



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Departamento de Engenharia Mecânica**

## **Implementação da Filosofia TPM numa Empresa da Indústria Aeronáutica**

**GONÇALO CARLOS DA SILVA ROCHA ALVES**  
(Licenciado em Ciências Aeronáuticas)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Mecânica – Ramo de Manutenção e Produção

Orientadores:

Professora Doutora Teresa Leonor Ribeiro Cardoso Martins  
Morgado  
Professor Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Júri:

Presidente: Professor Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes, ISEL, IPL

Vogais:

Professor Especialista José Carlos Vieira de Sá, ISEP, IPP  
Professora Doutora Teresa Leonor Ribeiro Cardoso Martins  
Morgado, ISEL, IPL

**dezembro de 2022**



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Departamento de Engenharia Mecânica**

## **Implementação da Filosofia TPM numa Empresa da Indústria Aeronáutica**

**GONÇALO CARLOS DA SILVA ROCHA ALVES**  
(Licenciado em Ciências Aeronáuticas)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Mecânica – Ramo de Manutenção e Produção

**Orientadores:**

Professora Doutora Teresa Leonor Ribeiro Cardoso Martins  
Morgado  
Professor Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

**Júri:**

Presidente: Professor Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes, ISEL, IPL

Vogais:

Professor Especialista José Carlos Vieira de Sá, ISEP, IPP  
Professora Doutora Teresa Leonor Ribeiro Cardoso Martins  
Morgado, ISEL, IPL

**dezembro de 2022**

# Agradecimentos

A realização desta dissertação deve-se ao apoio constante, direto e indireto, de todos aqueles que fizeram parte do meu percurso académico.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer especialmente à minha família, pais e irmãos, pelo apoio incondicional, motivação e pelo sentimento de confiança transmitido ao longo de todo o meu percurso académico, possibilitando que conseguisse alcançar este momento.

Um agradecimento especial também à minha namorada, pelo apoio, paciência, confiança e encorajamento tanto no decorrer do estágio como na elaboração da dissertação.

À Professora Doutora Teresa Leonor Morgado o meu muito obrigado pelo apoio, disponibilidade e orientação prestada ao longo da realização desta dissertação.

Ao Eng. Gonçalo Silva, supervisor da manutenção na Embraer Portugal, um especial agradecimento pelo apoio incansável, orientação, amizade e por toda a confiança transmitida ao longo desta etapa de grande crescimento pessoal e profissional.

A todos os membros do departamento da manutenção e da operação da Embraer Portugal Estruturas Metálicas S.A. pela compreensão e ajuda diária.

Por último, mas não menos importante, ao Instituto Superior de Engenharia de Lisboa e a todos os docentes que participaram no meu percurso universitário, um muito obrigado pelos conhecimentos transmitidos.



# Resumo

No âmbito do Ciclo de Estudos conducente ao grau de Mestre em Engenharia Mecânica, Perfil de Manutenção e Produção, foi realizado um projeto em contexto profissional na Embraer Portugal Estruturas Metálicas S.A., uma empresa da indústria aeronáutica dedicada à fabricação e montagem de estruturas metálicas. O presente projeto tem como principal objetivo aumentar a Disponibilidade Intrínseca de um equipamento produtivo crítico da linha de montagem, de forma a atingir e garantir a meta de classe mundial de 90%, através da aplicação da metodologia TPM e da utilização de ferramentas Lean.

Com base na metodologia Investigação-Alão, foi inicialmente realizada uma análise à situação da linha e selecionado um equipamento baseado no estado dos indicadores MTBF, MTTR, OEE e na sua criticidade na linha de produção. De seguida foram identificados os principais problemas e posteriormente implementadas ações de melhoria com vista à redução do número de avarias e consequentemente ao aumento da disponibilidade intrínseca do equipamento.

Os resultados destas ações foram positivos uma vez que, no final do projeto, foi possível verificar um valor de 91,80% de disponibilidade intrínseca do equipamento, superando o objetivo de 90%, e um valor médio de OEE de 66,7% face aos iniciais 58,1%, associado a um aumento de 170,9% do MTBF e uma redução de 48,42% do tempo total de máquina parada, comparativamente à situação inicial.

**Palavras-chave: TPM, Gestão da Manutenção, MTBF, MTTR, Disponibilidade Intrínseca, OEE**



# Abstract

In the scope of the Study Cycle Leading to the master's degree in Mechanical Engineering, Maintenance and Production Profile, a project was carried out in a professional context at Embraer Portugal Estruturas Metálicas S.A., a company in the aeronautical industry dedicated to the manufacture and assembly of metallic structures. The main objective of this project is to increase the Intrinsic Availability of an assembly line production equipment, to achieve and guarantee a world-class goal of 90%, through the application of TPM and the use of Lean tools.

Based on the Action-Research Methodology, an analysis of the production line was carried out and an equipment was selected based on the state of the MTBF, MTTR and OEE indicators and its criticality in the production line. Then, the main problems were identified, and later improvement actions were implemented with a view to reducing the number of breakdowns and, consequently, increasing the intrinsic availability of the equipment.

Positive results were achieved since, at the end of the project, it was possible to reach 91.80% of intrinsic availability of the equipment, exceeding the objective of 90%, and an average OEE value of 66.7% compared to the initial 58,1%, associated with a 170.9% increase in MTBF and a 48.4% reduction in the total downtime of the machine, compared to the initial situation.

**Keywords: TPM, Maintenance Management, MTBF, MTTR, Intrinsic Availability, OEE**



## Abreviaturas, Siglas e Símbolos

5S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke</i>
5W2H	<i>What? - Why? - Where? - When? - Who? - How? - How much?</i>
CNC	<i>Computer Numeric Control</i>
CNQ	Custo de Não Qualidade
Di	Disponibilidade Intrínseca
Do	Disponibilidade Operacional
EEM	Embraer Portugal Estruturas Metálicas
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
GQT	Gestão da Qualidade Total
HH	Horas-Homem
IoT	<i>Internet of Things</i>
JIPM	<i>Japan Institute of Plant Maintenance</i>
JIT	<i>Just in time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LPP	Lições Ponto-a-Ponto
MASS	Meio Ambiente, Saúde e Segurança
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OT	Ordem de trabalho
PB	Produtos Bons
PDCA	<i>Plan - Do - Check - Act</i>
PT	Produção Total
RCCA	<i>Root Cause and Corrective Action</i>
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
SGM	Sistema de Gestão da Manutenção
Td	Taxa de Desempenho
TMP	Tempo de Máquina Parada

TPI	Taxa de Produção Ideal/ <i>standard</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPR	Taxa de Produção Real
Tq	Taxa de Qualidade

# Índice

Capítulo 1 – Introdução .....	1
1.1 Enquadramento e Motivação .....	1
1.2 Objetivos do Trabalho .....	2
1.3 Metodologia Utilizada .....	3
1.4 Estrutura do Trabalho .....	5
Capítulo 2 – Enquadramento Teórico.....	7
2.1 Manutenção .....	7
2.1.1 Definição do conceito de Manutenção .....	7
2.1.2 Evolução histórica da Manutenção.....	9
2.1.3 Objetivos e a Importância da Manutenção .....	11
2.1.4 Gestão e Classificação da Manutenção .....	12
2.1.4.1 Níveis de Manutenção .....	12
2.1.4.2 Tipos de Manutenção .....	14
2.1.4.3 Indicadores da Manutenção.....	16
2.1.5 Desperdícios na Manutenção.....	23
2.1.6 Ferramentas para auxílio da Manutenção.....	25
2.1.6.1 Metodologia 5W2H .....	25
2.1.6.2 Ciclo PDCA.....	26
2.1.6.3 Análise de Causa Raiz e Ação Corretiva.....	27
2.1.6.4 Cinco Porquês.....	28
2.1.6.5 Gestão Visual.....	28
2.1.6.6 Diagrama de Ishikawa .....	29
2.1.6.7 Diagrama de Esparguete.....	29
2.1.6.8 Diagrama de Pareto .....	30

2.2 TPM – Manutenção Produtiva Total .....	31
2.2.1 Definição e Objetivos .....	31
2.2.2 Perspetiva Histórica do TPM.....	33
2.2.3 A Metodologia 5S como base do TPM .....	34
2.2.4 Pilares do TPM .....	35
2.2.5 Implementação do TPM .....	37
2.2.5.1 Os sete passos da Manutenção Autónoma.....	38
Capítulo 3 – Caso de Estudo - Descrição da Situação Inicial .....	39
3.1 Embraer S.A. ....	39
3.1.1 Embraer Portugal.....	40
3.2 Descrição do Processo Produtivo na EEM.....	41
3.2.1 Equipamentos da Área da Montagem Estrutural.....	42
3.2.2 Montagem Manual.....	43
3.2.3 <i>One-Up-Assembly</i> .....	44
3.2.4 Rebitadora Electroimpact modelo E6390.....	44
3.2.4.1 Eixos da máquina .....	46
3.2.4.2 Ferramentas de Processo .....	48
3.3 Análise Crítica e identificação de problemas .....	55
3.3.1 Área da Montagem de EEM .....	55
3.3.1.1 Número de Avarias.....	55
3.3.1.2 Indicadores MTBF, MTTR e OEE.....	56
3.3.2 Rebitadora Electroimpact .....	60
3.3.2.1 Análise de Avarias das Ferramentas V-Anvil .....	63
3.3.2.2 Análise de Avarias do Lado U.....	65
3.3.2.3 Análise de Avarias do Sistema de Envio de Colares.....	67

3.3.2.4 Análise de Avarias do Lado V .....	67
Capítulo 4 – Propostas de Melhoria .....	69
4.1 Melhorias Implementadas nas Ferramentas <i>V-Anvil</i> .....	70
4.2 Melhorias Implementadas nos sistemas do Lado U .....	76
4.3 Outras Melhorias Implementadas.....	79
Capítulo 5 – Resultados Obtidos .....	83
Capítulo 6 – Conclusões, Limitações e Trabalho Futuro .....	89
Referências .....	93
Anexos.....	I
Anexo I - Dados Técnicos Rebitadora Electroimpact .....	I
Anexo II - Lista Exemplo de Ordens de Trabalho Corretivas Jan a Jul de 2021 .....	III
Anexo III - Exemplo da Análise OEE da Rebitadora Electroimpact .....	V
Anexo IV - Roteiro Mensal de Manutenção Preventiva dos <i>V-Anvils</i> da Rebitadora ...	VII
Anexo V - Listagem e Peças Sobresselentes necessárias para as Ferramentas <i>V-Anvil</i> ..	IX
Anexo VI - Modificação da Geometria dos <i>Clamp Pads</i> .....	XI
Anexo VII - LPP - Verificação dos Sensores dos <i>V-Anvils</i> .....	XIII
Anexo VIII - LPP - Verificação do Funcionamento dos <i>Tracers</i> nos <i>V-Anvils</i> Retos...	XV
Anexo IX - LPP - Montagem dos <i>Clamp Pads</i> nos <i>V-Anvils</i> .....	XVII
Anexo X - LPP - Inspeção da Condição Geral dos <i>V-Anvils</i> .....	XIX
Anexo XI - LPP - Verificação do Sensor Collar Present .....	XXI
Anexo XII - LPP - Ajuste dos Sensores <i>Finger Hooks</i> .....	XXIII
Anexo XIII - LPP - Teste e Ajuste dos Sensores <i>Finger Hooks</i> .....	XXV
Anexo XIV - LPP - Verificação do Sistema de Aplicação de Selante.....	XXVII
Anexo XV - Listagem e Peças Sobresselentes para as Ferramentas <i>U-Anvil</i> .....	XXIX
Anexo XVI - Roteiro de Inspeção TPM.....	XXXI

Anexo XVII - Roteiro de Limpeza TPM.....	XXXIII
Anexo XVIII - Checklist “Rotinas Saída de Painei” .....	XXXV
Anexo XIX - Tabela de Cálculo dos Indicadores julho 2021 a maio 2022.....	XXXVII

# Índice de Figuras

Figura 1 - Ciclo da Investigação-Ação [Adaptado de Tripp, 2005] .....	3
Figura 2 - Cronograma de resumo das Gerações da Manutenção .....	10
Figura 3 - Tipos de Manutenção [Adaptado de EN 13306:2017] .....	14
Figura 4 - Manutenção Programada vs Não Programada [Adaptado de EN 13306:2017] ..	15
Figura 5 - Tempos para cálculo do OEE [Adaptado de Ben-daya et al., 2009] .....	22
Figura 6 - Ciclo PDCA [Adaptado de Sobek and Smalley, 2008] .....	26
Figura 7 - Exemplo da aplicação de Gestão Visual.....	28
Figura 8 - Diagrama de Ishikawa [Adaptado de Ishikawa, 1976].....	29
Figura 9 - Exemplo de Diagrama de Esparguete.....	30
Figura 10 - Exemplo de um Diagrama de Pareto .....	30
Figura 11 - Os pilares da metodologia TPM [Adaptado de Singh and Singh, 2020].....	35
Figura 12 - Planta da Fábrica de Estruturas Metálicas [Fonte: Embraer (2022a) ‘Informação Interna’] .....	41
Figura 13 - Linhas de produção da área da Montagem [Fonte: Embraer (2022a) ‘Informação Interna’] .....	42
Figura 14 - Posicionamento dos Stringers no Gabarito de montagem [Fonte: Embraer (2022a) ‘Informação Interna’] .....	43
Figura 15 - Posicionamento dos Painéis no Gabarito de montagem [Fonte: Embraer (2022a) ‘Informação Interna’] .....	43
Figura 16 - Modelo E6390 da Electroimpact [Fonte: Electroimpact (2022) ‘Informação Interna’] .....	45
Figura 17 - Eixos principais da Rebitadora Electroimpact [Fonte: Electroimpact (2022) ‘Informação Interna’] .....	46
Figura 18 - Cabeçote lado V e cabeçote lado U .....	47
Figura 19 - Eixo C da máquina no cabeçote V.....	48
Figura 20 - Ilustração de um Spindle [Fonte: Electroimpact (2022) ‘Informação Interna’] ..	48
Figura 21 - U-Driver [Fonte: Electroimpact (2022) ‘Informação Interna’] .....	49
Figura 22 - Injetor de Fixadores [Fonte: Electroimpact (2022) ‘Informação Interna’].....	50

Figura 23 - Injetor com cassete removida [Fonte: Electroimpact (2022) ‘Informação Interna’]	50
Figura 24 - Aplicador de selante parcialmente estendido [Fonte: Electroimpact (2022) ‘Informação Interna’]	50
Figura 25 - Posição do Aplicador de selante na Headstone. [Fonte: Electroimpact (2022) ‘Informação Interna’]	50
Figura 26 - Câmara de Ressincronização [Fonte: Electroimpact (2022) ‘Informação Interna’]	51
Figura 27 - Resync de um furo tack	51
Figura 28 - Componentes da Sonda do Furo [Fonte: Electroimpact (2022) ‘Informação Interna’]	52
Figura 29 - Conjunto da Sonda [Fonte: Electroimpact (2022) ‘Informação Interna’]	52
Figura 30 - V-Anvils de Colar Reto (Straight)	53
Figura 31 - V-Anvils de furação apenas (Drill Only)	53
Figura 32 - Ilustração da distância alcançada pelos tracers [Fonte: Electroimpact (2022) ‘Informação Interna’]	53
Figura 33 - Sensores de normalidade na face exterior da Headstone	54
Figura 34 - Número de avarias dos equipamentos durante o período de janeiro a julho 2021	55
Figura 35 - Evolução do MTBF a 3 Meses dos equipamentos durante o período de janeiro a julho 2021	56
Figura 36 - Evolução do MTTR a 3 Meses dos equipamentos durante o período de janeiro a julho 2021	57
Figura 37 - Evolução do OEE dos equipamentos durante o período de janeiro a julho 2021	58
Figura 38 - Número de avarias por mês na Rebitadora Electroimpact	60
Figura 39 - Tempo de Máquina Parada por mês na Rebitadora Electroimpact	60
Figura 40 - Diagrama de Pareto do Número de Avarias por Conjunto	62
Figura 41 - Diagrama de Pareto do Tempo de Máquina Parada por Conjunto	62
Figura 42 - Diagrama de Pareto do Número de Avarias por Ferramentas V-Anvil	63
Figura 43 - Diagrama de Pareto do Número de Avarias por Sistema do Lado U	65

Figura 44 - LPP de limpeza do V-Anvil [Fonte: Embraer (2022a) ‘Informação Interna’] ..	71
Figura 45 - V-Anvils armazenados na oficina de manutenção.....	72
Figura 46 - Clamp Pads melhorados .....	74
Figura 47 - Novo suporte (esquerda) e o original (direita).....	76
Figura 48 - Novo suporte instalado no U-Driver.....	76
Figura 49 - Conjunto do Aplicador de Selante.....	77
Figura 50 - Aplicador de Selante estendido .....	77
Figura 51 - Exemplos de U-Anvils utilizados na Rebitadora Electroimpact .....	78
Figura 52 - Verificação do Sistema da Câmara de Ressincronização .....	79
Figura 53 - Tarefa de Calibração da Câmara de Ressincronização.....	79
Figura 54 - Tarefa de Verificação dos batentes do Injetor .....	80
Figura 55 - Tarefa de Verificação do Sistema de Envio Manual de Fixadores.....	80
Figura 56 - Item 27 do Roteiro de Inspeção de Manutenção Autónoma [Fonte: Embraer (2022a) ‘Informação Interna’].....	81
Figura 57 - Item 23 do Roteiro de Inspeção de Manutenção Autónoma [Fonte: Embraer (2022a) ‘Informação Interna’].....	81
Figura 58 - Exemplo do estado inicial do carrinho de ferramentas da manutenção.....	82
Figura 59 - Estado do carrinho de ferramentas após implementação da ação de 5S.....	82
Figura 60 - Número de Avarias por mês durante o período de agosto 2021 a maio 2022 ...	83
Figura 61 - Tempo de Máquina Parada por mês durante o período de agosto 2021 a maio 2022 .....	84
Figura 62 - Evolução do MTBF durante todo o projeto .....	85
Figura 63 - Evolução do MTTR durante todo o projeto.....	86
Figura 64 - Evolução da Disponibilidade Intrínseca durante todo o projeto.....	86
Figura 65 - Evolução do OEE durante todo o projeto .....	87

# Índice de Tabelas

Tabela 1 - Cronograma das etapas do projeto .....	4
Tabela 2 - Analogia Saúde Humana x Máquina [Adaptado de Monchy, 1989] .....	8
Tabela 3 - Sumário dos Indicadores leading para os processos de Manutenção [Adaptado de Muchiri et al., 2011] .....	18
Tabela 4 - Sumário dos Indicadores lagging do desempenho da Manutenção [Adaptado de Muchiri et al., 2011] .....	19
Tabela 5 - Adaptação da metodologia 5W2H à Manutenção [Adaptado de Silva et al., 2013] .....	25
Tabela 6 - 12 Etapas de implementação do TPM [Adaptado de Nakajima, 1988] .....	37
Tabela 7 - Etapas da aplicação da Manutenção Autônoma [Adaptado de Nakajima, 1988]	38
Tabela 8 - MTBF a 3 Meses dos equipamentos durante o período de janeiro a julho 2021	56
Tabela 9 - MTTR a 3 Meses dos equipamentos durante o período de janeiro a julho 2021	57
Tabela 10 - OEE dos equipamentos durante o período de janeiro a julho 2021 .....	58
Tabela 11 - 7 Principais Problemas nas Ferramentas V-Anvil e respectivas Causas Raiz ....	64
Tabela 12 - 5 Principais Problemas nos Sistemas do Lado U e respectivas Causas Raiz.....	66
Tabela 13 - Problemas no Sistema de Envio de Colares e respectivas Causas Raiz.....	67
Tabela 14 - Problemas no Lado V e respectivas Causas Raiz.....	67
Tabela 15 - Tarefas Preventivas Mensais das Ferramentas V-Anvil.....	70
Tabela 16 - Dimensões, Pesos e Deslocação do Eixo [Fonte: Electroimpact (2022) ‘Informação Interna’] .....	I
Tabela 17 - Serviços [Fonte: Electroimpact (2022) ‘Informação Interna’].....	I
Tabela 18 - Feed Rates Principais e Velocidades [Fonte: Electroimpact (2022) ‘Informação Interna’] .....	I
Tabela 19 - Tabela com os valores dos indicadores durante o período de julho 2021 a maio 2022 .....	XXXVII

# Capítulo 1 – Introdução

## 1.1 Enquadramento e Motivação

O contexto atual da economia mundial representa um grande desafio para as indústrias. O processo de Globalização predominante, a constante evolução tecnológica e o aumento da competitividade nos mercados, obrigam as empresas a agirem e a se adaptarem. Para impulsionar a competitividade das empresas, são necessárias ações de melhoria constantes de forma a reduzir desperdícios, aumentar os níveis de produtividade, de qualidade e entrega e, ao mesmo tempo, reduzir os custos associados aos processos produtivos (Neves *et al.*, 2018; Pinto *et al.*, 2019).

Filosofias como *Just-In-Time* (JIT) e Produção Magra (*Lean Manufacturing*) exigem um fluxo contínuo na produção, assim como um planeamento cada vez mais eficiente das operações. Para que isto seja possível, espera-se dos equipamentos um alto nível de fiabilidade e disponibilidade. Uma estratégia de Manutenção bem desenvolvida, solidamente estruturada e devidamente planeada pode ajudar a reduzir custos, aumentar a produtividade, melhorar a qualidade e a segurança nos processos produtivos (Reis *et al.*, 2019; Ribeiro *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2019).

Ao longo das últimas décadas, a Manutenção tem desempenhado um papel fundamental para a sustentabilidade das organizações (Kaur, Singh and Ahuja, 2013). Em termos de custos, a Manutenção representa, após os gastos energéticos, a maior parcela do orçamento de uma empresa e pode representar uma grande parte do valor agregado a um produto (Bevilacqua and Braglia, 2000; Moreira *et al.*, 2018). De forma a reduzir estes custos e atingir os objetivos estratégicos da organização, são utilizadas metodologias, como a Manutenção Produtiva Total (TPM) (Guariente *et al.*, 2017).

A Manutenção Produtiva Total visa otimizar a produtividade, melhorar a eficiência dos equipamentos e eliminar falhas por meio da capacitação dos operadores e líderes de equipa de forma a participarem proactivamente nas tarefas diárias de manutenção, como limpeza, inspeção e lubrificação dos equipamentos.

Por este motivo, é amplamente utilizada em muitas indústrias e a sua implementação tem apresentado resultados relevantes (Jain, Bhatti and Singh, 2014; Vaz, 2020).

A Embraer Portugal Estruturas Metálicas S.A não é exceção e, apesar de ter atualmente a metodologia TPM implementada nos equipamentos críticos das linhas de produção, pretende melhorar os indicadores de Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), Tempo Médio de Reparação (MTTR), a Disponibilidade Intrínseca e a Eficiência Global dos Equipamentos (OEE), uma vez que se encontram abaixo das metas estabelecidas.

## 1.2 Objetivos do Trabalho

O principal objetivo deste projeto é aumentar a Disponibilidade Intrínseca de um equipamento produtivo crítico da linha de montagem da fábrica de estruturas metálicas de forma a atingir e permanecer a meta de classe mundial de 90%, através da aplicação da metodologia TPM e da utilização de ferramentas *Lean*.

Para alcançar este principal objetivo, têm de ser igualmente alcançados os seguintes objetivos:

- Redução das paragens não programadas nos equipamentos e aumento do MTBF;
- Redução do tempo de paragem por avaria (diminuição do MTTR) para meta de 2 horas;
- Reestruturação dos planos de Manutenção Preventiva e de Manutenção Autónoma dos equipamentos;
- Eliminação dos diferentes desperdícios associados ao desempenho da Manutenção.

### 1.3 Metodologia Utilizada

A metodologia aplicada no decorrer do projeto foi a Investigação-Ação (do inglês *Action-Research*). Esta é caracterizada por se tratar de uma metodologia de pesquisa essencialmente prática e aplicada, que se rege pela necessidade de resolver problemas reais e onde a ação para a melhoria do processo é baseada numa investigação previamente realizada. A Investigação-Ação engloba qualquer processo que siga um ciclo de aperfeiçoamento num contexto prático por meio da investigação. Este ciclo é geralmente composto por 4 etapas, a definição do problema ou o diagnóstico, o planeamento das ações, a implementação das ações ou tomada de decisão e por fim o controlo e avaliação dos resultados (Tripp, 2005). O modelo desta metodologia pode ser observado na Figura 1.



Figura 1 - Ciclo da Investigação-Ação [Adaptado de Tripp, 2005]

Com base nesta metodologia, numa primeira instância, efetuou-se o enquadramento teórico permitindo melhorar o conhecimento sobre a temática abordada neste trabalho. Paralelamente foi feita uma análise à situação inicial da área de montagem da fábrica de estruturas metálicas e dos respetivos equipamentos com o objetivo de escolher qual o equipamento onde iria ser realizado este projeto. Para isso, foram analisados diversos fatores e indicadores, como a criticidade do equipamento, a Eficiência Global do Equipamento (OEE), o número de avarias, o Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), e ainda o Tempo Médio de Reparação (MTTR), durante o período de janeiro a julho de 2021. Esta análise foi feita recorrendo à utilização de ferramentas/software de Gestão da Manutenção e Gestão TPM implementados na empresa.

Através desta análise e complementando com a observação do modo de funcionamento dos processos produtivos e das práticas de manutenção, foi possível identificar os principais problemas e pontos críticos a serem melhorados.

Com vista à irradicação ou contenção dos problemas identificados na etapa anterior, foi desenvolvido e ao mesmo tempo implementado um plano de ações de melhoria recorrendo à utilização de ferramentas apropriadas. Por último, foi feito o controlo e avaliação de eficácia das implementações realizadas, através da comparação dos resultados obtidos com os objetivos definidos inicialmente, concluindo com a sugestão de propostas para possíveis melhorias para um novo ciclo. O cronograma das etapas deste projeto pode ser observado na Tabela 1.

*Tabela 1 - Cronograma das etapas do projeto*

	2021						2022								
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
<b>Revisão Bibliográfica</b>															
<b>Levantamento Situação Inicial</b>															
<b>Desenvolvimento e Implementação das Ações</b>															
<b>Controlo e Avaliação dos Resultados</b>															
<b>Escrita do Projeto</b>															

## 1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho encontra-se dividido em 6 capítulos, estando estruturado da seguinte forma.

No capítulo introdutório é feita uma contextualização ao problema, sendo também descritos os objetivos propostos, a metodologia adotada e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo, de forma a suportar o projeto a desenvolver, é realizado um enquadramento teórico sobre as temáticas abordadas e ferramentas utilizadas, dividindo-se em duas partes. Na primeira parte são apresentados conceitos globais da Manutenção e na segunda é caracterizada a Manutenção Produtiva Total.

No terceiro capítulo, dá-se início ao caso estudo sobre a empresa onde foi desenvolvido o projeto, apresentando os produtos fabricados e descrito o processo produtivo da fábrica de Estruturas Metálicas. De seguida é feito o levantamento do estado dos indicadores dos equipamentos e, após escolha do equipamento a ser estudado, foi realizada uma análise crítica das avarias mais graves e identificados os problemas recorrentes nesse equipamento durante o período de janeiro a julho de 2021.

No quarto capítulo, são apresentadas as propostas de melhoria implementadas ao longo do projeto, com o objetivo de mitigar os problemas levantados no terceiro capítulo.

No quinto capítulo são apresentados e discutidos os resultados atingidos com a implementação das ações de melhoria, fazendo uma comparação entre os valores dos indicadores na situação inicial e na situação após a realização do projeto.

No sexto capítulo, são apresentadas as principais conclusões retiradas do desenvolvimento do projeto. Serão abordados os objetivos atingidos, as limitações sentidas ao longo do projeto e ainda propostas para trabalhos futuros.



## Capítulo 2 – Enquadramento Teórico

### 2.1 Manutenção

#### 2.1.1 Definição do conceito de Manutenção

De acordo com a Norma Europeia EN 13306:2017, a Manutenção é definida como a “*combinação de todas as ações (técnicas, administrativas e de gestão) durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida*” (British Standards Institution, 2018).

F. Monchy (1989), por meio da comparação prática, sem juízos de valor, entre a vida humana e a vida da máquina, define a “*Manutenção como a medicina das máquinas*”. Em termos de “saúde” humana, é possível dividir o ciclo de vida em três fases distintas: a infância, onde se verifica um decréscimo das doenças típicas desse período; a adolescência/fase adulta, onde as doenças aparecem aleatoriamente; e por fim a velhice caracterizada por um aumento das doenças. Cada uma destas fases é acompanhada de uma estratégia médica adequada.

De um modo geral, a “saúde” da máquina segue o mesmo padrão: no arranque a taxa de falhas é elevada, mas evolui em sentido decrescente; durante a vida útil da máquina a taxa de falhas é constante e estas ocorrem de forma aleatória; e no período de desgaste (ou fim de vida), verifica-se um aumento progressivo da taxa de falhas. À semelhança das fases da vida humana, estas são também acompanhadas de estratégias adequadas de manutenção.

Na Tabela 2 está representada a analogia entre a “saúde” Humana e da Máquina.

Tabela 2 - Analogia Saúde Humana x Máquina [Adaptado de Monchy, 1989]

SAÚDE HUMANA		SAÚDE DA MÁQUINA	
	Nascimento	Entrada em operação	
Conhecimento do homem	Longevidade	Durabilidade	Conhecimento tecnológico
Conhecimento das doenças			Conhecimento dos modos de falha
Caderneta de Saúde	Boa saúde	Fiabilidade	Histórico
Dossier Médico			Dossier da máquina
Diagnóstico, exame, visita médica			Diagnóstico, experiência, inspeção
Conhecimento dos tratamentos			Conhecimento das ações curativas
Tratamento curativo	Morte	Sucata	Retirada do estado de paragem, reparo
Operação			Renovação, <i>retrofit</i> , modernização, substituição
<b>MEDICINA</b>			<b>MANUTENÇÃO</b>

Esta analogia permite desmistificar a função da Manutenção de forma prática e concisa embora existam muitas outras semelhanças, tanto a nível da patologia como do diagnóstico e ainda em relação às ferramentas utilizadas (endoscópicas, radioscópicas, monitores).

A manutenção não se restringe apenas à reparação frenética dos equipamentos, esta começa muito antes da primeira avaria do equipamento. Durante o projeto/conceção são pré-determinadas características como a Manutibilidade (capacidade de ser mantido), a Fiabilidade (capacidade de funcionar bem, ao longo de um determinado tempo e condição), a Disponibilidade (capacidade de estar operacional) e a Durabilidade (duração de vida prevista). A Manutenção tem ainda o papel de auxiliar, com base nestas características, na decisão de compra do equipamento, com a importante missão de ser capaz de supervisionar permanente ou periodicamente a condição do equipamento, corrigir e reparar estados de paragens não programadas e ainda agir preventivamente com base na recolha, tratamento e análise de dados operacionais.

## 2.1.2 Evolução histórica da Manutenção

Segundo Moubray (1997) a evolução da Manutenção até aos anos 2000 pode ser resumida em três gerações, sendo mais tarde complementada por uma quarta geração acompanhada da quarta revolução industrial.

A Primeira Geração cobre o período até à Segunda Guerra Mundial. Naquela época, a indústria era pouco mecanizada e a maioria dos equipamentos apresentava configurações simples de operação tornando-os fiáveis e fáceis de reparar. Como resultado, era expectável da Manutenção reparar o equipamento apenas quando este avariasse, não havendo necessidade de manutenção sistemática de qualquer tipo além de rotinas simples de limpeza, inspeção visual e lubrificação, tarefas essas que não necessitavam de grandes habilidades para execução.

Durante a Segunda Guerra Mundial o cenário mudou drasticamente e deu-se início à Segunda Geração. Os aumentos da procura por todos os tipos de bens de consumo em conjunto com a queda na oferta de mão de obra industrial pressionaram as organizações a mecanizar e a aumentar o número de equipamentos com foco em alcançar a maior produtividade possível. Era esperado dos equipamentos um elevado nível de disponibilidade e fiabilidade dando importância à função Manutenção. Aos poucos, tornou-se realidade a ideia de que as falhas dos equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas de forma a minimizar os custos associados, o que levou ao conceito atual de manutenção preventiva e ao aparecimento dos sistemas de planeamento e gestão da manutenção. Estas manutenções preventivas consistiam principalmente em revisões dos equipamentos feitas em intervalos fixos à semelhança da prática estabelecida atualmente.

A Terceira Geração inicia-se nos meados da década de setenta, com a crescente globalização da economia, impulsionando ainda mais o processo de mudança nas indústrias. Questões como a segurança, o impacto no meio ambiente, a qualidade dos produtos e um maior custo-benefício ganham força. Embora o tempo de inatividade tenha sempre afetado a capacidade produtiva dos ativos físicos, reduzindo a produção, aumentando os custos operacionais e interferindo no atendimento ao cliente, esta preocupação agravou-se com o aparecimento de sistemas de gestão como o *Just-In-Time* onde, a importância de manter quantidades baixas de stock e peças sobresselentes significam uma maior probabilidade de

interromper uma fábrica inteira à espera de material, caso os processos não estiverem bem definidos (Moubray, 1997).

Por consequência das exigências da economia mundial, assistiu-se a um desenvolvimento de novas técnicas e ferramentas de gestão, controlo e análise da Manutenção, como o aparecimento da Manutenção Produtiva Total e da Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM), a utilização de ferramentas como a Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA) e Causa Raiz e Ação Corretiva (RCCA) e ainda o começo da prática de Manutenção Preditiva possível graças ao avanço tecnológico e dos sistemas de monitorização. (Moubray, 1997; Mortelari *et al.*, 2011)

A Quarta Geração estende-se do início do século XXI até à atualidade e é caracterizada pela integração da Manutenção nos sistemas de gestão das organizações. A Engenharia de Manutenção tem como foco melhorar a disponibilidade, Fiabilidade e a Manutibilidade dos equipamentos, utilizando sistemas/produtos inteligentes de última tecnologia, como por exemplo os conceitos-chave *Big Data*, Inteligência Artificial, *Internet of Things* (IoT) e *Cloud Computing* para o acompanhamento e monitorização em tempo real dos equipamentos (Bousdekis, Apostolou and Mentzas, 2020). Na Figura 2 encontra-se um resumo com os pontos chave das 4 gerações.

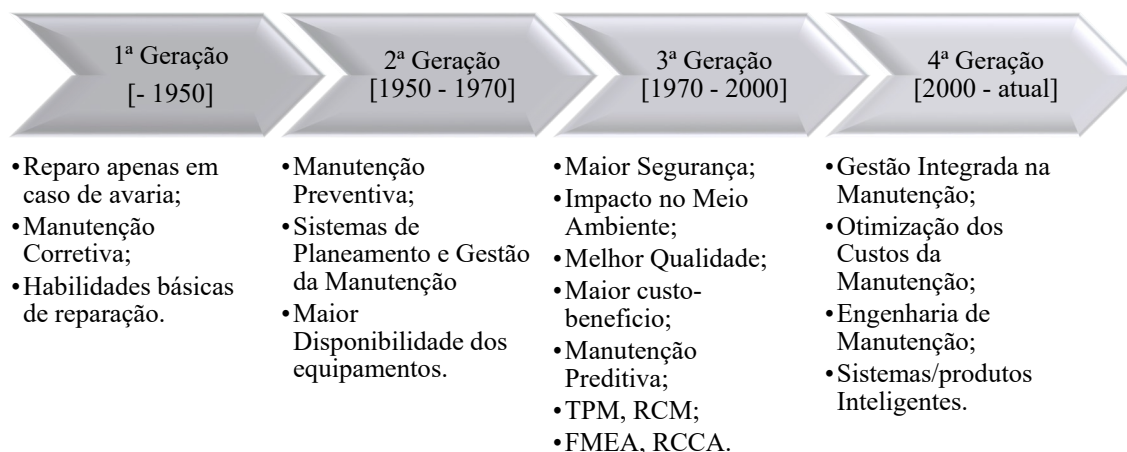


Figura 2 - Cronograma de resumo das Gerações da Manutenção

### 2.1.3 Objetivos e a Importância da Manutenção

A função Manutenção e a sua posição na organização é fortemente impactada por diversos fatores como por exemplo, o tipo de negócio, os objetivos da organização, o tamanho, estrutura e cultura da organização e ainda o nível de responsabilidade atribuído à Manutenção.

As organizações procuram um ou vários dos seguintes objetivos: Maximização do lucro; Cumprimento dos prazos de entrega, Nível específico de qualidade de serviço ou produtos; Minimização de custos; Segurança e proteção ambiental e desenvolvimento dos colaboradores. É claro que todos estes objetivos são de certa forma impactados pela Manutenção, pelo que é importante que os objetivos da Manutenção estejam alinhados com os objetivos da organização. De um modo geral, a principal responsabilidade da Manutenção é fornecer um serviço que permita a uma organização atingir os seus objetivos (Hoose, *et al.*, 2017).

As responsabilidades específicas variam de organização para organização, no entanto estas geralmente incluem (Ben-daya *et al.*, 2009):

- Manter os bens, equipamentos e instalações em boas condições, bem configurados e seguros para o desempenho das funções a que se destinam, maximizando a eficiência do sistema produtivo e a qualidade dos produtos;
- Reduzir o tempo de paragens por avaria/quebra;
- Realizar todas as atividades de manutenção corretiva, preventiva e preditiva de forma eficiente e eficaz, realizar revisões e modificações/melhorias de projeto;
- Manter a segurança industrial e pessoal para uma boa realização dos serviços, manter a limpeza, a ordem e a higiene, conforme as necessidades e exigências das normas e não causar danos ao meio ambiente;
- Conservar e controlar a utilização de peças e materiais de reposição;
- Controlar e garantir a máxima utilização e o aproveitamento dos recursos energéticos (água, luz, ar comprimido, gases especiais, entre outros).

## 2.1.4 Gestão e Classificação da Manutenção

### 2.1.4.1 Níveis de Manutenção

O conceito de níveis de Manutenção visa manter um parque de máquinas o mais valioso possível, tanto em termos de valor do equipamento quanto em termos de desempenho e segurança.

Segundo a norma BS EN 13306:2017 (British Standards Institution, 2018), a Manutenção pode ser definida em cinco níveis, cada nível correspondendo a um grau de complexidade das intervenções de manutenção correspondentes. Graças a esta classificação, é possível determinar o nível de especialização necessário e os métodos que deverão ser utilizados para realizar uma operação. Permite também avaliar se uma intervenção pode ser feita internamente ou se é necessário recorrer a fornecedores externos qualificados.

Existem cinco níveis de Manutenção, do mais simples ao mais complexo. Cada nível possui ações próprias de manutenção corretiva e preventiva (British Standards Institution, 2018):

- A Manutenção de 1º nível corresponde às intervenções simples, necessárias e realizadas em elementos de fácil acesso. Estas operações não requerem a desmontagem do equipamento e podem ser realizadas pelo próprio operador ou por um operador não especializado. Apenas algumas peças sobresselentes ou consumíveis são utilizadas para essas operações. Não há risco de segurança se as instruções essenciais estiverem disponíveis em forma de instruções visuais ou procedimentos simples. Exemplos deste tipo de tarefas podem ser, lubrificação diária, rondas de controlo de condição, teste da luminária, entre outros;
- A Manutenção de nível 2 corresponde às intervenções pouco complexas, cujos procedimentos são simples de seguir. A substituição de peças durante estas operações não exige a desmontagem total do equipamento. Estas tarefas são executadas por técnicos de média qualificação ou até mesmo por operadores experientes. Exemplos deste tipo de tarefas podem ser, substituição de filtros de ar ou lâmpadas, afinações simples, alinhamentos de componentes, controlo de parâmetros de operação, entre outros;

- A Manutenção de nível 3 corresponde a intervenções consideradas complexas. Estas intervenções devem, portanto, ser precedidas por um diagnóstico e identificação. Podem ser realizadas no local ou numa oficina de manutenção, e devem ter em conta o equipamento como um todo, pois a modificação de um elemento pode ter consequências no funcionamento geral do equipamento. Estas tarefas devem ser realizadas por técnicos especializados utilizando as ferramentas indicadas nas instruções de manutenção do equipamento. Exemplos deste tipo de tarefas podem ser, reparações mecânicas menores, reparação de fugas, controlo e configurações que exigem ferramentas de medição externas ao equipamento, substituição *standard* de componentes por conhecimento técnico geral (*expertise*), entre outros;
- As operações de Manutenção de nível 4 são complexas e de grande importância, exigindo conhecimentos técnicos especiais (*know-how*). Devem ser realizadas por um técnico ou uma equipa de técnicos especializados com qualificação específica, e supervisionados por um engenheiro especializado. Estas intervenções são realizadas em oficinas com ferramentas adaptadas, documentação e bancadas de medição. Exemplos deste tipo de tarefas podem ser, análise de vibrações, inspeções termográficas, reparações com ferramentas de medição ou de diagnóstico de alta complexidade (programação portátil, sistema de regulação por controlo numérico, reguladores), entre outros;
- A Manutenção de nível 5 inclui ações complexas realizadas pelo fabricante do equipamento ou por uma empresa aprovada. As ações a serem executadas são semelhantes às ações de fabricação. Exemplos de intervenções de Manutenção de nível 5 incluem a reconstrução ou reparo de equipamentos, atividades decorrentes de *retrofit* do equipamento, a adequação do equipamento às novas regulamentações, entre outros.

### 2.1.4.2 Tipos de Manutenção

O tipo de Manutenção deve ser estabelecido tendo em conta as características dos equipamentos e o tipo de gestão definido. Não existem equipamentos iguais, estes podem diferir em tempo total de operação, fabricante, históricos de reparos e de manutenção, e por essa razão devem ser selecionadas diferentes estratégias de manutenção com o objetivo de otimizar indicadores como a Fiabilidade, a Disponibilidade, a Manutibilidade, a Durabilidade e ainda os custos.

Segundo a norma BS EN 13306:2017 (British Standards Institution, 2018), as atividades de Manutenção podem ser classificadas de duas formas, tendo em consideração as características intrínsecas de fiabilidade do equipamento ou do ponto de vista de gestão e planeamento. De acordo com as características intrínsecas de fiabilidade, as atividades podem dividir-se em três tipos: Manutenção de Melhoria, Manutenção Preventiva e Manutenção Corretiva (Figura 3). Do ponto de vista da gestão de atividades, estas podem ser divididas em dois tipos distintos: Manutenção Programada e Manutenção Não Programada (Figura 4). Seguidamente são apresentados e descritos os diferentes tipos de Manutenção:

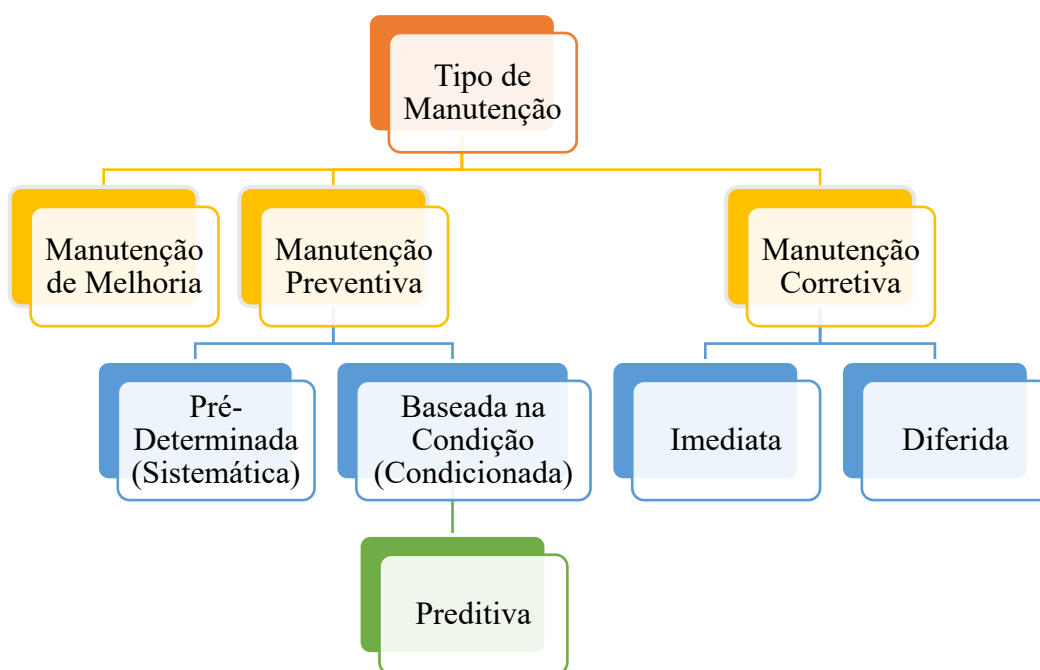


Figura 3 - Tipos de Manutenção [Adaptado de EN 13306:2017]

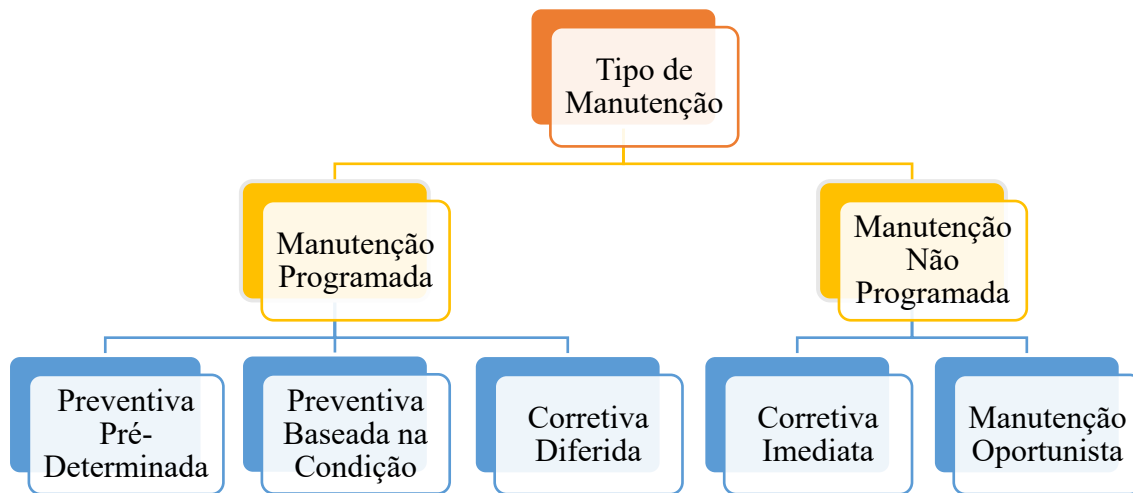


Figura 4 - Manutenção Programada vs Não Programada [Adaptado de EN 13306:2017]

- **Manutenção de Melhoria** – Combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, destinadas a melhorar a Fiabilidade intrínseca e/ou Manutibilidade e/ou segurança de um equipamento, sem alterar a função original;
- **Manutenção Preventiva** – Manutenção realizada com o objetivo de avaliar e/ou mitigar a degradação e reduzir a probabilidade de falha de um bem ou de um serviço executado;
  - **Pré-determinada** – Manutenção preventiva realizada de acordo com intervalos de tempo ou número de ciclos estabelecidos, sem investigação prévia da condição do equipamento ou componentes;
  - **Baseada na Condição** – Manutenção preventiva que inclui a avaliação das condições físicas, análise e possíveis ações de manutenção subsequentes. A avaliação da condição pode ser feita por observação do operador, inspeção, teste ou monitorização da condição dos parâmetros do sistema, conduzida de acordo com um cronograma, mediante solicitação ou de forma contínua;
    - **Preditiva** – Manutenção Baseada na Condição realizada seguindo uma previsão derivada de análises repetidas ou características conhecidas e avaliação dos parâmetros significativos da degradação do equipamento ou dos componentes;

- **Manutenção Corretiva** – Manutenção realizada após o reconhecimento de falhas e destinada a restaurar o estado operacional do equipamento;
  - **Imediata** – Manutenção corretiva que é realizada imediatamente após a detecção de uma falha para evitar consequências inaceitáveis;
  - **Diferida** – Manutenção corretiva que não é realizada imediatamente após a detecção de uma falha, mas sim diferida de acordo com as condições dadas (poderá ser programada);
- **Manutenção Programada** – Manutenção realizada de acordo com um cronograma (planeamento e programação) ou número de ciclos específico;
- **Manutenção Não Programada** – Manutenção que não estava prevista acontecer;
  - **Oportunista** – Manutenção preventiva ou corretiva diferida realizada sem agendamento durante paragens inesperadas ou eventos particulares (ociosidade não programada do equipamento, reuniões da produção, entre outros).

#### 2.1.4.3 Indicadores da Manutenção

Para desenvolver uma abordagem estruturada de medição do desempenho da função da manutenção, é imperativo ter uma estratégia de manutenção bem formulada com base na estratégia da organização e da produção (Muchiri *et al.*, 2011).

A medição do desempenho é fundamental para a gestão da manutenção. Indicadores de desempenho (*Key Performance Indicators - KPIs*) bem definidos permitem visualizar as lacunas existentes entre o desempenho atual e o desejado. É importante que o desempenho da manutenção seja medido para que possa ser controlado e monitorizado para a tomada de ações adequadas e oportunas de forma a minimizar e mitigar riscos na área da segurança, atender às responsabilidades sociais e aumentar a eficácia e eficiência dos ativos, criando valor a longo prazo e aumentando a viabilidade económica das organizações (Ben-daya *et al.*, 2009).

Na literatura é possível encontrar diferentes classificações para os indicadores de desempenho utilizados na gestão da manutenção.

Segundo a norma europeia EN 15341:2007 (European Committee for Standardization, 2007), os indicadores de desempenho da manutenção são classificados em três categorias: indicadores económicos, indicadores técnicos e indicadores organizacionais. Para cada categoria os indicadores são divididos em três níveis dependendo do âmbito onde são utilizados para medir o desempenho, da planta da fábrica, de uma linha de produção ou num determinado equipamento. A magnitude e o número de níveis podem ser estabelecidos de acordo com os interesses de cada organização.

De acordo com Muchiri *et al.* (2011), podem ser utilizados, para medição do desempenho de cada processo da função Manutenção, os indicadores *leading* (adiantados ou de direcionamento) e os indicadores *lagging* (atrasados ou de resultados). Os indicadores *leading* fornecem uma indicação ou aviso prévio da condição de desempenho e agem como impulsionadores de desempenho. Estes direcionam os métodos futuros de atuação para alcançar um determinado objetivo. Os indicadores *lagging* indicam o desempenho após a conclusão das atividades, ou por outras palavras, os resultados obtidos. Nas Tabelas 3 e 4 estão representados os indicadores *leading* e *lagging*, respetivamente.

Dados os objetivos propostos por este trabalho, será dado maior destaque aos indicadores de desempenho dos equipamentos como o Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), a Disponibilidade Intrínseca (Di), a Eficiência Global do Equipamento (OEE) e ao indicador de execução de tarefas, o Tempo Médio de Reparação (MTTR).

Tabela 3 - Sumário dos Indicadores leading para os processos de Manutenção [Adaptado de Muchiri et al., 2011]

<b>Categoria</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidades</b>	<b>Descrição</b>	<b>Valores recomendados por Muchiri</b>
Identificação das Tarefas (Work Identification)	% de Tarefas Proativas	%	$\frac{\text{HH Tarefas Proativas}}{\text{Total HH Disponíveis}}$	75% - 80%
	% de Tarefas Reativas	%	$\frac{\text{HH Tarefas Reativas}}{\text{Total HH Disponíveis}}$	10% - 15%
	% de Tarefas de Melhoria	%	$\frac{\text{HH Tarefas Melhoria}}{\text{Total HH Disponíveis}}$	5% - 10%
	Taxa de resposta às solicitações das OTs	%	$\frac{\text{OTs em solicitação há } < 5 \text{ dias}}{\text{Total solicitações de Trabalho}}$	80% dos pedidos
Planeamento (Work Planning)	Taxa de Planeamento	%	$\frac{\text{Trabalho planeado}}{\text{Total de trabalhos realizados}}$	95% de todas as OTs
	Qualidade do Planeamento	%	$\frac{\% \text{ OTs req. retrabalho devido ao planeamento}}{\text{Total de OTs}}$	< 3% de todas as OTs
	Resposta ao Planeamento	%	$\frac{\% \text{ OTs por planear há } < 5 \text{ dias}}{\text{Total de OTs}}$	> 80% de todas as OTs
Programação (Work Scheduling)	Intensidade de Programação	%	$\frac{\text{HH programadas}}{\text{Total HH disponíveis}}$	> 80% das HH Disponíveis
	Qualidade da Programação	%	% OTs em atraso devido à programação	< 2%
	Taxa de realização da Programação	%	$\frac{\% \text{ OTs programadas dentro do prazo}}{\text{Total de OTs}}$	> 95% de todas as OTs
Execução das Tarefas (Work Execution)	Conformidade da Programação	%	% OTs realizadas dentro do prazo programado	> 90%
	Tempo Médio de Reparação (MTTR)	Horas	$\frac{\text{Tempo Total de Reparo (TMP)}}{\text{Nº de reparações}}$	
	Taxa de utilização de mão de obra	%	$\frac{\text{Total de horas gastas em tarefas}}{\text{Horas disponíveis}}$	> 80%
	Eficiência da mão de obra	%	$\frac{\text{Tempo alocado para tarefas}}{\text{Tempo gasto em tarefas}}$	
	Volume de OTs	%	$\frac{\text{Nº de tarefas concluídas}}{\text{Nº de tarefas recebidas}}$	
	Pendência de OTs	%	$\frac{\text{Nº de tarefas atrasadas}}{\text{Nº de tarefas recebidas}}$	
	Qualidade da Execução (Retrabalho)	%	% de tarefas de manutenção que requerem retrabalho	< 3%

Tabela 4 - Sumário dos Indicadores lagging do desempenho da Manutenção [Adaptado de Muchiri et al., 2011]

<b>Categoria</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidades</b>	<b>Descrição</b>
Medidas de Desempenho do Equipamento	Número de Falhas	Nº	Número de falhas classificadas pelas suas consequências: operacional, não operacional, segurança, etc.
	Frequência de Falha/Avaria	$\frac{\text{Nº}}{\text{Un. Tempo}}$	Número de falhas por unidade de tempo (uma medida de Fiabilidade)
	Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)	Unidade de Tempo	Tempo Médio Entre Falhas (uma medida de Fiabilidade)
	Disponibilidade Intrínseca	%	$\frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} = \frac{\text{Tempo de atividade}}{\text{T atividade} + \text{T inatividade}}$
	Eficiência Global do Equipamento (OEE)	%	Disponibilidade x Desempenho x Qualidade
Medidas de Desempenho de Custos	Custo Direto de Manutenção	\$	Custo Total de Manutenção Corretiva e Preventiva
	Gravidade da Avaria	%	$\frac{\text{Custo da Avaria}}{\text{Custo Direto de Manutenção}}$
	Intensidade de Manutenção	$\frac{\$}{\text{Un. prod.}}$	% do Custo de Manutenção por unidade de produtos produzidos num período temporal
	% de Custo de Manutenção sobre o Custo de Fabricação	%	$\frac{\% \text{ Custo de Manutenção}}{\text{Custo Total de Fabricação}}$
	Valor de Substituição do Equipamento)	%	$\frac{\% \text{ Custo de Manutenção}}{\text{Valor de nova aquisição}}$
	Rotação de Stock de Manutenção	Nº	Razão do custo dos materiais utilizados do stock dentro de um período temporal
	Custo Percentual de Mão de obra	%	$\frac{\text{Custo da Mão de obra}}{\text{Custo Total de Manutenção}}$
	Custo Percentual de Subcontratados	%	$\frac{\text{Despesas de subcontratação}}{\text{Custo Total de Manutenção}}$
	Custo Percentual de Materiais	%	$\frac{\text{Custo dos materiais}}{\text{Custo Total de Manutenção}}$

## **Tempo Médio Entre Falhas (MTBF - *Mean Time Between Failures*)**

Como o nome indica, representa o tempo médio entre a ocorrência de uma falha, desde a última falha. O seu cálculo está representado na Equação 1, e é dado pela divisão do Tempo Total de Operação (Tempo Disponível para Operação menos o Tempo de Máquina Parada por manutenções corretivas) e o número de avarias do equipamento nesse período de tempo. A sua função é fundamental para informar o comportamento do equipamento, garantindo a boa funcionalidade do mesmo. Quanto maior o tempo médio entre falhas, maior a fiabilidade do equipamento.

$$MTBF = \frac{\text{Tempo Total de Operação}}{\text{Número de avarias nesse período}} [\text{Unidade de tempo}] \quad (1)$$

## **Tempo Médio de Reparação (MTTR - *Mean Time to Repair*)**

O Tempo Médio de Reparação é exatamente o tempo necessário para restaurar um equipamento de volta ao bom funcionamento. Este indicador é calculado pela razão entre o tempo total de reparo e o número total de avarias, e a sua fórmula está representada na Equação 2. O tempo total de reparo inclui o tempo de diagnóstico, tempo para reunir os recursos e ferramentas necessários, reparar, testar o equipamento e entregá-lo nas melhores condições de operação.

$$MTTR = \frac{\text{Tempo Total de Reparo (TMP)}}{\text{Número total de avarias}} [\text{Unidade de tempo}] \quad (2)$$

## **Disponibilidade**

A Disponibilidade é “*a capacidade de um equipamento ou sistema estar em condições de executar uma função requerida sob certas condições num dado instante ou durante um determinado intervalo de tempo determinado, tendo em conta os aspetos combinados de Fiabilidade, Manutibilidade e Gestão da Manutenção, assumindo que os recursos externos necessários estejam assegurados*” (European Committee for Standardization, 2007).

A Disponibilidade pode ser classificada de duas formas:

1. Disponibilidade Intrínseca ( $D_i$ ): Representa a percentagem de tempo relativo durante o qual o equipamento se encontra disponível para funcionamento considerando apenas o tempo de inatividade de manutenções corretivas. A sua fórmula está representada na Equação 3.

$$D_i = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF} \times 100 [\%] \quad (3)$$

2. Disponibilidade Operacional ( $D_o$ ): Representa o tempo útil de produção tomando como base o período total, considerando todas as fontes de tempo de inatividade (por falta de material, falta de operador, avarias, entre outros). A Disponibilidade Operacional é essencialmente a disponibilidade *a posteriori* com base nos eventos reais que aconteceram no equipamento e é a disponibilidade que o cliente realmente experimenta.

### **Eficiência Global do Equipamento (OEE - *Overall Equipment Effectiveness*)**

O OEE é um Indicador que permite monitorizar a Eficiência Global do Equipamento, ou seja, a produtividade dos equipamentos e processos. Pode ser considerado um indicador tridimensional, pois considera para o seu cálculo, três fatores relacionados com o equipamento, sendo eles a Disponibilidade Operacional ( $D_o$ ), a Taxa de Desempenho ( $T_d$ ) ou Taxa de Rendimento e a Taxa de Qualidade ( $T_q$ ), como é possível verificar na Equação 4 (Nakajima, 1988).

Para aumentar a Eficiência Global dos equipamentos, é necessário identificar e consequentemente eliminar ou minimizar todos os fatores (falhas, defeitos e problemas) que possam comprometer diretamente os indicadores de Disponibilidade, de Desempenho e de Qualidade

$$OEE [\%] = Disponibilidade (D_o) \times Desempenho (T_d) \times Qualidade (T_q) \quad (4)$$

A Disponibilidade Operacional do equipamento, na sua definição mais simples é dada pela Equação 5 (Nakajima, 1988) e contempla todas as causas de paragem não programada para o tempo indisponível.

$$Do = \frac{\text{Tempo disponível para produção}}{\text{Tempo disponível para produção} + \text{Tempo indisponível}} \times 100 \quad (5)$$

A Taxa de Desempenho é dada pelo rácio entre a Taxa de Produção Real (número de unidades produzidas no tempo operacional), e a Taxa de Produção Ideal/standard (número de unidades teoricamente possíveis de produzir no mesmo tempo operacional) e a sua fórmula está representada na Equação 6 (Mccarthy and Rich, 2015).

$$\text{Desempenho} = \frac{TPR}{TPI} \times 100 \quad (6)$$

A Taxa de Qualidade é dada pelo rácio entre a quantidade de Produtos Bons (sem defeitos), e a Produção Total (PT) (número total de unidades produzidas) e encontra-se representada na Equação 7 (Mccarthy and Rich, 2015).

$$\text{Qualidade} = \frac{PB}{PT} \times 100 \quad (7)$$

É importante referir que, para utilizar este indicador, existe a necessidade de identificar e estruturar corretamente as perdas, sendo de extrema importância a sua introdução e classificação, de forma manual ou automática, para que os valores extraídos correspondam à situação real do equipamento.

Na Figura 5 estão representados os tempos utilizados para o cálculo do OEE e as respetivas perdas.

TEMPO TOTAL DISPONÍVEL (TEMPO CALENDÁRIO)		
TEMPO PROGRAMADO BRUTO		Ociosidades Programadas
TEMPO PROGRAMADO LÍQUIDO (TEMPO DISPONÍVEL PARA PRODUÇÃO)		Paragens Programadas
TEMPO UTILIZADO PARA PRODUÇÃO (PRODUÇÃO TEÓRICA)		Indisponibilidade (Paragens Não Programadas) Arranque, avarias, setup, troca de ferramentas, Pequenas paragens, ajustes
TEMPO COM ALTO DESEMPENHO DA PRODUÇÃO (PRODUÇÃO REAL)	Baixo Desempenho	redução de velocidade
TEMPO DE OPERAÇÃO COM VALOR AGREGADO (PRODUTO BOM)	Baixa Qualidade	Defeitos

Figura 5 - Tempos para cálculo do OEE [Adaptado de Ben-daya et al., 2009]

## 2.1.5 Desperdícios na Manutenção

A verdadeira melhoria da eficiência operacional ocorre quando se produz zero desperdícios e se otimiza a carga de trabalho para 100%, produzindo apenas a quantidade necessária com o mínimo de recursos (mão de obra, *stocks*, entre outros). Segundo Taiichi Ohno (Ohno, 1988), criador do Sistema de Produção *Toyota*, são identificadas sete formas de desperdícios associados aos processos produtivos:

1. **Perdas por sobreprodução** – Perdas relacionadas com o excesso de produção. Produzir mais significa exceder a necessidade do cliente, o que leva a custos adicionais. A sobreprodução faz com que os outros 6 desperdícios apareçam por consequência;
2. **Perdas por espera** – Perdas relacionadas com o tempo de espera de um processo ao longo da linha de produção. Por exemplo, mercadorias em espera para serem entregues, equipamentos em espera para serem reparados ou um documento/operação a aguardar aprovação;
3. **Perdas por transporte** – Perdas relacionadas com movimentações desnecessárias ou excessivas que não agregam valor ao produto, podendo até causar danos à qualidade do produto;
4. **Perdas por processamento excessivo** – Perdas relacionadas com o processamento excessivo de um produto. Este tipo de desperdício geralmente reflete em fazer um trabalho que não traz valor adicional ou traz mais valor do que o necessário face a necessidade do cliente;
5. **Perdas por *stock*/inventário** – Perdas relacionadas com *stocks* excessivos e não processados que aumentam os custos de armazenamento e depreciação;
6. **Perdas por movimento/manuseio** – Perdas relacionadas com movimentações de funcionários ou equipamentos, que são complicadas e/ou desnecessárias;
7. **Perdas por fabrico de produtos defeituosos** – Perdas relacionadas com defeitos podem causar retrabalho (custos adicionais de mão de obra e ferramentas) ou até mesmo sucata. Podem ainda levar à perda de clientes e reputação tratando-se, portanto, de uma forma de desperdício exponencialmente dispendiosa.

Ricky Smith (2004), adaptou estes desperdícios ao contexto da Manutenção, identificando-os como “Os Sete Desperdícios Mortais”:

1. **Perdas por sobreprodução** – Fazer mais manutenções (preventivas, de melhoria, entre outras) do que o necessário, obtendo pouca ou nenhuma melhoria de fiabilidade demonstrável;
2. **Perdas por espera** – Quando os técnicos de manutenção são forçados a aguardar pela entrega de peças solicitadas, pela disponibilidade de um equipamento por parte da produção ou até mesmo por autorizações de trabalho. Períodos de espera não agregam valor à função Manutenção;
3. **Perdas por transporte** – É frequente ver os técnicos de manutenção sempre em movimento. Ferramentas armazenadas longe do local de trabalho, a utilização repetitiva de peças e de documentação que não foram previamente preparadas são as principais fontes de desperdício. Cada atividade requer transporte e a maioria não agrega valor ao processo de manutenção. Em instalações extensas, a perda acumulada pode ser alta.
4. **Perdas por processamento** – Um sistema de gestão de manutenção computadorizado ineficiente e/ou pouco objetivo, formulários excessivos e/ou demorados, treino ineficaz e falta de padronização nos procedimentos/fluxos de trabalho estão entre as fontes de desperdícios mais comuns no processo de manutenção;
5. **Perdas por stock/inventário** – O armazenamento de grandes stocks de peças obsoletas e de itens raramente utilizados e/ou caros ou com prazo de validade limitado são dos principais contribuintes para o desperdício de tempo e custos indiretos;
6. **Perdas por movimento** – É frequente os técnicos de manutenção gastarem muito tempo à procura de informações importantes como esquemas, manuais, listas de peças, históricos de reparações que se encontram dispersos e desorganizados;
7. **Perdas por defeitos** – Retrabalho ou reparações repetitivas num equipamento devido à falha na identificação da causa raiz ou devido a tarefas de manutenção ineficazes ou incorretas são exemplos de defeitos no processo de manutenção.

## 2.1.6 Ferramentas para auxílio da Manutenção

De forma a maximizar a eficácia e eficiência do processo de Manutenção, e assim procurar alcançar os objetivos propostos, há a necessidade de aplicar certas ferramentas e técnicas. Neste capítulo serão apresentadas várias ferramentas/metodologias utilizadas ao longo do projeto e que auxiliam o processo da Manutenção, como a metodologia 5W2H, o ciclo PDCA, a ferramenta RCCA, a Gestão Visual e diagramas como o de Ishikawa, de Esparguete e de Pareto.

### 2.1.6.1 Metodologia 5W2H

A metodologia 5W2H é uma ferramenta de fácil aplicação e uma excelente auxiliar na sistematização e planificação dos trabalhos. Pode ser aplicada na resolução de problemas, controlo de processos, na gestão de projetos e planeamento de atividades.

O nome desta ferramenta deve-se às primeiras letras de sete perguntas em inglês que definem o processo de utilização: *What* (O quê), *Why* (Porquê), *Where* (Onde), *When* (Quando), *Who* (Quem), *How* (como) e *How Much* (Quanto).

Após a resposta às sete perguntas, o problema pode ser visualizado de forma clara e objetiva, favorecendo a definição de ações a realizar, a maneira como vão ser realizadas e quais os responsáveis pela execução (Silva *et al.*, 2013).

A Manutenção pode também utilizar esta ferramenta, tornando os processos mais eficientes, estruturados e com resultados objetivos, tal como ilustrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Adaptação da metodologia 5W2H à Manutenção [Adaptado de Silva *et al.*, 2013]

5W	Who?	Quem?	Quem poderá estar envolvido? Quem mais pode ajudar? A quem se dirige a intervenção?
	Where?	Onde?	Em que local acontece? Onde poderá acontecer? Onde encontrar meios?
	What?	O quê?	O que é que acontece? O que é necessário fazer? Qual o objetivo?
	When?	Quando?	Quando acontece? Quando começar e terminar?
	Why?	Porquê?	Porque acontece? Porquê fazer?
2H	How?	Como?	Como se desenvolve o problema? Como resolver o problema? Como avaliar?
	How much?	Quanto?	Quanto custa?

## 2.1.6.2 Ciclo PDCA

O Ciclo PDCA, representado na Figura 6, é uma ferramenta iterativa de gestão de quatro etapas, Planear (*Plan*), Executar (*Do*), Verificar (*Check*) e Agir (*Act*) que visa a melhoria contínua dos processos tornando-os mais eficazes e eficientes (Sobek and Smalley, 2008).

1. **Planear** – Na primeira etapa, é elaborado um plano de implementação de ações bem definido a partir do estudo e análise crítica do problema. Nesta etapa são também mapeados os objetivos do projeto assim como a melhor forma de os alcançar tendo em conta a missão e os valores da organização;
2. **Executar** – Esta é a etapa em que o plano é colocado em movimento e executado conforme descrito. Essa etapa pode ser dividida em três segmentos, incluindo a formação de todos os intervenientes no projeto, o processo de execução do trabalho e o registo/recolha de dados para análise das próximas etapas;
3. **Verificar** – Geralmente existem duas verificações ao longo do projeto: a primeira feita ao longo da implementação, garante que os objetivos do projeto estão a ser atendidos; a segunda é realizada após a conclusão e aborda os sucessos e fracassos do projeto para que futuramente sejam feitos os ajustes necessários;
4. **Agir** – A etapa final serve para estabelecer o novo processo, solução ou sistema como padrão se os resultados forem satisfatórios, ou para tomar ações corretivas caso não tenham sido alcançados. Dada a sua natureza cíclica, o ciclo PDCA pode ser afinado e redefinido para melhores resultados sob novas diretrizes.

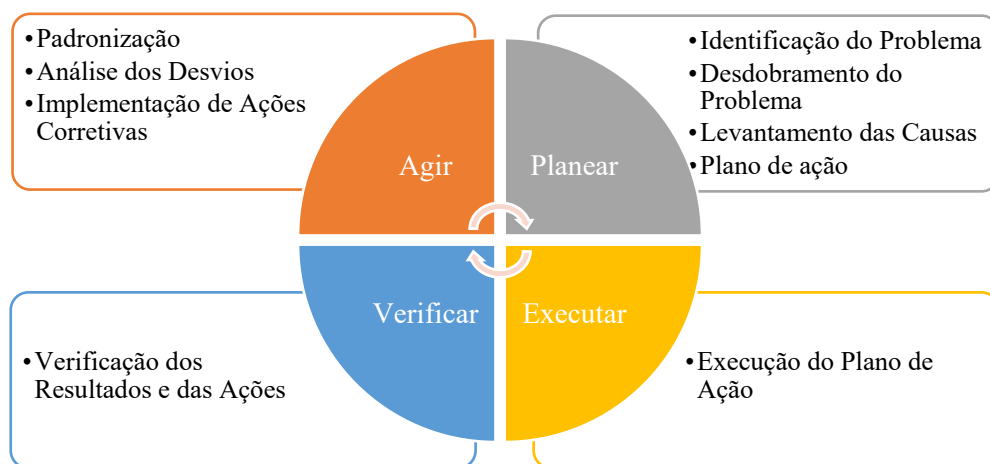


Figura 6 - Ciclo PDCA [Adaptado de Sobek and Smalley, 2008]

### 2.1.6.3 Análise de Causa Raiz e Ação Corretiva

A Análise de Causa Raiz e Ação Corretiva (RCCA) é um método passo a passo utilizado com o objetivo de procurar, de forma sistêmica e assertiva, os motivos da falha dos equipamentos e/ou processos até à raiz e conseqüentemente identificar ações corretivas que, quando implementadas, previnam a recorrência do problema. Estas análises devem contar com uma equipa multidisciplinar composta por Operadores, Engenharia, Manutenção e por qualquer outra área de apoio que possa trazer outro ponto de vista para o problema (Levitt, 2010).

Quando corretamente aplicada, a execução deste tipo de análises é bastante útil para eliminar problemas e assim melhorar a fiabilidade e o desempenho dos equipamentos (Bendaya *et al.*, 2009). Esta análise pode ser complementada com a utilização de outras ferramentas como o Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa e os 5 Porquês.

O processo de análise RCCA pode ser composto por 8 passos:

1. Definição do problema;
2. Identificar os recursos necessários;
3. Identificar, seleccionar e priorizar as causas raiz prováveis;
4. Validar as causas raiz;
5. Identificar, seleccionar e priorizar as potenciais soluções;
6. Validar as potenciais soluções;
7. Implementar o plano de ação e monitorizar a eficácia das soluções;
8. Padronizar processos similares e sistematizar os novos conhecimentos.

#### 2.1.6.4 Cinco Porquês

O Sistema de Produção *Toyota* foi construído sobre a prática e evolução desta abordagem científica. Inicialmente utilizada para melhorar a eficiência e qualidades dos seus produtos, foi mais tarde adaptada por Taiichi Ohno com o objetivo de determinar a causa raiz de um defeito ou problema (Ohno, 1988).

A ferramenta dos 5 Porquês é uma técnica de análise de problemas iterativa utilizada para explorar as relações de causa e efeito subjacentes a um problema específico questionando sucessivamente a pergunta “Porquê” cinco vezes. Para cada causa associada a um dos porquês respondidos, deve-se evidenciar se a causa apontada é real ou apenas uma hipótese.

#### 2.1.6.5 Gestão Visual

A Gestão Visual é uma das principais estratégias de Gestão *Lean* utilizadas para promover de forma clara e objetiva a comunicação e partilha de informações sobre expectativas, desempenho, padrões e avisos num local de trabalho através de informações visuais. Desta forma não requer interpretação para ser compreendida, ou seja, independentemente de estar ou não familiarizada com o local de trabalho, qualquer pessoa deve ser capaz de ver instantaneamente o estado atual do trabalho ou acompanhar o desempenho da equipa em relação ao objetivo (Ben-daya *et al.*, 2009).

Estas formas de informação em formato visual podem assumir várias aplicações, tais como, quadros, marcações das estações de trabalho, criação de ajudas visuais, entre outros, como mostra a Figura 7.



Figura 7 - Exemplo da aplicação de Gestão Visual

### 2.1.6.6 Diagrama de Ishikawa

Proposto por *Kaoru Ishikawa*, o Diagrama de *Ishikawa*, também conhecido como o “Diagrama de espinha de peixe” ou “Diagrama Causa-Efeito” é uma ferramenta da qualidade que permite correlacionar potenciais causas raiz a um possível efeito. Coloca causas de diferentes categorias, sejam elas técnicas ou humanas (Mão de obra, Máquina, Método, Medida, Material e Meio Ambiente), para um determinado efeito (Ishikawa, 1976). Este encontra-se representado na Figura 8

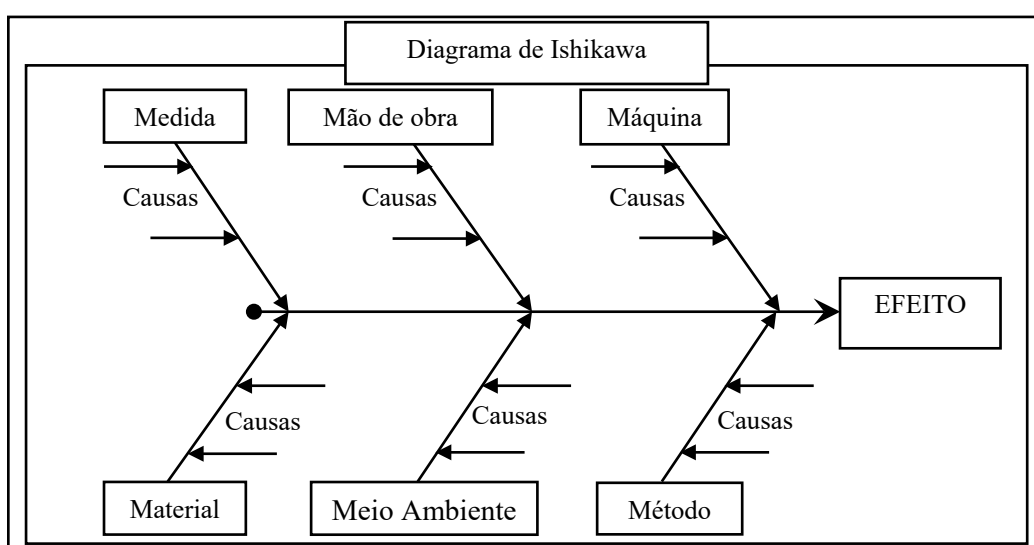


Figura 8 - Diagrama de Ishikawa [Adaptado de Ishikawa, 1976]

### 2.1.6.7 Diagrama de Esparguete

O Diagrama de Esparguete, ou *Spaghetti Diagram*, representado na Figura 9, é uma ferramenta de análise que ajuda a reduzir o desperdício no transporte, movimentação e tempo de espera, através de uma representação visual do fluxo físico de materiais, documentação e pessoas durante a execução de tarefas ou atividades num processo. Com esta ferramenta é possível identificar as redundâncias e movimentações desnecessárias durante o fluxo de trabalho, e desta forma tomar ações para tornar o processo mais eficiente (Allen, 2010).

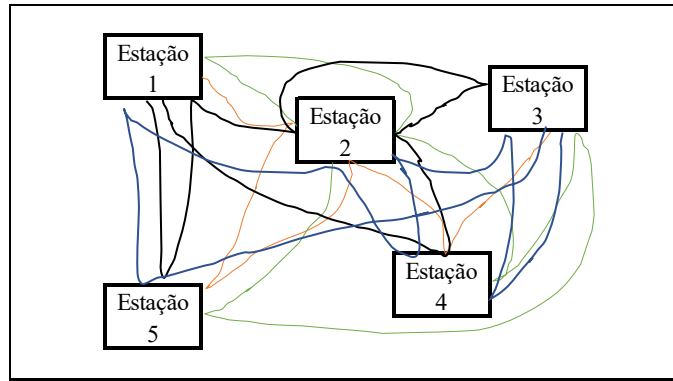


Figura 9 - Exemplo de Diagrama de Esparguete

### 2.1.6.8 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto é uma ferramenta básica do controlo da Qualidade. O Princípio de Pareto ilustra o fato de que 80% dos problemas derivam de 20% das causas. Um Diagrama de Pareto é um gráfico de barras e linhas composto por uma série de barras cujas alturas refletem a frequência de problemas ou causas (Ben-daya *et al.*, 2009). As barras estão dispostas por ordem decrescente em altura da esquerda para a direita (Figura 10). Isto significa que, os fatores representados pelas barras mais à esquerda são relativamente mais significativos do que aqueles à direita. Pode ser utilizado desde o início para identificar qual o problema que deve ser estudado e, posteriormente, para priorizar quais as causas do problema que devem ser abordadas em primeiro lugar.

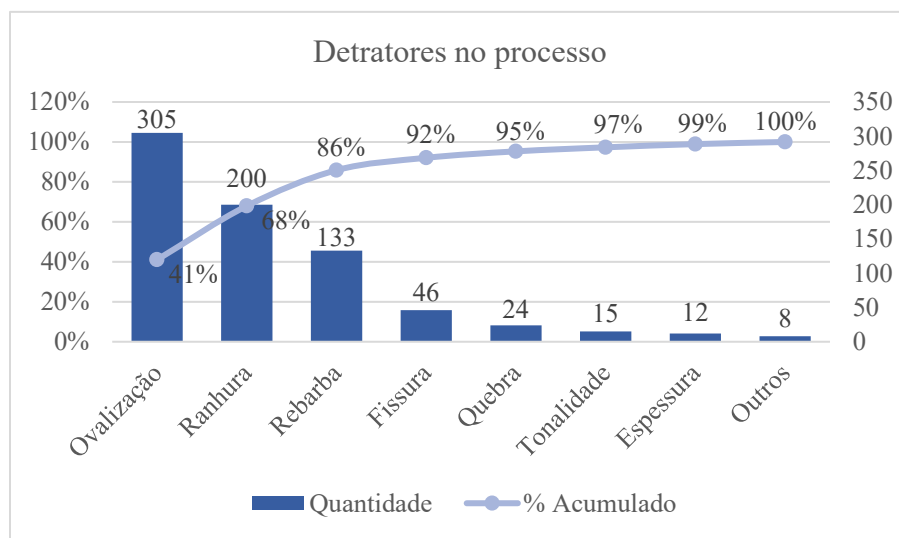


Figura 10 - Exemplo de um Diagrama de Pareto

## 2.2 TPM – Manutenção Produtiva Total

### 2.2.1 Definição e Objetivos

De acordo com S. Nakajima (Nakajima, 1988), vice-presidente do *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), o TPM é uma combinação do tipo de Manutenção Preventiva de origem Americana, com a utilização de ferramentas e conceitos japoneses da Gestão da Qualidade Total (GQT) e o envolvimento total dos funcionários. A Manutenção Produtiva Total (TPM), como o nome sugere, consiste em três palavras: Total, considerando todos os aspetos para a eliminação total das perdas e envolvendo todas as partes intervenientes; Produtiva: com ênfase em ser realizada enquanto a produção continua e minimizando os problemas na produção (aumentando a produtividade); e Manutenção: Manter o processo de produção em condições ideais, realizando tarefas simples de manutenção de forma autónoma pelos operadores (inspeções, limpezas e lubrificações) e zelando pelos equipamentos.

O TPM descreve uma relação sinérgica entre todas as funções organizacionais, mas particularmente entre a Produção e a Manutenção, para alcançar a melhoria contínua da qualidade do produto, aumentar a eficiência operacional, a produtividade e a segurança. O TPM visa promover uma cultura na qual os operadores desenvolvam senso de propriedade dos equipamentos, ganhem conhecimento sobre o mesmo e desenvolvam capacidades de diagnóstico, propostas de melhoria e solução de problemas nos equipamentos.

Em 1971, o *Japan Institute of Plant Maintenance* (Nakajima, 1988) definiu o TPM, focando principalmente no setor produtivo, em cinco elementos:

1. O TPM visa maximizar a eficácia e eficiência dos equipamentos;
2. O TPM estabelece um minucioso plano de manutenção preventiva para toda a vida útil dos equipamentos;
3. O TPM atua em todos os departamentos envolvidos com os equipamentos (Engenharia, Operação, Manutenção, Planeamento, entre outros);
4. O TPM é baseado na participação de todos os membros, desde a alta administração até os operadores na linha de produção;
5. O TPM baseia-se na promoção da manutenção preventiva através da gestão da motivação, ou seja, através de atividades em pequenos grupos autónomos.

No entanto, para se adaptar à implementação a nível organizacional, a sua definição foi posteriormente modificada nos seguintes elementos:

1. O TPM visa criar um sistema corporativo que maximize a eficácia e eficiência do sistema produtivo (Melhoria de Eficiência Global);
2. O TPM estabelece um mecanismo para prevenir a ocorrência de todas as perdas na linha de produção com foco no produto final, isto inclui técnicas e sistemas que garantam zero acidentes, zero defeitos e zero falhas ao longo de todo o ciclo de vida do sistema produtivo;
3. O TPM é aplicado em todos os setores, incluindo os departamentos de Produção, Desenvolvimento, Logística e Administração;
4. O TPM é baseado na participação de todos os membros, desde a alta administração até os operadores na linha de produção;
5. O TPM alcança zero perdas por meio da sobreposição de atividades de pequenos grupos autônomos.

A medição do OEE dos equipamentos permite que a equipa responsável pelo TPM concentre o foco na priorização e no ataque de todas as formas de desperdício. Segundo S. Nakajima (Nakajima, 1988) são seis as grandes perdas que impactam de forma direta o OEE, sendo elas:

**Perdas por paragens:**

1. Falha do equipamento – por avaria;
2. *Setup*, ajustes e regulagens – troca de ferramentas, configurações, afinações;

**Perdas de velocidade:**

3. Marcha lenta e micro paragens – devido ao funcionamento anormal de sensores, bloqueio de trabalho, entre outros;
4. Funcionamento em velocidades reduzidas – devido a discrepâncias entre o projeto e a velocidade real do equipamento;

**Perdas por defeitos:**

5. Defeitos de processo – devido a sucatas e defeitos de qualidade a serem retrabalhados;
6. Rendimento reduzido – perdas de arranque do equipamento até a produção estável.

As duas primeiras perdas por paragem afetam a Disponibilidade, as perdas por velocidade afetam a Taxa de Desempenho e as duas últimas perdas por defeitos afetam a Taxa de Qualidade do valor OEE resultante.

### 2.2.2 Perspetiva Histórica do TPM

A origem do TPM remete a 1951, quando a manutenção preventiva foi introduzida no Japão. A *Nippondenso Co. Ltd*, do grupo *Toyota*, foi a primeira empresa a introduzir a manutenção preventiva em toda a fábrica em 1960. No entanto, devido ao aumento da automação, verificou-se a necessidade de contratar mais técnicos de manutenção para dar resposta aos problemas, pelo que foi decidido pela administração que as manutenções de rotina diárias dos equipamentos fossem realizadas pelos operadores, marcando desta forma o início da manutenção autónoma, um dos pilares do TPM.

Deste modo, a *Nippondenso Co. Ltd*, que já praticava a manutenção preventiva, acrescentou também a prática de manutenção autónoma realizada por operadores de produção, permitindo à equipa de manutenção ter um maior foco na realização de modificações e melhorias nos equipamentos de forma a melhorar a fiabilidade e a manutibilidade dos mesmos.

Assim, a combinação da manutenção preventiva com a procura da melhoria da manutibilidade e fiabilidade deu origem à Manutenção Produtiva. O objetivo da Manutenção Produtiva era maximizar a eficiência da fábrica e dos equipamentos de forma a atingir o custo ideal do ciclo de vida dos equipamentos de produção.

Em 1971, foi introduzido e implementado com sucesso um programa chamado “Manutenção Produtiva Total” onde todos os colaboradores participaram. Com base nesses desenvolvimentos, a *Nippondenso* recebeu o prémio *Distinguished Plant* pelo *Japanese Institute of Plant Maintenance* pelo desenvolvimento e implementação do TPM, tornando-se na primeira empresa a obter a certificação TPM. Este foi o início do TPM no Japão e na Europa (Levitt, 2010).

### 2.2.3 A Metodologia 5S como base do TPM

A metodologia dos 5S surgiu no Japão, com o objetivo de organizar o local de trabalho. Os 5S formam um dos princípios básicos do TPM. A sua aplicação resulta num local de trabalho limpo, seguro, visualmente organizado e autossustentável a partir do envolvimento dos funcionários com o compromisso de implementar e praticar com sinceridade as diversas ações. Desta forma, é possível identificar e eliminar todo o tipo de desperdícios, simplificar o trabalho, libertar espaço no local de trabalho e facilitar a deteção e resolução de problemas (Levitt, 2010).

O nome desta metodologia deve-se à primeira letra das cinco palavras japonesas de cada uma das ações sequenciais a implementar nesta técnica: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke* (Levitt, 2010):

- ***Seiri* (Senso de utilização e organização)** – Refere-se à prática de passar por todas as ferramentas, materiais, ou outros objetos, na área de trabalho e manter apenas os itens essenciais para os processos, descartando ou guardando os itens desnecessários para reaproveitamento;
- ***Seiton* (Senso de ordenação)** – Refere-se à identificação e arrumação/disposição do material de trabalho para que seja facilmente encontrado/localizado por qualquer pessoa, e desta forma facilitar o seu acesso e manuseio;
- ***Seiso* (Senso de Limpeza)** – Esta etapa envolve a limpeza do local de trabalho, mantendo o ambiente limpo, eliminando as fontes de sujidade;
- ***Seiketsu* (Senso de Padronização)** – Refere-se à manutenção das condições físicas e mentais de trabalho favoráveis e saudáveis para os trabalhadores, utilizando e suportando os 3S anteriores de forma rotineira e padronizada;
- ***Shitsuke* (Senso de Autodisciplina)** – Esta etapa estabelece que é preciso sustentar os sentidos anteriores e que haja comprometimento em garantir que os padrões técnicos, éticos e de melhoria contínua são aplicados regularmente. É uma questão de postura, de mudança cultural, baseada na perceção da importância e do valor dos 5S.

## 2.2.4 Pilares do TPM

As iniciativas de TPM sugeridas pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* envolvem um plano de implementação de oito pilares focados em técnicas proativas e preventivas de manutenção, reduzindo assim os custos de manutenção, os tempos de *setup* e de paragens não programadas, resultando num aumento substancial da produtividade e na Eficiência Global dos Equipamentos. Estes oito pilares são os princípios básicos do TPM e proporcionam meios para excelentes práticas de planeamento, organização, monitorização e controlo. Os oito pilares da metodologia TPM estão representados na Figura 11 (Ben-daya *et al.*, 2009).

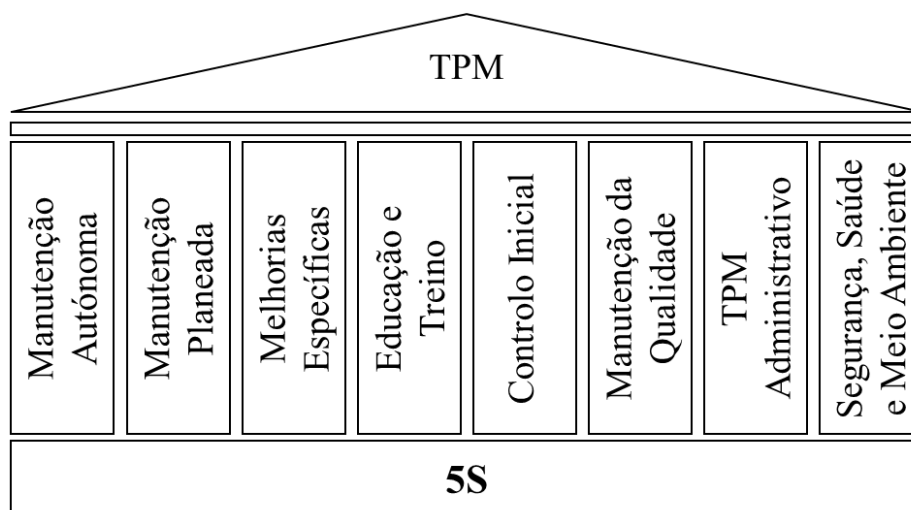


Figura 11 - Os pilares da metodologia TPM [Adaptado de Singh and Singh, 2020]

De seguida são identificadas as iniciativas de manutenção e melhoria organizacional associadas a cada um dos pilares do TPM (Levitt, 2010):

**Manutenção Autônoma** – Visa desenvolver a capacidade dos operadores para a execução de atividades de limpeza, inspeção, lubrificação e pequenos reparos, mantendo o processo de acordo com padrões estabelecidos, antecipando-se aos problemas potenciais. A Manutenção Autônoma praticada por um operador ou equipa de operação ajuda a aumentar a fiabilidade do equipamento, garantir baixos custos operacionais e manter a alta qualidade das peças de produção;

**Manutenção Planeada** – Visa desenvolver um sistema que promova a fiabilidade e o aumento da disponibilidade dos equipamentos através da deteção e eliminação de anomalias e/ou paragens não programadas de manutenção com o menor custo manutenção possível antes que estes aconteçam, concentrando-se nas causas raiz dos problemas e na otimização dos planos de manutenção preventiva;

**Melhorias Específicas** – Consiste na identificação e eliminação proativa e sistemática das perdas e desperdícios que reduzem a eficiência do equipamento. Através da eliminação destas perdas, melhora-se a Eficiência Global do Equipamento;

**Educação e Treino** – O pilar de Educação e Treino envolve todos os níveis da organização, desde os operadores até aos gestores. Tem como objetivo desenvolver novos conhecimentos e habilidades a todos os níveis, para a correta condução das atividades do TPM. Através da formação e treino, os operadores ganham capacidades para realizar as atividades básicas de manutenção;

**Controlo Inicial** – Consiste na definição de um processo robusto para aquisição de novos equipamentos considerando experiências e melhorias realizadas anteriormente de forma a garantir zero falhas através da simplificação dos processos manutenção (preventiva e autónoma), ou seja, construir uma alta eficiência desde o projeto do equipamento;

**Manutenção da Qualidade** – Definir condições do equipamento que excluam defeitos de qualidade, para que possa ser mantida a perfeita qualidade dos produtos processados e as exigências dos clientes. Foca-se na eliminação dos custos de não qualidade (CNQ) através da aplicação de ferramentas da qualidade e análises de causas raiz;

**TPM Administrativo** – O principal objetivo deste pilar é eliminar perdas geradas pelas funções administrativas de forma que os serviços prestados agreguem valor à área produtiva. Isto pode ser alcançado através da otimização dos fluxos de informação bem como a implementação de ferramentas para a criação de um ambiente de escritório eficiente e organizado;

**Segurança, Saúde e Meio Ambiente** – Este pilar visa garantir que todos os funcionários tenham um ambiente de trabalho seguro (zero acidentes), além de proporcionar um sistema que garanta a preservação da saúde e bem-estar dos funcionários e da preservação do meio ambiente.

## 2.2.5 Implementação do TPM

Embora não exista um só método correto para a implementação do TPM, é certo que um processo de implementação bem elaborado e estruturado é um fator de sucesso e elemento-chave para uma boa implementação do TPM.

Segundo S. Nakajima, são necessários pelo menos três anos de implementação do TPM antes que os resultados de nível mundial possam ser alcançados, considerando que a implementação seja realizada segundo as doze etapas sugeridas pelo autor. Estas doze etapas fazem parte de quatro fases distintas, e representam os requisitos mínimos para o desenvolvimento do TPM (Nakajima, 1988). As várias fases e respectivas etapas estão descritas na Tabela 6.

*Tabela 6 - 12 Etapas de implementação do TPM [Adaptado de Nakajima, 1988]*

Fase	Etapa	Ações
1. Preparação	1. Comunicar a intenção de introduzir o TPM.	Reunir com os responsáveis pelos diferentes departamentos.
	2. Lançar campanha de educação para a introdução do TPM.	Formações de acordo com o nível hierárquico e as funções que desempenham.
	3. Criar organismos para promoção do TPM.	Criação e formação de equipas a todos os níveis hierárquicos para promover o TPM.
	4. Estabelecer as políticas e objetivos básicos de TPM.	Analisar as condições existentes e definir objetivos.
	5. Formular um plano principal para o desenvolvimento do TPM.	Desenvolver o plano de implementação do TPM passo a passo. Estruturar estratégias a serem adotadas ao longo do tempo.
2. Implementação Preliminar	6. Lançamento e arranque do TPM.	Convidar fornecedores, clientes, e todas as partes interessadas.
3. Implementação	7. Melhorar a eficiência de todos os equipamentos.	Selecionar equipamento piloto e formar a equipa de projeto.
	8. Desenvolver um programa de Manutenção Autónoma.	Desenvolver habilidades e ferramentas de diagnóstico e estabelecer procedimentos.
	9. Desenvolver um programa de manutenção devidamente calendarizado para o departamento de manutenção.	Incluir manutenções periódicas e preditivas, assim como a gestão de peças sobresselentes, ferramentas, projetos e cronogramas.
	10. Promover formações para melhorar as competências dos operadores e técnicos de manutenção.	Formação dos líderes em grupo, para que os líderes passem a informação aos restantes membros do grupo.
	11. Desenvolver um programa de controlo inicial de equipamentos.	Elaboração de manutenção preventiva e de uma comissão de controlo.
4. Consolidação	12. Aperfeiçoar e elevar o desempenho do TPM.	Sustentar a implementação do TPM e definir objetivos mais elevados.

### 2.2.5.1 Os sete passos da Manutenção Autónoma

O *Japan Institute of Plant Maintenance* recomenda uma abordagem de sete passos para desenvolver a manutenção autónoma de forma aprofundada. Esta inclui o domínio progressivo de cada um dos 5S's aplicados à Manutenção Autónoma. Os operadores recebem formação teórica e vão desenvolvendo diversas competências e conhecimentos de técnicas de diagnóstico de modo a conseguirem identificar e reparar pequenas falhas nos equipamentos que operam, sendo apenas possível progredir para o próximo passo quando a implementação é corretamente executada e confirmada. Na Tabela 7 são apresentadas as sete etapas de aplicação da Manutenção Autónoma (Nakajima, 1988).

*Tabela 7 - Etapas da aplicação da Manutenção Autónoma [Adaptado de Nakajima, 1988]*

Etapa	Atividades
1. Limpeza Inicial	Eliminar na totalidade toda a sujidade existente no equipamento, bem como a deteção de anomalias e proceder à sua reparação.
2. Medidas de combate às fontes de sujidade ou locais de difícil acesso	Eliminar as fontes de sujidade no equipamento, elaborar planos de precaução para possíveis derrames em locais de difícil acesso para limpeza e lubrificação e reduzir o tempo necessário nesses procedimentos.
3. Estabelecer Padrões de Limpeza e Lubrificação	Elaborar normas de limpeza, lubrificação e aperto, de modo a reduzir o tempo despendido nessas atividades (especificar tarefas diárias e periódicas).
4. Inspeção Geral	Aplicar práticas de inspeção geral (roteiros de inspeção), com o intuito de detetar e corrigir previamente as falhas nos equipamentos.
5. Inspeção Autónoma	Elaborar e executar as folhas de manutenção autónoma.
6. Organização, Ordem e Disciplina	Executar e padronizar os itens com necessidade de serem controlados e sistematizar totalmente a sua manutenção (Normas de inspeção para limpeza e lubrificação, padrões para os registos de dados, normas para manutenção de peças e ferramentas).
7. Manutenção Autónoma Total	Desenvolver as metas e diretrizes necessárias para executar com regularidade as atividades de melhoria.

## Capítulo 3 – Caso de Estudo - Descrição da Situação Inicial

### 3.1 Embraer S.A.

A Embraer S.A. foi fundada em 1969 por Ozires Silva como uma sociedade de economia mista vinculada à Força Aérea Brasileira e está sediada em São José dos Campos, no estado de São Paulo. Durante as décadas que se seguiram a empresa conquistou importantes projeções nacionais e internacionais com os aviões Bandeirante, Xingu e Brasília, aumentando o número de colaboradores e expandido a sua atividade.

Atualmente é o 3º maior fabricante de aeronaves comerciais do mundo e líder absoluto no segmento de aeronaves até 130 lugares, com mais de oito mil aeronaves entregues e cerca de dezoito mil colaboradores. Para atender às necessidades globais, estabeleceu empresas subsidiárias, nomeadamente unidades industriais, escritórios e centros de distribuição de peças e serviços nas Américas (Estados Unidos da América e Brasil), Ásia (Singapura e China) e Europa (Portugal, França, Irlanda, Inglaterra e Holanda).

Líder nos segmentos em que atua nos mercados de Aviação Comercial, Executiva, Defesa & Segurança, Serviços & Suporte, a empresa fomenta um ecossistema de geração e disseminação de conhecimento que estimula a formação de qualidade dos colaboradores, aumenta a competitividade da indústria aeronáutica, promove o desenvolvimento científico e impacta positivamente na sociedade como um todo (Embraer, 2022b).

### 3.1.1 Embraer Portugal

Sediada em Évora, no Parque da Indústria Aeronáutica de Évora, a Embraer Portugal foi inaugurada em 2012 e atualmente emprega cerca de 500 colaboradores. As instalações de Évora enquadram-se na estratégia de internacionalização da empresa para o mercado europeu e é constituída por três empresas (duas fábricas) com diferentes âmbitos de atuação:

- A Embraer Portugal Estruturas Metálicas S.A., com uma área de 37100 metros quadrados, utiliza tecnologias com alto nível de automação para construir peças de grandes dimensões em alumínio aeronáutico tais como, os revestimentos da asa e a empenagem vertical do avião militar KC-390, as asas da aeronave executiva Legacy 450, Legacy 500, Praetor 500 e Praetor 600, revestimentos da asa e longarinas para a linha de aviação comercial E-2 e peças para a linha de aviação comercial E-Jets. Esta é composta por duas áreas distintas, a área de fabricação/maquinação onde, através da utilização de grandes máquinas CNC são fabricadas as peças a partir da matéria-prima bruta; e a área de montagem composta por 3 linhas de produção diferentes e onde é feita a montagem final dos produtos vindos da maquinação.
- A Embraer Portugal Estruturas em Compósitos S.A., com uma área de 31800 metros quadrados, produz, em fibra de carbono, as empenagens do Legacy 450, Legacy 500, Praetor 500 e Praetor 600, o estabilizador horizontal do KC-390 e do E-2, e também peças para os E-Jets. Esta é também composta por duas áreas distintas, uma de fabricação e outra de montagem.
- Na Embraer Portugal S.A. estão concentrados os serviços de suporte às fábricas, nomeadamente assessoria de Administração, área Financeira, Logística e Compras, Tecnologias da Informação, Recursos Humanos e o departamento de Meio Ambiente, Saúde e Segurança (MASS). Inaugurado em 2014, conta também com um Centro de Engenharia e Tecnologia responsável por Engenharia de Desenvolvimento do Produto.

## 3.2 Descrição do Processo Produtivo na EEM

A fábrica de Estruturas Metálicas é composta por duas áreas distintas:

- Área da Maquinação: Onde é feita a receção da matéria-prima e o fabrico de peças em ligas de alumínio das séries 2000 e 7000 por máquinas CNC de 5 eixos. Após o fabrico, as peças seguem uma série de verificações, ensaios e tratamentos, tais como ajustagem, tratamento de superfície, líquidos penetrantes, *Shot Peening* (granalhagem) e medição tridimensional de forma a ficarem conformes para a pintura primária e posterior montagem;
- Área da Montagem: Esta área é onde ocorre a montagem das peças provenientes da maquinação e é composta por 3 linhas de produção: A linha do Praetor onde são montadas as asas das aeronaves executivas; A linha do KC-390 onde são montados os revestimentos das asas e a empenagem vertical da aeronave militar C-390 Millennium; E por fim a linha do E2 onde são montados os revestimentos das asas e longarinas das aeronaves comerciais E2. Esta área é composta por diferentes células e áreas de apoio responsáveis pelos vários processos inerentes à montagem dos produtos, tais como, pintura primária, montagem inicial, automação, selagem, complementação e pintura final (Embraer, 2022a).

Na Figura 12 está representada a planta da fábrica de EEM.



Figura 12 - Planta da Fábrica de Estruturas Metálicas [Fonte: Embraer (2022a) 'Informação Interna']

### 3.2.1 Equipamentos da Área da Montagem Estrutural

A área da montagem é composta por um total de 6 equipamentos de automação divididos em 4 tecnologias diferentes: Dois Robôs Industriais KUKA Alema Automation amovíveis denominados MRP1 e MRP2, servem a linha de produção do Praetor (furação dos painéis) e do E2 (furação de painéis e longarinas E2); Dois Robôs Industriais Electroimpact fixos na estação 2 e estação 4 da linha do Praetor, servem para furação das asas do Praetor e da empenagem vertical do KC-390; Uma Rebitadora automática do fabricante Electroimpact que atende a linha do E2 (Revestimentos das asas) e exclusivamente a linha do KC-390 (Furação e cravação dos revestimentos das asas e empenagem vertical); E por fim, uma outra Rebitadora Automática do fabricante GEMCOR que atende exclusivamente a linha do E2 (Furação dos revestimentos das asas).

Na Figura 13 estão representadas as três linhas de produção da área da Montagem.

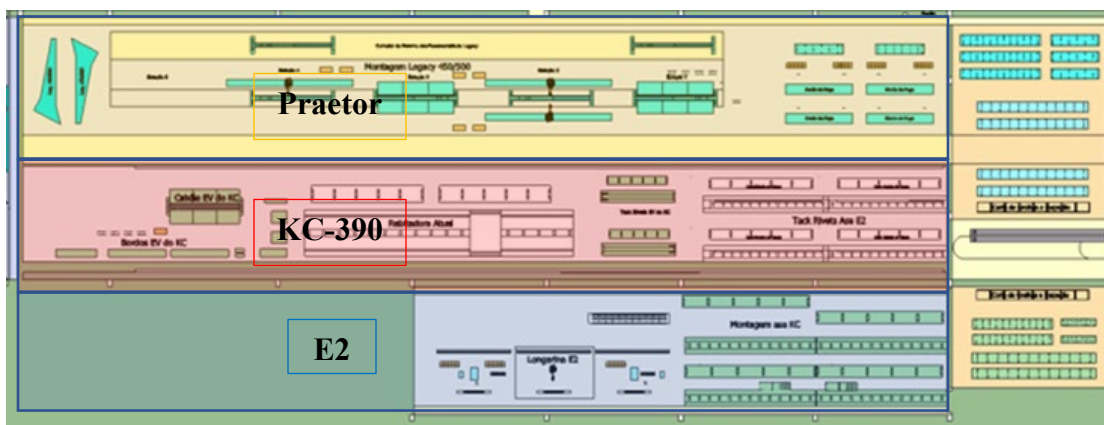


Figura 13 - Linhas de produção da área da Montagem [Fonte: Embraer (2022a) 'Informação Interna']

### 3.2.2 Montagem Manual

A linha de produção do KC-390 e a linha de produção do E2 apresentam processos de montagem semelhantes para os revestimentos das asas. Este processo é iniciado pelo posicionamento das vigas de reforço ou *stringers* no gabarito (ferramental molde onde é montada a estrutura) (Figura 14), de seguida são posicionados, instalados e temporariamente fixados os painéis/revestimentos aos *stringers* (Figura 15). Após todo este processo manual, é realizada a limpeza do conjunto e aplicado selante em toda a interface *stringer*-painel e feita uma medição geométrica por laser para garantir a correta montagem da estrutura.

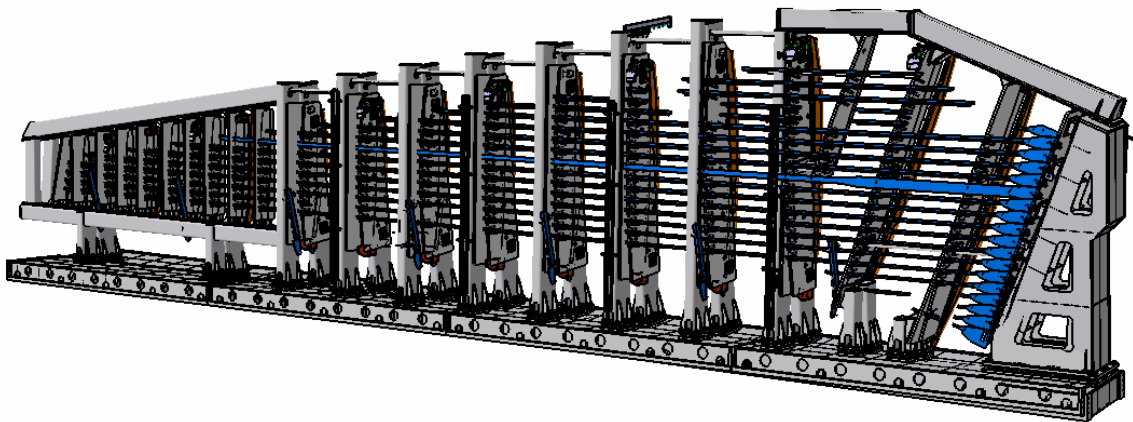


Figura 14 - Posicionamento dos Stringers no Gabarito de montagem [Fonte: Embraer (2022a) 'Informação Interna']

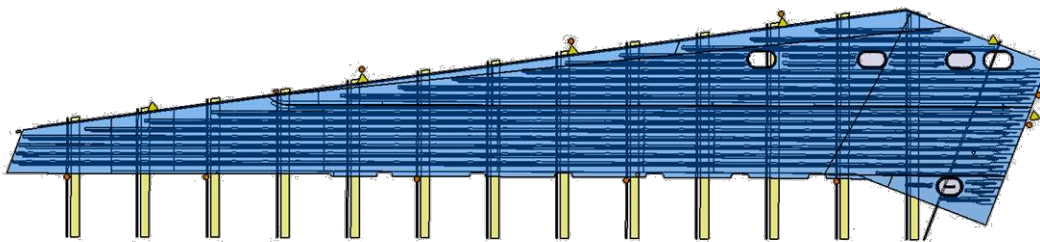


Figura 15 - Posicionamento dos Painéis no Gabarito de montagem [Fonte: Embraer (2022a) 'Informação Interna']

Seguidamente a estrutura constituída pelos painéis e *stringers* é instalada numa Rebitadora automática para que o conjunto seja fixado permanentemente, este processo está explicado no capítulo 3.2.3. Após terminar a furação e cravação em uma das Rebitadoras automáticas, o painel é então verificado uma última vez na complementação, onde é feito retrabalho, caso seja necessário, antes de ser expedido para o Brasil.

### 3.2.3 *One-Up-Assembly*

Atualmente tanto os processos de montagem dos revestimentos de asa do KC-390 como do E2 utilizam uma técnica de montagem denominada de *One-Up Assembly*, onde o produto é montado uma só vez e o processo de automação engloba a furação, inspeção/medição dos furos, selagem dos furos e cravação dos fixadores (rebites ou parafusos) de forma automática (com um nível reduzido de participação humana) e sem a necessidade de remoção posterior de componentes para limpeza, correção de rebarbas ou selagem na interface. Este processo só é possível se os equipamentos tiverem capacidade não só para produzir um processo de qualidade como também garantir e verificar a qualidade dos furos por meio de sistemas de medição e posicionamento altamente precisos.

Na fábrica de Estruturas Metálicas estão presentes duas máquinas rebitadoras, o modelo E6390 da Electroimpact e o modelo G86 produzido pela Gemcor, ambas certificadas para o processo *One-Up*, mas apenas a Rebitadora Electroimpact será estudada neste projeto devido ao facto de ser a única a produzir os revestimentos das asas do KC-390.

### 3.2.4 Rebitadora Electroimpact modelo E6390

O modelo E6390 produzido pela Electroimpact é uma máquina de montagem automática para a produção dos revestimentos das asas superiores e inferiores do E2 e do KC-390 e ainda dos painéis da empenagem vertical do KC-390. Este modelo é constituído por um gabarito flexível assente no chão e um pórtico que se desloca em carris ao longo desse gabarito. O pórtico, além de conter a rebitadora, possui ainda todas as ferramentas necessárias aos processos, tendo também alocada a si a plataforma do operador (Figura 16). Os dados técnicos deste modelo estão disponíveis no Anexo I (Electroimpact, 2022).

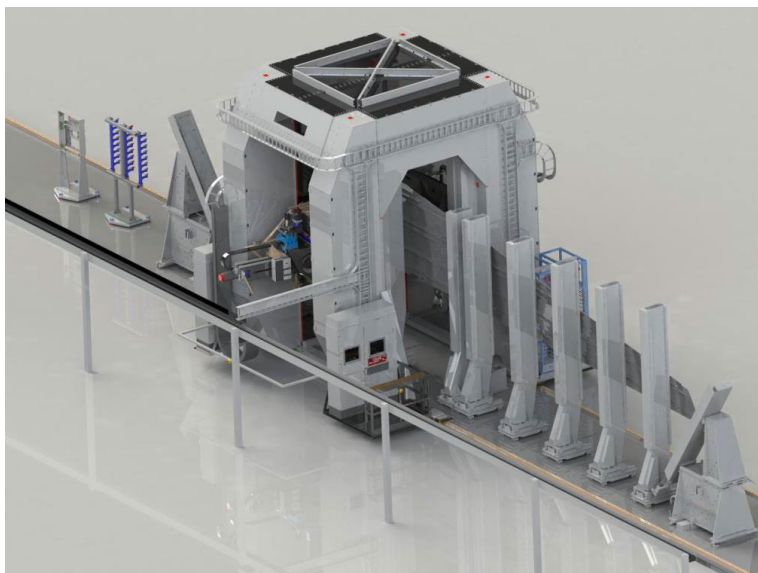


Figura 16 - Modelo E6390 da Electroimpact [Fonte: Electroimpact (2022) 'Informação Interna']

Depois de os painéis estarem corretamente posicionados no gabarito flexível, a máquina irá seguir os comandos do controlador numérico de forma a seguir as posições relativas aos pontos de referência sendo assim capaz de efetuar a furação e instalar os fixadores de forma permanente.

As principais funções do modelo E6390 consistem em:

- Fixar o painel através da aplicação de uma força (*clamp*);
- Normalizar ambos os cabeçotes (lado U e lado V) utilizando sensores laser;
- Realizar a referência de furos utilizando a câmara de ressincronização;
- Realizar furação de vários diâmetros utilizando dois *spindles* diferentes;
- Verificar a qualidade do furo antes de cravar, utilizando uma sonda (*probe*);
- Aplicar selante no escareado dos furos antes da instalação do fixador;
- Selecionar, verificar, e instalar corretamente o fixador (rebites ou parafusos) e/ou colares para casos específicos de fixadores.

Tem ainda incorporado um sistema de alimentação de fixadores, denominado F2C2, e um sistema de alimentação de colares que fornece automaticamente os tipos de fixadores e colares necessários ao processo. O equipamento tem também a capacidade de efetuar ensaios mecânicos em amostras, segundo normas internas, para verificação e validação dos parâmetros de furação, antes de iniciar a produção, como por exemplo ajustes na altura do escareado, ou verificação dos furos.

### 3.2.4.1 Eixos da máquina

A Figura 17 ilustra os principais eixos da máquina, para uma melhor compreensão dos mesmos.

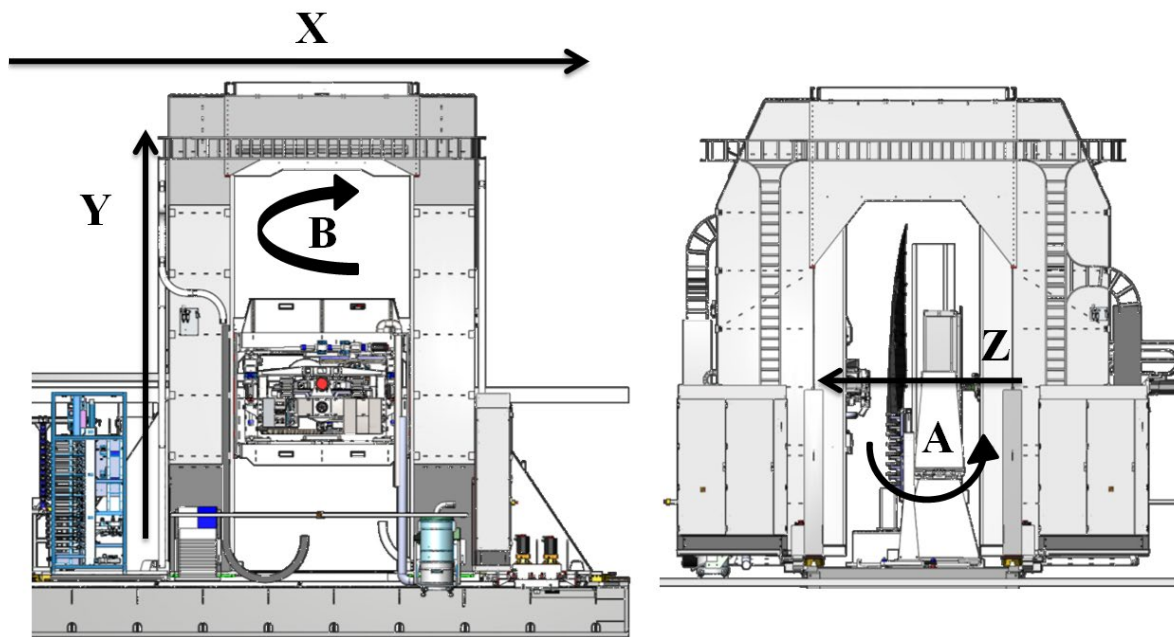


Figura 17 - Eixos principais da Rebitadora Electroimpact [Fonte: Electroimpact (2022) 'Informação Interna']

Em termos do movimento da máquina, o eixo X indica o movimento horizontal da máquina, ao longo do gabarito onde está assente o painel. O eixo Y indica o movimento vertical da rebitadora e suas ferramentas, ao longo da extensão vertical permitida pelo pórtico, de forma a alcançar todos os pontos necessários no painel.

As operações de furação e cravação têm de ser executadas com os dois cabeçotes (lado U e lado V, que são em seguida explicados) paralelos, um relativamente ao outro, orientados sempre perpendicularmente à superfície do painel, como é possível verificar na Figura 18. Devido ao painel da asa apresentar uma curvatura inconstante ao longo da envergadura, a máquina está projetada para rodar os dois cabeçotes para a orientação correta. Estas orientações são configuradas com os eixos A e B, que se movem de forma independente. O eixo A consiste numa rotação em torno do eixo X, enquanto o eixo B consiste numa rotação em torno do eixo Y.

Assim sendo, os cabeçotes movem-se segundo as rotações acima referidas. No entanto, é também possível que estes se aproximem ou afastem do painel. Estes movimentos são efetuados exatamente segundo os eixos U e V, estando sempre dependentes das rotações impostas segundo A e B e alinhados por software, pois caso contrário poderá haver risco de colisão entre os componentes da máquina e o produto.

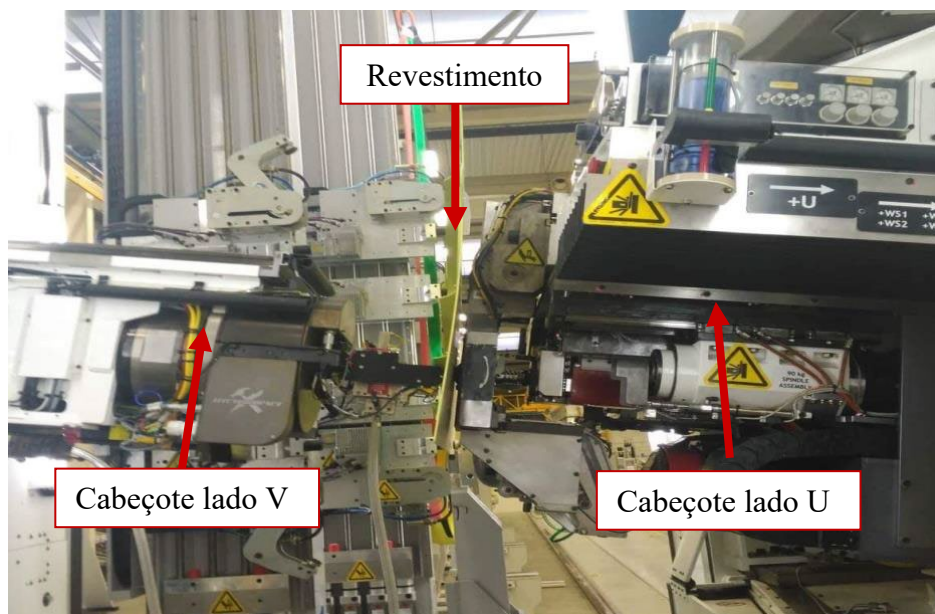


Figura 18 - Cabeçote lado V e cabeçote lado U

O eixo Z indica o movimento horizontal das ferramentas da rebitadora, e é perpendicular aos eixos X e Y. Quando as rotações A e B são zero, o movimento dos cabeçotes U e V são perpendiculares a X e Y. Nesta orientação, um movimento do eixo Z é realizado simplesmente movendo os cabeçotes U e V na mesma direção. Para orientações nas quais a rotação A ou B é diferente de zero, movimentos corretivos em X e/ou Y são feitos simultaneamente com U e V, para manter as ferramentas numa posição X e Y constante. Este é um eixo “virtual”, uma vez que a sua posição é calculada segundo a posição de outros eixos.

O eixo C encontra-se representado na Figura 19 e consiste na rotação da ferramenta V-*Anvil*, de forma que esta fique posicionada perpendicularmente aos *stringers*.

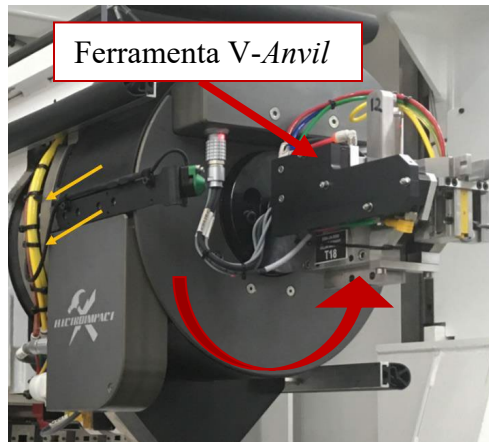


Figura 19 - Eixo C da máquina no cabeçote V

### 3.2.4.2 Ferramentas de Processo

As ferramentas que efetuam as operações de furação e cravação são montadas num tabuleiro que se move no eixo WE perpendicularmente ao eixo U para posicionar cada ferramenta atrás da *Headstone*. Cada ferramenta tem o seu próprio eixo para avançar pela *Headstone* até ao ponto de ferramenta. O tabuleiro sobre o qual as ferramentas estão montadas é chamado de “*Shuttle Table*” e contém as seguintes ferramentas:

- Duas brocas de furação, denominadas *Spindles*, funcionalmente semelhantes localizadas em cada extremidade da *Shuttle Table* do lado U. Os eixos WS1 e WS2 permitem o avanço ou recuo dos spindles 1 e 2 em relação ao painel. Todo o conjunto pode ser tratado como uma unidade modular e trocado com relativa facilidade, está representado na Figura 20.

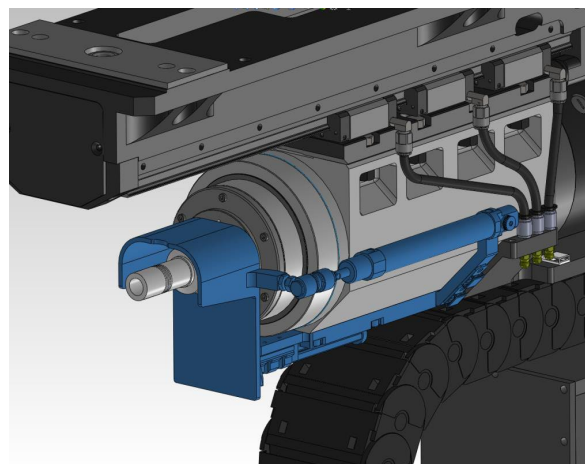


Figura 20 - Ilustração de um Spindle [Fonte: Electroimpact (2022) 'Informação Interna']

- U-driver corresponde ao conjunto responsável por inserir e cravar os fixadores (rebites e parafusos) nos furos efetuados e encontra-se representado na Figura 21. O eixo WZ permite o avanço ou recuo do U-driver em relação ao painel. Este é composto por um *U-Anvil* ou *Feed nose* na sua ponta cuja finalidade é receber um fixador vindo do Injetor e alinhá-lo para cravação. Cada *Feed nose* é especialmente projetado para instalar apenas um tipo específico e diâmetro específico de fixador;

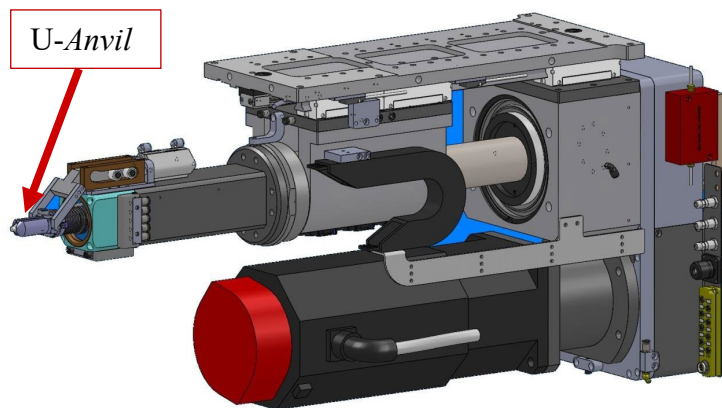


Figura 21 - U-Driver [Fonte: Electroimpact (2022) 'Informação Interna']

- O Injetor de fixadores é responsável por receber um fixador vindo do sistema de alimentação e posicioná-lo corretamente à frente do *U-Anvil*. A estrutura do injetor está montada na *Shuttle table* entre o U-driver e o *Spindle 2*. Os fixadores são fornecidos através de seis tubos de alimentação correspondentes a cada diâmetro. A última porção do caminho de alimentação é uma cassete, na parte inferior do conjunto do Injetor, que direciona o fixador até um batente e o prende pela sua cabeça. Uma garra (*Gripper*) na parte frontal da cassete agarra o corpo do fixador e roda até posicionar o fixador à frente do *Feed nose*. Este conjunto encontra-se representado nas Figuras 22 e 23;

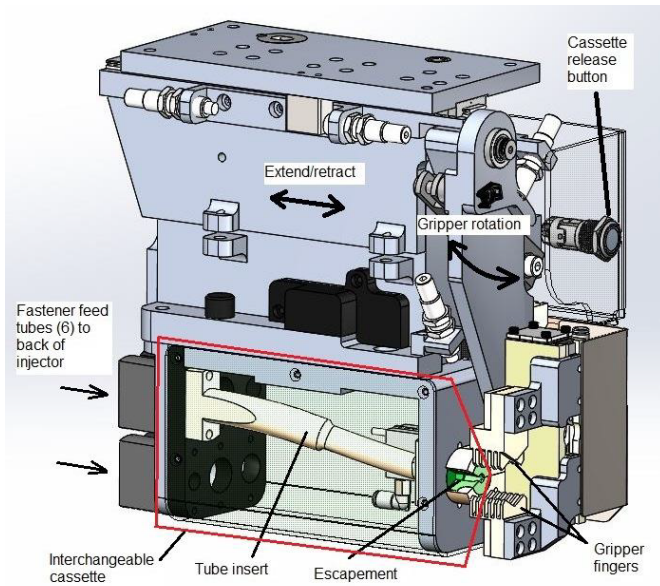


Figura 22 - Injetor de Fixadores [Fonte: Electroimpact (2022) 'Informação Interna']

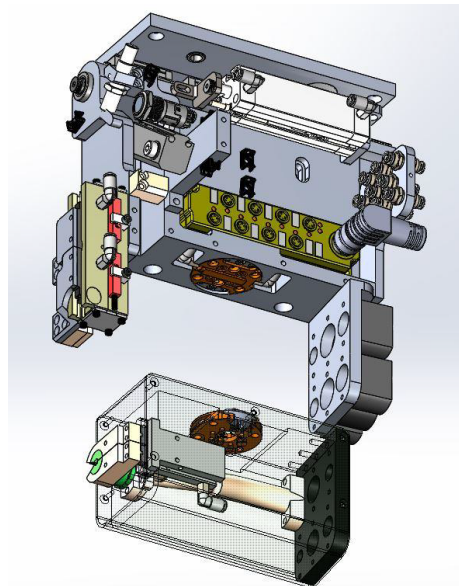


Figura 23 - Injetor com cassete removida [Fonte: Electroimpact (2022) 'Informação Interna']

- O Aplicador de selante aplica uma quantidade calibrada de selante no escareado dos furos imediatamente antes de inserir um fixador. É constituído por uma seringa que se estende e retrai de forma a evitar o vazamento de selante entre cada ciclo. O conjunto está montado na parte inferior da *Headstone* e está representada nas Figuras 24 e 25;



Figura 24 - Aplicador de selante parcialmente estendido [Fonte: Electroimpact (2022) 'Informação Interna']

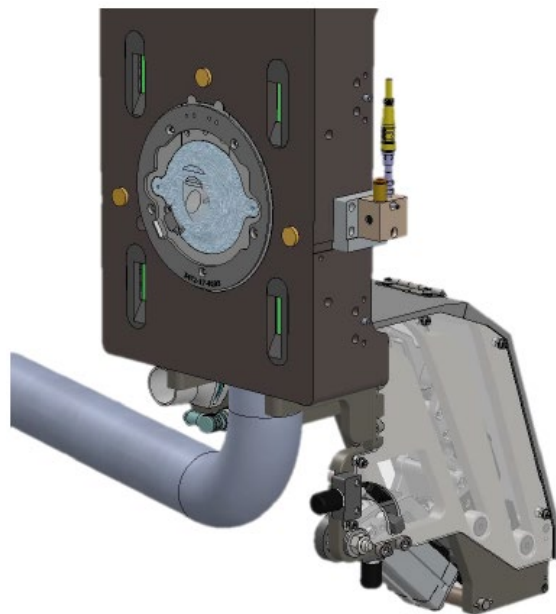


Figura 25 - Posição do Aplicador de selante na Headstone. [Fonte: Electroimpact (2022) 'Informação Interna']

- Câmara de Ressincronização (*Resync Camera*) é um sistema de visão utilizado pela máquina para localizar os *tacks* (furos de referência) que funcionam como *dantums* da peça de trabalho, orientando a máquina de acordo com os ajustes necessários (*offsets*). A geometria da câmara está desenhada de tal forma para que o eixo ótico seja coaxial com o ponto central da Ferramenta durante a operação para máximo rigor. A sua representação encontra-se na Figura 26 e uma imagem realista pode ser vista na Figura 27;

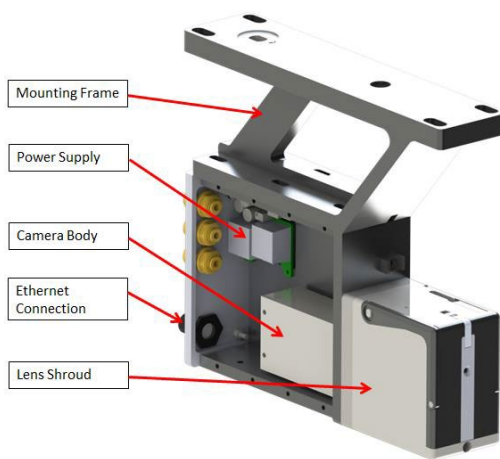


Figura 26 - Câmara de Ressincronização [Fonte: Electroimpact (2022) 'Informação Interna']

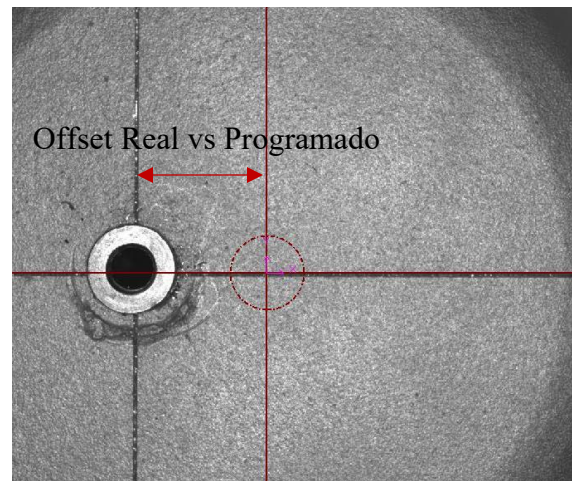


Figura 27 - Resync de um furo tack

- A Sonda do Furo (*Hole Probe*) mede precisamente o diâmetro, circularidade e profundidade do escareado do furo. O conjunto é composto por uma unidade de sonda e um acionador giratório montado numa guia linear. A sonda é um dispositivo tipo caneta com dois contactos de esfera opostos um pouco maiores que o diâmetro nominal de furo (Figura 28). A medição é feita através da conversão do movimento mecânico linear das esferas para um transdutor de medição absoluta. Uma medição típica do furo consiste em medições em  $0^\circ$  e  $90^\circ$  em duas profundidades do furo diferentes. Para garantir a calibração da sonda, um anel padrão calibrado está inserido no conjunto, como é possível observar na Figura 29.

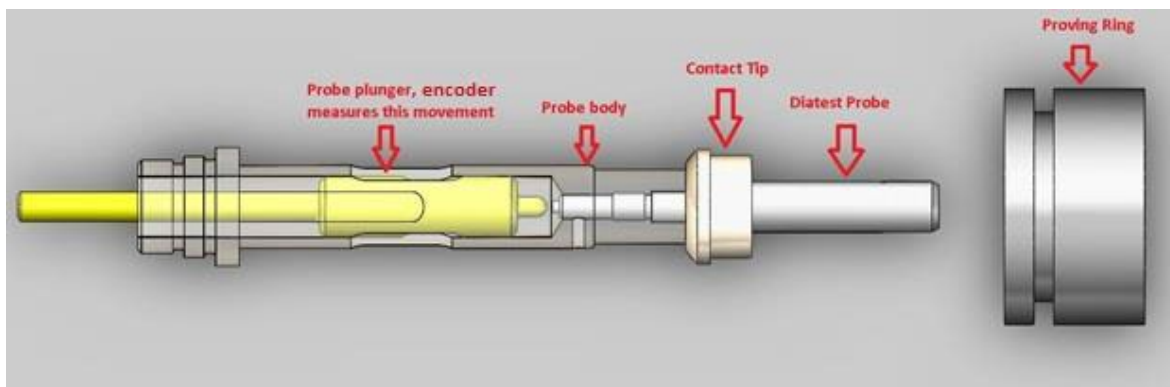


Figura 28 - Componentes da Sonda do Furo [Fonte: Electroimpact (2022) 'Informação Interna']

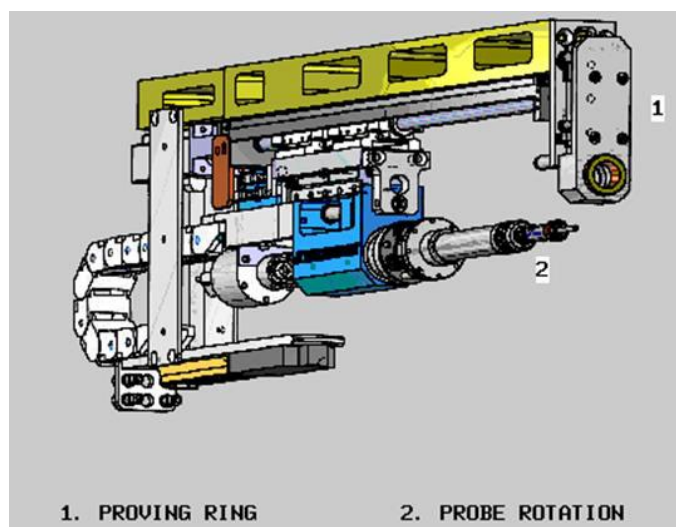


Figura 29 - Conjunto da Sonda [Fonte: Electroimpact (2022) 'Informação Interna']

No lado V (lado dos *stringers*), as ferramentas encontram-se em frente à base do eixo C e são referidas como *V-Anvils*, representada na Figura 19. Este entra em contacto com a parte interior do painel, permitindo segurar o painel, exercendo uma força de *clamp*.

Existem quatro tipos diferentes de *V-Anvils* dependendo do tipo de fixador e processo a ser utilizado: os *V-Anvils* de Colar utilizados nos programas de instalação automática de fixadores e colares LGP®, podem ser deslocados (*Offset*) ou retos (*Straight*) dependendo do acesso aos *stringers*; os *V-Anvils* de Rebite utilizados no caso de cravação de rebites sólidos, têm como função o esmagamento da contra cabeça do rebite; e os *V-Anvils* de furação apenas (*Drill Only*), utilizados no processo de furação dos fixadores *Hi-Lite™* (furação HST), tendo como função segurar o painel durante a furação e cravação dos fixadores. Estão representados nas Figuras 30 e 31 dois tipos de *V-Anvils*.

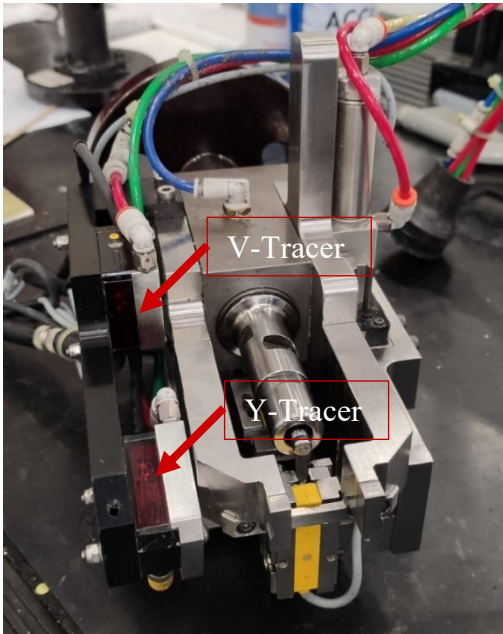


Figura 30 - V-Anvils de Colar Reto (Straight)

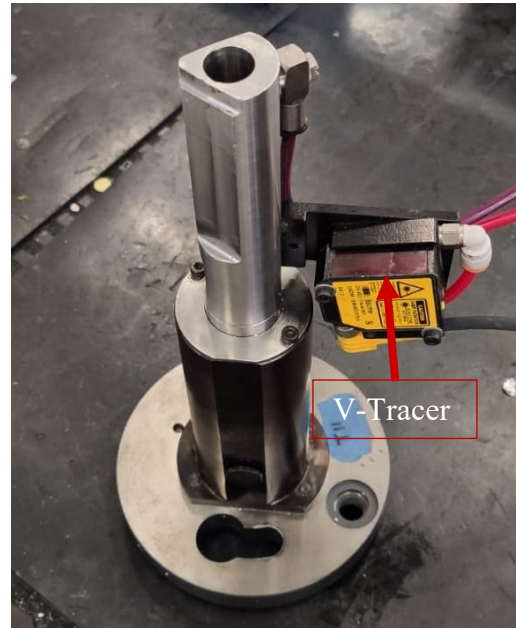


Figura 31 - V-Anvils de furação apenas (Drill Only)

Todos os V-Anvils estão equipados por sensores laser denominados *Tracers*, representados na Figura 30. A maioria dos V-Anvils é composta por dois *tracers*: V-*Tracer* que mede a distância segundo o eixo V, melhora a velocidade de fixação no eixo V através da medição da distância até ao *stringer*; e o Y-*Tracer* que mede a distância segundo o eixo Y, aumenta a precisão da margem da borda, medindo a distância até à aba superior do *stringer*, tal como pode ser visto na Figura 32.

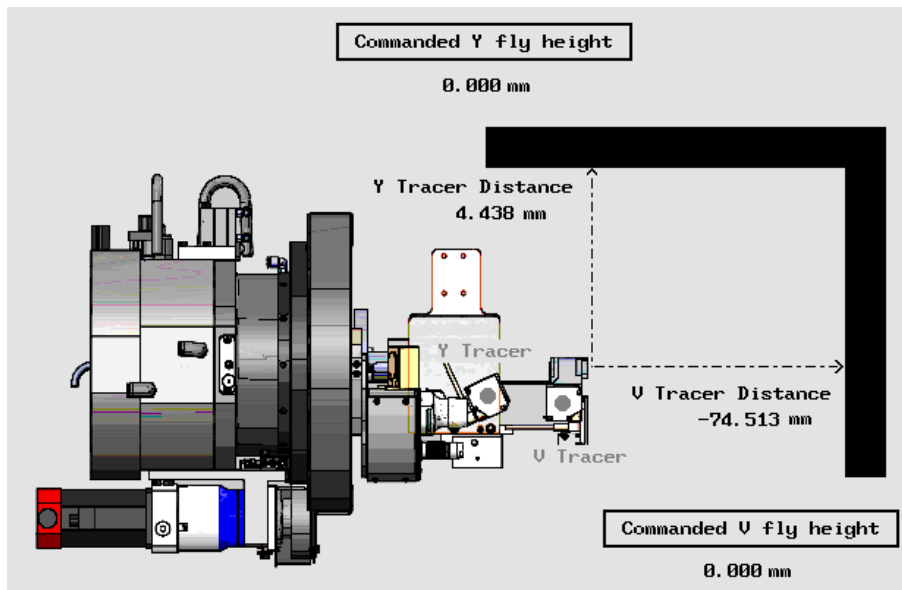


Figura 32 - Ilustração da distância alcançada pelos tracers [Fonte: Electroimpact (2022) 'Informação Interna']

Do lado U existe ainda uma estrutura aparafusada à parte da frente do tabuleiro denominada *Headstone* e está representada na Figura 33. Esta contém os 4 sensores de normalidade, o leitor *Balluff* de identificação das brocas, os sensores de deteção de broca partida (*Broken Drill*), a bomba de lubrificação e o bico de pulverização da broca, diversos sopros de ar, o *Nosepiece* e respetiva célula de carga para medir a força de *clamp*, o orifício de aspiração e sensores *Touch Off* de medição do comprimento da broca. As únicas partes desta estrutura com as quais o operador deve interagir são os sensores de normalidade, os sensores de broca partida e os *Nosepieces*.

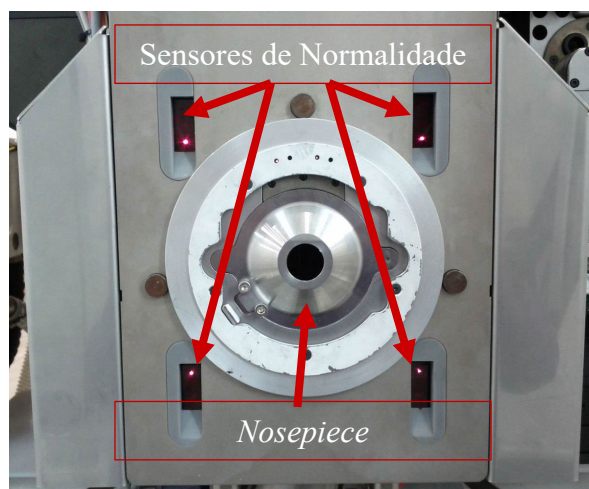


Figura 33 - Sensores de normalidade na face exterior da *Headstone*

A máquina é ainda composta por outros componentes tais como:

- Aspirador e contentor de limalhas;
- *Chiller* para arrefecimento dos Spindles;
- Sistema de Lubrificação de Eixos Automático;
- Sistema de Lubrificação da broca;
- Estação do Operador.

### 3.3 Análise Crítica e identificação de problemas

#### 3.3.1 Área da Montagem de EEM

A primeira etapa para o desenvolvimento deste projeto foi a escolha dos equipamentos críticos na área da montagem. Para isso fez-se um levantamento inicial que envolveu a análise do número de avarias e dos indicadores OEE, MTBF e MTTR dos equipamentos durante o período de janeiro a julho de 2021. Para esta análise foram utilizadas ferramentas/software de Gestão da Manutenção e Gestão TPM criados pela empresa.

##### 3.3.1.1 Número de Avarias

A Figura 34 mostra um diagrama de Pareto, onde as colunas representam o número de ordens de trabalho (OTs) corretivas relatadas no sistema de gestão da manutenção durante o período de janeiro a julho de 2021 nos equipamentos da área da montagem. Pode-se observar que as tecnologias mais impactantes são os Robôs industriais KUKA *Alema Automation* com um total de 200 paragens corretivas e a Rebitadora Electroimpact com um total de 114 paragens corretivas. Um exemplo de ordens de trabalho corretivas registadas durante este período pode ser consultado no Anexo II.

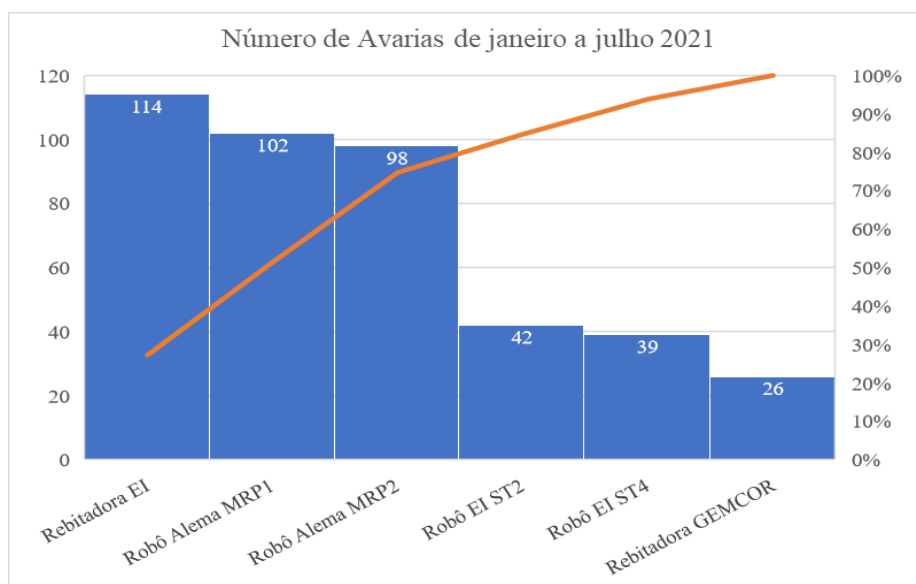


Figura 34 - Número de avarias dos equipamentos durante o período de janeiro a julho 2021

### 3.3.1.2 Indicadores MTBF, MTTR e OEE

Foram extraídos os valores dos indicadores do portal TPM utilizado pela operação para registrar todas as operações e perdas nos equipamentos. Nas Tabelas 8, 9 e 10 e nas respectivas Figuras 35, 36 e 37 é possível analisar a evolução do Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) calculado a 3 meses, do Tempo Médio de Reparação (MTTR) calculado a 3 meses, e da Eficiência Global dos Equipamentos da área da montagem durante o período de janeiro a julho de 2021.

Tabela 8 - MTBF a 3 Meses dos equipamentos durante o período de janeiro a julho 2021

MTBF a 3 Meses [h]					
	Rebitadora Electroimpact	Robô Alema MRP1	Robô Alema MRP2	Robô Electroimpact ST2	Rebitadora GEMCOR
janeiro	26,5	31,6	33	44,4	52,5
fevereiro	13,4	22,1	24,8	40,5	38,5
março	12,9	15,9	12,4	33,9	38,7
abril	11,7	14,5	12,6	30,9	28,7
maio	11,1	14,2	13,1	35,5	24,1
junho	10,3	15,4	18,1	77,2	23
julho	9,4	14,7	16,4	74,3	28

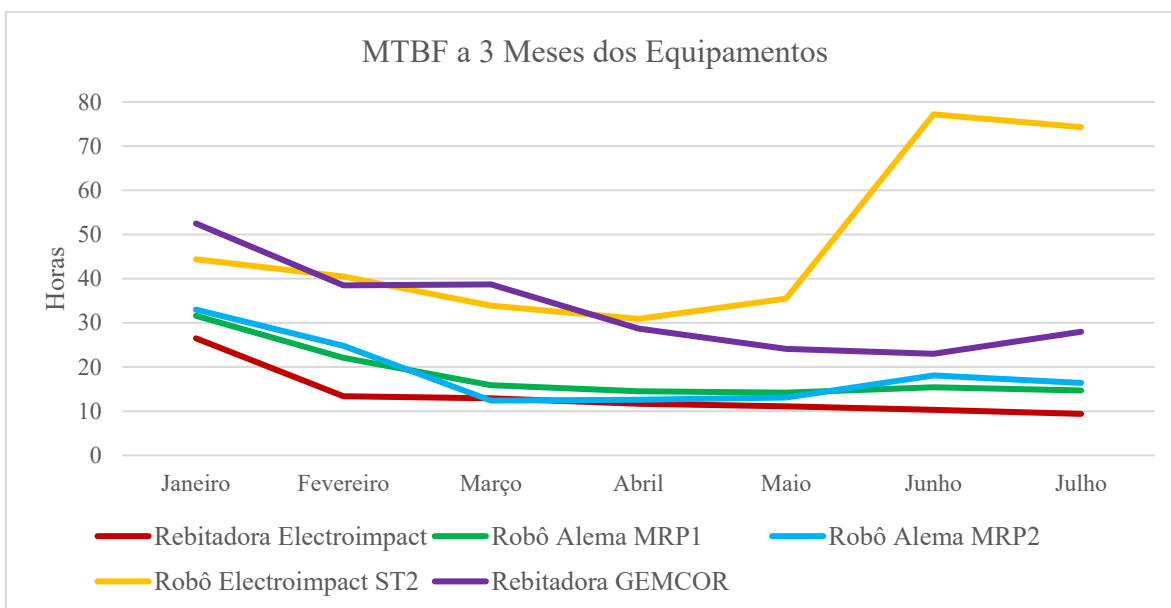


Figura 35 - Evolução do MTBF a 3 Meses dos equipamentos durante o período de janeiro a julho 2021

Através da Figura 35 é possível verificar que o indicador do Tempo Médio Entre Falhas teve uma degeneração para a maioria dos equipamentos durante o período de janeiro a julho de 2021. Apenas no Robô Electroimpact da estação 2 se verificou uma evolução do Tempo Médio Entre Falhas devido a uma intervenção profunda por parte da manutenção, restaurando positivamente a fiabilidade do equipamento. Este decréscimo no valor do MTBF, durante este período, deveu-me à falta de análise das causas-raiz das avarias e de estratificações das paragens mais impactantes e à falta de participação do pilar MP nas reuniões diárias de TPM. A participação da manutenção nestas reuniões apenas era assegurada pelos próprios técnicos de manutenção, existindo pouca ou por vezes nenhuma participação por parte da engenharia de manutenção.

Tabela 9 - MTTR a 3 Meses dos equipamentos durante o período de janeiro a julho 2021

MTTR a 3 Meses [h]					
	Rebitadora Electroimpact	Robô Alema MRP1	Robô Alema MRP2	Robô Electroimpact ST2	Rebitadora GEMCOR
janeiro	9,2	1,6	1,6	6,8	1
fevereiro	5,9	1,3	1,8	5,7	1
março	4,6	2,3	2,4	5,6	1,1
abril	3,5	2,4	2,1	5,3	1,2
maio	2	2,1	2,2	5,3	1,6
junho	2,1	1,5	1,6	1,5	2,3
julho	1,1	2	2,3	0,9	2,1

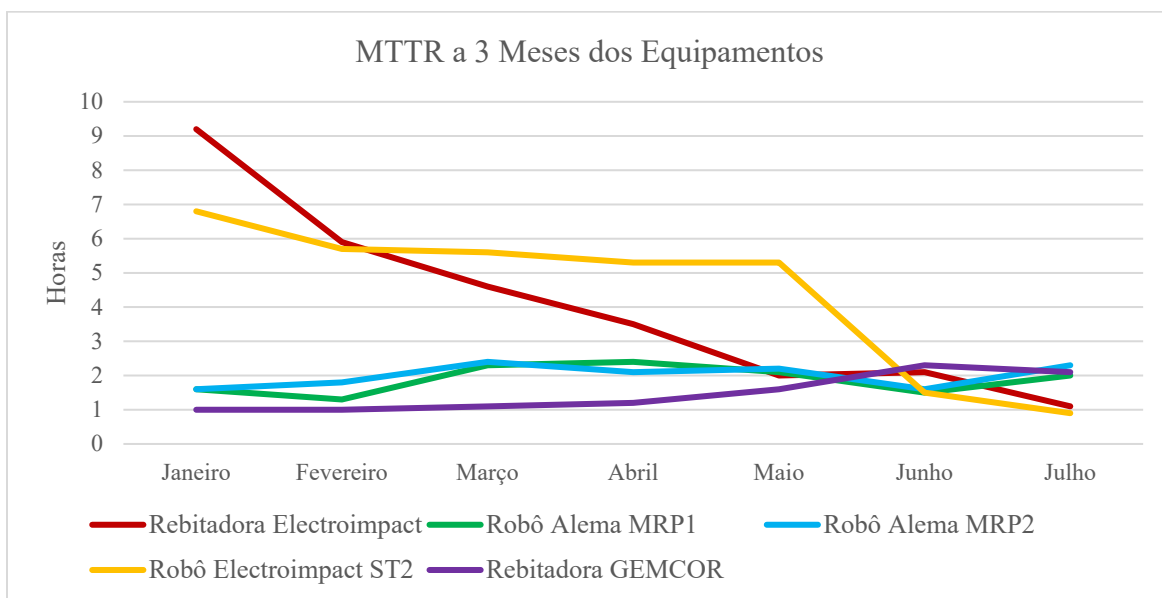


Figura 36 - Evolução do MTTR a 3 Meses dos equipamentos durante o período de janeiro a julho 2021

Analisando o gráfico da Figura 36 verifica-se um decréscimo no Tempo Médio de Reparação em todos os equipamentos, indicando que as paragens não programadas por avaria são de rápida resolução, possibilitando a existência de oportunidades de melhoria através da aplicação do TPM e de ferramentas Lean, através da partilha de conhecimento para realização de tarefas, ajustes e resoluções rápidas de problemas para a operação ou até mesmo eliminar por completo estas pequenas avarias.

Tabela 10 - OEE dos equipamentos durante o período de janeiro a julho 2021

OEE [%]					
	Rebitadora Electroimpact	Robô Alema MRP1	Robô Alema MRP2	Robô Electroimpact ST2	Rebitadora GEMCOR
janeiro	48,7	54,8	60,5	79,1	60,2
fevereiro	56,6	56,4	55,6	74,1	57,7
março	51,8	42,0	45,7	61,6	62,2
abril	56,1	55,5	58,0	80,1	ND
maio	57,2	62,5	56,9	77,7	54,5
junho	71,9	56,2	56,1	83,4	62,4
julho	64,5	46,9	50,1	84,3	57,6

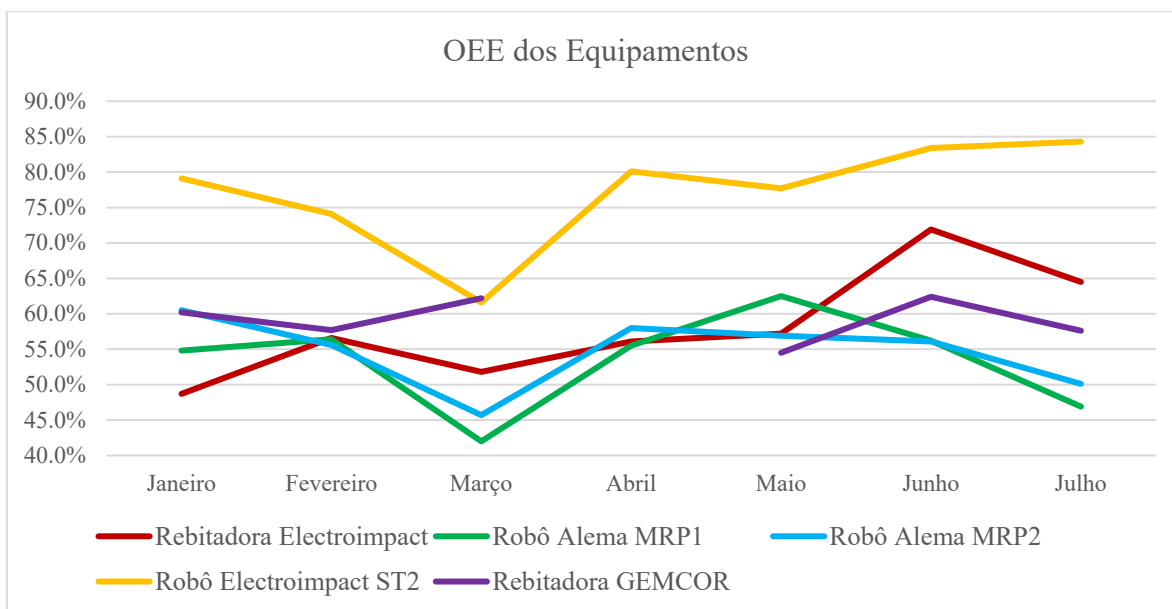


Figura 37 - Evolução do OEE dos equipamentos durante o período de janeiro a julho 2021

A partir do gráfico da Figura 37 é possível observar de modo geral uma lateralidade na Eficiência Global dos Equipamentos durante o respetivo período. É possível estabelecer uma causa-efeito entre a diminuição do MTTR e o pequeno aumento do OEE para o mesmo período no caso do Robô Electroimpact da estação 2 e da Rebitadora Electroimpact uma vez que manutenções corretivas menos demoradas aumentam a disponibilidade dos equipamentos.

Posto isto, através da recolha e análise dos indicadores referidos anteriormente e dada a criticidade do equipamento e ainda das prioridades definidas pela empresa, foi escolhido, para a realização deste projeto, o equipamento Rebitadora Electroimpact. Posteriormente, no capítulo 3.3.2 será feito um estudo mais aprofundado, a fim de perceber quais os maiores detratores nos indicadores do equipamento e para que desta forma fossem propostas ações de melhoria.

Para esta análise foi inicialmente construído um ficheiro Excel com todos os dados das OTs corretivas extraídos do portal OEE e do Sistema de Gestão da Manutenção (SGM) durante o período de janeiro a julho de 2021. Este ficheiro foi baseado no ciclo PDCA e serviu como referência ao longo de todo este projeto com o intuito de dar visibilidade sobre as tendências dos vários indicadores, cruzar as informações dos registos do portal OEE com as OTs corretivas abertas no SGM, planejar as ações de melhoria e ainda verificar os ganhos e impacto dessas melhorias. Um excerto deste ficheiro está representado no Anexo III.

Uma vez que os indicadores de MTBF, MTTR e OEE foram calculados a partir dos registos no portal OEE, poderá existir uma diferença entre o número de avarias identificadas no registo do OEE e o número de ordens de trabalho corretivas no Sistema de Gestão da Manutenção, uma vez que este último é bastante mais detalhado e algumas OTs corretivas são abertas e posteriormente verificada outra origem da falha que não falha no equipamento, como por exemplo falha de programa (Engenharia de Automação), falha de ferramental (Engenharia de Manufatura/Ferramental) ou falha operacional. Algumas OTs são abertas no SGM como avarias, mas acabam por ficar registadas no OEE como ajustes, regulagens ou pequenas paragens. Isto acontece geralmente quando a manutenção é acionada e o problema fica resolvido antes dos técnicos chegarem ao equipamento ou quando os operadores resolvem os problemas de forma autónoma.

### 3.3.2 Rebitadora Electroimpact

Após adquirir conhecimento sobre o modo de funcionamento da Rebitadora e dos sistemas que a compõem, procedeu-se a uma análise mais aprofundada dos problemas.

Inicialmente fez-se o levantamento do número de avarias e do tempo de máquina parada (TMP), para cada mês, de janeiro a julho de 2021, para que fosse possível perceber a tendência dos mesmos. Nas Figuras 38 e 39 estão representados os gráficos com o número de avarias e o tempo de máquina parada face ao tempo disponível para produção, por mês, respetivamente.

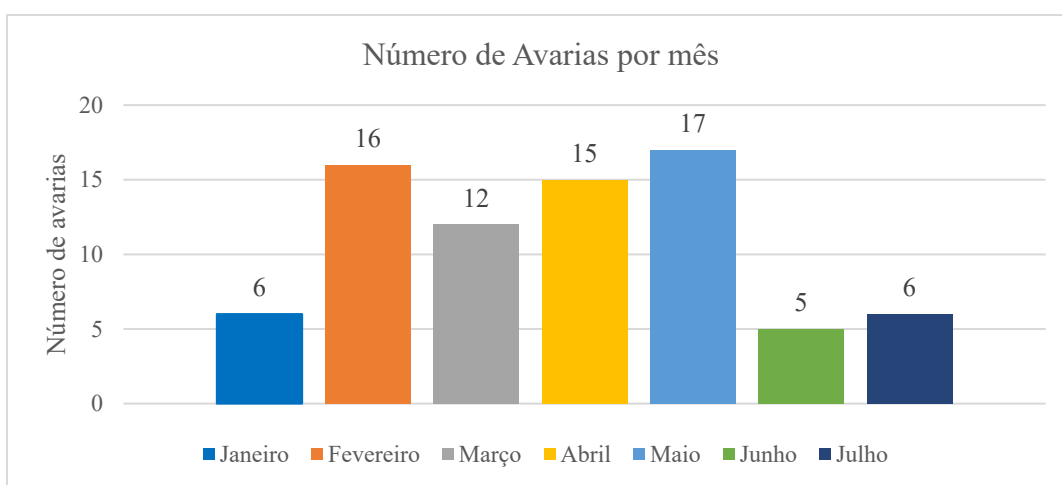


Figura 38 - Número de avarias por mês na Rebitadora Electroimpact

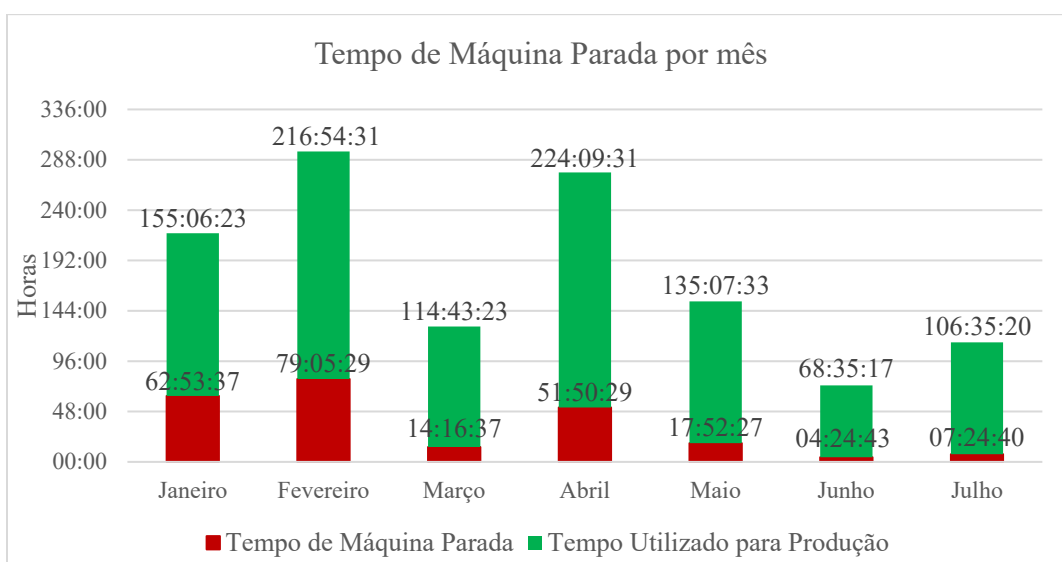


Figura 39 - Tempo de Máquina Parada por mês na Rebitadora Electroimpact

Durante os meses de janeiro a julho de 2021 foram registadas 77 manutenções corretivas no portal OEE da rebitadora, perfazendo um total de 237 horas e 48 minutos de Tempo de Máquina Parada de um total de cerca de 1259 horas do Tempo Disponível para Produção para o mesmo período, equivalendo a 18,9% do Tempo Total Disponível para Produção. Durante este período, o MTBF médio foi de 14 horas e 32 minutos, o MTTR médio de 4 horas e a Disponibilidade média do equipamento foi de 80%, abaixo do valor de classe mundial (90%).

Nos meses de junho e julho, devido a ociosidades programadas (feriados, pontes e interrupção geral da fábrica para férias) verificou-se um menor Tempo Programado Bruto.

Com esta redução do Tempo Programado Bruto, o Tempo Disponível para Produção utilizado para o cálculo do OEE também diminuiu e, uma vez que a fórmula de cálculo dos indicadores MTBF e MTTR no portal OEE tem em consideração os últimos 3 meses, o comportamento dos valores para os meses seguintes tem sempre um atrasado e poderá não crescer quanto esperado.

De seguida, foram analisadas todas as OTs corretivas e retificadas as informações incompletas ou não introduzidas em relação aos conjuntos, subconjuntos e componentes onde ocorreram as avarias e ainda as causas e soluções das mesmas. Após retificação de todas estas informações, que geralmente são preenchidas pelo técnico que atende a OT no Sistema de Gestão da Manutenção, foram gerados diagramas de Pareto para perceber quais os conjuntos responsáveis pelo maior número de avarias e desta forma filtrar e direcionar a análise para os maiores detratores do equipamento. Nas Figuras 40 e 41 estão representados os diagramas de Pareto com o número de avarias e o tempo de máquina parada por conjunto, respetivamente.

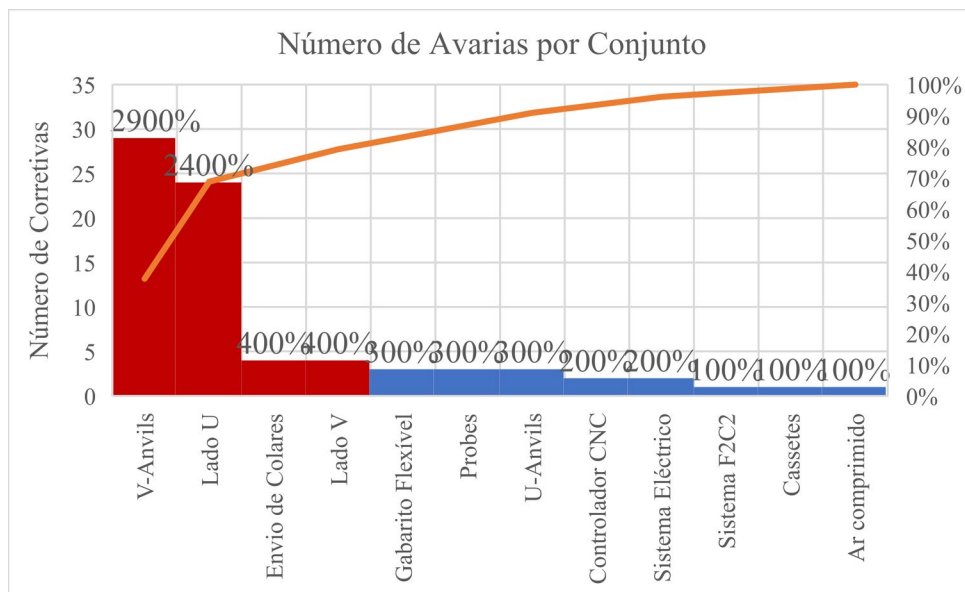


Figura 40 - Diagrama de Pareto do Número de Avarias por Conjunto

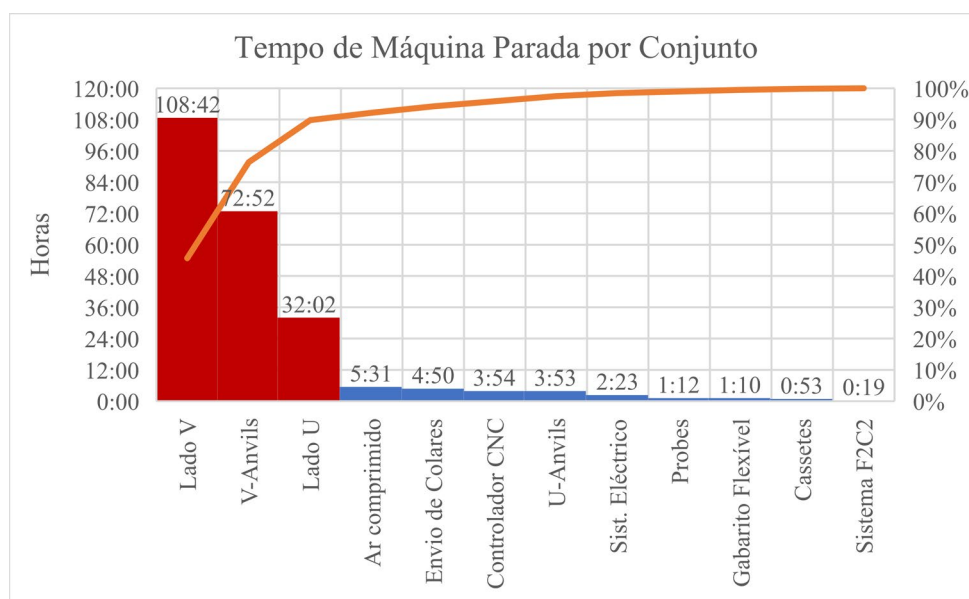


Figura 41 - Diagrama de Pareto do Tempo de Máquina Parada por Conjunto

Através da análise dos diagramas de Pareto pode-se concluir que a maioria das avarias e do tempo de máquina parada são originados por problemas nas Ferramentas V-Anvil, nos sistemas do Lado U, no Sistema de Envio de Colares e nos sistemas do Lado V. Posto isto, uma vez que cada um destes conjuntos é bastante complexo e composto por subconjuntos, houve necessidade de analisar especificamente cada subconjunto que os compõem através dos dados disponíveis no SGM e nos registos do OEE.

### 3.3.2.1 Análise de Avarias das Ferramentas V-Anvil

De forma a atuar na causa raiz de forma eficaz, foi gerado um diagrama de Pareto, representado na Figura 42, para que fosse possível focar a análise nas ferramentas V-Anvil que mais causavam paragens e posteriormente analisar os problemas recorrentes associados.

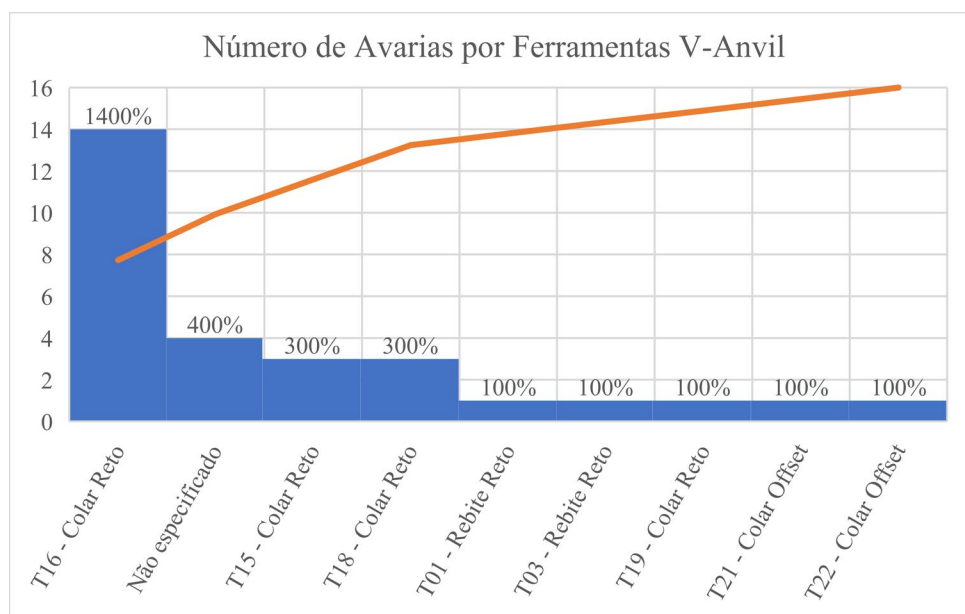


Figura 42 - Diagrama de Pareto do Número de Avarias por Ferramentas V-Anvil

A ferramenta V-Anvil com o maior número de avarias durante o período de janeiro a julho de 2021 foi a T16 de cravação reta de colares para a furação de 1/4'' de diâmetro. Esta é a ferramenta mais utilizada nos programas de furação dos revestimentos de asa do KC-390.

Posteriormente foram analisadas todas as avarias e as respetivas causas raiz e agrupadas em 7 tipos de problemas recorrentes, representados na Tabela 11. Durante a análise da situação inicial foi identificada a inexistência de um plano de manutenção preventiva para as Ferramentas V-Anvil, sendo que a condição destas apenas era verificada de forma corretiva impactando muito a disponibilidade, devido a inúmeras paragens corretivas, e ainda a qualidade do produto, uma vez que se verificavam frequentemente marcas nos colares e nos *stringers* causando não conformidades. As ações de melhoria propostas para erradicar estes problemas são apresentadas no Capítulo 4.

Tabela 11 - 7 Principais Problemas nas Ferramentas V-Anvil e respectivas Causas Raiz

Componente	Descrição problema	OT	Causa-Raiz
Ferramentas V-Anvil	Incorreta cravação de colares	156333	- Falta de Plano da Manutenção Preventiva dos V-Anvils
		160055	- Folga no Parafuso Ram Retention Screw
		162072	- Colar ficou preso no Die Pin por desalinhamento
		155999	- Fonte de Sujeira no mecanismo de transporte dos colares - Desgaste do O-ring
	Componentes presos/partidos	156566	- Pinças do Collar Loader estavam com movimento reduzido por causa de sujidade do selante
		166377	- Die Pin com movimento reduzido por causa de sujidade do selante
		162216	- Instalada mola desadequada
		162660	- Parafuso do Clamp Pad do V-Anvil partido por desgaste
		167927	- Folga Parafuso Ram Retention Screw
	Paragem de emergência na cravação de colares	159761	- Parafuso Ram Retention Screw Desapertado
		162079	- Curto-circuito na alimentação de 24V DC dos sensores do V-Anvil
		162515	- Diferença entre força de clamp no lado V e Lado U
	Marcas no Produto	155834	- Desgaste dos Clamp Pads - Desalinhamento da estrutura do V-Anvil
		159242	- Desgaste dos Clamp Pads
		159291	- Desgaste dos Clamp Pads - Marcas no veio do cilindro pneumático - Collar Loader estava a prender na estrutura do V-Anvil
		159752	- Desgaste e desalinhamento nos Clamp Pads
		165132	- Valores de espessura dos Clamp Pads incorreta
		167724	- Colares partem-se devido a Collar Swage Die (estampo) desapertado
	Colares riscados/marcados/esmagados	165788	- Parafuso Ram Retention Screw mal apertado devido a falta de padronização na força de aperto
		168028	- Desgaste no estampo (Collar Swage Die) - Troca de estampo por um estampo danificado
		170390	- Desgaste do Collar Die
	Mau funcionamento dos Sensores Tracers	162587	- Sensor sem parâmetro
		153050	- Ficha de um sensor do Collar Loader estava em curto
		166215	- Cabo danificado. O cabo que estava instalado não era o correto para a posição
		167740	- Cabo do Sensor de colar presente danificado causando instabilidade no sinal
		167753	- Cabo danificado
	Colisão com o provete	170544	- Cabo do sensor collar present estava danificado causando instabilidade no sinal
		170539	- V-Anvil mal montado durante a instalação

Através da análise da Tabela 11 é possível verificar que as principais causas raiz dos problemas identificados se resumem principalmente à falta de controlo de condição dos componentes das ferramentas V-Anvil (inexistência de plano de manutenção preventiva) e à falta de limpeza frequente das ferramentas V-Anvil (incumprimento das tarefas de limpeza por parte dos operadores).

### 3.3.2.2 Análise de Avarias do Lado U

Para a análise das avarias do Lado U foi utilizada a mesma metodologia que para as ferramentas V-Anvil. O diagrama de Pareto para as avarias do Lado U da Rebitadora está representado na Figura 43.

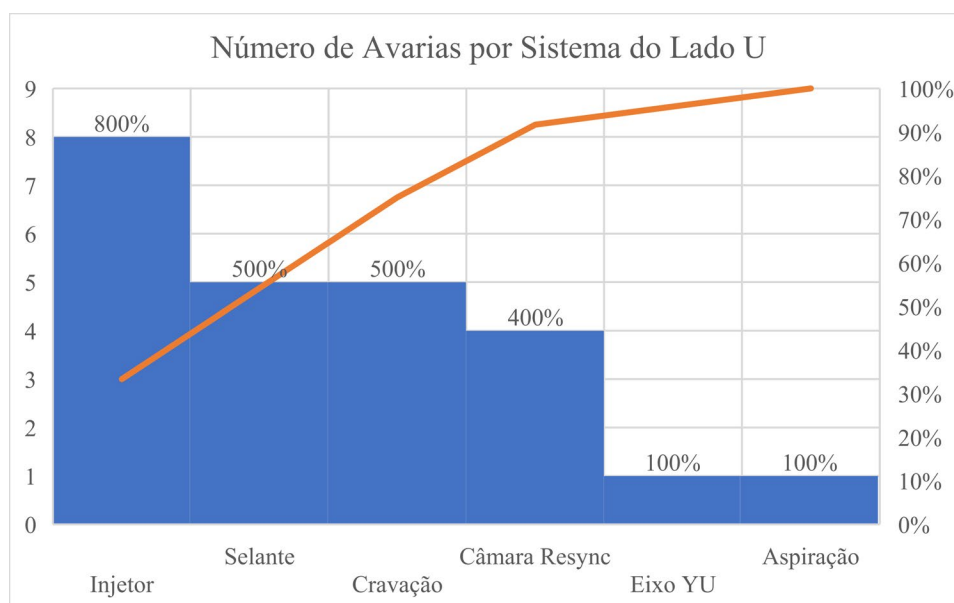


Figura 43 - Diagrama de Pareto do Número de Avarias por Sistema do Lado U

Da análise aos problemas recorrentes do Lado U da Rebitadora, foram agrupados 4 tipos diferentes de problemas e as respetivas causas raiz, representados na Tabela 12. As avarias verificadas no Eixo YU e do Sistema de aspiração foram pontuais pelo que não foram consideradas como problemas recorrentes. As ações de melhoria propostas para erradicar estes problemas são apresentadas no Capítulo 4.

Tabela 12 - 5 Principais Problemas nos Sistemas do Lado U e respetivas Causas Raiz

Subconjunto	Descrição problema	OT	Causa-Raiz
Injetor De Fixadores / U-Driver de Cravação	Máquina não apanha os Fixadores	156893	- Mau contacto no Sensor de posição do Injetor de Fixadores
		162012	- Sujidade no Sistema de Cravação de Fixadores
		162643	- Desalinhamento do avanço do Injetor de Fixadores
		165818	- Suporte dos batentes de avanço e recuo do Injetor de fixadores partido
		165843	- Suporte dos batentes de avanço e recuo do Injetor de fixadores partido
		156086	- Desalinhamento do avanço do Injetor de Fixadores
		166669	- Falha nos sensores de deteção dos fixadores nos tubos de envio
	166754	- Sensores de deteção de fixadores desconectados devido à vibração	
	Alarmes do U-Anvil e do Injetor de Fixadores	152980	- Desgaste das pinças da cassete de alimentação de fixadores
		165805	- Prisão do movimento das pinças do U-Anvil
170200		- Suporte dos sensores que detetam o movimento das pinças do U-Anvil danificado	
170636		- Batente do avanço do Injetor de fixadores desapertado	
162582		- Sujidade nas pinças da cassete de alimentação de fixadores	
Câmara de Ressincronização	Alarmes da Câmara de Ressincronização	154827	- Pino de fixação da tampa de abertura da câmara fora de posição
		162535	- Falha de atuação do sensor da tampa da câmara de Ressincronização
		157070	- Mau contacto na ficha de rede da câmara de ressincronização
		162763	- Falta de rotina de calibração da câmara
Aplicador De Selante	Problemas no Sistema de Selante	156574	- Parafuso de fixação do sensor desapertado devido a vibração do sistema
		163100	- Cabo do sensor esmagado devido a prisão - Cabo indevidamente instalado
		156695	- Cabo pneumático obstruído
		156901	- Desgaste do conector do selante
		156907	- Sistema de Selante descentrado no Nosepiece

Através da análise da Tabela 12 é possível verificar que as principais causas raiz dos problemas identificados se resumem principalmente à falta de limpeza e afinação dos sistemas de injeção e cravação de fixadores, à falta de rotinas preventivas no sistema da câmara de ressincronização e por fim à falta de controlo de condição do sistema de aplicação de selante.

### 3.3.2.3 Análise de Avarias do Sistema de Envio de Colares

Da análise às avarias referentes ao Sistema de Envio de Colares concluiu-se que as mesmas se devem maioritariamente a danos de rápida reparação nos tubos e sensor, pelo que não foi dado demasiado ênfase neste sistema. Na Tabela 13 encontram-se identificadas as causas raiz dos problemas no Sistema de Envio de Colares.

*Tabela 13 - Problemas no Sistema de Envio de Colares e respetivas Causas Raiz*

Subconjunto	Descrição problema	OT	Causa-Raiz
Tubagem	Tubo Danificado	153128	- Rutura do tubo
		162768	- Tubo rasgado
		170120	- Tubo com parafuso de fixação solto
Sensores	Sensor Danificado	156708	- Sensor danificado

### 3.3.2.4 Análise de Avarias do Lado V

Apesar de terem ocorrido apenas quatro avarias nos Sistemas do Lado V durante os meses de janeiro a julho, o Tempo de Máquina Parada devido a estas avarias foi cerca de 45% do Tempo Total de Máquina Parada para o mesmo período. Após análise dos dados foi possível chegar às causas raiz das avarias do Lado V. Estas encontram-se representadas na Tabela 14.

*Tabela 14 - Problemas no Lado V e respetivas Causas Raiz*

Subconjunto	Descrição problema	OT	Causa-Raiz
Eixo X	Impossibilidade de movimentar máquina	165184	- Colisão com poste 05 - Falha de Programa (Engenharia de Manufatura)
Eixo B	Overtravel	156031	- Falha de Programa (Engenharia de Manufatura)
		162140	
Eixo A	Impossibilidade de movimentar máquina	154856	- Colisão com stringer - Perda de referência do eixo

Através da análise da Tabela 14 é possível verificar que as principais causas raiz dos problemas identificados se devem a colisões por falha de Programa. É expectável que o número de colisões por falha de programa diminua à medida que os programas são retificados e os processos fiquem mais estáveis. Geralmente verifica-se um maior número de colisões em programas que estão em fase de aceitação ou *Tryout*, no entanto é também possível acontecerem colisões por erro operacional ou por falha de sensores do equipamento.

A avaria que teve o maior Tempo de Máquina Parada foi a OT 154856 com um total de 101 horas e 43 minutos, após uma colisão com um *stringer* a máquina perdeu a referência do eixo AV e foi necessário recorrer ao fabricante uma vez que, até à data da ocorrência, não existia procedimento para referenciar os eixos nesta máquina.

## Capítulo 4 – Propostas de Melhoria

Da análise à situação inicial da Rebitadora Electroimpact, foram identificados diversos problemas recorrentes e oportunidades de melhoria. Através do acompanhamento e participação ativa nas reuniões semanais de TPM do equipamento, ao longo da realização do estágio, foram definidas, em conjunto com todos os pilares TPM, várias ações de melhoria a serem implementadas na manutenção autónoma e preventiva do equipamento.

Desta forma, procedeu-se à implementação das ações de melhoria e ao acompanhamento dos indicadores ao longo do projeto, com o objetivo de reverter a situação encontrada, aumentando a disponibilidade e o MTBF do equipamento e reduzindo o número de avarias e o MTTR, através da proatividade dos operadores nas tarefas de manutenção e de uma manutenção preventiva eficaz.

Ao longo deste capítulo serão descritas as principais ações de melhoria desenvolvidas durante o projeto, na Rebitadora Electroimpact, tendo em conta os problemas descritos no terceiro capítulo deste trabalho.

## 4.1 Melhorias Implementadas nas Ferramentas V-Anvil

### Criação de Plano de Manutenção Preventiva Mensal das Ferramentas V-Anvil:

Uma das principais causas raiz para os problemas verificados nas Ferramentas V-Anvil é a falta de limpeza e a inexistência de um controle de condição preventivo destas ferramentas.

Com base nisso foi elaborado um plano de manutenção preventiva mensal para as Ferramentas V-Anvil. O plano, que pode ser verificado na totalidade no Anexo IV, é composto por uma série de tarefas de limpeza e inspeção rápidas nos componentes que mais causam avarias. Este plano utiliza Lições Ponto-a-Ponto, previamente criadas pelos operadores e técnicos de manutenção, que servem como guias/manuais simples para a realização, de forma correta, de determinadas tarefas, não requerendo muita experiência para as realizar. Na Tabela 15 estão representadas, de forma resumida, as tarefas que constituem este plano preventivo das ferramentas V-Anvil. Esta ação foi implementada no mês de outubro de 2021 e passou a ser realizada mensalmente a partir desse mês.

Tabela 15 - Tarefas Preventivas Mensais das Ferramentas V-Anvil

TÓPICO	DESCRIÇÃO	LPP	PERIODICIDADE		
			S	Q	1M
Anvil	1. Verificar a limpeza geral do Anvil	C-4			
	2. Verificar se a Clamp Sleeve se move livremente	-			
	3. Verificar condição dos vários sensores e Limit Switches	-			
	4. Verificar condição dos tubos pneumáticos e cabos	-			
Collar Drive	5. Inspeccionar e lubrificar o Collar Driver	C-15			
	6. Limpeza e inspeção do RAM Retention Screw	C-16			
Collar Die e Straight Die Pin	7. Limpeza e inspeção do Collar Die	C-17			
	8. Limpeza e inspeção do Straight Die Pin	C-17			
Clamp Pads	9. Inspeccionar estado das Front Plates (Esquerda e Direita)	-			
	10. Inspeccionar Clamp Pads e parafusos	E-24			
Ligar o Anvil na máquina	11. Colocar V-Anvil na máquina	E-22			
	12. Verificar movimentos dos componentes do Anvil	-			
Inspeccionar Tracers (Sensores)	13. Inspeccionar Cablagem e Sensores	-			
	14. Inspeccionar placa de suporte dos tracers	-			
	15. Verificar o funcionamento dos sensores	B-15			

Na Figura 44 está representado um exemplo de uma Lição Ponto-a-Ponto (LPP) de limpeza do V-Anvils.



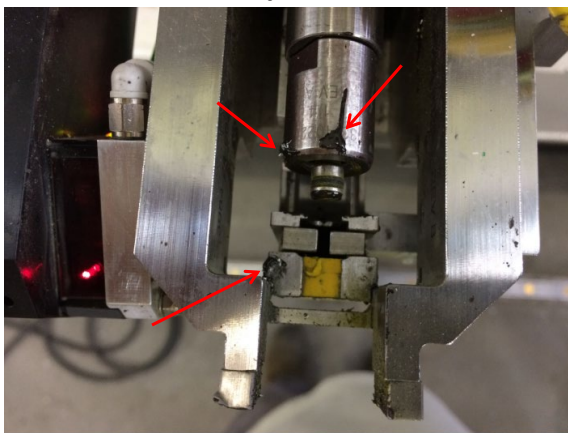
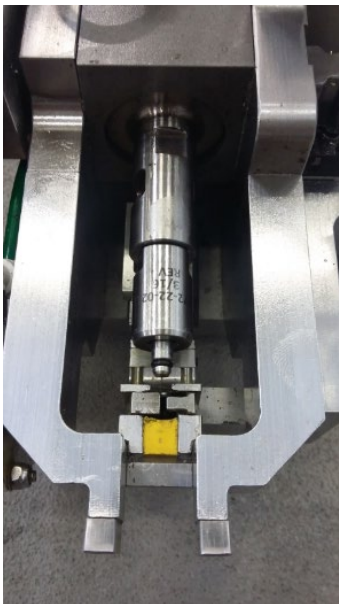


 <b>LIÇÃO PONTO A PONTO</b> 			
Tema	<b>Limpeza do V-Anvil no final de cada BAIA - C-4</b>	Número	
		Data	
Célula:	Montagem de Estruturas Metálicas E2 e KC-390	Máquina	Rebitadora Electroimpact
Preparado por:	Rui Lopes		
Classificação	<input checked="" type="checkbox"/> Conhecimentos Básicos	<input type="checkbox"/> Casos de Melhorias	Assinatura da Segurança?
	<input type="checkbox"/> Casos de Problemas	<input type="checkbox"/> Outros	
		Segurança	Líder da célula
			Facilitador TPM
<p>Imagem 1</p>  <p>Imagem 1 - V-Anvil sujo de selante, corpo de Tack's, limalhas, etc...estes factores podem danificar colares, deixar marcas nos colares, deixar marcas na stringer, danificar prendedores...</p>			
<p>Imagem 2</p>  <p>Imagem 2 - V-Anvil sem qualquer vestígio de selante, limalhas ou qualquer corpo de tack, V-Anvil pronto a funcionar.</p>			
<p><b>MUITO IMPORTANTE</b></p> <p>No final de cada Baia é OBRIGATÓRIO fazer a limpeza do V-Anvil de modo a ficar como está na Imagem 2 para evitar marcas nas Stringers, colares danificados, colares partidos, etc....</p>			
 <p><b>ATENÇÃO:</b> Durante esta operação utilizar sempre os EPIs adequados à área de Montagem!</p>		 <p>PARA SAÚDE E SEGURANÇA</p>	

Figura 44 - LPP de limpeza do V-Anvil [Fonte: Embraer (2022a) 'Informação Interna']

### Levantamento e recolha de Ferramentas V-Anvil obsoletas:

Foi verificada a presença de várias ferramentas V-Anvil que não eram utilizadas pela operação. Estas ferramentas tornaram-se obsoletas após um *retrofit* realizado em 2016 no equipamento, onde, além da modificação de outros sistemas, também os V-Anvils foram substituídos por novos modelos. Este *retrofit* permitiu que a furação dos revestimentos das asas da linha do E2 fosse também possível, uma vez que inicialmente a rebitadora apenas servia a linha do KC-390. De forma a reaproveitar peças sobresselentes dos V-Anvils antigos, foram recolhidos para a oficina da manutenção e posteriormente desmanchados e armazenados como é possível verificar na Figura 45.

A implementação desta ação permitiu criar um *stock* de segurança de componentes mecânicos, pneumáticos e eletrónicos como sensores e fichas, utilizados pelos atuais V-Anvils, sem a necessidade de investimento. Permitiu ainda uma otimização dos 5S na área do equipamento uma vez que estes V-Anvils deixaram de ser uma fonte de sujeira na área e libertaram espaço para organização de outras ferramentas essenciais.



Figura 45 - V-Anvils armazenados na oficina de manutenção

### **Criação de ficheiro Excel com listagem e peças sobresselentes necessárias para as ferramentas V-*Anvil*:**

Inicialmente verificou-se que, além de não existir qualquer tipo de plano de manutenção preventiva das ferramentas V-*Anvil*, não existia também qualquer controlo sobre as peças sobresselentes necessárias. A manutenção não tinha os desenhos técnicos de todos os V-*Anvils* e não existia uma lista de peças sobresselentes necessárias para cada tipo.

Desta forma, houve a necessidade de criar um ficheiro Excel onde estivessem compilados todos os desenhos dos V-*Anvils* utilizados e identificadas as respetivas peças sobresselentes, categorizadas por criticidade tendo em conta o tempo de entrega, custos e *stock* disponível. Uma parte do ficheiro pode ser verificado no Anexo V.

A implementação desta ação permite à manutenção ter um maior controlo sobre as peças sobresselentes necessárias para cada V-*Anvil*, assim como facilita o acesso aos desenhos técnicos, *Part Numbers* destas ferramentas e respetivos componentes, uma vez que se encontram num só ficheiro, reduzindo desta forma o tempo de procura e facilitando o pedido de peças à logística, contribuindo de um modo geral para uma maior organização da manutenção e dos seus processos.

### **Modificação da geometria dos *Clamp Pads*:**

Um dos principais problemas recorrentes causados pelas Ferramentas V-*Anvil* são as marcas nos produtos. De entre as várias causas identificadas, verificou-se uma relação entre o desgaste dos *Clamp Pads* e o aparecimento de marcas nos produtos. Estes componentes servem de encosto entre o V-*Anvil* e o *Stringer* e estão sujeitos a forças de compressão na ordem dos 600kg durante a cravação dos colares.

De um estudo iniciado antes deste projeto, concluiu-se que estes *Clamp Pads* apenas durariam uma média de 2 painéis até começarem a apresentar depressões nas regiões onde internamente se encontram os furos roscados para fixação nos V-*Anvils*. Foi então verificado que a espessura existente nessas regiões, entre a face de encosto e o furo roscado, era de apenas 0,5 milímetros.

Posto isto, procedeu-se à modificação da geometria dos *Clamp Pads* de forma a tornar estes componentes mais robustos (Anexo VI). Contactou-se um fornecedor nacional capaz de fabricar estes componentes com uma pequena alteração na profundidade nos furos roscados, reduzindo a profundidade em 0,5 milímetros, tornando assim a espessura em 1 milímetro.

Esta ação foi implementada no mês de novembro de 2021 e verificou-se um aumento da vida útil dos *Clamp Pads* reduzindo desta forma as ocorrências de marcas nos produtos. Ao mesmo tempo reduziu-se o custo inerente à substituição e descarte destes componentes uma vez que o preço realizado pelo fornecedor nacional é cerca de 70% mais barato (cerca de 45€ por unidade) que o preço praticado pelo fabricante original (cerca de 140€ por unidade) e o tempo de entrega é muito inferior. Na Figura 46 estão representados os novos *Clamp Pads* instalados numa ferramenta *V-Anvil*.

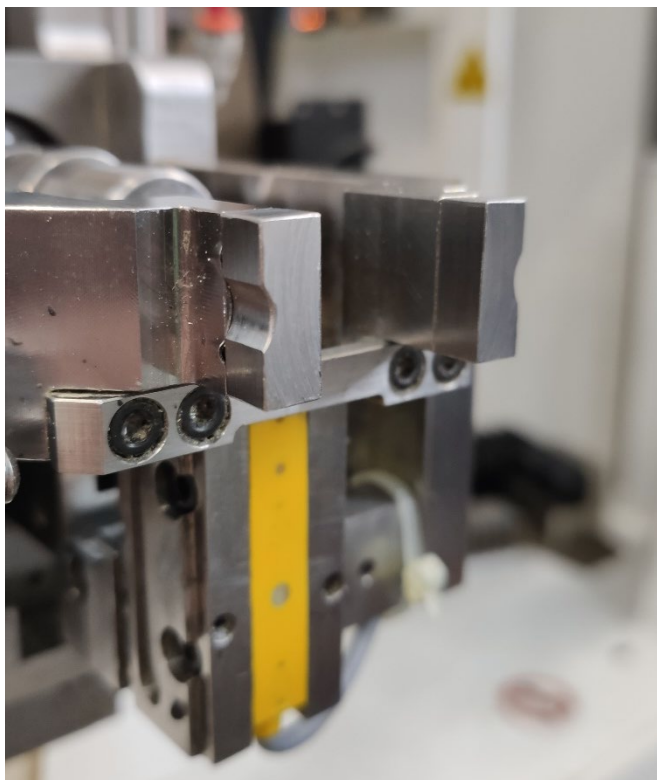


Figura 46 - *Clamp Pads* melhorados

## **Criação de Lições Ponto-a-Ponto (LPPs) para formação dos operadores e dos técnicos de manutenção**

Uma vez que as ferramentas *V-Anvil* são constituídas por vários elementos mecânicos expostos a forças de clamp repetitivas e se encontram numa zona favorável à acumulação de restos de limalha e selante, é normal por vezes existirem prisões mecânicas, desgastes ou desalinhamentos na estrutura e ainda sensores sujos durante os ciclos de furação.

De forma a reduzir o tempo de máquina parada e o número de paragens corretivas aparentemente simples, foram elaboradas Lições Ponto-a-Ponto que permitissem, aos operadores da máquina e aos técnicos de manutenção, despistar e/ou resolver alguns destes problemas numa questão de poucos minutos nas ferramentas *V-Anvil*.

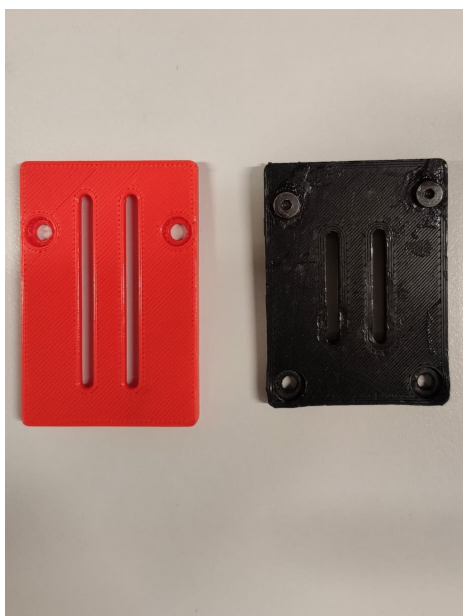
Algumas das Lições Ponto-a-Ponto elaboradas pelo grupo autónomo e pela manutenção, durante a realização deste projeto incluem: a Verificação dos Sensores dos *V-Anvils*; a Verificação do Funcionamento dos Tracers nos *V-Anvils* Retos; a Montagem dos Clamp Pads nos *V-Anvils*; a Inspeção da Condição Geral dos *V-Anvils*; e a Verificação do Sensor Collar Present, podendo estas ser consultadas nos Anexos VII, VIII, IX, X e XI respetivamente.

## 4.2 Melhorias Implementadas nos sistemas do Lado U

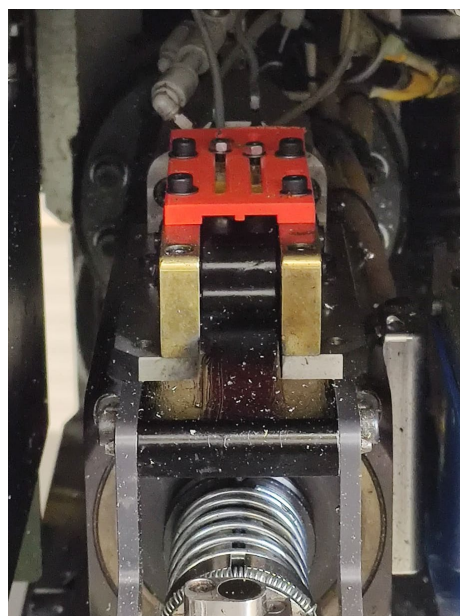
### **Instalação de novo suporte dos sensores de detecção das pinças dos U-*Anvils***

Um dos principais problemas nos sistemas do Lado U são os constantes alarmes dos U-*Anvils*. Estes alarmes são causados, na maioria das vezes, pela má atuação dos sensores que detetam o estado das pinças dos U-*Anvils*, atrasando o tempo de ciclo ou até mesmo parando a máquina para afinação. Foi verificado que a placa de suporte para estes sensores, representada à direita na Figura 47, apresentava desgaste provavelmente provocado pelos óleos de lubrificação, alterando a distância entre os sensores indutivos e a peça que abre e fecha as pinças dos U-*Anvils*, não atuando os sensores quando necessário.

Desta forma foi desenhada e fabricada numa impressora 3D, uma nova placa de suporte dos sensores com um design melhorado, representada na Figura 47 à esquerda e na Figura 48 no equipamento, para permitir uma maior afinação dos sensores. Foram ainda criadas LPPs para teste e ajuste rápido dos sensores no caso de aparecerem estes alarmes (Anexos XII e XIII). Estas ações foram implementadas no final de agosto de 2021 e verificou-se, após esta implementação, uma redução considerável no número de OTs corretivas devido a estes alarmes.



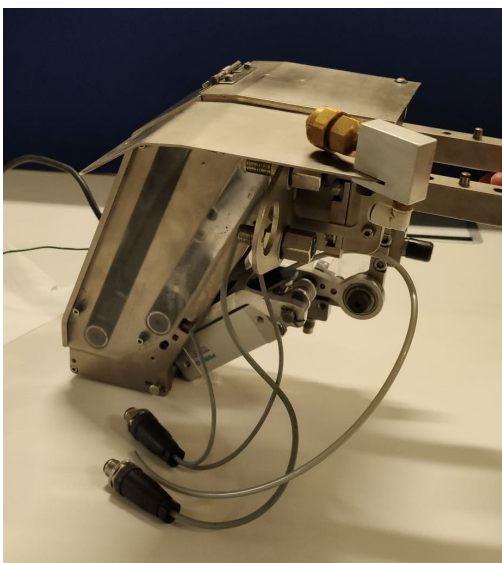
*Figura 47 - Novo suporte (esquerda) e o original (direita)*



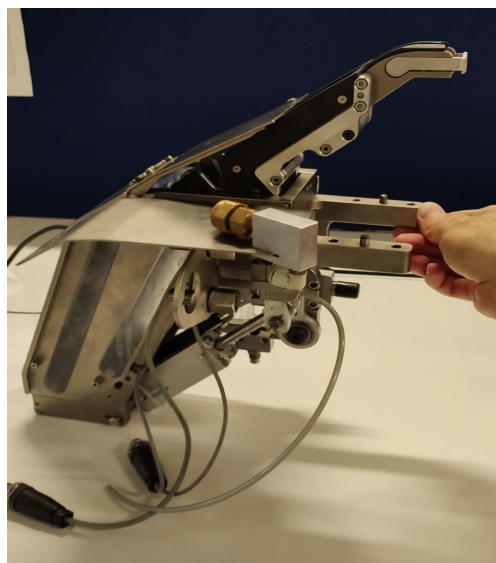
*Figura 48 - Novo suporte instalado no U-Driver*

## Substituição do Sistema de Aplicação de Selante e Restauração do antigo

Outra ação de melhoria implementada foi a substituição completa do Sistema de Aplicação de Selante e restauro do antigo, representado nas Figuras 49 e Figura 50. Uma das causas para os problemas no sistema de aplicação de selante é a falta de controlo de condição do sistema. Foi verificado que o sistema instalado na Rebitadora ainda era o original com cerca de 8 anos de funcionamento. Devido a problemas recorrentes nos componentes pneumáticos e elétricos do aplicador de selante, foi decidido substituir por completo o sistema por um novo e restaurar o antigo na oficina da manutenção. Foi também criada uma Lição Ponto-a-Ponto para Verificação do movimento do Sistema de Aplicação de Selante, representada no Anexo XIV.



*Figura 49 - Conjunto do Aplicador de Selante*



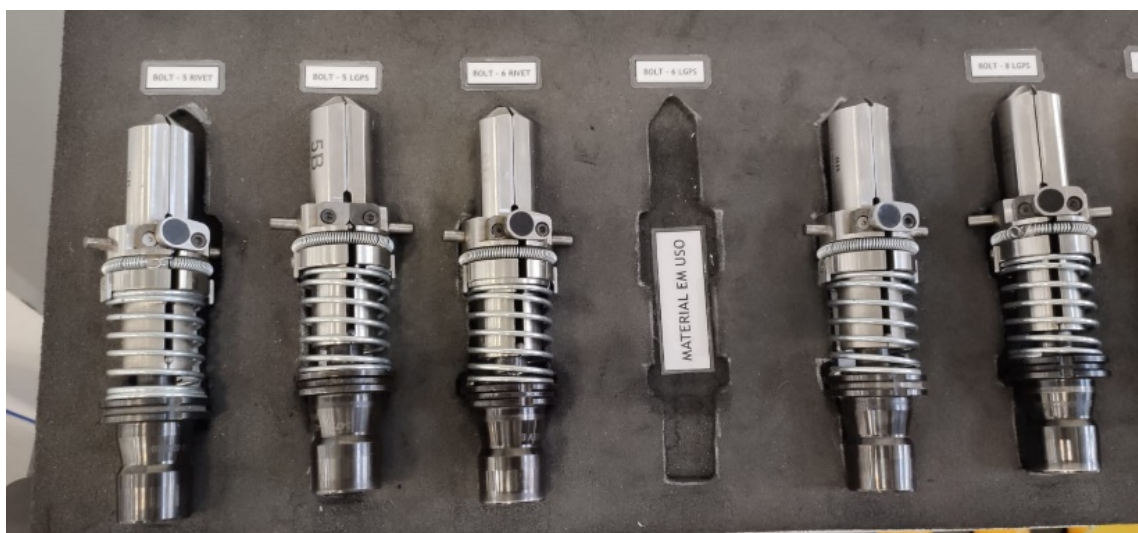
*Figura 50 - Aplicador de Selante estendido*

## **Criação de ficheiro Excel com listagem e peças sobresselentes necessárias para as ferramentas U-Anvil:**

À semelhança das ferramentas V-Anvil, foi inicialmente verificado que não existia também qualquer controlo sobre as peças sobresselentes necessárias para os U-Anvils. A manutenção não tinha os desenhos técnicos de todos os U-Anvils e não existia uma lista de peças sobresselentes necessárias para cada tipo.

Desta forma, houve a necessidade de criar um ficheiro Excel onde estivessem compilados todos os desenhos dos U-Anvils utilizados e identificadas as respetivas peças sobresselentes, categorizadas por criticidade tendo em conta o tempo de entrega, custos e stock disponível. Uma parte do ficheiro pode ser verificado no Anexo XV.

A implementação desta ação permite à manutenção ter um maior controlo sobre as peças sobresselentes necessárias para cada U-Anvil, assim como facilita o acesso aos desenhos técnicos, *Part Numbers* destas ferramentas e respetivos componentes, uma vez que se encontram num só ficheiro, reduzindo desta forma o tempo de procura e facilitando o pedido de peças à logística, contribuindo de um modo geral para uma maior organização da manutenção e dos seus processos. Na Figura 51 estão representados alguns tipos de ferramentas U-Anvil de acordo com cada diâmetro de fixador.



*Figura 51 - Exemplos de U-Anvils utilizados na Rebitadora Electroimpact*

## 4.3 Outras Melhorias Implementadas

### **Revisão e Restruturação dos Roteiros de Manutenção Autónoma (Limpeza e Inspeção) e de Manutenção Preventiva**

Alguns dos problemas identificados na análise durante o período de janeiro a julho de 2021 foram originados pela falta de controlo preventivo de certos sistemas do equipamento. Verificaram-se lacunas, tanto nos roteiros de manutenção autónoma como nos roteiros de manutenção preventivos face às ocorrências recorrentes analisadas anteriormente.

Desta forma procedeu-se à revisão e restruturação dos roteiros de limpeza, inspeção e lubrificação realizados pelos operadores e ainda dos roteiros de manutenção preventiva do equipamento durante os meses de agosto e outubro de 2021. Algumas das tarefas adicionadas foram:

- Introdução dos pontos de Verificação e Calibração da Câmara de Ressincronização no plano de manutenção preventiva trimestral com o objetivo de garantir que a furação dos furos de referência se mantém em conformidade com o projeto e ainda prevenir qualquer problema com o sistema da câmara durante a produção, como alarmes, prisões mecânicas e falha de sensores. Estas tarefas estão representadas nas Figuras 52 e 53.

```
1.13 - Verificação do funcionamento e aperto do sistema de
abertura da camara de resync.
Código de Execução: (      )|
```

*Figura 52 - Verificação do Sistema da Câmara de Ressincronização*

```
1.14 - Calibração da Câmara de Ressincronização
Como fazer: Seguir Procedimento Pág. 7.183 do Manual de
Manutenção
Código de Execução: (      )
```

*Figura 53 - Tarefa de Calibração da Câmara de Ressincronização*

- Introdução da Verificação do aperto dos batentes do Injetor no Plano de Manutenção Preventiva Trimestral. Com a implementação desta tarefa preventiva espera-se uma redução de problemas relacionados com a desafinação e desalinhamento do avanço do injetor em relação ao *U-Anvil*, uma vez que é controlado o estado das porcas de fixação dos batentes. Esta tarefa está representada na Figura 54.

```
1.15 - Verificar correto aperto dos batentes do cilindro do
sistema de envio de pinos (Injetor).
Como fazer: Verificar marcas de lacre e as condições das mesmas.
Código de Execução: (    )
```

*Figura 54 - Tarefa de Verificação dos batentes do Injetor*

- Introdução da Verificação do Sistema de Envio Manual de Fixadores no Plano de Manutenção Preventiva Semestral, representada na Figura 55. Verificou-se que não existia controlo preventivo da condição do sistema de envio manual de fixadores. Após a implementação desta tarefa preventiva não se verificou qualquer avaria neste sistema.

```
4.13 - Conjunto Drop Tubes
Como fazer: Inspeccionar o conjunto de envio manual de pinos.
Analisar correto funcionamento de todos os sensores e verificar
movimento dos atuadores (Pág. 5.103 a 5.108 do Manual de
Manutenção). Verificar se acumulou sujidade e realizar limpeza
caso necessário.
Código de Execução: (    )|
```

*Figura 55 - Tarefa de Verificação do Sistema de Envio Manual de Fixadores*

- Alteração da Periodicidade da inspeção dos *Clamp Pads* no roteiro de inspeção da manutenção autónoma de “Mensal” para “Antes de iniciar furação do painel”, para que seja verificada a condição dos *Clamp Pads* durante os ensaios no provete antes de iniciarem a furação no produto. Desta forma atua-se preventivamente na redução de marcas de encosto nos produtos. Está representada na Figura 56 esta modificação no roteiro de inspeção.

 									
<small>Anexo XI - ENS006382</small> <span style="margin-left: 150px;"><small>Célula: 645</small></span> <span style="margin-left: 150px;"><small>Máquina: Rebitoradora / Flex jig</small></span>									
ILUSTRAÇÃO	ITEM	DESCRIÇÃO	MÉTODO	SEGURANÇA	PLANO DE CONTINGÊNCIA		TEMPO NECESSÁRIO	PERIODICIDADE	RESPONSÁVEL
	27	Pastilhas Clamping Pads	Inspeccionar as pastilhas Clamping Pad, se estão gastas, danificadas ou empenadas. <b>LPP E-24</b>		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: green; margin-right: 5px;"></div> OK           <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; margin-left: 10px; margin-right: 5px;"></div> Tomar a providência 1         </div>	1) Informar a manutenção	5 min	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades

Figura 56 - Item 27 do Roteiro de Inspeção de Manutenção Autônoma [Fonte: Embraer (2022a) 'Informação Interna']

- Alteração da Periodicidade da inspeção dos *V-Anvils* no roteiro de inspeção da manutenção autônoma de “Quinzenal” para “Após concluir furação do painel”, para que a operação controle de forma autônoma e preventiva a condição das ferramentas *V-Anvil*. Desta forma é possível prevenir e reparar, caso necessário, alguma anomalia encontrada nestas ferramentas antes de serem utilizadas de novo para produção. Está representada na Figura 57 esta modificação no roteiro de inspeção.

 									
<small>Anexo XI - ENS006382</small> <span style="margin-left: 150px;"><small>Célula: 645</small></span> <span style="margin-left: 150px;"><small>Máquina: Rebitoradora / Flex jig</small></span>									
ILUSTRAÇÃO	ITEM	DESCRIÇÃO	MÉTODO	SEGURANÇA	PLANO DE CONTINGÊNCIA		TEMPO NECESSÁRIO	PERIODICIDADE	RESPONSÁVEL
	23	Anvils (CMD)	Inspeccionar anvils quanto a desgaste, empenos e desalinhamentos, tubagem e cablagem. Verificar o correto funcionamento dos anvils, quanto a movimentos.		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: green; margin-right: 5px;"></div> OK           <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; margin-left: 10px; margin-right: 5px;"></div> Tomar as providências 1 e 2.         </div>	1) Alinhar componentes se possível 2) Em caso de material danificado, informar manutenção	10min	Após concluir furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades

Figura 57 - Item 23 do Roteiro de Inspeção de Manutenção Autônoma [Fonte: Embraer (2022a) 'Informação Interna']

Juntamente com o grupo autônomo, foi ainda possível reduzir o tempo do roteiro de limpeza de 342 minutos para 169 minutos. Através da revisão das tarefas do roteiro de limpeza, verificou-se que este contabilizava todas as tarefas de limpeza, independentemente da periodicidade das mesmas, não fazendo a distinção entre tarefas consequentes do processo produtivo e tarefas de limpeza gerais independentemente da utilização do equipamento.

Desta forma, criou-se uma *Checklist* de “Rotinas de Saída de Painel”, onde se agruparam todas as atividades do Roteiro de Limpeza que são realizadas após conclusão do Produto e passaram a ser contabilizadas como parte do processo produtivo. Assim, apenas limpezas que são executadas periodicamente são contabilizadas no roteiro de limpeza do equipamento. Os roteiros de inspeção e limpeza atualizados, e a *checklist* de “Rotinas de Saída de Painel” podem ser consultados nos Anexos XVI, XVII e XVIII respectivamente.

## 5S no carro de manutenção da área de Montagem

Existe na área da montagem um carrinho de ferramentas da manutenção, inicialmente implementado em 2016. No início deste projeto verificou-se que este se encontrava muito desorganizado e com ferramentas em falta, obrigando muitas vezes os técnicos a fazerem deslocações desnecessárias à procura das ferramentas para a realização de manutenções corretivas e preventivas. Após reunir com os técnicos de manutenção, fez-se o levantamento e compra das ferramentas em falta e procedeu-se à reorganização das prateleiras do carrinho.

É possível verificar na Figura 58 o estado em que se encontrava o carrinho de ferramentas comparado com a Figura 59 após a implementação da ação de 5S. Esta ação permitiu reduzir tempos e deslocações desnecessárias, aumentando a motivação dos técnicos e o tempo de resposta da manutenção, reduzindo os tempos de máquina parada.

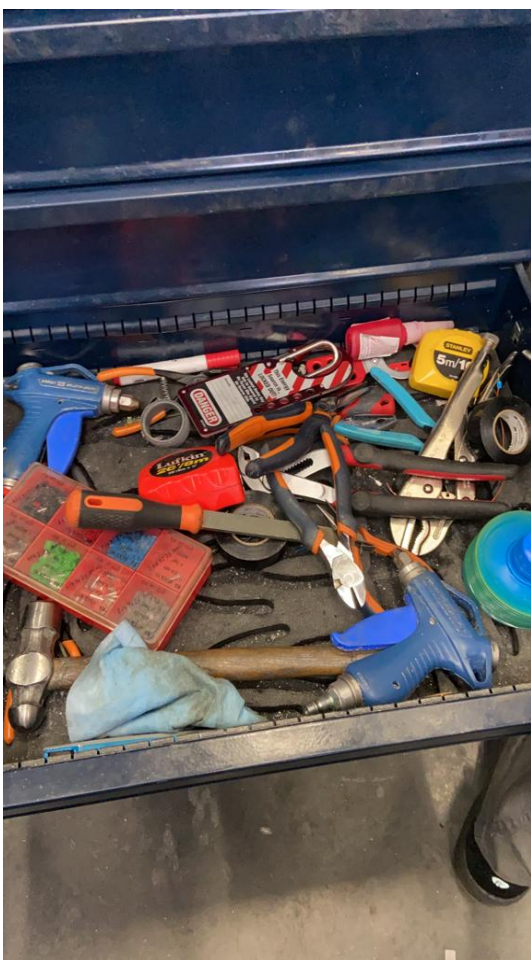


Figura 58 - Exemplo do estado inicial do carrinho de ferramentas da manutenção



Figura 59 - Estado do carrinho de ferramentas após implementação da ação de 5S

## Capítulo 5 – Resultados Obtidos

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos após a implementação das ações de melhoria desenvolvidas ao longo do projeto. Desta forma será calculada e analisada a evolução dos indicadores de desempenho como o número de avarias e os respectivos tempos de máquina parada, o Tempo Médio Entre Falhas, o Tempo Médio de Reparação, a Disponibilidade Intrínseca e a Eficiência Global do Equipamento, para o período de agosto de 2021 a maio de 2022, comparando com os valores iniciais do período de janeiro a julho de 2021.

O período escolhido para análise da evolução dos indicadores começa no mês de agosto de 2021, correspondendo ao primeiro mês após a análise da situação inicial e início da implementação das ações de melhoria, e acaba no mês de maio de 2022. Esta escolha deveu-se a duas razões: primeiro porque os indicadores MTBF e MTTR são calculados a 3 meses, apresentando uma evolução com comportamento mais lento; e em segundo porque durante os últimos dois meses de 2021 e janeiro 2022 se verificou uma cadência de produção muito baixa, contribuindo pouco para o Tempo Programado Líquido a 3 meses. Na Figura 60 e 61 estão representados os gráficos do número de avarias por mês e o tempo de máquina parada face ao tempo disponível para produção, por mês, de agosto de 2021 a maio de 2022, respetivamente.

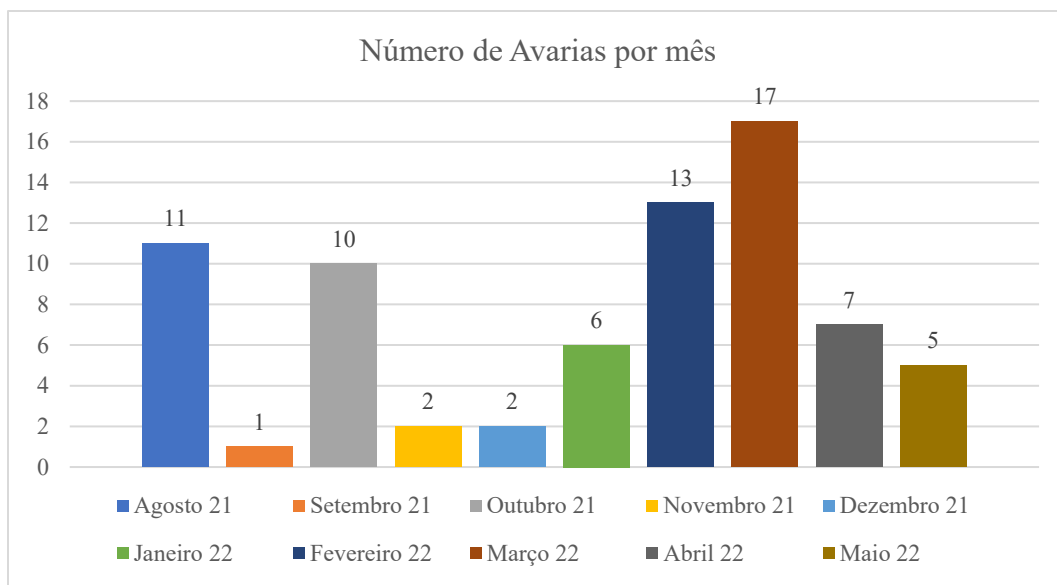


Figura 60 - Número de Avarias por mês durante o período de agosto 2021 a maio 2022

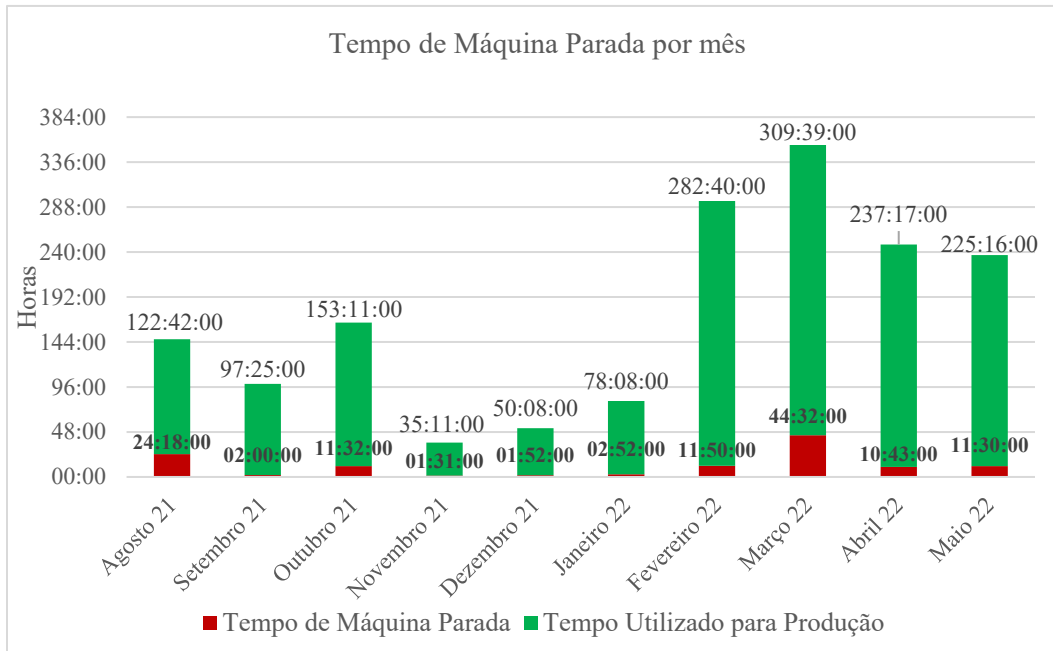


Figura 61 - Tempo de Máquina Parada por mês durante o período de agosto 2021 a maio 2022

Durante este período de dez meses após a análise da situação inicial (agosto de 2021 a maio de 2022) foram registradas no total 74 manutenções corretivas no portal OEE da rebitadora, perfazendo um total de 122 horas e 40 minutos de Tempo de Máquina Parada, ou 7,2%, de um total de cerca de 1714 horas do Tempo Disponível para Produção para o mesmo período.

É possível verificar uma redução de cerca de 48,42% face ao Tempo total de Máquina Parada identificado na situação inicial para o período de janeiro a julho de 2021. Esta diminuição do número de avarias e do tempo de máquina parada para um Tempo Programado Líquido maior tem um impacto direto na evolução dos indicadores de performance, como é possível verificar nos gráficos das seguintes Figuras. No Anexo XIX pode ser consultada a Tabela 19 constituída pelos dados recolhidos durante todo o projeto, durante o período de julho de 2021 a maio de 2022, para cálculo e construção dos gráficos dos indicadores.

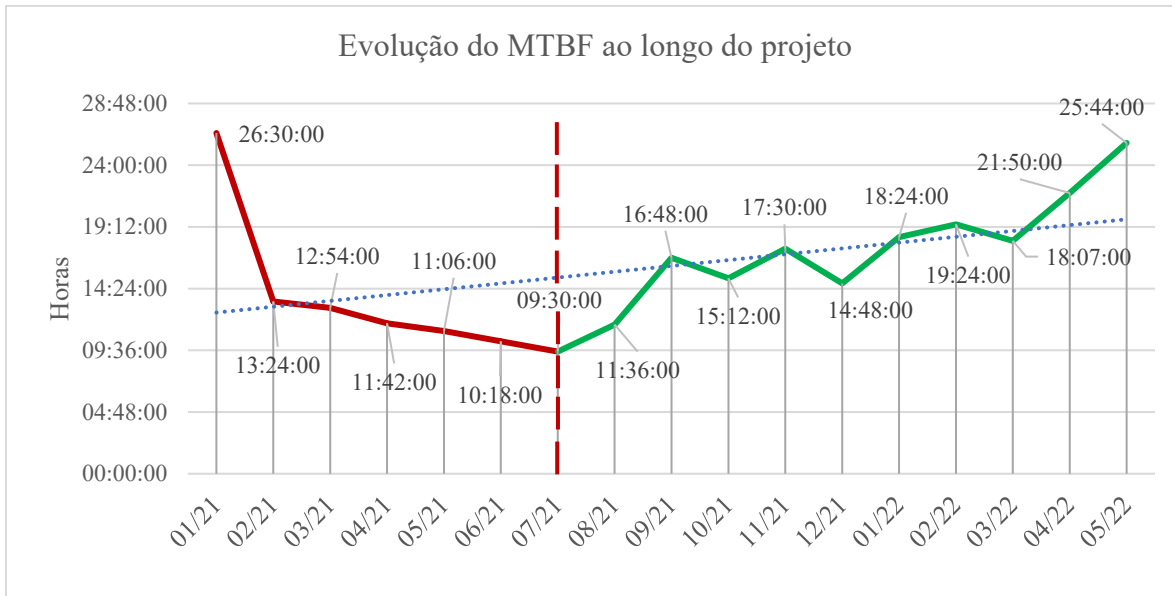


Figura 62 - Evolução do MTBF durante todo o projeto

Na Figura 62 está representada a evolução do MTBF durante o período de janeiro de 2021 a maio de 2022. A vermelho estão identificados os valores de MTBF durante o período que serviu de base para a análise da situação inicial deste projeto e a verde estão identificados os valores de MTBF nos meses seguintes durante o desenvolvimento do projeto. Através da análise do gráfico, é possível verificar a inversão da tendência a partir do mês de julho de 2021, período no qual se iniciou a análise de avarias, o acompanhamento TPM e a implementação de ações de melhoria. No último mês do projeto o valor de Tempo Médio entre Falhas, com base nos últimos 3 meses, foi de 25 horas e 44 minutos, representando um aumento de 170,9% face às 9 horas e 30 minutos de MTBF verificadas na situação inicial do projeto. A evolução deste indicador é justificada pela redução do número de avarias e, por consequência, do tempo de máquina parada aliados a tempos de produção mensais elevados. Para este indicador não é representada a meta estabelecida pela empresa pois, aos olhos do autor deste projeto, o valor de MTBF estabelecido, para a atual etapa TPM do equipamento não é realista face à complexidade do equipamento e das ferramentas utilizadas. Os valores estabelecidos para as metas dos indicadores estão padronizados de acordo com a etapa TPM dos equipamentos, excluindo o tipo, tecnologia e grau de complexidade do equipamento. Durante a realização deste projeto a rebitoradora encontrava-se na etapa 2 com uma meta irrealista de MTBF de 150 horas.

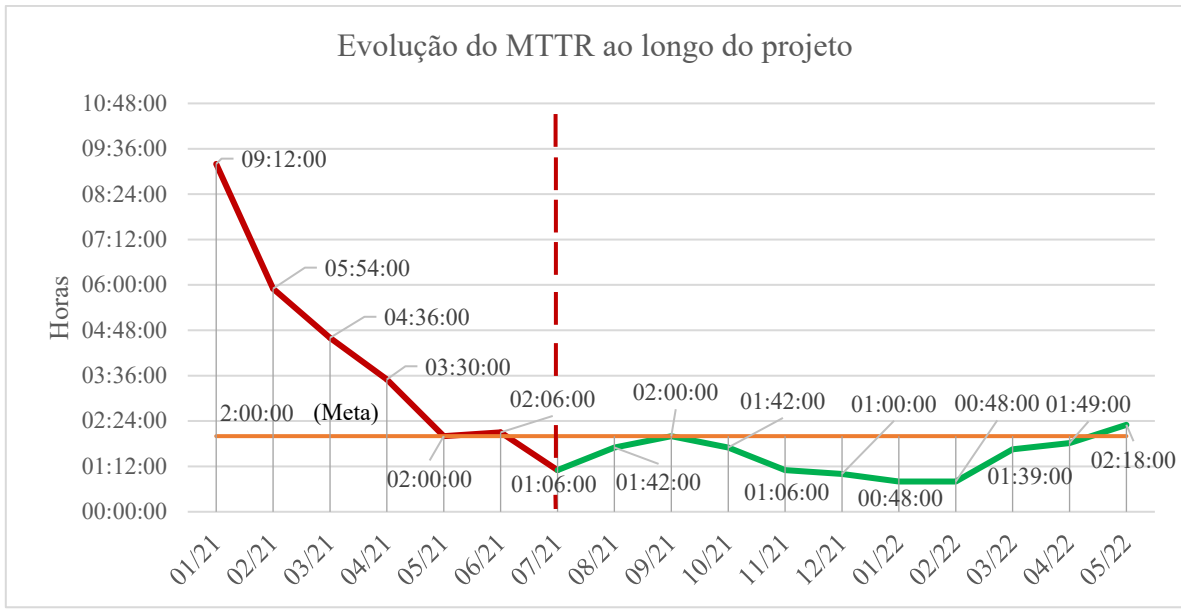


Figura 63 - Evolução do MTTR durante todo o projeto

Na Figura 63 está representada a evolução do Tempo Médio de Reparação durante o período de janeiro de 2021 a maio de 2022. É possível verificar que, durante a realização deste projeto, os valores do MTTR a três meses se mantiveram constantes e sempre com valores abaixo da meta de 2 horas à exceção do mês de maio devido ao aumento do tempo de máquina parada nos meses de março, abril e maio.

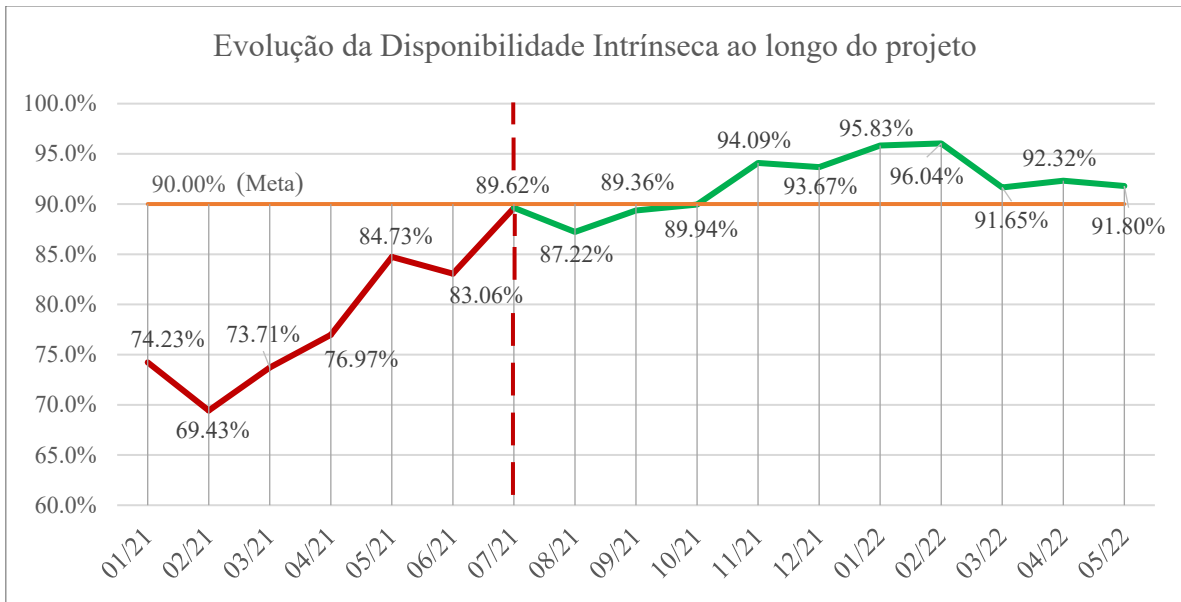


Figura 64 - Evolução da Disponibilidade Intrínseca durante todo o projeto

Na Figura 64 está representada a evolução da Disponibilidade Intrínseca a três meses da rebitadora durante o período de janeiro de 2021 a maio de 2022. Tal como expectável, é possível verificar um aumento da Disponibilidade do equipamento, consequência de Tempos Médios de Reparação baixos durante o desenvolvimento do projeto. Foi alcançada a meta de classe mundial de 90%, tendo até sido atingido o valor de 96,04% de Disponibilidade com base trimestral no mês de fevereiro. A Disponibilidade média durante o desenvolvimento do projeto foi de 92,19%. Deste modo, é possível inferir que as ações de melhoria implementadas tiveram impacto na Disponibilidade Intrínseca, através da redução do número de manutenções corretivas e do tempo de máquina parada.

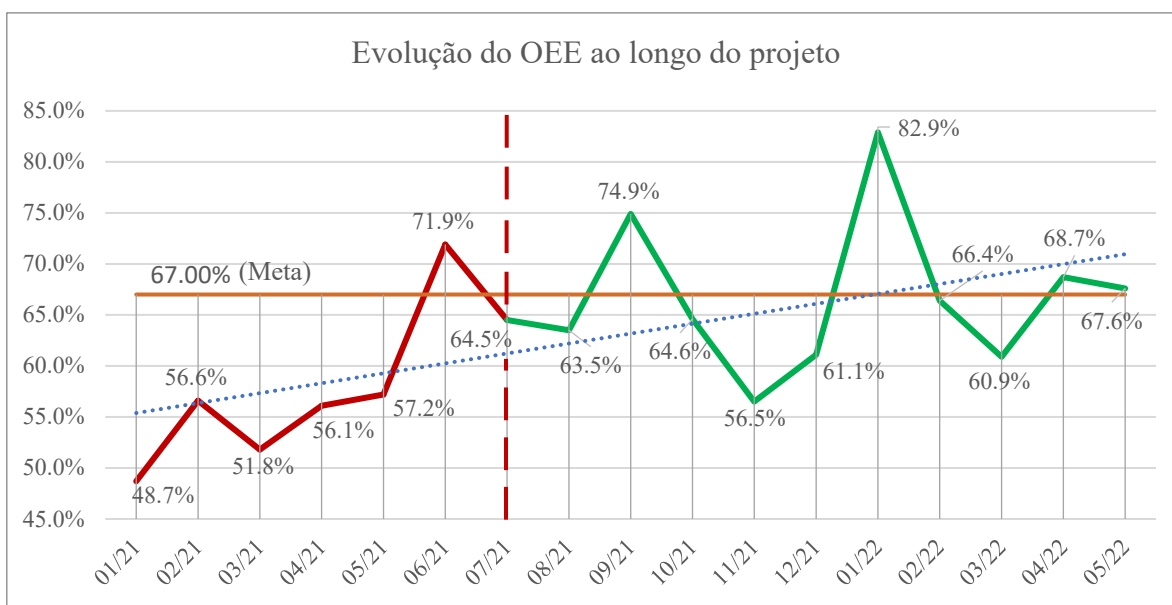


Figura 65 - Evolução do OEE durante todo o projeto

Quanto à evolução do OEE, é possível verificar, conforme ilustrado no gráfico da Figura 65, uma tendência positiva ao longo do desenvolvimento do projeto. Ao contrário dos restantes indicadores, o histórico disponibilizado pelo portal OEE é baseado no total das perdas diárias verificadas durante o respetivo mês e para efeitos de cálculo o indicador da qualidade corresponde a 100%.

Em novembro e dezembro de 2021 verificou-se que, apesar da alta percentagem de disponibilidade intrínseca (menor número de avarias), os valores do OEE foram bastante baixos devido a perdas como: análise de produto; validação de programas; período de espera por soluções/informações de processos; e falta de material.

É importante referir que este tipo de perdas não foi analisado neste projeto e que as ações implementadas não tiveram o objetivo de reduzir estas perdas uma vez que não são da responsabilidade da manutenção. Em março de 2022 o baixo valor de 60,9% do OEE pode ser justificado pelo grande número de paragens não programadas por: falta de operador, falta de material; falta de programa; e manutenções corretivas. Estas paragens não programadas afetam diretamente o indicador de Disponibilidade Operacional que é utilizado no cálculo do OEE. Apesar da média do OEE para o período de agosto de 2021 a maio de 2022 ter sido de 66,7% face aos 58,1% do período de janeiro a julho de 2021, existe ainda a necessidade de evoluir positivamente este indicador para que seja atingido numa primeira instância a meta de 67% estabelecida pela empresa e mais tarde um OEE de classe mundial de 85%.

Além dos resultados quantitativos apresentados, foram também obtidos resultados que não são mensuráveis, nomeadamente: o desenvolvimento da autonomia e das capacidades técnicas dos operadores; a cooperação e o envolvimento entre todas as áreas envolvidas no TPM; a melhoria da comunicação entre a operação e a manutenção; e o aumento da motivação e do senso de responsabilidade dos operadores em relação ao equipamento que operam.

## Capítulo 6 – Conclusões, Limitações e Trabalho Futuro

O trabalho realizado na Embraer Portugal Estruturas Metálicas S.A. consistiu na análise de avarias e implementação de melhorias com vista à melhoria do indicador de disponibilidade intrínseca de um equipamento crítico na linha de produção da área da montagem.

No início do projeto, e dada a complexidade dos processos inerentes à montagem de estruturas aeronáuticas, foi dedicado algum tempo ao estudo do processo produtivo e ao modo de funcionamento dos equipamentos. Verificou-se que, apesar de existirem as ferramentas necessárias para a correta implementação da metodologia TPM na área da montagem da Embraer Portugal Estruturas Metálicas S.A., a sua prática não estava a ser executada da forma pretendida devido à pouca presença e participação de todas as partes intervenientes, em particular, do pilar de Manutenção Planeada e à ausência de análise crítica das avarias.

Numa análise inicial, o equipamento em estudo apresentava valores de MTBF, MTTR e de OEE abaixo das metas estabelecidas, causados pelo elevado número de avarias e tempos de máquina parada. De forma a reverter esta situação, procedeu-se à análise detalhada das avarias ocorridas durante o período de janeiro a julho de 2021.

Posteriormente, durante os meses de agosto de 2021 até maio de 2022, foram desenvolvidas e implementadas ações de melhoria nos sistemas do equipamento que mais impactavam a disponibilidade do equipamento. Estas ações passaram essencialmente pela revisão dos planos de manutenção preventiva e de manutenção autónoma, pela criação de procedimentos para formação dos operadores e dos técnicos de manutenção e pela melhoria pontual de alguns sistemas e ferramentas do equipamento.

Dos resultados obtidos, conclui-se que, durante o período de desenvolvimento do projeto, as implementações das ações de melhoria contribuíram para a diminuição significativa das avarias face ao período inicial (diminuição do número de avarias para um aumento do tempo total disponível para produção durante o mesmo período) e para a redução de 48,42% do tempo total de máquina parada face ao período inicialmente analisado.

Consequentemente, o MTTR desceu para valores abaixo da meta de 2 horas, o MTBF aumentou 170,9% face ao valor verificado na situação inicial e a disponibilidade intrínseca aumentou para valores acima da meta de 90%, alcançando o objetivo principal do projeto. Em relação ao OEE, concluiu-se que, apesar do OEE médio ter aumentado para 66,7% face aos 58,1% do período inicial, a abordagem efetuada com as ações implementadas não solucionou os outros tipos de perdas associadas à disponibilidade operacional, tais como, a falta de material, a falta de operador e a falta de programa. Desta forma, o aumento da disponibilidade intrínseca relacionada com o equipamento, não permitiu um ganho tão direto que se refletisse no indicador OEE, uma vez que é apenas uma parcela da disponibilidade operacional, existindo ainda muita melhoria por desenvolver neste sentido.

Uma das principais limitações encontradas foi a falta de motivação e a resistência à mudança por parte dos operadores, uma vez que estes estavam habituados a um determinado método de trabalho e muitas vezes consideravam que a sua participação nas tarefas de manutenção não era relevante e era vista como mais trabalho e responsabilidades. Contudo, o contínuo acompanhamento e a participação ativa da manutenção nas reuniões TPM ao longo do projeto, fortaleceram a relação existente entre os operadores e os técnicos de manutenção, motivando os operadores a serem mais autónomos e desenvolverem senso de propriedade para com os equipamentos que operam.

As oportunidades de melhoria identificadas e implementadas neste projeto, representam apenas uma parte do que poderia ter sido feito para aumentar, direta ou indiretamente, a disponibilidade do equipamento. Deste modo apresentam-se de seguida algumas propostas para trabalho futuro:

- 5S na oficina de manutenção: Apesar de não ter sido abordado neste projeto, a reorganização e limpeza da oficina de manutenção é necessária e crucial para o desenvolvimento de um ambiente de trabalho mais fácil, agradável e seguro para todos os técnicos;
- Criação de acordo entre o planeamento da manutenção e da produção: Verificou-se no decorrer do projeto que, apesar da manutenção ter um planeamento para a execução das manutenções preventivas, estas eram realizadas apenas nos períodos de ociosidade do equipamento, quando este não se encontrava em produção. Apesar deste método funcionar para uma

cadência de produção baixa, torna-se impraticável em situações semelhantes aos últimos meses do projeto, onde se verificaram tempos de operação muito elevados. Sendo importante trabalhar no sentido de desenvolver uma boa relação com o planeamento da produção e estabelecer períodos para a realização de manutenções preventivas;

- Reforço na implementação dos pilares TPM: É importante a continuação da implementação dos pilares de manutenção planeada, manutenção autónoma e melhorias específicas, de forma a reduzir as perdas associadas a cada um dos pilares e dessa forma aumentar o OEE.

A implementação correta da metodologia TPM permite obter melhorias nos processos produtivos, através da eliminação dos diversos tipos de perdas nos equipamentos. É importante a participação e compromisso de toda a organização na procura pela melhoria contínua, de forma a alcançar valores de classe mundial de eficiência dos equipamentos e das linhas de produção.



## Referências

- Allen, T. T. (2010) *Introduction to engineering statistics and lean sigma: Statistical quality control and design of experiments and systems*, 2nd edn. London, UK: Springer-Verlag London 2010. doi: 10.1007/978-1-84996-000-7.
- Ben-daya, Mohamed; Duffuaa, Salih O.; Raouf, Abdul; Knezevic, Jezdimir; Ait-Kadi, D. (2009) *Handbook of Maintenance Management and Engineering*, London: Springer-Verlag London Limited. doi: 10.1007/978-1-84882-472-0.
- Bevilacqua, M. and Braglia, M. (2000) 'Analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection', *Reliability Engineering and System Safety*, 70(1), pp. 71–83. doi: 10.1016/S0951-8320(00)00047-8.
- Bousdekis, A., Apostolou, D. and Mentzas, G. (2020) 'Predictive Maintenance in the 4th Industrial Revolution: Benefits, Business Opportunities, and Managerial Implications', *IEEE Engineering Management Review*. IEEE, 48(1), pp. 57–62. doi: 10.1109/EMR.2019.2958037.
- British Standards Institution (2018) 'BS EN 13306:2017 - Maintenance - Maintenance terminology'. London, UK: BSI Standards Limited 2018, p. 94. Available at: <http://hadidavari.com/wp-content/uploads/2018/12/BS-EN-13306-2017.pdf>.
- Electroimpact (2022) 'Informação Interna'.
- Embraer (2022a) 'Informação Interna'.
- Embraer (2022b) *Relatório Anual 2021*.
- European Committee for Standardization (2007) '15341:2007: Maintenance - Maintenance Key Performance Indicators'. Brussels, Belgium: CEN, p. 28.
- Guariente, P.; Antonioli, I.; Ferreira, L. Pinto; Pereira, T.; Silva, F. J. G. (2017) 'Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer', *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., 13, pp. 1128–1134. doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.174.
- Hoose, Anderson; Nilo, Scheidmandel Alberto; Hoose, André; Liell, Cristian; Cesari, Felipe; Lermen, M. (2017) *Introdução a Manutenção Industrial - Conceitos e casos práticos*. Passo Fundo, Brasil: UPF Editora.
- Ishikawa, K. (1976) *Guide to Quality Control*. Tokyo, Japan: Asian Productivity

Organization.

Jain, A., Bhatti, R. and Singh, H. (2014) 'Total productive maintenance (TPM) implementation practice: a literature review and directions', *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(3), pp. 293–323. doi: 10.1108/IJLSS-06-2013-0032.

Kaur, M., Singh, K. and Ahuja, I. S. (2013) 'An evaluation of the synergic implementation of TQM and TPM paradigms on business performance', *International Journal of Productivity and Performance Management*, 62(1), pp. 66–84. doi: 10.1108/17410401311285309.

Levitt, J. (2010) *TPM Reloaded - Total Productive Maintenance*. Edited by Industrial Press Inc. New York.

Mccarthy, D. and Rich, N. (2015) *Lean TPM: A Blueprint for Change Second edition*. 2nd Editio. The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK: Butterworth-Heinemann.

Monchy, F. (1989) *A Função da Manutenção- Formação para Gerência da Manutenção Industrial*. São Paulo: DURBAN Ltda./ EBRAS Editora Brasileira Ltda.

Moreira, A.; Silva, F. J.G.; Correia, A. I.; Pereira, T.; Ferreira, L. P.; De Almeida, F. (2018) 'Cost reduction and quality improvements in the printing industry', *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., 17, pp. 623–630. doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.107.

Mortelari, D.; Siqueira, K.; Pizzati, N. (2011) *O RCM na Quarta Geração da Manutenção de Activos*. 2nd edn. Edited by R. Editores.

Moubray, J. (1997) *Reliability-Centered Maintenance*. 2nd edn. Edited by I. Industrial Press. Butterworth-Heinemann, Oxford.

Muchiri, Peter; Pintelon, Liliane; Gelders, Ludo; Martin, H. (2011) 'Development of maintenance function performance measurement framework and indicators', *International Journal of Production Economics*. Elsevier, 131(1), pp. 295–302. doi: 10.1016/j.ijpe.2010.04.039.

Nakajima, S. (1988) *Introduction to TPM*. English tr. Portland, Oregon: Productivity Press.

Neves, P.; Silva, F. J.G.; Ferreira, L. P.; Pereira, T.; Gouveia, A.; Pimentel, C. (2018) 'Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products', *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., 17, pp. 696–704. doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.119.

Ohno, T. (1988) *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. English Tr.

Edited by CRC Press. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742: Productivity Press.

Pinto, G. F.L.; Silva, F. J.G.; Campilho, R. D.S.G.; Casais, R. B.; Fernandes, A. J.; Baptista, A. (2019) ‘Continuous improvement in maintenance: A case study in the automotive industry involving Lean tools’, *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., 38, pp. 1582–1591. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.127.

Reis, M. D. O. dos; Godina, R.; Pimentel, C.; Silva, F. J. G.; Matias, J. C. O. (2019) ‘A TPM strategy implementation in an automotive production line through loss reduction’, *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., 38, pp. 908–915. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.173.

Ribeiro, I M; Godina, R; Pimentel, C; Silva, F J G; Matias, J. C. O. (2019) ‘Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of and automotive production line’, *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., 38, pp. 1574–1581. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.128.

Santos, T.; Silva, F. J.G.; Ramos, S. F.; Campilho, R. D.S.G.; Ferreira, L. P. (2019) ‘Asset priority setting for maintenance management in the food industry’, *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., 38(2019), pp. 1623–1633. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.122.

Silva, Alisson; Roratto, Lucas; Servat, Marcos; Dorneles, Leandro; Polacinsky, E. (2013) ‘Gestão da Qualidade: Aplicação da ferramenta 5W2H como plano de ação para projeto de abertura de uma empresa’, 3º *semana Internacional de Engenharias da Fahor*, p. 10. Available at: [https://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2013/gestao\\_de\\_qualidade.pdf](https://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2013/gestao_de_qualidade.pdf).

Singh, J. and Singh, H. (2020) ‘Justification of TPM pillars for enhancing the performance of manufacturing industry of’, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69(1), pp. 109–133. doi: 10.1108/IJPPM-06-2018-0211.

Smith, R. and Hawkins, B. (2004) *Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share, Plant engineering CN - TS155 .S635 2004*. Burlington, USA: Elsevier Butterworth–Heinemann. Available at: files/723/Ricky Smith-Lean Maintenance \_ Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share (Life Cycle Engineering Series) (2004).pdf.

Sobek, D. K. and Smalley, A. (2008) *Understanding A3 Thinking: A Critical Component of Toyota’s PDCA Management System*. 1st edn. Edited by P. Press. 270 Madison Avenue, New York, NY 10016.

Tripp, D. (2005) ‘Pesquisa-ação: uma introdução metodológica’, *Educação e Pesquisa*, 31(3), pp. 443–466. doi: 10.1590/s1517-97022005000300009.

Vaz, E. J. A. (2020) *Estudo do impacto do “Lean Maintenance” e do TPM na indústria portuguesa*. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Available at: <http://hdl.handle.net/10400.22/16766>.

## Anexos

### Anexo I - Dados Técnicos Rebitadora Electroimpact

Tabela 16 - Dimensões, Pesos e Deslocação do Eixo [Fonte: Electroimpact (2022) 'Informação Interna']

Altura	7,200 mm
Largura	8,100 mm
Comprimento	8,300 mm
Peso	56,000 kg
Deslocação do Eixo X	30 m
Deslocação do Eixo Y	3.85 m
Deslocação do Eixo U	750 mm
Deslocação do Eixo V	1300 mm
Alcance do Eixo A	+9, -15 deg
Alcance do Eixo B	+/-8 deg
Alcance do Eixo C	+23, -337 deg

Tabela 17 - Serviços [Fonte: Electroimpact (2022) 'Informação Interna']

Ar	Ar Comprimido, 65 SCFM
Eléctrico	415V 50HZ Alimentação de 3 fases, 125 Amps
Ethernet	

Tabela 18 - Feed Rates Principais e Velocidades [Fonte: Electroimpact (2022) 'Informação Interna']

Eixo X	10,500 mm/min
Eixo Y	12,000 mm/min
Eixo U	15,000 mm/min
Eixo V	15,000 mm/min
Eixo A	180 deg/min
Eixo B	180 deg/min
Eixo C	1080 deg/min
Shuttle table	160,000 mm/min
Spindle	20,000 RPM
Avanço Spindle	60,000 mm/min
Todos os outros eixos servo	50,000 mm/min



## Anexo II - Lista Exemplo de Ordens de Trabalho Corretivas Jan a Jul de 2021

Descrição da Ordem	Observação	Nº Equipamento	Descrição Equipamento	Parada	Início Defeito	Fim Defeito	TMP	Tipo Ordem	Descrição Tipo Ordem	Origem da falha	Responsável
Após ligar o robô o ecrã não liga	Pc estava ligado mas monitor não tinha imagem. Foi reiniciado o pc - ficou ok	37001130	Robot Alema MRP2	Sim	04/01/2021 07:15	04/01/2021 07:54	0,66	ZMC	Manutenção Corretiva	Manutenção	FERNANDO RAPOSO
Bolt não esta a apanhar os pinos de 316".	Ajuste na Posição do Fastener Injector, pois o mesmo estava a "largar" os pinos afastado do Bolt. Foram enviados alguns para testar, estava ok. Verificação no produto OK.	37000916	Rebitadora Electrolm pact	Sim	05/01/2021 21:57	05/01/2021 22:29	0,54	ZMC	Manutenção Corretiva	Manutenção	LUIS FILIPE FERNANDES
Tubo da aspiração desencaixou-se	Foi novamente encaixado e colocadas shims para facilitar o aperto. No entanto irá ser aberta ot programada para substituição do sistema de aperto do tubo	37000916	Rebitadora Electrolm pact	Sim	06/01/2021 11:57	06/01/2021 13:38	1,68	ZMC	Manutenção Corretiva	Manutenção	FERNANDO RAPOSO
Huck -8 não está a responder ao pedido durante o processo de setup do mesmo	Encontrou-se um cabo trilhado (2) junto da ficha de ligação do Huck, possivelmente foi mal encaixado na montagem. Cabo foi recortado e feitas novas ligações. Testou-se em CDP, ficou OK Existe também excesso de comprimento em todos os cabos, o que pode levar a outros problemas.	37001646	Rebitadora Automática GEMCOR - G86	Sim	06/01/2021 16:50	06/01/2021 17:45	0,91	ZMC	Manutenção Corretiva	Manutenção	LUIS FILIPE FERNANDES
alarme hole probe crash before	Testada a furação em cdp e medição em cdp, sem erros. No produto fez mais 3 furos e deu novamente o erro. Verificou se que o eixo WU demora a estabilizar. Prosseguiu se com a furação, sem mais ocorrências	27000377	Robot Electroim pact ST2	Sim	07/01/2021 21:34	07/01/2021 22:06	0,54	ZMC	Manutenção Corretiva	Falha de Programa (Engenharia de Manufatura)	LUIS FILIPE FERNANDES
Deu furo fora de 532", fui a CDP está ok.	Zona com gap de 3 a 4 mm partiu brocas, e deu maximo torque, passada essa zona de gap está ok	27000377	Robot Electroim pact ST2	Sim	08/01/2021 04:59	08/01/2021 11:06	6,13	ZMC	Manutenção Corretiva	Falha de Ferramental	HORÁCIO GUERRA



# Anexo III - Exemplo da Análise OEE da Rebitadora Electroimpact

INÍCIO	TERMINO	TEMPO DESEJADO	OM SGA	OBSERVAÇÃO	Subconjunto	Número de Ocorrências real	Número de Ocorrências	Mês	TMP Individual por mês	TMP (%) por mês	Tempo Parado por programação	Tempo Programado Líquido	MTBF Individual por mês		
08/01/2021 17:50	08/01/2021 19:00	01:10:00	152980	Chama a manutenção SGA 152980, devido ao alarme "FINGER PROX-SOFT-OUT POSITION" quando a máquina vai carvar o pino, este foi preso no bit. O Smbes altera a forma e tenta ajustar a forma como a máquina enviava/segurava os pinos.	Injetor De Rebites										
08/01/2021 20:41	08/01/2021 21:00	00:19:00	152980	Chama a manutenção SGA 152980, devido ao alarme "FINGER HOOKS OFF POSITION". O Smbes esteve a substituir as peças feitas da cassetete de -6	Injetor De Rebites										
11/01/2021 13:56	11/01/2021 14:56	00:59:46	153050	Problemas na calibração do VAVM1 15, acontece a Manutenção para verificar o que se passa como mesmo, a manutenção vai desmontar e reparar o Anvil	Anvil T15 - 3/16 Collar - Straight										
12/01/2021 13:50	12/01/2021 14:54	01:03:32	153128	Falha ao enviar cobar, encontram-se dois tubos do VAVM1 15 danificados com fuga. Substituição dos tubos	Tubo De Envio De Colares										
25/01/2021 23:53	25/01/2021 23:59	00:06:57	154549	O Tubo de Aspiração caiu no chão, manutenção vai reparar.	Sistema De Aspiração										
26/01/2021 00:00	26/01/2021 00:21	00:21:14	154549	O Tubo de Aspiração caiu no chão, manutenção vai reparar.	Sistema De Aspiração	6	10	Janeiro	62:53:37	28,9%	112:00:00	218:00:00	25:51:04		
27/01/2021 07:15	27/01/2021 07:45	00:29:44	154627	Alarme: Camera cover in wrong position. Problema de tempo de camera resync. A manutenção colocou um "parafuso duplo" que estava em falta no sistema de abertura da câmara	Camera De Resync										
27/01/2021 13:36	27/01/2021 23:59	10:23:23	154656	Máquina após entrar para o primeiro ponto na stringer foi para cima e bateu na stringer. Foi retirado em LOC e após fazer M90 foi abaco e deu alarme "SY04H5 (AV) SOFT DISCONNECT ALARM". Após desligar a máquina e voltar a ligar deu o alarme "T50300 (AV) APC Alarm. Need Ref Return" e não conseguiu fazer o Home do eixo AV. Chama a manutenção e até ao final do turno não foi possível alinhar os eixos.	Eixo Yu										
28/01/2021 00:00	28/01/2021 23:59	23:59:59	154656	Máquina após entrar para o primeiro ponto na stringer foi para cima e bateu na stringer. Foi retirado em LOC e após fazer M90 foi abaco e deu alarme "SY04H5 (AV) SOFT DISCONNECT ALARM". Após desligar a máquina e voltar a ligar deu o alarme "T50300 (AV) APC Alarm. Need Ref Return" e não conseguiu fazer o Home do eixo AV. Chama a manutenção e até ao final do turno não foi possível alinhar os eixos.	Eixo Yu										
29/01/2021 00:00	29/01/2021 23:59	23:59:59	154656	Máquina após entrar para o primeiro ponto na stringer foi para cima e bateu na stringer. Foi retirado em LOC e após fazer M90 foi abaco e deu alarme "SY04H5 (AV) SOFT DISCONNECT ALARM". Após desligar a máquina e voltar a ligar deu o alarme "T50300 (AV) APC Alarm. Need Ref Return" e não conseguiu fazer o Home do eixo AV. Chama a manutenção e até ao final do turno não foi possível alinhar os eixos.	Eixo Yu										
01/02/2021 00:00	01/02/2021 23:59	23:59:59	154656	Máquina após entrar para o primeiro ponto na stringer foi para cima e bateu na stringer. Foi retirado em LOC e após fazer M90 foi abaco e deu alarme "SY04H5 (AV) SOFT DISCONNECT ALARM". Após desligar a máquina e voltar a ligar deu o alarme "T50300 (AV) APC Alarm. Need Ref Return" e não conseguiu fazer o Home do eixo AV. Chama a manutenção e até ao final do turno não foi possível alinhar os eixos.	Eixo Yu										
03/02/2021 15:57	03/02/2021 17:45	01:57:54	155834	Máquina após entrar para o primeiro ponto na stringer foi para cima e bateu na stringer. Foi retirado em LOC e após fazer M90 foi abaco e deu alarme "SY04H5 (AV) SOFT DISCONNECT ALARM". Após desligar a máquina e voltar a ligar deu o alarme "T50300 (AV) APC Alarm. Need Ref Return" e não conseguiu fazer o Home do eixo AV. Chama a manutenção e até ao final do turno não foi possível alinhar os eixos. A manutenção realizou a realinhamento dos eixos no ponto 0. Foram realizados testes em CDP como acompanhamento da manutenção, e verificados pela qualidade. Verificou-se também a furação/craquelagem e o passo no painel pela qualidade. Está tudo OK.	Eixo Yu										
04/02/2021 16:33	04/02/2021 17:10	00:36:20	155999	Incidente: sensores não foram resetados e não houve a troca de óleo. Ao fazer novamente a calibração, alarme manteve-se. Tentou-se então fazer uns calcos para verificar. Novamente na calibração o mesmo alarme. A manutenção foi buscar uns damps mais novos e já foi possível realinhar a calibração. Ao fazer CDP verificou-se que os novos damps não estão a marcar. A manutenção verificou a situação e ajustou-os até deixar de marcar.	Eixo Yu										
05/02/2021 06:16	05/02/2021 09:00	02:43:33	156031	A manutenção trocou o o-ring do v-avm1 e ajustou a moa das pinças do colar bader. Testou-se o envio de cobares e fez-se CDP. Não houve falta de cobares. Vou para o produto.	Anvil T15 - 3/16 Collar - Straight										
05/02/2021 17:55	05/02/2021 18:20	00:24:55	156086	Máquina entrou em parada de emergência. Alarme - Over travel (HRD). Reabriu a máquina - problema não resolvido. OM - 156031	Não especificado										
08/02/2021 13:06	08/02/2021 19:28	06:21:10	156633	Falha na colocação dos pinos - máquina não alinhava os pinos S43. Tentei limar e alinhar e voltar a tentar. Colocou dois e abacou de colocar novamente. Abrir OT 156086. Foi feito o ajuste do injetor.	Eixo Bv										
09/02/2021 23:28	09/02/2021 23:59	00:31:16	156667	Máquina entregou a manutenção devido à falta de cobares (GPS). Foi limpo o colar de, foi trocado o emg, vários testes, foi ajustada a posição da ferramenta e o passo o colar e mesmo assim não conseguiu alinhar. A manutenção fez como o Yanni e tentou que um tubo pneumático estava dobrado. Substituiu-se o tubo, testou-se o envio de cobares e está ok.	Sistema De Craivação										
10/02/2021 00:00	10/02/2021 03:20	03:20:00	156667	Tubo de abastecimento do ar comprimido rompiu. Foi necessário desligar imediatamente a máquina. Aguardo resolução.	Ar Comprimido										
10/02/2021 08:24	10/02/2021 10:04	01:39:52	156667	Tubo de abastecimento do ar comprimido rompiu. Foi necessário desligar imediatamente a máquina. Aguardo resolução.	Ar Comprimido										
10/02/2021 16:44	10/02/2021 19:18	02:31:46	156669	Entrada da Engie para terminar a reparação no tubo do ar comprimido que se rompeu na noite anterior	Ar Comprimido										
12/02/2021 20:38	11/02/2021 21:24	00:46:26	156666	Ar realinhar novamente o programa, ao fazer resync, aparece o erro "Machine Timeout". Reincio o programa, o computador, reinicio o sensor de temperatura e reinicio o sensor de pressão. Realizei novamente a calibração. Está a funcionar. Durante a realinhamento da máquina o tubo do colar e ficou a calar. O problema manteve-se. Realizei novamente a calibração. Está a funcionar. Durante a realinhamento da máquina o tubo do colar e ficou a calar. A manutenção ainda não resolveu a situação. Vou prosseguir sem dar mais alta a manutenção, encontrar resolução.	Programação										
12/02/2021 01:42	12/02/2021 03:15	01:33:42	156674	Como continua a partir os cobares, vou entrar a peça para a manutenção verificar. Limpo-se novamente a peça, refiro-se o colar e inspecionei-a a peça à procura de fissuras, o que não havia. Novo-se novamente e verificou-se que as pinças do colar leader estavam um pouco presas com sujidade. Limpou-se e testou-se o envio de cobares e está ok. Verificamos no produto e está a funcionar bem.	Anvil T16 - 1/4 Collar - Straight										
12/02/2021 16:45	12/02/2021 17:45	01:00:06	156695	Alarme: Solenoid sempre not in place. O Sensor da stringer não funciona	Injetor De Selante										
12/02/2021 23:01	12/02/2021 23:59	00:58:04	156708	Não está a colocar selante. O sensor Robos não está a funcionar. Ao fazer testes verificamos que um cabo pneumático estava dobrado o que possivelmente estava a impedir a circulação do ar comprimido. Foi melhorado o lay-out do cabo com abraçadeiras, para não ficar preso durante os movimentos da stringer. Vou continuar o produto e verificar se já está resolvida a situação.	Injetor De Selante										
13/02/2021 00:00	13/02/2021 00:49	00:49:14	156708	Sensor de colar leader não funciona. Frou com etiqueta 156708	Sensor Colar Presente	16	24	Febrero	79:05:29	26,7%	128:00:00	296:00:00	13:39:24		



## Anexo IV - Roteiro Mensal de Manutenção Preventiva dos V-Anvils da Rebitadora

### ROTEIRO MENSAL DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DOS ANVILS REBITADORA ELECTROIMPACT

#### A) Notas de Segurança:

- Premir botão de emergência
- Isolar a área com fita se necessário.
- Utilizar os EPIs apropriados (Luvas, protetor auricular, calçado de segurança, óculos, etc).

#### B) Ferramentas e Dispositivos necessários para execução deste Roteiro:

Pano livre de fiapos, Lubrificante Shell Gadus S2 V220, carro de ferramentas, manual de manutenção.

#### C) Código de Execução:

- 1 - Executado
- 2 - Não Executado

\*Quando a manutenção não for executada, escreva o motivo e uma data para a execução da mesma.

#### D) Verificações dos sistemas do equipamento do tipo:

CML - Com a Máquina Ligada

CMD - Com a Máquina Desligada

---

Identificar respectivo Anvil onde está a realizar o roteiro: \_\_\_\_\_

#### 1 – Anvil (CMD)

##### 1.1 – Verificar a limpeza geral do Anvil.

###### Como fazer:

Verificar a limpeza geral do Anvil de acordo com a LPP C-4.

Limpar caso seja necessário.

Código de Execução:( )

#### 2 – Collar Drive (CMD)

##### 2.1 - Inspeccionar e lubrificar o Collar Driver.

###### Como fazer:

Desmontar o driver conforme mostrado na LPP C-15.

Limpar todo o sistema com um pano e álcool isopropílico.

Inspeccionar os componentes para despistar a existência de falhas na sua estrutura.

Lubrificar os componentes utilizando Lubrificante Shell Gadus S2 V220.

Código de Execução:( )

##### 2.2 - Limpeza e inspeção do RAM Retention Screw.

###### Como fazer:

Desmontar o conjunto conforme mostrado na LPP C-16.

Limpar todo o sistema com um pano e álcool isopropílico.

Inspeccionar e substituir, caso seja necessário, as molas.

(ECODE 8046525)

Código de Execução:( )

### **3 - Collar Die e Straight Die Pin (CMD)**

#### **3.1 - Limpeza e inspeção do Collar Die.**

**Como fazer:**

Executar o procedimento da LPP C-17.

**Código de Execução:( )**

#### **3.2 – Limpeza e inspeção do Straight Die Pin.**

**Como fazer:**

Executar o procedimento da LPP C-17.

**Código de Execução:( )**

### **4 – Clamp Pads (CMD)**

#### **4.1 – Inspeccionar Clamp Pads.**

**Como fazer:**

Inspeccionar estado dos Clamp Pads e, caso seja necessário, substituir de acordo com o procedimento da LPP E-24.

(ECODE 8046492 - Straight Clamp Pads)

(ECODE 8047274 – Offset Clamp Pads)

**Código de Execução:( )**

### **5 – Ligar o Anvil na máquina. (CML)**

#### **5.1 – Colocar V-Anvil na máquina.**

**Como fazer:**

Executar o procedimento da LPP E-22.

**Código de Execução:( )**

#### **5.2 – Verificar movimentos dos componentes do Anvil.**

**Como fazer:**

A partir do painel HMI testar movimentos dos diferentes componentes do Anvil.

**Código de Execução:( )**

### **6 – Inspeccionar Tracers (Sensores). (CML)**

#### **6.1 – Inspeccionar Cablagem e Sensores.**

**Como fazer:**

Inspeccionar visualmente os cabos e Sensores para verificar se estão danificados. Substituir cabos se necessário.

**Código de Execução:( )**

#### **6.2 – Inspeccionar placa de suporte dos tracers.**

**Como fazer:**

Inspeccionar alinhamento entre placa de suporte dos tracers e estrutura do Anvil.

**Código de Execução:( )**

#### **6.3 – Verificar o funcionamento dos sensores.**

**Como fazer:**

Executar o procedimento de acordo com a LPP B-15.

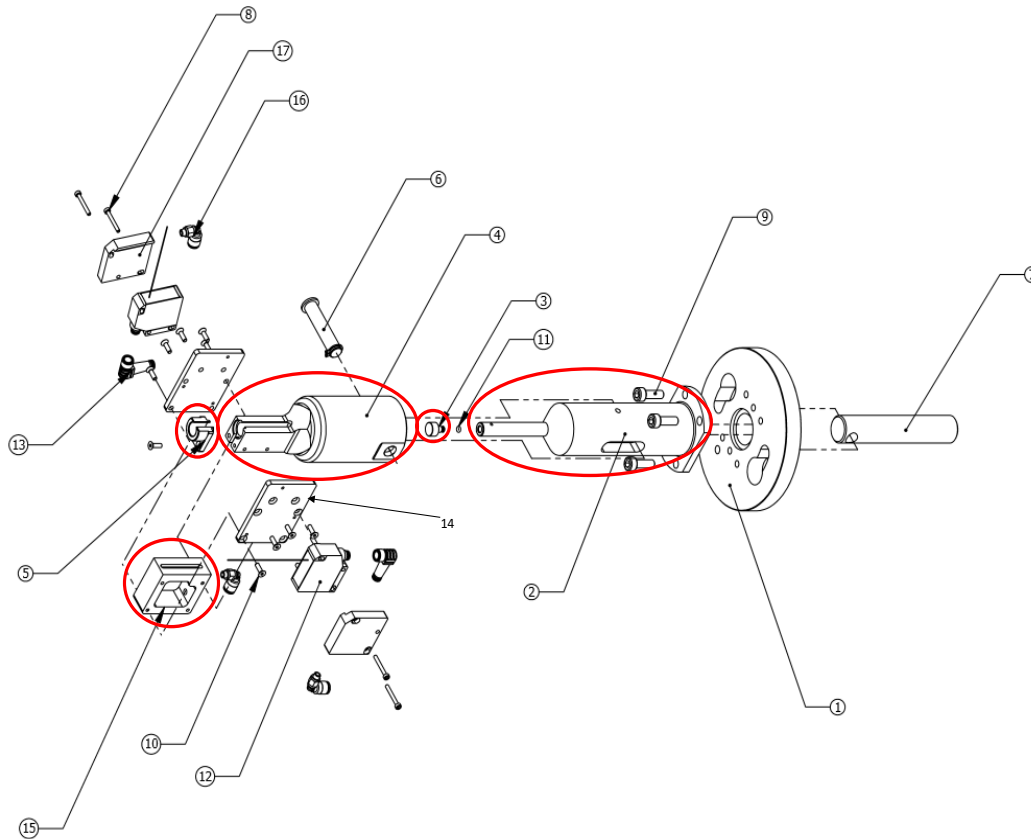
**Código de Execução:( )**

DATA: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_\_ ASSINATURA: \_\_\_\_\_

# Anexo V - Listagem e Peças Sobresselentes necessárias para as Ferramentas V-Anvil

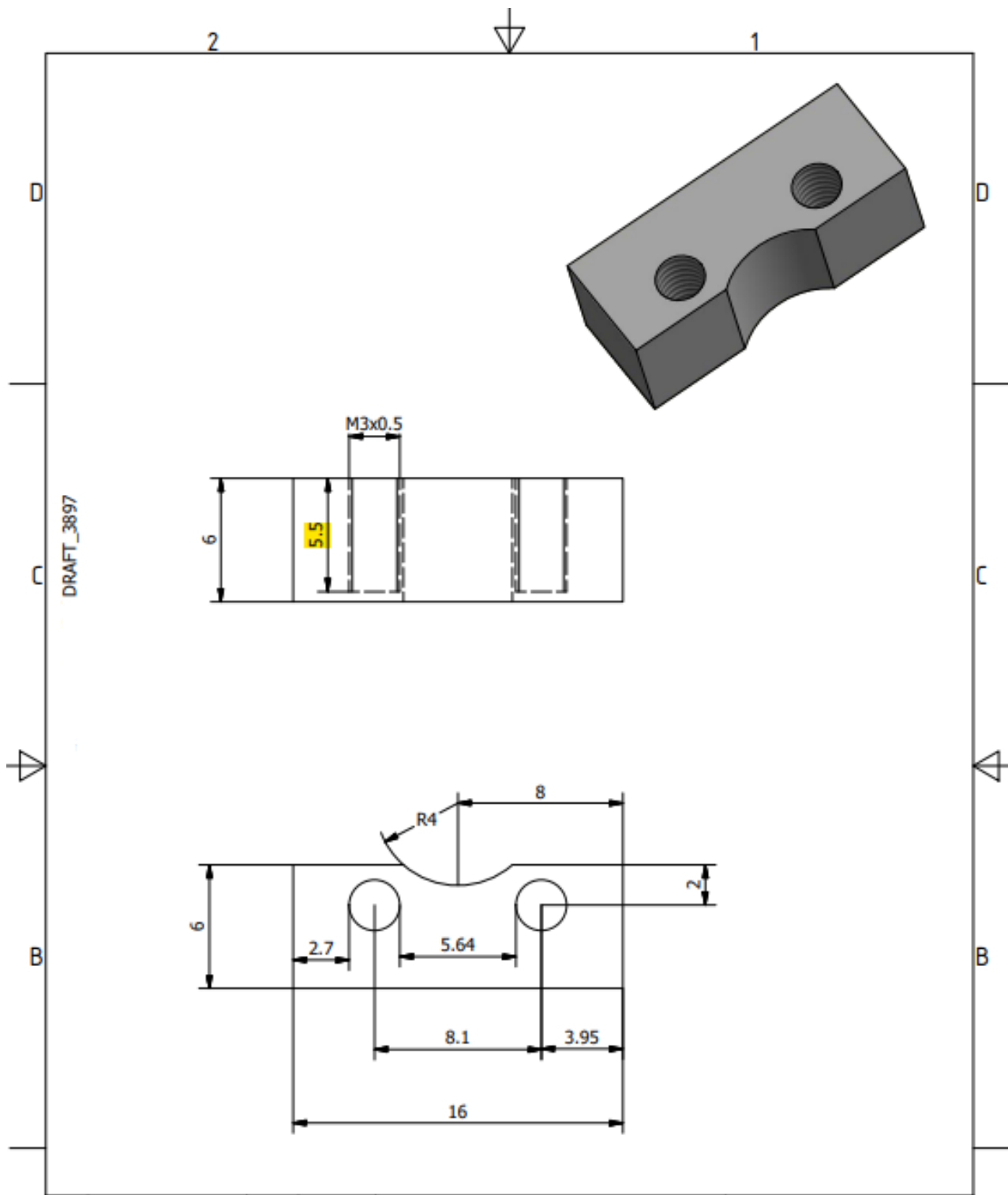
Descrição - Ferramenta	PN	CEMB	QTY.	PN	Descrição - Spare Part	MFG	MFG PN	CONFIG	ITEM NO.	CEMB	Cat.	PRICE \$	Lead Time (weeks)	Stock	MRP
Anvil T01 - 5/32 Rivet - Straight	3472-26-0118-05	950330	2	STP-00009965	BAUMER OADM12 AIR KNIFE (33710208)	ELECTROIMPACT	33710208	LEFT	17	8046470	CS	\$ 238,63	10	0	No
Anvil T02 - 3/16 Rivet - Straight	3472-26-0118-06	950380	3	3244-18-00261	KQ2LD4-M5	SMC	KQ2LD4-M5	04-M5	16	8310445	NS			0	No
Anvil T03 - 1/4 Rivet - Straight	3472-26-0118-08	950463													
COMUNS T01, T02 e T03			1	3472-26-0126	TRACER BLOCK	ELECTROIMPACT	3472-26-0126	-08 -06 -05	15	9758709 9758715 9758721	NS			0	No
			2	3472-26-0124	TRACER MOUNTING PLATE	ELECTROIMPACT	3472-26-0124	1	14	9758737	NS			0	No
			2	3472-25-0514	RIGHT ANGLE TURCK CONNECTOR FOR BAUMER LASER	TURCK	PKW-4M-5/590/5618/S1526		13	993362	CS	\$ 53,27	7	2	No
			2	STP-00008671	TRACER SENSOR	BAUMER	OADM12I6460/S35A		12	942618/ 950568	CS	\$ 1 797,55	16	1	No
			1	3472-26-0122	O-RING, SIZE 003 BUNA	MCMMASTER CARR	9452K11		11	8046864	C			70 (+30K)	No
			13	STP-00009982	CONFIGURABLE FHS	-	-	M03-010	10	9431742	C			100	No
			4	STP-00009209	CONFIGURABLE SHCS	-	-	M06-018	9	9435754	C			(50 k)	No
			4	STP-00009209	CONFIGURABLE SHCS	-	-	M02.5-020	8	9758743	C			50 (+50)	No
			1	3472-26-0121	CLAMP PUSH PIN	ELECTROIMPACT	3472-26-0121		7	9758759	NS			0	No
			1	3472-22-0118	10X45mm pin	MISUMI	HCCGH10-45-0		6	9758765	NS			0	No
			1	3472-26-0120	CLAMP PAD	ELECTROIMPACT	3472-26-0120	-08 -06 -05	5	9758771 9758787 9758793	CS			(1 K)	No
			1	3472-26-0119	CLAMP SLEEVE	ELECTROIMPACT	3472-26-0119	-08 -06 -05	4	9758804 9758810 9698882	NS	\$ 1 268,97		0	No
			1	3472-26-0115 (3582-29-0004)	FLAT DIE	ELECTROIMPACT	3472-26-0115	-08 -06 -05	3	7214882 7221011 7221005	CS	\$ 275,00		(5 K)	Yes (2)
			1	3472-26-0114	ANVIL CORE	ELECTROIMPACT	3472-26-0114	-08 -06 -05	2	9758826 9758832 9758848	NS			0	No
			1	3472-26-0025	R&P Base	ELECTROIMPACT	3472-26-0025		1	9758854	NS			0	No

Categorization: C = Consumable  
CS = Critical Spare  
NS = Normal Spare













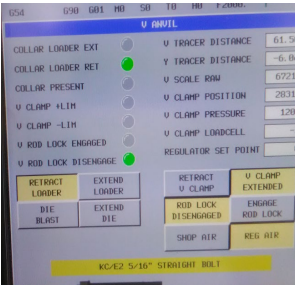
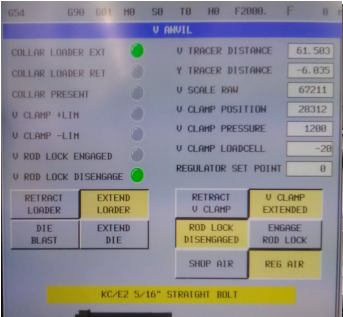

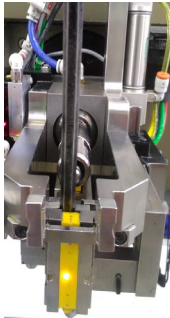
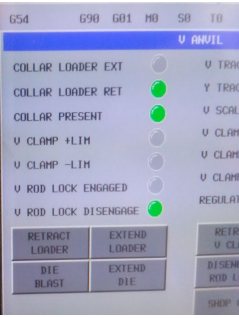


# Anexo VI - Modificação da Geometria dos *Clamp Pads*












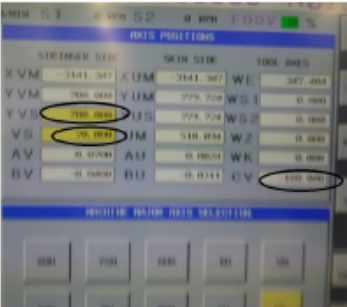
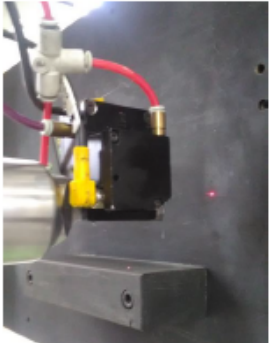
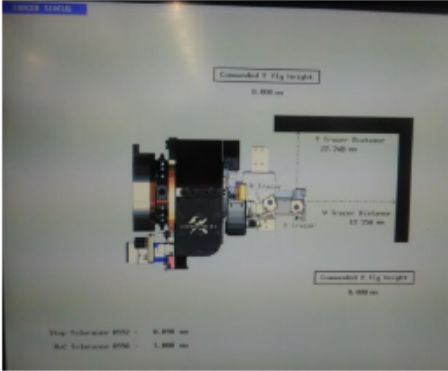


# Anexo VII - LPP - Verificação dos Sensores dos V-Anvils

		<h2>LIÇÃO PONTO A PONTO</h2>				
Tema	<h3>Verificação dos sensores do V-Anvil</h3>			Número		
				Data	30/jul/21	
Célula:	910 - Manutenção			Máquina	Rebitadora Electroimpact	
Preparado por: Fernando Raposo						
Classificação	<input type="checkbox"/> Conhecimentos Básicos	<input type="checkbox"/> Casos de Melhorias	Assinatura da Segurança?	Segurança	Líder da célula	Facilitador TPM
	<input checked="" type="checkbox"/> Casos de Problemas	<input type="checkbox"/> Outros				
<b>PORQUE A SEGURANÇA É PRIORIDADE</b>						
<b>PARA EXECUTAR ESTA OPERAÇÃO:</b>						
						
LUVAS PROTEÇÃO	BOTAS PROTEÇÃO	AURICULARES	ÓCULOS DE PROTEÇÃO	MÁSCARA	VISERA	FATO
<p>No menu "operator adjust" selecionar "lower anvil"</p> <p>Verificar quando estiver na posição "retract loader" o sinal "collar loader ret" está a verde.</p> <p>Verificar também se a luz do sensor está ligada. (foto 1)</p> <p>Abanar ligeiramente os cabos dos sensores para verificar se a luz do sensor de apaga</p> <p>Caso as luzes dos sensores se apagam, acionar a manutenção.</p>						
						
Foto 1						
						
Foto 2						
<p>Colocar um objecto metálico ou um colar em frente ao sensor do "collar present"</p> <p>Fazer as mesmas verificações que os outros sensores</p>						
						
Foto 3						










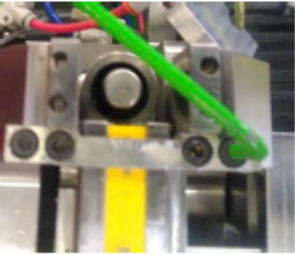






# Anexo VIII - LPP - Verificação do Funcionamento dos *Tracers* nos V-Anvils Retos

 <b>LIÇÃO PONTO A PONTO</b> 						
Tema	Verificar Funcionamento dos tracers nos anvil	Número				
		Data	28/set/21			
Célula:	910 - manutenção	Máquina	Rebitadora electroimpact			
Preparado por: Fernando Raposo						
Classificação	<input checked="" type="checkbox"/> Conhecimentos Básicos	<input type="checkbox"/> Casos de Melhorias	Assinatura da Segurança?	Segurança	Lider da célula	Facilitador TPM
	<input type="checkbox"/> Casos de Problemas	<input type="checkbox"/> Outros				
<b>PORQUE A SEGURANÇA É PRIORIDADE PARA EXECUTAR ESTA OPERAÇÃO:</b>						
						
LIMAS PROTEÇÃO	BOTAS PROTEÇÃO	ALMOFADAS	ÓCULOS DE PROTEÇÃO	MARACA	VIBRA	PISTO
						
<p>Em modo jog levar os eixos do lado V para os valores destacados</p>						
<p>Garantir que nestas posições os 2 sensores ficam colocados em frente da placa de autocalibração conforme mostrado.</p>						
						
			<p>Abrir o menu "tracer status" e verificar os valores lidos. Este devem ser sensivelmente iguais aos mostrados na fig. Ao lado, Com tolerância no máximo de 3mm.</p>			










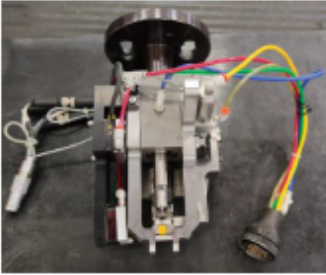





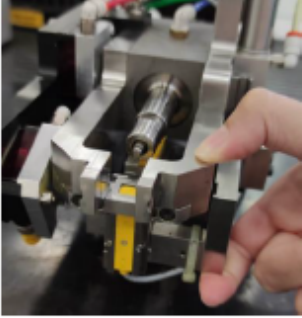
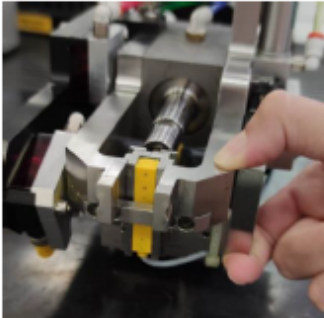



# Anexo IX - LPP - Montagem dos Clamp Pads nos V-Anvils

		<b>LIÇÃO PONTO A PONTO</b>				
Tema	<b>Montagem clamp pads no anvil</b>			Número		
				Data		
Célula:	910 - manutenção			Máquina	Rebitadora ElectroImpact	
Preparado por: Fernando Raposo						
Classificação	<input type="checkbox"/> Conhecimentos Básicos	<input type="checkbox"/> Casos de Melhorias	Assinatura da Segurança?	Segurança	Lider da célula	Facilitador TPM
	<input checked="" type="checkbox"/> Casos de Problemas	<input type="checkbox"/> Outros				
<b>PORQUE A SEGURANÇA É PRIORIDADE PARA EXECUTAR ESTA OPERAÇÃO:</b>						
						
SEM PROTEÇÃO	SEM PROTEÇÃO	ALCANTARAS	ÓCULO DE PROTEÇÃO	MASCARA	VERBA	FATO
 <p style="text-align: center;">Fig. 1</p> <p style="text-align: center;">Verificar o aperto dos parafusos do suporte mostrado na foto 1</p>						
 <p style="text-align: center;">Fig. 2</p> <p style="text-align: center;">Medir com um paquímetro as duas distâncias mostradas na foto 2</p>						
 <p style="text-align: center;">Fig. 3</p> <p style="text-align: center;">Ajustar os pads ajustado a posição de aperto dos dois parafusos mostrado na foto 3</p>						
<p style="text-align: center;">Depois de ajustar medir novamente as distâncias. O valor de diferença entre as 2 não deve ser maior que 0,1 mm</p> <p style="text-align: center;">Foto 4 e 5</p>						
 <p style="text-align: center;">Fig. 4</p>						
 <p style="text-align: center;">Fig. 5</p>						















# Anexo X - LPP - Inspeção da Condição Geral dos V-Anvils

		<b>LIÇÃO PONTO A PONTO</b>				
Tema	<b>Anvil's</b>			Número		
				Data		
Célula:	645 - Montagem e Pintura de Estruturas Metálicas			Máquina	Rebitadora ElectroImpact	
Preparado por: Daniela Martinho						
Classificação	<input checked="" type="checkbox"/> Conhecimentos Básicos	<input type="checkbox"/> Casos de Melhorias	Assinatura da Segurança?	Segurança	Líder da célula	Facilitador TPM
	<input type="checkbox"/> Casos de Problemas	<input type="checkbox"/> Outros				
PORQUE A SEGURANÇA É PRIORIDADE!						
PARA EXECUTAR ESTA OPERAÇÃO:						
						
LIMAS PROTÇÃO	ALTA PROTÇÃO	ARÇULARES	OCULO DE PROTÇÃO	MACHINA	VERBA	ATO
<p>Inspeccionar os Anvil's quanto a desgaste, empenos e desalinhamentos (1), tubagem(2) e cablagem(3) - verificar se estão cortados ou esmagados. Verificar também o correcto funcionamento quanto a movimentos (ver exemplos).</p>						
						
		1		2		3
						
 PARA SAÚDE E SEGURANÇA						



# Anexo XI - LPP - Verificação do Sensor Collar Present

		<b>LIÇÃO PONTO A PONTO</b>				
Tema	<b>Verificar sinal do sensor collar present</b>			Número	A - 6	
				Data	05/jul/21	
Célula:	910 - manutenção			Máquina	Rebitadora Electroimpact	
Preparado por: Fernando Raposo						
Classificação	<input checked="" type="checkbox"/> Conhecimentos Básicos	<input type="checkbox"/> Casos de Melhorias	Assinatura da Segurança?	Segurança	Líder da célula	Facilitador TPM
	<input type="checkbox"/> Casos de Problemas	<input type="checkbox"/> Outros	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	<i>Luiz Valente</i>	<i>Josef Sousa</i>	
<b>PORQUE A SEGURANÇA É PRIORIDADE!</b> PARA EXECUTAR ESTA OPERAÇÃO:						
						
SAFETY	SAFETY	SAFETY	SAFETY	SAFETY	SAFETY	SAFETY
						
Acessar ao ecrã "lower arm" que se encontra na barra "operator adjust". Quando não tem colar deve estar conforme mostrado						
Colocar um objecto metálico para actuar o sensor, por ex. uma chave sextavada. Verificar se o led do sensor acende. Mexer o cabo do sensor para verificar se o led apaga Se o led não ligar ou desligar ao mexer o cabo, é necessário proceder à troca do sensor						
						
						
O sinal deve ser também verificado no ecrã mostrado ao lado. Quando estiver actuado, o sinal fica a verde						



# Anexo XII - LPP - Ajuste dos Sensores *Finger Hooks*

		<b>LIÇÃO PONTO A PONTO</b>				
Tema	<b>Ajuste dos sensores finger hooks</b>			Número	4 - 4	
				Data	25/ago/21	
Célula:	910 - manutenção			Máquina	Rebitadora electroimpact	
Preparado por: Fernando Raposo						
Classificação	<input type="checkbox"/> Conhecimentos Básicos	<input type="checkbox"/> Casos de Melhorias	Assinatura da Segurança?	Segurança	Lider da célula	Facilitador TPM
	<input checked="" type="checkbox"/> Casos de Problemas	<input type="checkbox"/> Outros				
<b>PORQUE A SEGURANÇA É PRIORIDADE!</b> <b>PARA EXECUTAR ESTA OPERAÇÃO:</b>						
						
SEGURANÇA	UTILIZAÇÃO	QUALIDADE	MEIO AMBIENTE	EFICIÊNCIA	INOVAÇÃO	PEPES
						
Os sensores que fazem a deteção da posição dos finger hooks estão montados por baixo do suporte laranja como mostrado na foto						
Para proceder ao ajuste da sua posição desparafusar os 4 parafusos de fixação de modo a poder deslocar o suporte						
						
						
Mover o suporte nas direcções indicadas para actuar ou desactivar os sensores						

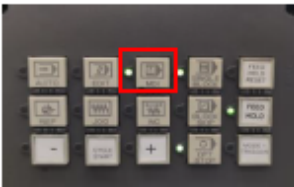
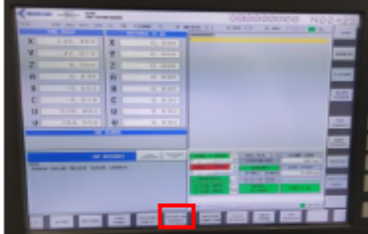

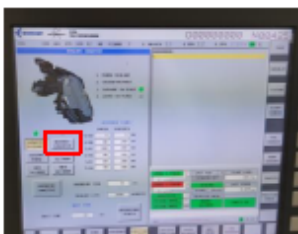





# Anexo XIII - LPP - Teste e Ajuste dos Sensores *Finger Hooks*

		<b>LIÇÃO PONTO A PONTO</b>				
Tema	<b>Teste e ajuste dos sensores finger hooks</b>			Número	A-3	
				Data	25/ago/21	
				Máquina	Rebitadora electroimpact	
Célula:	910 - manutenção					
Preparado por: Fernando Raposo						
Classificação	<input type="checkbox"/> Conhecimentos Básicos	<input type="checkbox"/> Casos de Melhorias	Assinatura da Segurança? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Segurança <i>Luís Valente</i>	Líder da célula <i>João Soares</i>	Facilitador TPM
	<input checked="" type="checkbox"/> Casos de Problemas	<input type="checkbox"/> Outros				
<b>PORQUE A SEGURANÇA É PRIORIDADE!</b> PARA EXECUTAR ESTA OPERAÇÃO:						
...	...	...	...	...	...	...
			Quando os fingers estão fechados a imagem na consola de estar conforma a imagem ao lado Se nesta posição o indicador estiver ligado como na fig.2 deve-se ajustar o suporte até desligar os sensores			
Fig. 1						
			Quando os fingers estiverem abertos o indicador que está destacado deve estar activado Caso não esteja ligado ve-se ajustar a posição do suporte até ligarem os sensores e o indicador esteja a verde.			
Fig. 2						
Fig. 1						



# Anexo XIV - LPP - Verificação do Sistema de Aplicação de Selante

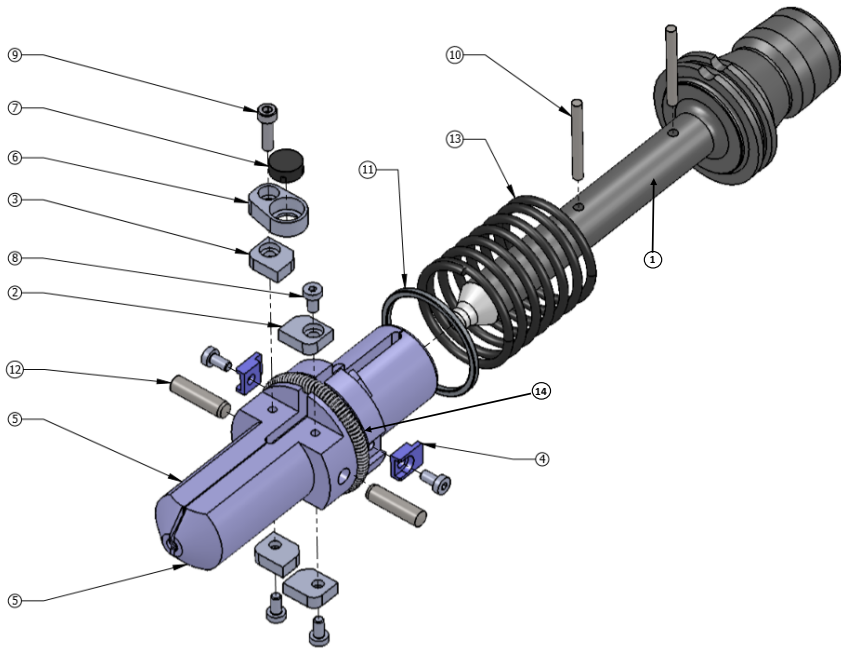
EMBRAER		LIÇÃO PONTO A PONTO		PSE		
Tema	Verificar o Sistema de Selante			Número		
				Data		
Célula:	645 - Montagem e Pintura de Estruturas Metálicas			Máquina	Rebitadora ElectroImpact	
Preparado por: Daniela Martinho						
Classificação	<input checked="" type="checkbox"/> Conhecimentos Básicos	<input type="checkbox"/> Casos de Melhorias	Assinatura da Segurança?	Segurança	Lider da célula	Facilitador TPM
	<input type="checkbox"/> Casos de Problemas	<input type="checkbox"/> Outros				
<b>PORQUE A SEGURANÇA É PRIORIDADE!</b>						
<b>PARA EXECUTAR ESTA OPERAÇÃO:</b>						
LIMPEZA	BOTÃO	ARREDONDA	ÓSCULO DE PROTEÇÃO	MÁQUINA	VERIFICA	FOTO
<p>Para testar o sistema de inserção de selante seguir os seguintes passos:</p> <p><b>1º Colocar em modo MDI</b></p>  <p><b>2º Ir a "OPERATOR ADJUST"</b></p>  <p><b>3º Ir a "SELANT INSERTER"</b></p>  <p><b>4º Selecionar "EXTEND INSERTER" e "RETRACT INSERTER"</b></p>   <p><b>5º Verificar se o sistema se movimenta. Se não acontecer, verificar se há sujidade ou algum objecto a impedir o movimento, e se continuar, accionar a manutenção.</b></p> 						
 <p>PARA SAÚDE E SEGURANÇA</p>						



# Anexo XV - Listagem e Peças Sobresselentes para as Ferramentas U- Anvil




















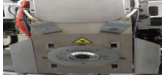


















Descrição - Ferramenta	PN	CEMB	QTY.	PN	Descrição - Spare Part	MFG	MFG PN	ITEM NO.	CEMB	PRICE \$	Lead Time (weeks)	Stock	MRP
Feednose (5/32" bolt) (05)	3472-40-0032-05B	5414945/848915	1	STP-00008980	Extension spring	Century Spring	167-C	14	918146	\$ 6,48	2	10	No
Feednose (5/32" rivet) (05)	3472-40-0032-05R	5156472/848937	1	STP-00008979	Compression spring	Century Spring	10348	13	918180	\$ 8,00	8	8	No
Feednose (3/16" bolt) (06)	3472-40-0032-06B	5156422/849070	2	STP-00008730	Dowel pin M5x20	McMaster-Carr	91595A356	12	9799000				
Feednose (3/16" rivet) (06)	3472-40-0032-06R	5156494/849086	1	STP-00007315	Spring washer	Misumi	FWSS5-D35-V31.0-T2.0	11	9799016				
Feednose (1/4" bolt) (08)	3472-40-0032-08B	5156438/849092	2	STP-00006731	Dowel pin, M3x28	McMaster-Carr	91595A133	10	9278361	\$ 0,98	4	0	No
Feednose (1/4" rivet) (08)	3472-40-0032-08R	5156505/849103	1	STP-00006727	SHCS M3x12	McMaster-Carr	91292A114	9	9431831				
Feednose (5/16" bolt) (10)	3472-40-0032-10B	5156444/849119	5	STP-00006452	LSHC M3x6	Misumi	CBSST3-6	8	1656795				
Feednose (5/16" HST) (10)	3472-40-0032-10P	987405	1	STP-00006450	Balluff RFID chip	Balluff	BIS C-122-04/L	7	971663	\$ 93,00	8	1	No
Feednose (3/8" bolt) (12)	3472-40-0032-12B	5156466/849125	1	3472-40-0136	RFID chip holder	ELECTROIMPACT	3472-40-0136	6	9799022				
Feednose (3/8" HST) (12)	3472-40-0032-12P	987411		3472-40-0123-05B	Finger (5/32 bolt)	ELECTROIMPACT	3472-40-0123-05B REV C		9795159				
Feednose (7/16" bolt) (14)	3472-40-0032-14B	987427		3472-40-0123-05R	Finger (5/32 rivet)	ELECTROIMPACT	3472-40-0123-05R REV C		9795165				
Comum Feednoses 05 e 06	Comum Feednoses 05 e 06			3472-40-0123-06B	Finger (3/16 bolt)	ELECTROIMPACT	3472-40-0123-06B REV C		9795171				
				3472-40-0123-06R	Finger (3/16 rivet)	ELECTROIMPACT	3472-40-0123-06R REV C		9795187				
				3472-40-0123-08B	Finger (1/4 bolt)	ELECTROIMPACT	3472-40-0123-08B REV C		9795193				
				3472-40-0123-08R	Finger (1/4 rivet)	ELECTROIMPACT	3472-40-0123-08R REV C	5	9795204				
				3472-40-0123-10B	Finger (5/16 bolt)	ELECTROIMPACT	3472-40-0123-10B REV C		9795210				
				3472-40-0123-10P REV E	Finger (5/16 hst)	ELECTROIMPACT	3472-40-0123-10P REV E		9639199	\$ 667,82	10	0	No
				3472-40-0123-10P REV F	Finger (5/16 hst)	ELECTROIMPACT	3472-40-0123-10P REV F		9795226				
				3472-40-0123-12B	Finger (3/8 bolt)	ELECTROIMPACT	3472-40-0123-12B REV C		9795232				
				3472-40-0123-12P	Finger (3/8 hst)	ELECTROIMPACT	3472-40-0123-12P REV E		9795248				
				3472-40-0123-14B	Finger (7/16 bolt)	ELECTROIMPACT	3472-40-0123-14B REV E		9799038				
				3472-40-0115	Spring retainer	ELECTROIMPACT	3472-40-0115	4	9799044				
				3472-40-0034-06-2	Cam plate (Type 06-2)	ELECTROIMPACT	3472-40-0034-06-2		9799050				
				3472-40-0034-08-2	Cam plate (Type 08-2)	ELECTROIMPACT	3472-40-0034-08-2	3	9799066				
				3472-40-0034-10-2	Cam plate (Type 10-2)	ELECTROIMPACT	3472-40-0034-10-2		9799094				
				3472-40-0034-12-2	Cam plate (Type 12-2)	ELECTROIMPACT	3472-40-0034-12-2		9799105				
				3472-40-0034-06-1	Cam plate (Type 06-1)	ELECTROIMPACT	3472-40-0034-06-1	2	9799111				
				3472-40-0034-08-1	Cam plate (Type 08-1)	ELECTROIMPACT	3472-40-0034-08-1		9799127				
				3472-40-0034-10-1	Cam plate (Type 10-1)	ELECTROIMPACT	3472-40-0034-10-1		9799133				
				3472-40-0034-12-1	Cam plate (Type 12-1)	ELECTROIMPACT	3472-40-0034-12-1		9799155				
				3472-40-0027-05B	Anvil core (5/32" bolt)	ELECTROIMPACT	3472-40-0027-05B		9799161				
				3472-40-0027-05R	Anvil core (5/32" rivet)	ELECTROIMPACT	3472-40-0027-05R		9799177				
				3472-40-0027-06B	Anvil core (3/16" bolt)	ELECTROIMPACT	3472-40-0027-06B		9799183				
				3472-40-0027-06R	Anvil core (3/16" rivet)	ELECTROIMPACT	3472-40-0027-06R		9799199				
				3472-40-0027-08B	Anvil core (1/4" bolt)	ELECTROIMPACT	3472-40-0027-08B		9799200				
				3472-40-0027-08R	Anvil core (1/4" rivet)	ELECTROIMPACT	3472-40-0027-08R	1	9799216				
				3472-40-0027-10B	Anvil core (5/16" bolt)	ELECTROIMPACT	3472-40-0027-10B		987433				
				3472-40-0027-10P	Anvil core (5/16" and 3/8" prot. bolt)	ELECTROIMPACT	3472-40-0027-10P		987433				
				3472-40-0027-12P	Anvil core (3/8" HST)	ELECTROIMPACT	3472-40-0027-12P		9799222				
				3472-40-0027-12B	Anvil core (3/8" bolt)	ELECTROIMPACT	3472-40-0027-12B		9799222				
				3472-40-0027-14B	Anvil core (3/8" bolt)	ELECTROIMPACT	3472-40-0027-12B		9799222				

Categorization: C = Consumable  
CS = Critical Spare  
NS = Normal Spare





# Anexo XVI - Roteiro de Inspeção TPM

 		Roteiro de Inspeção						
<small>Anexo XI- EN506382</small>		<small>Célula: 645</small>		<small>Máquina: Rebitoradora / Flex jig</small>				
ILUSTRAÇÃO	ITEM	DESCRIÇÃO	MÉTODO	SEGURANÇA	PLANO DE CONTINGÊNCIA	TEMPO NECESSÁRIO	PERIODICIDADE	RESPONSÁVEL
	1	Brocas / Tool Holders	Verificar se as brocas estão em bom estado. Analisar tool holder, verificar se contém alguma sujidade ou corrosão, limpar caso necessário.		1) Substituir broca 2) Substituir ou proceder à limpeza do tool holder	5 min	Antes e depois da furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	2	Trilhos	Verificar se trilhos da rebitoradora estão desimpedidos, existindo algum objecto que possam colidir com a máquina durante o seu funcionamento. Analisar se os trilhos estão a ser lubrificados.		1) Limpar trilhos, removendo qualquer objecto estranho 2) Retirar qualquer elemento que esteja em linha de colisão com a rebitoradora 3) Contactar a manutenção caso não esteja a ser aplicado lubrificação	5 min	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	3	Safety Bumpers	Verificar funcionamento dos safety bumpers, pressionando os botões e ver actuação do alarme na HMI.		1) Verificar estado dos cabos do bumper 2) Accionar sensor novamente	5 min.	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	4	Botão de Emergência do pendente	Verificar o funcionamento do botão de emergência do pendente, pressionando o botão e ver actuação do alarme na HMI.		1) Verificar se o botão acciona e desacciona sem nenhuma obstrução anormal 2) Voltar a repetir o accionamento	2 min	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	5	Eixo B (CML)	Verificar estado da cremalheira do eixo B, lado V. Remover qualquer objecto estranho presente no trilho. <b>LPP B-8</b>		1) Limpar cremalheira 2) Reportar à manutenção, caso identifique uma situação anormal	2 min	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	6	Nosepiece (CML)	Verificar o estado do nosepiece.		1) Limpar nosepiece 2) Substituir nosepiece caso necessário	2 min	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	7	Ar de Comprimido (CML)	Verificar pressão de ar comprimido que chega à máquina. Manómetro deverá estar a 90 PSI's. Manómetro encontra-se no pilar da torre da Rebitoradora, por cima das taças dos colares. <b>LPP B-10</b>		1) Verificar se válvulas estão abertas, junto ao secador de ar comprimido	5 seg	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	8	Inserção de Selante	Manualmente accionar o sistema de inserção de selante, de forma a inspeccionar o seu correcto funcionamento.		1) Limpar selante seco na zona de movimentação do sistema 2) Repetir movimento	1 min	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	9	Consumíveis / Selante	Verificar se o selante encontra-se em boas condições e dentro da validade.		1) Substituir cartuchos de selante 2) Solicitar à selagem novo selante	2 min	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	10	Lubrificação na Headstone	Verificar se a lubrificação está a ser aplicada na headstone, accionado a opção no controlador.		1) Verificar se a máquina está ligada 2) Verificar se existe alguma fuga no sistema de lubrificação	2 min	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	11	Controlador de temperatura	Verificar indicador de quantidade de líquido de refrigeração do depósito. <b>LPP B-6</b>		1) Verificar se existe alguma fuga na tubagem 2) Encher depósito com o líquido Downtherm SR-1 se houver, ou accionar a manutenção para o fazer.	1 min	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	12	Abastecimento de Colares	Verificar correcto funcionamento das taças vibratórias e seu consumo. <b>LPP D-3</b>		1) Verificar se sistema está ligado 2) Encher taças com falta de colares	1 min	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	13	Lubrificação automática	Verificar quantidade de massa nos depósitos de lubrificação automática. No total existem 4 depósitos, um em cima da estrutura do lado V e outro lado U e ainda outros dois, junto a cada motor do eixo X. <b>LPP B-1</b>		1) Verificar se existe alguma fuga na tubagem 2) Encher depósito com o líquido Downtherm SR-1.	2 min	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	14	Pontos de indexação (CMD)	Inspeccionar todos os pontos de indexação do flexjig. Limpar caso necessário.		1) Limpar caso necessário 2) Em caso de material danificado, informar manutenção	5min	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	15	Secador de Ar Comprimido (CMD)	Verificar temperatura do secador de ar comprimido. O manómetro deverá conter uma temperatura entre 0 e 15 Cº. <b>LPP B-2</b>		1) Confirmar se o sistema está ligado 2) Verificar se existe alguma fuga no sistema 3) Em caso de material danificado, informar manutenção	30 seg	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	16	F2C2 (CMD)	Verificar no interior das racks do F2C2, se marcas de torque dos parafusos da tubagem, estão alinhadas. <b>LPP B-4</b>		1) Verificar folga do sistema. 2) Reapertar sistema e marcar parafusos 3) Abrir Etiqueta 4) Informar manutenção	1min	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	17	Bolt (CML)	Inspeccionar ferramenta de cravação, procurando por desgaste ou peças danificadas.		1) Limpar bolt injector 2) Contactar manutenção em caso de anomalia	5 min	Após concluir furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	18	Lubrificação MQL (CML)	Inspeccionar quantidade de MQL no reservatório. <b>LPP B-7</b>		1) Procurar por fugas no reservatório 2) Atestar depósito de lubrificante	2 min	Após concluir furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	19	Sistema de aspiração (CMD)	Inspeccionar sistema de aspiração, quanto ao estado e correcto funcionamento dos componentes como tubagem, filtro do aspirador e tubo telescópico.		1) Limpar caso necessário 2) Verificar a razão do encravamento 3) Solicitar o apoio da manutenção	3 min	Após concluir furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades

		<h2 style="text-align: center;">Roteiro de Inspeção</h2>						
<small>Anexo XI - ENG06382</small>		<small>Célula: 645</small>		<small>Máquina: Rebritadora / Flex Jig</small>				
ILUSTRAÇÃO	ITEM	DESCRIÇÃO	MÉTODO	SEGURANÇA	PLANO DE CONTINGÊNCIA	TEMPO NECESSÁRIO	PERIODICIDADE	RESPONSÁVEL
	20	Ar Comprimido	Verificar possíveis fugas ar, percorrer a máquina e estar atento algum som anormal nas linhas do sistema de ar comprimido.		 1) Verificar se os tubos estão correctamente conectados ou danificados 2) Informar manutenção em caso de anomalia	5 min	Semanal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	21	Blocos de lubrificação	Inspeccionar linhas de lubrificação e blocos divisores, à procura de fugas de lubrificante		 1) Verificar se ligações estão apertadas	5 min	Quinzenal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	22	Ventoinhas dos motores	Verificar o funcionamento das ventoinhas dos motores. Verificar se os moinhos estão a girar. <b>LPP B-3</b>		 1) Pedir para manutenção verificar o relé de ativação das ventoinhas.	4 min	Quinzenal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	23	Anvils (CMD)	Inspeccionar anvils quanto a desgaste, empenos e desalinhamentos, tubagem e cablagem. Verificar o correto funcionamento dos anvils, quanto a movimentos.		 Tomar as providências 1 e 2. 1) Alinhar componentes se possível 2) Em caso de material danificado, informar manutenção	10min	Após concluir furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	24	Filtro de Ar e Purga das escalas (CMD)	Verificar pressão dos manómetros de filtro e purga das escalas dos eixos da rebritadora. Pressão destes manómetros deverá estar a 0,7 Bars ou o equivalente a 10 PSI's. <b>LPP B-9</b>		 Tomar as providências 1, 2 e 3. 1) Confirmar se o sistema está ligado 2) Verificar se existe alguma fuga no sistema 3) Em caso de material danificado, informar manutenção	30seg	Mensal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	25	Abastecimento de Colares	Verificar visualmente o torque dos parafusos das taças de colares. Verificar se o Lacre se encontra na sua posição original. <b>LPP B-5</b>		 Tomar as providências 1, 2 e 3. 1) Verificar folga do sistema. 2) Abrir Etiqueta 3) Informar manutenção	1 min	Mensal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	26	Carros de Rolamentos do Eixo X	Verificar visualmente o estado dos 8 carros de rolamentos do eixo X, 4 do lado U e outros 4 do lado V. Verificar as protecções junto às guias lineares.		 Tomar a providência 1. 1) Informar a manutenção	1h30min	Mensal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	27	Pastilhas Clamping Pads	Inspeccionar as pastilhas Clamping Pad, se estão gastas, danificadas ou empenadas. <b>LPP E-24</b>		 Tomar a providência 1. 1) Informar a manutenção	5 min	Antes de iniciar furação do painel	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	28	Fole do Shuttle (CMD)	Inspeccionar estado do fole do shuttle, de ambos os lados, junto a cada spindle. Verificar se este encontra-se danificado ou degradado. <b>LPP B-11</b>		 Tomar as providências 1 e 2. 1) Informar Manutenção para análise 2) Substituir fole caso necessário	2 min	Trimestral	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	29	Spindles (CMD)	Verificar visualmente o torque dos parafusos dos spindles. Verificar se o Lacre se encontra na sua posição original.		 Tomar as providências 1. 1) Informar a manutenção	3 min	Trimestral	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	30	Sistemas de segurança (CMD)	Verificar todos os botões de emergência da rebritadora e flexjig, quanto ao seu correto funcionamento. Pressionar em cada um dos botões de emergência e confirmar se é apresentado alarme nos ecrãs. Esta verificação deve ser realizada com 2 pessoas.		 Tomar a providência 1. 1) Informar a manutenção	15 min	Trimestral	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	31	Cassete de Pinos (CMD)	Verificar desgaste dos tubos internos e pinças das cassetes de recepção de pinos.		 Tomar a providência 1. 1) Informar a manutenção	5 min	Semestral	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	32	Guias BV (CMD)	Inspeccionar guias e patins do eixo BV, removendo a cobertura de cada lado do eixo. Verificar desgaste ou zonas danificadas. Realizar limpeza caso necessário.		 Tomar a providência 1. 1) Informar a manutenção	3 min	Semestral	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	33	Geral (CMD)	Procurar desgaste nos caminhos de cabos, parafusos soltos, peças amolgadas, etc.		 Tomar as providências 1 e 2. 1) Informar a manutenção 2) Abrir Etiqueta	3 min	Anual	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	34	Clamps (CMD)	Verificar o lacre dos clamps pneumáticos do flexjig, onde confirma o seu aperto		 Tomar as providências 1 e 2. 1) Informar a manutenção 2) Abrir Etiqueta	3 min	Anual	Conforme Cronograma de Responsabilidades

# Anexo XVII - Roteiro de Limpeza TPM

EMBRAER		ROTEIRO DE LIMPEZA		CÉLULA: 645 MÁQUINA: Rebitadora e Flex jig		TPM	
ILUSTRAÇÃO	ITEM	DESCRIÇÃO	MÉTODO	SEGURANÇA	TEMPO NECESSÁRIO	FREQUÊNCIA	RESPONSÁVEL
	1	Aspirador de Limalhas	Esvaziar o depósitos das limalhas do aspirador. <b>LPP C-1</b>		5 min	Após indicação da máquina	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	2	Secador de ar comprimido (CML)	Limpar sujidade do secador de ar comprimido, com panos e aspirador. Este equipamento encontra-se do lado exterior da vedação, junto ao quadro eléctrico da rebitadora. <b>LPP C-23</b>		5 min	Mensal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	3	Filtro de ar do Chiller (CML)	Limpar o filtro de ar do chiller, utilizando o aspirador e um pincel. <b>LPP C-22</b>		5 min	Mensal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	4	Filtro dos Quadros Eléctricos (CML)	Limpar o filtro de ar, verificando o estado do filtro caso seja necessário trocá-lo e limpar a tampa exterior utilizando o aspirador e um pincel. <b>LPP C-24</b>		10 min	Mensal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	5	CDP (CML)	Limpar Placa de calibração do CDP. <b>LPP C-19</b>		2 min	Mensal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	6	Ventilação	Remover os 2 parafusos e limpar grelha utilizando panos e álcool isopropílico. <b>LPP C-12</b>		10min	Mensal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	7	Suporte dos Bolts	Limpar suporte dos bolts utilizando panos e álcool isopropílico. <b>LPP C-14</b>		15min	Mensal	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	8	Refrigeração dos motores (CMD)	Limpar grelhas e ventoinhas dos motores do lado U e V, utilizando aspirador, pincel e panos. Estes motores encontram-se atrás do lado V e U e por baixo da shuttle. <b>LPP C-12</b>		20 min	Trimestral	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	9	Cremalheira BV (CMD)	Limpar e inspecionar cremalheira do eixo BV, removendo a cobertura do eixo, limpar excesso de lubrificante acumulado e inspecionar a cremalheira quanto a sinais de desgaste ou zonas danificadas. <b>LPP C-20</b>		20 min	Semestral	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	10	Filtro de aspirador	Limpar sujidade e detritos do filtro interno do depósito de aspiração, com o auxílio de um aspirador. Verificar o estado do filtro, quanto a desgaste ou zonas danificadas. <b>LPP C-18</b>		15 min	Semestral	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	11	Filtros Load Station	Limpar todos os filtros inseridos nas electroválvulas e nas extremidades dos tubos de entrada dos pinos. <b>LPP C-25</b>		15 min	Anual	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	12	Quadros Eléctricos	Limpar quadros eléctricos, incluindo grelhas do sistema de refrigeração dos Quadros eléctricos. <b>LPP C-26</b>		20 min	Anual	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	13	Calhas Flexjig	Limpar interior das calhas do flexjig que percorre o eixo X. Retirar as coberturas para melhor acesso. Utilizar panos, pincel e aspirador. <b>LPP C-21</b>		20 min	Anual	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	14	Zona Interior do Nose Piece	Limpar interior do nose piece e zona de encaixe de modo a remover a sujidade acumulada para não impedir a colocação de selante, utilizando panos e álcool isopropílico. <b>LPP C-27</b>		2 min	Ao realizar uma troca de ferramentas	Conforme Cronograma de Responsabilidades



## Anexo XVIII - Checklist “Rotinas Saída de Painei”

 		<b>Rotinas Saída de Painei</b>							
<b>Célula: 645</b>									
Sub item	Atividade	Ilustração	Tempo (min)	Frequência	Produção Parada	Mês			
						Saída	Saída	Saída	Saída
1	Limpar a lente da câmara de Resync - <b>LPP C-8</b>		2 min	Após saída da Asa	Sim				
2	Limpar os aneis padrão utilizando panos e as Probes utilizando a máquina ultrassônica. - <b>LPP C-2</b>		10 min	Após saída da Asa	Sim				
3	Limpar os spindles,		10 min	Após saída da Asa	Sim				
4	Limpar o Lower Anvil e Rivet Anvil e os sensores dos mesmos.		15 min	Após saída da Asa	Sim				
5	Limpar o sistema de aplicação de selante.		15 min	Após saída da Asa	Sim				
6	Limpar os 4 sensores com um pano.		1 min	Após saída da Asa	Sim				
7	Despejar o balde das limalhas. <b>LPP C-1</b>		5 min	Após saída da Asa	Sim				
8	Limpar a sujidade de todas as superfícies acessíveis da Headstone. - <b>LPP C-13</b>		3 min	Após saída da Asa	Sim				
9	Limpar os scanners.		5 min	Após saída da Asa	Sim				
10	Limpar os resíduos de selante seco na máquina.		2 min	Após saída da Asa	Sim				
11	Remover os pinos descartados e limpar o interior da caixa de descarte. - LPP C-3		5 min	Após saída da Asa	Sim				



# Anexo XIX - Tabela de Cálculo dos Indicadores julho 2021 a maio 2022

Tabela 19 - Tabela com os valores dos indicadores durante o período de julho 2021 a maio 2022

Mês	Tempo Programado Líquido [H]	TMP [H]	Número de Ocorrências	MTBF Base Trimestral [H]	MTRR Base Trimestral [H]	Disponibilidade [%]	OEE [%]	
2021	Novembro	01:43:18	1	-	-	-	89,0%	
	Dezembro	00:00:00	0	-	-	-	66,4%	
	01/21	218:00:00	62:53:37	6	26:30:00	09:12:00	74,23%	48,7%
	02/21	296:00:00	79:05:29	16	13:24:00	05:54:00	69,43%	56,6%
	03/21	129:00:00	14:16:37	12	12:54:00	04:36:00	73,71%	51,8%
	04/21	276:00:00	51:50:29	15	11:42:00	03:30:00	76,97%	56,1%
	05/21	153:00:00	17:52:27	17	11:06:00	02:00:00	84,73%	57,2%
	06/21	73:00:00	04:24:43	5	10:18:00	02:06:00	83,06%	71,9%
	07/21	114:00:00	07:24:40	6	09:30:00	01:06:00	89,62%	64,5%
	08/21	147:00:00	24:18:00	11	11:36:00	01:42:00	87,22%	63,5%
	09/21	99:25:00	02:00:00	1	16:48:00	02:00:00	89,36%	74,9%
	10/21	164:43:00	11:32:00	10	15:12:00	01:42:00	89,94%	64,6%
11/21	36:42:00	01:31:00	2	17:30:00	01:06:00	94,09%	56,5%	
12/21	52:00:00	01:52:00	2	14:48:00	01:00:00	93,67%	61,1%	
2022	01/22	81:00:00	02:52:00	6	18:24:00	00:48:00	95,83%	82,9%
	02/22	294:30:00	11:50:00	13	19:24:00	00:48:00	96,04%	66,4%
	03/22	354:11:00	44:32:00	17	18:07:00	01:39:00	91,65%	60,9%
	04/22	248:00:00	10:43:00	7	21:50:00	01:49:00	92,32%	68,7%
	05/22	236:46:00	11:30:00	5	25:44:00	02:18:00	91,80%	67,6%

