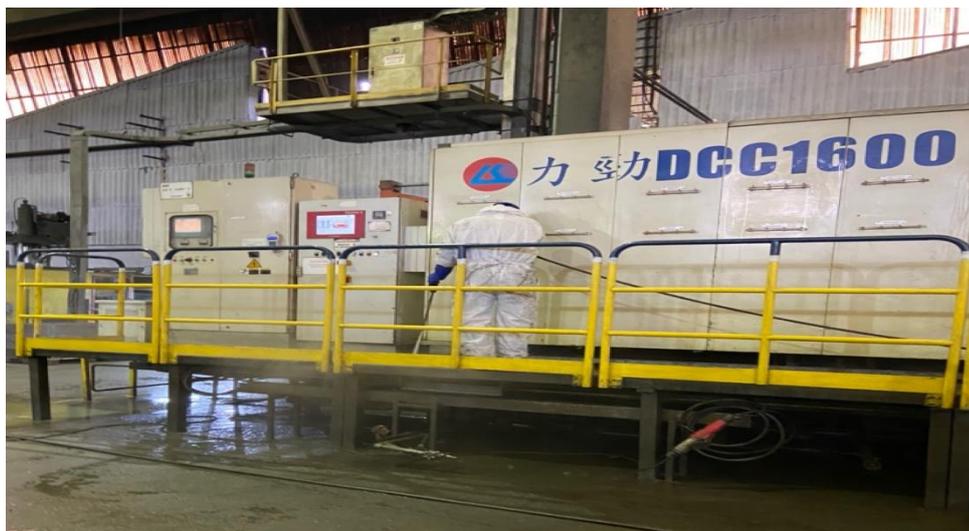


Figura 14 - Lavagem da injetora.

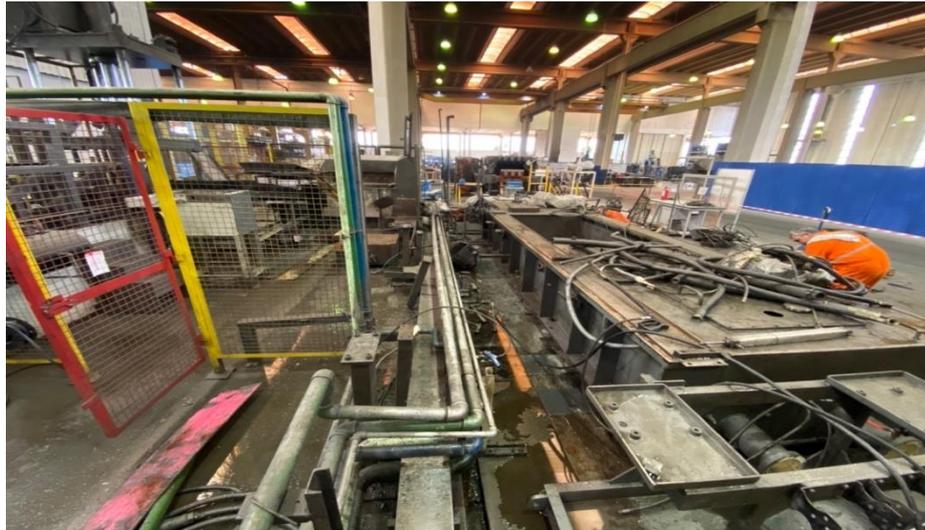


Figura 15 - Máquina 100% desmontada, ficando somente a base.

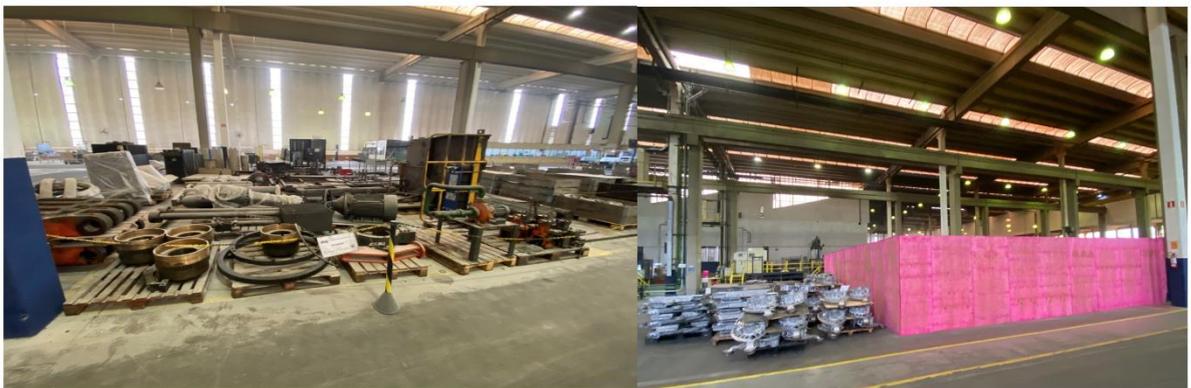


Figura 16 - Área de segregação de peças, após a desmontagem a área de peças cercada.

Acordado com o cronograma de desmontagem da máquina (figura 17), foram necessários 54 dias, 6 operadores e 1 especialista. Conforme as peças eram retiradas com ajuda da ponte rolante, alocávamos e identificávamos sobre pallets em uma área destinada exclusivamente a segregação de peças da injetora, sendo posteriormente avaliadas suas condições e estado.

Nº	DESMONTAGEM INJETORA 1600/04	DURAÇÃO (DIA)	INÍCIO	CONCLUSÃO
1	BASE MÓVEL DE ALTURA DE MOLDE	5,5	18/08/2022	23/08/2022
2	RETIRAR TETO	0,5	18/08/2022	18/08/2022
3	LAVAR A MÁQUINA POR COMPLETO	1	18/08/2022	19/08/2022
4	RETIRAR CILINDRO DO SISTEMA DE FECHAMENTO	0,5	19/08/2022	20/08/2022
5	RETIRAR AS PORCAS DAS COLUNAS	1	19/08/2022	20/08/2022
6	RETIRAR SISTEMA DE FECHAMENTO (COROA E MOTOR SEM FIM) DO FECHAMENTOS DAS COLUNAS	1	20/08/2022	21/08/2022
7	RETIRAR AS COLUNAS INTERNAS DE GUIA DA BRAÇAGEM	1	21/08/2022	22/08/2022
8	RETIRAR OS PINOS DE LIGAÇÃO DO JOELHO COM A PLACA DE ALTURA DE MOLDES	1	22/08/2022	23/08/2022
9	RETIRAR O SISTEMA DE JOELHO DE TRANSMISSÃO	4	23/08/2022	27/08/2022
10	RETIRAR PINOS DO JOELHO DA BRAÇAGEM DE LIGAÇÃO DA PLACA MÓVEL	2	23/08/2022	25/08/2022
11	DESMONTAR E RETIRAR O JOELHO	2	25/08/2022	27/08/2022
12	DESMONTAR O SISTEMA DE BRAÇAGEM PARA TROCAR OS PINOS GASTOS	2	23/08/2022	25/08/2022
13	REMOVER TODO O SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO DA BRAÇAGEM	1	25/08/2022	26/08/2022
14	RETIRAR AS 4 COLUNAS	4	26/08/2022	30/08/2022
15	REMOVER COLUNA 1	1	26/08/2022	27/08/2022
16	RETIRAR AS PORCAS DA COLUNA DO LADO DA BASE FIXA	0,5	27/08/2022	28/08/2022
17	REMOVER COLUNA 2	1	28/08/2022	29/08/2022
18	RETIRAR AS PORCAS DA COLUNA DO LADO DA BASE FIXA	0,5	29/08/2022	29/08/2022
19	REMOVER COLUNA 3	1	29/08/2022	30/08/2022
20	RETIRAR AS PORCAS DA COLUNA DO LADO DA BASE FIXA	0,5	30/08/2022	31/08/2022
21	REMOVER COLUNA 4	1	31/08/2022	01/09/2022
22	RETIRAR AS PORCAS DA COLUNA DO LADO DA BASE FIXA	0,5	01/09/2022	01/09/2022
23	RETIRAR CILINDRO EXTRATOR DA PLACA MÓVEL	5	01/09/2022	06/09/2022
24	DESMONTAR E RETIRAR O CILINDRO EXTRATOR ALOJADO NA PLACA MÓVEL	2	01/09/2022	03/09/2022
25	RETIRAR AS BUCHAS DO CILINDRO EXTRATOR	1	03/09/2022	04/09/2022
26	RETIRAR A HASTE E EMBOLO DO CILINDRO EXTRATOR	1	04/09/2022	05/09/2022
27	RETIRAR SISTEMA HIDRÁULICO DO CILINDRO EXTRATOR	1	05/09/2022	06/09/2022
28	RETIRAR PLACA MÓVEL E AS SAPATAS DE AJUSTE	3,5	06/09/2022	10/09/2022
29	RETIRAR A PLACA MÓVEL	1	06/09/2022	07/09/2022
30	RETIRAR AS SAPATAS DA PLACA MÓVEL PARA TROCAR BRONZE	0,5	07/09/2022	08/09/2022
31	FAZER DESLIGAMENTO DA PARTE ELÉTRICA DA PLACA MÓVEL	1	08/09/2022	09/09/2022
32	PEGAR MEDIDAS DE ALTURA DAS SAPATAS ANTES DE DESMONTAR	0,5	09/09/2022	09/09/2022
33	RETIRAR E DESMONTAR O CONJUNTO HIDRÁULICO DA PLACA MÓVEL	1	09/09/2022	10/09/2022
34	RETIRAR O CARRO PORTA MOLDE	2	10/09/2022	12/09/2022
35	FAZER DESLIGAMENTO DO CARRO PORTA MOLDE	1	10/09/2022	11/09/2022
36	DESLIGAR O HIDRÁULICO DO CARRO PORTA MOLDE	1	11/09/2022	12/09/2022
37	RETIRAR A PLACA FIXA	1	11/09/2022	12/09/2022
38	FAZER LIMPEZA E RETIRAR A PLACA FIXA	1	11/09/2022	12/09/2022
39	DESLIGAR E RETIRAR A PARTE HIDRÁULICA DA PLACA FIXA	1	11/09/2022	12/09/2022
40	REVISAR TODO CONJUNTO HIDRÁULICO DE ABERTURA E FECHAMENTO	9	11/09/2022	20/09/2022
41	FAZER ABERTURA DO CILINDRO DE FECHAMENTO	1	11/09/2022	12/09/2022
42	FAZER ABERTURA DO CILINDRO DO TIRO	2	12/09/2022	14/09/2022
43	RETIRAR BLOCOS HIDRÁULICOS	1	14/09/2022	15/09/2022
44	RETIRAR VÁLVULAS DOS BLOCOS HIDRÁULICOS DE FECHAMENTO PARA REVISÃO E LIMPEZA	1	14/09/2022	15/09/2022
45	RETIRAR VÁLVULAS DOS BLOCOS HIDRÁULICOS ABERTURA PARA REVISÃO E LIMPEZA	1	15/09/2022	16/09/2022
46	RETIRAR E REVISAR MANGUEIRAS HIDRÁULICAS	1	16/09/2022	17/09/2022
47	RETIRAR VÁLVULAS PROPORCIONAIS E O SERVO DO TIRO PARA REVISÃO	1	17/09/2022	18/09/2022
48	RETIRAR CONJUNTO DAS GARRAFAS DOS CILINDROS DE NITROGÊNIO PARA REVISÃO	1	18/09/2022	19/09/2022
49	TROCAR REGISTROS DE ESGOTAMENTO DAS GARRAFAS	1	19/09/2022	20/09/2022
50	RECUPERAÇÃO DAS 4 COLUNAS	16	20/09/2022	06/10/2022
51	FAZER RECUPERAÇÃO DAS COLUNAS DA MÁQUINA	16	20/09/2022	06/10/2022
52	CONFECÇÃO DAS BUCHAS	20	20/09/2022	10/10/2022
53	CONFECIONAR BUCHAS DAS PLACAS MÓVEIS E ESTACIONARIA	20	20/09/2022	10/10/2022
TOTAL DE DIAS PARA DESMONTAGEM		54		

Figura 17 - Cronograma de desmontagem da máquina.

Após a desmontagem total, tivemos um intervalo de 2 dias, devido a demora de desembaraço no porto seco da placa traseira, porque sem essa peça não poderíamos iniciar a montagem, com isso, utilizamos para organização e conferência de todas as peças recuperadas, confeccionadas e novas conforme a lista da (Figura 13).



Figura 18 - Chegada da placa traseira.



Figura 19 - Conferência de peças novas.

Na data 13/10/2022 – quinta feira, iniciamos a montagem das peças pela parte hidráulica, conferência de mangueiras, tanques de abastecimentos, no decorrer do processo se levou 26 dias para montar a placa fixa e móvel, colocar o carro porta molde, ajustar as sapatas, montar cilindro extrator, colocar sistema de joelho de transmissão, montar as 4 colunas, alinharmos todas as peças e no dia 08/11/2022 iniciarmos os testes gerais da máquina com injeção de metal.

Nº	MONTAGEM INJETORA 1600/04	DURAÇÃO (DIA)	INÍCIO	CONCLUSÃO
1	MONTAR TODO CONJUNTO HIDRÁULICO DE ABERTURA E FECHAMENTO	6	13/10/2022	19/10/2022
2	FECHAR E TERMINAR A MONTAGEM DO CILINDRO DE FECHAMENTO	1	13/10/2022	14/10/2022
3	FECHAR E TERMINAR A MONTAGEM DO CILINDRO DE TIRO	1	13/10/2022	14/10/2022
4	COLOCAR BLOCOS HIDRÁULICOS REVISADOS	1	14/10/2022	15/10/2022
5	COLOCAR VÁLVULA DOS BLOCOS HIDRÁULICOS DO FECHAMENTO REVISADAS	1	14/10/2022	15/10/2022
6	COLOCAR VÁLVULA DOS BLOCOS HIDRÁULICOS DA ABERTURA	1	15/10/2022	16/10/2022
7	COLOCAR MANGUEIRAS NOVAS E REVISADAS NO SISTEMA HIDRÁULICAS	1	16/10/2022	17/10/2022
8	INSTALAR VÁLVURAS PROPORCIONAIS E A SERVO REVISADAS	1	16/10/2022	17/10/2022
9	MONTAR CONJUNTO DAS GARRAFAS E DOS CILINDROS DE NITROGÊNIO PARA REVISÃO	1	17/10/2022	18/10/2022
10	CERTIFICAR A LIMPEZA DO TANQUE E FECHAR TAMPAS	1	18/10/2022	19/10/2022
11	VOLTAR E MONTAR A PLACA FIXA	3	19/10/2022	22/10/2022
12	MONTAR A PLACA FIXA NO LOCAL E FAZER AJUSTES	2	19/10/2022	21/10/2022
13	MONTAR E RELIGAR A PARTE HIDRÁULICA DA PLACA FIXA	1	21/10/2022	22/10/2022
14	COLOCAR O CARRO PORTA MOLDES	2	22/10/2022	24/10/2022
15	RECOLOCAR E LIGAR SISTEMA DO CARRO PORTA MOLDES	1	24/10/2022	25/10/2022
16	LIGAR O HIDRÁULICO DO CARRO PORTA MOLDES	1	25/10/2022	26/10/2022
17	COLOCAR PLACA MÓVEL E AS SAPATAS DE AJUSTE	3	26/10/2022	29/10/2022
18	RETORNAR A PLACA MÓVEL NA MÁQUINA	1	26/10/2022	27/10/2022
19	COLOCAR AS SAPATAS DA PLACA MÓVEL PARA TROCAR BRONZE AJUSTADAS	1	26/10/2022	27/10/2022
20	FAZER RELIGAMENTO DA PARTE ELÉTRICA DA PLACA MÓVEL	1	27/10/2022	28/10/2022
21	CONFERIR AS MEDIDAS DE ALTURA DAS SAPARAS ANTES DE MONTAR	1	27/10/2022	28/10/2022
22	RETORNAR E COLOCAR O CONJUNTO HIDRÁULICO DA PLACA MÓVEL REVISADO	1	28/10/2022	29/10/2022
23	RETORNAR CILINDRO EXTRATOR DA PLACA MÓVEL	2	29/10/2022	31/10/2022
24	MONTAR O CILINDRO EXTRATOR ALOJADO NA PLACA MÓVEL	1	29/10/2022	30/10/2022
25	COLOCAR AS BUCHAS DO CILINDRO EXTRATOR	1	29/10/2022	30/10/2022
26	COLOCAR A HASTE E EMBOLO DO CILINDRO EXTRATOR	1	29/10/2022	30/10/2022
27	VOLTAR SISTEMA HIDRÁULICO DO CILINDRO EXTRADOR	1	30/10/2022	31/10/2022
28	TESTAR FUNCIONAMENTO ANTES DE MONTAR	1	30/10/2022	31/10/2022
29	COLOCAR O SISTEMA DE JOELHO DE TRANSMISSÃO	2	31/10/2022	02/11/2022
30	COLOCAR PINOS NOVOS DO JOELHO DA BRAÇAGEM DE LIGAÇÃO DA PLACA MÓVEL	1	31/10/2022	01/11/2022
31	MONTAR E COLOCAR O JOELHO DE BRAÇAGEM FORA DA MÁQUINA	1	31/10/2022	01/11/2022
32	MONTAR JOELHO DE BRAÇAGEM NO LOCAL DE TRABALHO	1	01/11/2022	02/11/2022
33	FAZER VISTORIA E COLETAR PONTO A PONTO DE TODO SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO DA BRAÇAGEM	1	01/11/2022	02/11/2022
34	MONTAR AS 4 COLUNAS	2	02/11/2022	04/11/2022
35	MONTAR COLUNA 1	1	02/11/2022	03/11/2022
36	COLOCAR AS PORCAS DA COLUNA DO LADO DA BASE FIXA	1	02/11/2022	03/11/2022
37	MONTAR COLUNA 2	1	02/11/2022	03/11/2022
38	COLOCAR AS PORCAS DA COLUNA DO LADO DA BASE FIXA	1	02/11/2022	03/11/2022
39	MONTAR COLUNA 3	1	03/11/2022	04/11/2022
40	COLOCAR AS PORCAS DA COLUNA DO LADO DA BASE FIXA	1	03/11/2022	04/11/2022
41	MONTAR COLUNA 4	1	03/11/2022	04/11/2022
42	COLOCAR AS PORCAS DA COLUNA DO LADO DA BASE FIXA	1	03/11/2022	04/11/2022
43	COLOCAR BASE MÓVEL DE ALTURA DE MOLDE	4	04/11/2022	08/11/2022
44	COLOCAR OS PINOS DE LIGAÇÃO DO JOELHO COM A PLACA DE ALTURA DE MOLDES	1	04/11/2022	05/11/2022
45	COLOCAR CILINDRO DO SISTEMA DE FECHAMENTO	1	04/11/2022	05/11/2022
46	COLOCAR AS PORCAS DAS COLUNAS	1	04/11/2022	05/11/2022
47	COLOCAR SISTEMA DE FECHAMENTO (COROA E MOTOR SEM FIM) DO FECHAMENTO DAS COLUNAS	1	05/11/2022	06/11/2022
48	COLOCAR AS COLUNAS INTERNAS DE GUIA DA BRAÇAGEM	1	05/11/2022	06/11/2022
49	COLOCAR OS PINOS DE LIGAÇÃO DO JOELHO COM A PLACA DE ALTURA DE MOLDES	1	05/11/2022	06/11/2022
50	FAZER ACERTO DE FECHAMENTO E AJUSTE DAS PORCAS DAS HASTES	1	05/11/2022	06/11/2022
51	TESTAR FECHAMENTO E ABERTURA DAS TRAVAS DO MOLDE	2	06/11/2022	08/11/2022
52	TESTE GERAL DE MÁQUINA	2	08/11/2022	10/11/2022
53	TESTE GERAL DE MÁQUINA	2	08/11/2022	10/11/2022
TOTAL DE DIAS PARA MONTAGEM		26		

Figura 20 - Cronograma de montagem da máquina.



Figura 21 - Máquina montada com base, placa traseira e 4 colunas.



Figura 22 - Início de teste hidráulico de fechamento.



Figura 23 - Máquina já montada, iniciado teste e pintura.



Figura 24 - Primeiras 6 peças de injeção de teste.

Nos primeiros testes (Figura 24), continuamos tendo problemas de fechamento, devido ao desalinhamento das placas traseira e dianteira com o joelho hidráulico e pressão incorreta nas válvulas de injeção, mas posteriormente na 4ª peça já conseguimos obter o fechamento total de molde e a peça com qualidade dentro dos padrões especificados pelo cliente. Ao mesmo tempo em que os testes estavam sendo

feitos, foi iniciado a pintura total da máquina e da área entorno (Figura 25), demarcando assim os limites e zonas de segurança, como também identificação e etiquetagem de itens. Um lugar para cada coisa, cada coisa em seu lugar.



Figura 25 - Máquina pronta, finalizada com pintura e demarcações de área.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após 80 dias de trabalho, incluindo sábado e domingo, concluímos que a manutenção de máquinas é uma atividade crucial para garantir a eficiência e a produtividade dos equipamentos industriais. Através da manutenção, é possível identificar e corrigir problemas antes que eles se tornem graves, prolongando a vida útil das máquinas e minimizando custos com reparos e substituições.

Porque para funcionar uma metodologia e garantir a sua eficácia, necessitamos muito da participação os diretores, gerentes e coordenadores, não deixando esta responsabilidade somente na área da operação, recarregando uma área onde não tem recurso disponível para atuar e posteriormente sendo surpreendido assim pelo seu maior inimigo, a quebra.

Existem vários tipos de manutenção, incluindo a preventiva, corretiva e preditiva. Cada uma tem suas próprias vantagens e desvantagens, e a escolha depende do tipo de equipamento e do ambiente em que é utilizado. Além disso, a manutenção também deve levar em conta a segurança dos operadores, bem como as normas e regulamentações aplicáveis. É importante que as equipes de manutenção sejam treinadas e equipadas com as ferramentas e equipamentos adequados para realizar suas tarefas com segurança e eficiência.

Em trabalhos futuros, por meio da coleta de dados dos indicadores implantados, como MTTR (Tempo Médio para Reparo), MTBF (Tempo Médio Entre Falhas), estruturação de sistema de ordens de serviços de manutenção, estruturação de controle de informações e dados, melhorias de pontos de difícil acesso, será possível medir o tempo de vida útil das peças utilizadas na máquina. Isso nos permitirá montar um estoque mínimo de peças e adotar a manutenção preditiva e autônoma como forma de evitar paradas não previstas, aumentando assim a disponibilidade do equipamento.

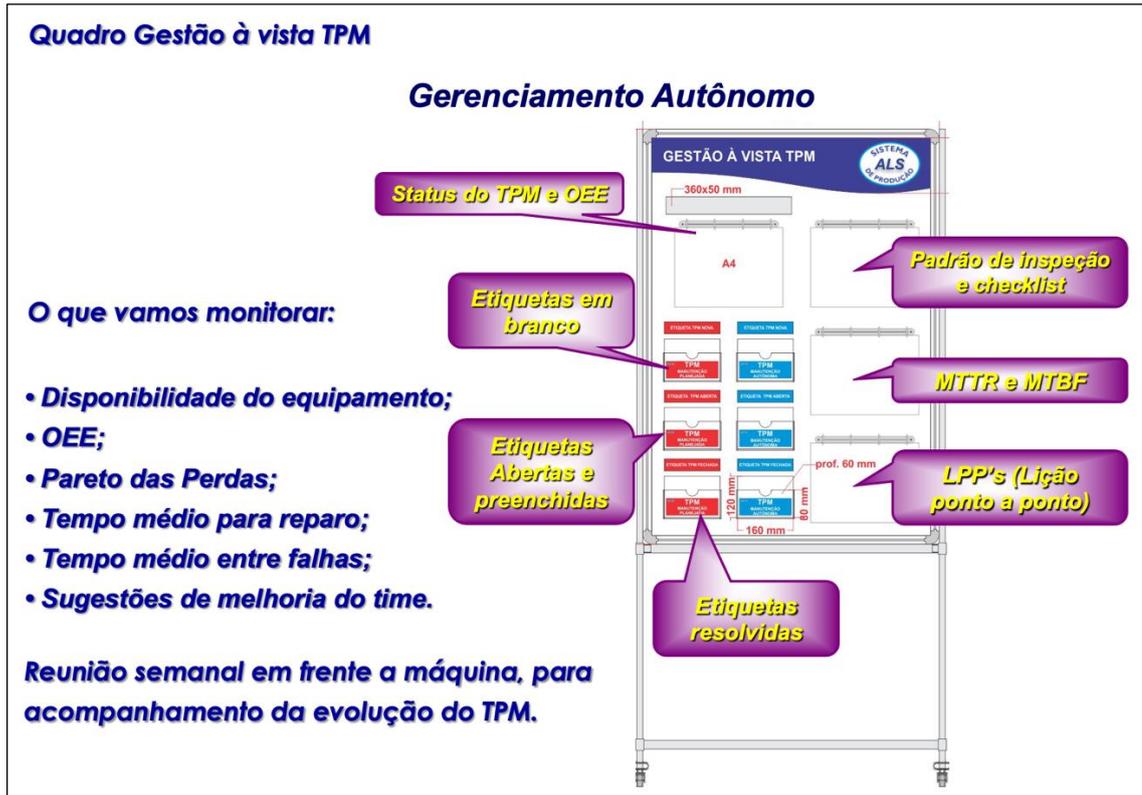


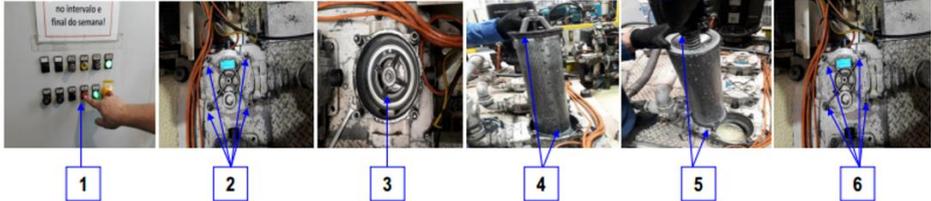
Figura 26 - Quadro Gestão à vista TPM.

Na manutenção autônoma, é essencial criar um quadro de gestão à vista (Figura 26) que permita acompanhar o TPM, juntamente com bloco de etiquetas vermelhas e azuis, e um documento de padrão de inspeção. Esse documento deve fornecer alertas sobre os pontos que requerem inspeção, com um checklist para orientar a periodicidade das inspeções e indicar quais itens o operador pode realizar a manutenção autônoma. Além disso, é importante desenvolver um guia passo a passo, conhecido como Lição Ponto a Ponto (LPP) (Figura 27), que descreva detalhadamente como o operador deve realizar a manutenção autônoma. Por exemplo, o guia deve indicar qual botão ele deve pressionar para interromper o ciclo de trabalho da máquina, qual manômetro ele deve verificar, qual parafuso soltar, qual ferramenta utilizar (incluindo tipo e tamanho), quais epi's ele é obrigado utilizar, qual peça substituir, qual código de peça solicitar e onde fazer a solicitação. Também é necessário adotar uma caixa de ferramentas contendo os itens necessários para o operador realizar a manutenção autônoma.

LPP- Lição ponto a ponto de TPM

	LPP LIÇÃO PONTO A PONTO SUBSTITUIÇÃO DOS FILTROS BAG	Máquina: <h2 style="text-align: center;">INJETORA L1600/4</h2>	Nr. Doc.: LPP11.000001 Folha: 1/1
---	---	---	---

Ponto	Atividade	Especificação	Frequência	Responsável	Meio de Controle
1	Desligar sistema de alta pressão.	Dirigi-se ao painel de comando e apertar o botão "para ciclo".	Mensal	Operador	Observação manômetro
2	Desapertar parafusos das tampas dos filtros.	Usar chave específica. Chave de boca 17 e chave allen 8.	Mensal	Operador	Observação manômetro
3	Retirar a mola que pressiona o filtro.	Usar chave específica. Chave de boca 17.	Mensal	Operador	Observação manômetro
4	Retirar os filtros saturados e substituí-los pelos novos.	Requisitar filtros no almoxarifado central. Cód.: MG01.000330.	Mensal	Operador	Observação manômetro
5	Reapertar os parafusos das molas dos filtros.	Usar chave específica. Chave de boca 17.	Mensal	Operador	Observação manômetro
6	Apertar os parafusos das tampas das proteções dos filtros.	Deixar a tampa dos filtros em sua posição original. Usar chave específica. Chave de boca 17 e chave allen 8.	Mensal	Operador	Observação manômetro



Elaborador: André Luiz Scolari	Aprovação: André Luiz Scolari	Emissão: 10/08/2022	Revisão: 001
-----------------------------------	----------------------------------	------------------------	-----------------

Figura 27 - LPP - Lição ponto a ponto de TPM.

Durante a realização da manutenção autônoma, o operador deve preencher uma etiqueta azul dupla e colocá-la na caixa azul do quadro de gestão à vista. A outra etiqueta será fixada no local onde o problema foi identificado, utilizando uma cinta plástica, evidenciando a iniciativa do operador em resolver problemas encontrados e demonstrando a execução da manutenção autônoma em seu equipamento. Por outro lado, a etiqueta vermelha será utilizada para registrar manutenções que não constam no checklist de inspeção, sendo assim de caráter exclusivo da manutenção fazer a execução. O operador preencherá a etiqueta, descrevendo o problema encontrado, indicando a localização na máquina, registrando a data e seu nome.

Ambas as etiquetas permanecerão no quadro de gestão à vista para que a equipe de manutenção possa verificar que o equipamento apresenta um defeito. Durante as reuniões semanais, as etiquetas abertas serão analisadas, fornecendo informações sobre o problema identificado, o tempo necessário para a resolução e se o problema foi solucionado.

Em resumo, a manutenção de máquinas é um processo contínuo e crucial para garantir a eficiência e a segurança dos equipamentos industriais. Com uma estratégia de manutenção bem planejada e implementada, é possível minimizar os custos de reparos e substituições, além de aumentar a produtividade e a eficiência das operações industriais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, PAULO SAMUEL. Manutenção mecânica industrial: Conceitos básicos e tecnologia aplicada. Editora: Erica, 2015.

IMAI, MASAOKI. KAIZEN – A estratégia para o sucesso competitivo - 7ª Edição. Editora: Imam, 1999.

IMAI, MASAOKI. GEMBA KAIZEN: Estratégias e técnicas do kaizen no piso de fábrica – 2ª Edição. Editora: Bookman, 2014.

LIKER, Jeffrey K.; MEIER, David. O Modelo Toyota: Manual de aplicação. Editora: Bookman, 2008.

MIRSHAWKA, VICTOR. Manutenção: Combate aos custos da não eficácia. Editora: Markron Books do Brasil Ltda, 1993.

NAKAJIMA, SEIICHI. TPM - Total Productive Maintenance. Instituto de Qualidade Automotiva, 1988.

SANTIAGO, E. M.; MELLO, C. H. P. Manutenção Produtiva Total - Um Enfoque Gerencial. Qualitymark, 2007.

TAKAHASHI, YOSHIKAZU.; OSADA, TAKASHI. TPM/MPT – Manutenção Produtiva Total – 1º Edição. Editora: Imam, 1993.

VIANA, HERBERT RICARDO GARCIA. PCM: Planejamento e controle da manutenção. Editora: Qualitymark, 2002.

WIREMAN, TERRY. Manutenção Produtiva Total – 2º Edição. Editora: Industrial Press, 2005.