



***Implementação da Metodologia Total Productive
Maintenance (TPM) na Indústria Aeronáutica***

Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial

Guilherme Amorim Eloi Campino

Leiria, setembro de 2025



***Implementação da metodologia Total Productive
Maintenance (TPM) na Indústria Aeronáutica***

Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial

Guilherme Amorim Eloi Campino

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Professor Doutor Paulo Jorge da Costa Parente Novo.

Leiria, setembro de 2025

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Originalidade e Direitos de Autor

A presente Dissertação é original, elaborada unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para a elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionando o Autor feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual o mesmo foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial, no ano letivo 2024/2025, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Agradecimentos

No decorrer da presente Dissertação, existiu um conjunto significativo de pessoas que foram essenciais à sua concretização e às quais não posso deixar de agradecer.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Paulo Jorge da Costa Parente Novo, por toda a sua disponibilidade, atenção e motivação prestadas durante o período de estágio, mostrando-se disponível a qualquer hora para atender às minhas necessidades.

Gostaria também de agradecer à OGMA - Indústria Aeronáutica de Portugal S.A., e à minha orientadora e líder Engenheira. Susana Freitas pela possibilidade de integração na Equipa da Excelência (P3E), para a realização da presente Dissertação. Adicionalmente, os meus agradecimentos são dirigidos à restante equipa do P3E, equipa das aeroestruturas, do grupo autónomo da GEMCOR e lideranças que apoiaram no projeto. Agradeço também aos colegas que realizaram consultoria por parte da Embraer, Moisés de Sousa Ramos, Junior Nielson Fogaça e Frederico Dultra Dias, por toda a visão, partilha de conhecimento e companheirismo nesta jornada.

Por último, mas não menos importante, fica uma nota de gratidão à minha família, principalmente aos meus pais, os meus grandes pilares, e à minha Beatriz, pela inestimável compreensão, paciência, incentivo, amizade, amor e apoio demonstrado durante todo este período.

Sem vocês nada disto se tinha tornado realidade,

O meu sincero obrigado.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Resumo

Esta Dissertação resulta da atividade desenvolvida no Departamento de Excelência Empresarial de uma empresa de referência no setor aeronáutico em Portugal, a OGMA - Indústria Aeronáutica de Portugal, S.A., centrada na implementação corporativa da filosofia *Total Productive Maintenance* (TPM).

O equipamento GEMCOR, é responsável pela produção dos dez painéis estruturais da fuselagem central do avião C-390 Millennium, assim como das fuselagens do *Dassault F6X* e *Airbus C295*. Devido à criticidade da necessidade de reposta do crescimento da procura do avião C-390 *Millennium*, da *EMBRAER*, foi selecionada a metodologia TPM para impulsionar a eficiência deste equipamento e otimizar os seus resultados, numa indústria que exige os mais elevados padrões de segurança e qualidade.

A implementação do TPM decorreu de forma estruturada, de acordo com a revisão bibliográfica, pelas diferentes fases, etapas e pilares, começando pela capacitação da equipa de manutenção, definição de rotinas e formação dos operadores. Seguiu-se o evento de limpeza inicial, que constitui a primeira etapa da manutenção autónoma o *kickoff* da implementação, que permitiu restabelecer as condições básicas do equipamento, definição de *Key Performance Indicators (KPIs)*, de metas e consolidar práticas de estabilização. Foram ainda realizados projetos *kaizen* para eliminar perdas crónicas e um diagnóstico em conjunto com a *EMBRAER*, identificando novas oportunidades de melhoria.

O trabalho evidenciou que a aplicação disciplinada da metodologia TPM, com forte participação das equipas e acompanhamento rigoroso dos indicadores, aumentou significativamente o *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* da *GEMCOR* em 31,3 pontos percentuais e uma evolução do *Total Effective Equipment Performance (TEEP)* de 13,1% para 26,4%, num período de 9 meses. Além disso, são notórias as mudanças culturais e a sua difusão, de forma enraizada, em todos os envolvidos com o equipamento. A metodologia capacitou as pessoas e fortaleceu a capacidade produtiva da organização, com uma dinâmica de melhoria contínua robusta, para responder de forma sustentável às exigências do mercado, com segurança e qualidade.

Palavras-chave: TPM; OEE; Eficiência; Lean; Kaizen; Moral

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Abstract

This dissertation presents the work carried out in the Department of Business Excellence at OGMA – Indústria Aeronáutica de Portugal, S.A., a leading company in the Portuguese aerospace sector, focusing on the corporate implementation of the Total Productive Maintenance (TPM) philosophy.

The GEMCOR equipment is responsible for producing the ten structural panels of the central fuselage of the C-390 Millennium aircraft, as well as fuselages for the Dassault F6X and Airbus C295. Due to the critical need to respond to the increase in demand for EMBRAER's C-390 Millennium aircraft, the TPM methodology was selected to enhance the efficiency of this equipment and optimize its performance, in an industry that demands the highest standards of safety and quality.

The TPM implementation was conducted in a structured manner, following the phases, steps, and pillars identified in the literature. It began with training the maintenance team, definition of routines, and operator training. This was followed by the initial cleaning event, marking the first stage of autonomous maintenance and the official kickoff of the implementation, which restored the equipment's basic operating conditions, established Key Performance Indicators (KPIs) and targets, and consolidated stabilization practices. Kaizen projects were also carried out to eliminate chronic losses, alongside a joint diagnosis with EMBRAER to identify new improvement opportunities.

The study demonstrated that disciplined application of the TPM methodology, combined with strong team engagement and rigorous monitoring of indicators, significantly increased the GEMCOR Overall Equipment Effectiveness (OEE) by 31.3 percentage points and improved the Total Effective Equipment Performance (TEEP) from 13.1% to 26.4% over a nine-month period. Moreover, notable cultural changes were observed, deeply embedded across all personnel involved with the equipment. The methodology empowered employees and strengthened the organization's production capacity, establishing a robust continuous improvement dynamic capability of sustainably meeting market demands, while ensuring safety and quality.

Keywords: TPM; OEE; Efficiency; Lean; Kaizen; Morale

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de figuras

Figura 1 - Casa do Sistema de Produção Toyota	7
Figura 2 – Figura ilustrativa do método A3	14
Figura 3 - Figura ilustrativa VSM.....	15
Figura 4 - Figura representativa da Matriz nível 1.....	18
Figura 5 – Kaizen	19
Figura 6 - Pilares da casa do TPM	24
Figura 7 - Indicadores TEEP, TEU e OEE	30
Figura 8 - MTBF e MTTR	32
Figura 9 - Mapa representativo das Instalações OGMA.....	41
Figura 10 - Embraer KC-390 Millennium	43
Figura 11 – Equipamento GEMCOR G86.....	44
Figura 12 – Câmara de ressincronização	45
Figura 13 - Cassetes de rebites F2C2 (esquerda) Estações de carregamento automáticas (direita).....	46
Figura 14 - Mapeamento As Is e To Be Manutenção Industrial.....	49
Figura 15 – Excerto do Roteiro de Inspeção GEMCOR	51
Figura 16 - Excerto do Roteiro de Limpeza da GEMCOR.....	52
Figura 17 - Etiqueta Azul (Produção) e Vermelha (Manutenção).....	54
Figura 18 - Quadro gestão à vista TPM da GEMCOR	55
Figura 19 – Interface plataforma TPM.....	56
Figura 20 – Exemplo de registos na plataforma	56
Figura 21 - Indicadores primeiro trimestre de medição.....	58
Figura 22 – Workshop Limpeza Inicial	60
Figura 23 - Resumo atividades 5S elaboradas durante WLI.....	61
Figura 24 - Etiquetas abertas VS Etiquetas fechadas WLI	61
Figura 25 - Mapeamento de etiquetas, LDA e FDS.....	62
Figura 26 - Software de monitorização da performance e qualidade da cravação.....	64
Figura 27 - Software de análise não qualidade da cravação	65
Figura 28 - Representação do Sistema Heijunka GEMCOR	67
Figura 29 - Diagnóstico TPM GEMCOR	69
Figura 30 - Evolução OEE mensal.....	70

Figura 31 - Evolução dos Indicadores de Disponibilidade, Performance e Qualidade mensal.....	71
Figura 32 - Evolução do TEU e TEEP mensal	71
Figura 33 - Evolução mensal do MTBF	72
Figura 34 - Evolução mensal do MTTR	73
Figura 35 - Etiquetas vermelhas e azuis abertas VS resolvidas.....	73

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de tabelas

Tabela 1 - Estrutura do Trabalho desenvolvido	4
Tabela 2 - Seis grandes perdas por indicador	27
Tabela 3 – 7 Etapas da Manutenção Autónoma	36
Tabela 4 - Eixos Equipamento Gemcor	44
Tabela 5 - Quadro gestão à vista TPM	55
Tabela 6 – Acordo de metas da primeira etapa do TPM	59
Tabela 7 - Resultados atingidos (média junho e julho)	74

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de siglas e acrónimos

FDS - Fontes de Sujidade

GA – Grupo Autónomo

JIPM - Japan Institute of Plant Maintenance

JIT – Just-in-Time

KPI - Key Performance Indicator

LDA - Locais de Difícil Acesso

LPP – Lições Ponto a Ponto

MA – Manutenção Autónoma

ME – Melhorias Específicas

MP – Manutenção Planeada

MTBF – Mean Time Between Failures

MTTR – Mean Time To Repair

OEE – Overall Equipment Effectiveness

P3E – Programa de Excelência Empresarial Embraer

PDCA – Plan, Do, Check, Act

SQDC – Safety, Quality, Delivery, Cost

SMED – Single Minute Exchange of dies

TEEP – Total Effectiveness Equipment Performance

TEU – Total Equipment Utilization

TPM – Total Productive Maintenance

TPS – Toyota Production System

VSM – Value Stream Mapping

WLI – Workshop Limpeza Inicial

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice

ORIGINALIDADE E DIREITOS DE AUTOR	V
AGRADECIMENTOS	VII
RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
LISTA DE FIGURAS	XIII
LISTA DE TABELAS	XVI
LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS	XVIII
ÍNDICE	XX
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Metodologia Utilizada	2
1.3 Estrutura do trabalho	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Toyota Production System (TPS)	5
2.1.1 Objetivos do TPS	6
2.1.2 Modelo do Sistema TPS	7
2.2 Lean Manufacturing	8
2.2.1 Princípios do <i>Lean Manufacturing</i>	10
2.3 Ferramentas <i>Lean</i>	11
2.3.1 5S	11
2.3.2 Método A3	13

2.3.3 <i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	14
2.3.4 <i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i>	15
2.3.5 <i>Hoshin Kanri</i>	17
2.3.6 Metodologia Kaizen	18
2.4 Total Productive Maintenance	20
2.4.1 História da Gestão de Equipamentos no Japão	21
2.4.2 Definição de TPM	22
2.4.3 Seis grandes perdas	26
2.4.4 Indicadores <i>TPM</i>	29
2.5 Os 12 passos de implementação - JIPM	33
2.5.1 Fase de preparação	33
2.5.2 Fase Preliminar da Implementação	35
2.5.3 Fase de Implementação TPM	35
2.5.4 Fase Estabilização TPM	37
3 CASO DE ESTUDO - DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO INICIAL	38
3.1 Grupo Embraer S.A	38
3.2 OGMA - Indústria Aeronáutica de Portugal, S.A	39
3.3 Programa de Excelência Empresarial Embraer	41
3.4 Embraer C-390 Millennium	42
3.5 Equipamento <i>GEMCOR G86</i>	44
4 CASO DE ESTUDO	47
4.1 Enquadramento do caso de estudo	47
4.1.1 Objetivos da implementação	48
4.2 Fase de Preparação	48
4.2.1 Mapeamento do processo da Manutenção Industrial	49
4.2.2 Atividades de preparação - Manutenção Planeada	50
4.2.3 Gestão de risco – Segurança Ocupacional	53
4.2.4 Atividades preparação - Manutenção Autónoma	53
4.2.5 Rotinas TPM	57
4.2.6 Acordo de metas	57

4.3 <i>Workshop</i> de limpeza inicial (WLI)	59
4.4 Análise de dados e projetos <i>kaizen</i>	62
4.4.1 Projeto <i>Kaizen</i> - Otimização dos tempos <i>GEMCOR</i> no programa C390	63
4.4.2 Projeto <i>Kaizen</i> - Melhoria do indicador de disponibilidade da <i>GEMCOR</i>	66
4.5 Missão e Diagnóstico Embraer	68
5 DISCUSSÃO DE RESULTADOS	70
6 CONCLUSÃO	76
7 TRABALHOS FUTUROS	78
ANEXOS	85

1 Introdução

O aumento das tensões geopolíticas a nível mundial tem levado diversos países a reavaliar e acelerar os seus programas de modernização de aviação militar. Neste contexto, surgiu a necessidade de renovar as frotas de aeronaves de transporte tático, com foco em soluções mais versáteis, eficientes e tecnologicamente avançadas. Como resultado, verificou-se um aumento significativo na procura pelo C-390 *Millennium* da *Embraer*, uma aeronave que tem vindo a destacar-se como uma escolha estratégica por parte de vários países. O C-390 tem registado um crescimento da procura, tendo duplicado o volume de produção em 2025 face ao ano anterior, com previsões de crescimento contínuo, de pelo menos dez aeronaves por ano, até 2030, com a possibilidade de crescimento para além do previsto.

A OGMA – Indústria Aeronáutica de Portugal, S.A. – é responsável pela produção da fuselagem central, *MLG Door*, *Sponson* e *Elevator* do C-390 *Millennium*, desempenhando um papel central no programa. É na máquina *GEMCOR* que são produzidos os dez painéis estruturais que compõem a fuselagem central do C-390, sendo assim um equipamento crítico e fundamental para a unidade de negócio das Aeroestruturas e de toda a OGMA. Torna-se imperativo otimizar a *GEMCOR*, assegurando que os produtos que nela são produzidos são entregues com os mais elevados padrões de segurança e qualidade, exigidos pelo setor aeronáutico, e que a capacidade de resposta à procura é garantida.

A presente Dissertação incide sobre a otimização da *GEMCOR*, equipamento crítico e imprescindível para o aumento da cadência de produção da aeronave C-390 da *Embraer*, bem como de outros programas do negócio de Aeroestruturas da OGMA. Para responder a este desafio, a metodologia selecionada para aumentar a eficiência do equipamento *GEMCOR* foi a *Total Productive Maintenance* (TPM), Manutenção Produtiva Total em português. Esta abordagem visa a melhoria do desempenho do equipamento e a sua monitorização contínua, de forma a garantir níveis elevados de disponibilidade, fiabilidade, qualidade e produtividade, bem como uma mudança no paradigma e cultura da organização. A implementação do TPM surge como uma solução estratégica para assegurar que o equipamento está apto a satisfazer as exigentes solicitações do mercado, contribuindo para a estabilidade e crescimento sustentado da capacidade produtiva da OGMA.

1.1 Objetivos

Com esta Dissertação pretende-se dar a conhecer a ferramenta TPM na sua totalidade, com foco especial no processo de implementação da primeira etapa, segundo a metodologia, destacando a mudança cultural, a implementação de rotinas de identificação de anomalias e rápida resolução de problemas, a monitorização dos indicadores e, essencialmente, aumentar a eficiência do equipamento, garantindo as entregas com segurança, qualidade e com a melhor rentabilidade para a organização. Iniciando-se pela revisão da literatura e posterior descrição e análise de um caso de implementação, pretende-se dar a conhecer, na prática, como esta ferramenta é introduzida no processo de produção de aeroestruturas, de modo a otimizar o equipamento crítico para a resposta ao crescimento da procura de uma das aeronaves mais cobiçadas no mundo.

Em suma, destaca-se a importância da mudança cultural promovida pelo TPM, essencial para o envolvimento da equipa na identificação e resolução de problemas e o cumprimento das metas definidas nos indicadores chave de desempenho (*KPIs*), com especial foco no OEE, conforme estipulado no acordo de metas estabelecido pela metodologia.

1.2 Metodologia Utilizada

A metodologia adotada nesta Dissertação desenvolveu-se em várias fases distintas, seguindo um processo contínuo de implementação e capacitação das pessoas, de acordo com a revisão bibliográfica realizada. As diversas fases são descritas posteriormente, evidenciando a lógica sequencial do trabalho. Este processo visou garantir a aplicação prática e a sustentabilidade dos resultados ao longo do tempo, bem como a difusão da mudança cultural na organização com recurso à metodologia.

A primeira etapa consistiu numa pesquisa bibliográfica, que permitiu adquirir conhecimento sobre a metodologia TPM, com foco no processo de implementação segundo as práticas do *Japan Institute of Plant Maintenance (JPIM)* e da *Embraer*. Esta etapa incluiu ainda a compreensão de todas as ferramentas *Lean* utilizadas, direta ou indiretamente, para a melhoria dos resultados do equipamento. De seguida, procedeu-se à análise do contexto da implementação na empresa, com o objetivo de compreender o plano estratégico da

organização e enquadrar a necessidade de otimizar a capacidade de resposta do equipamento, mediante a apresentação detalhada da máquina, para uma completa compreensão do estado inicial.

Numa terceira fase, investiu-se na garantia do envolvimento dos colaboradores na operação, das lideranças e da direção executiva, assegurando o compromisso de todas as partes interessadas através de formações, de ações de sensibilização e da capacitação das pessoas. É importante salientar novamente que o TPM representa uma mudança cultural significativa, que requer patrocínio e suporte ativo por parte da administração. Sem este apoio a metodologia não irá ficar enraizada nas pessoas e a mudança de cultura não é concretizada.

Posteriormente, procedeu-se à fase de preparação da implementação do TPM, organizada por pilares, que incluiu a definição do trabalho necessário para estruturar a capacidade de apoio da manutenção industrial, bem como das rotinas da operação, dos métodos de gestão da metodologia, da formação e da preparação do evento de limpeza inicial. Seguiu-se o alinhamento na definição dos indicadores, determinando os principais KPIs a monitorizar ao longo de toda a implementação da filosofia TPM, através de um acordo de metas.

Uma fase crucial foi o evento de limpeza inicial, que constituiu a primeira etapa da manutenção autónoma. Este evento tem como objetivo repor as condições básicas do equipamento, implementar rotinas para assegurar a estabilidade do processo, definir os indicadores e metas e essencialmente fomentar uma cultura de propriedade e cuidado com o equipamento. Foram também definidos e concretizados projetos de melhoria (*kaizens*), com base na análise das perdas crónicas identificadas através dos registos da operação na plataforma TPM, visando a melhoria do equipamento. Além disso, foi efetuado um diagnóstico TPM pelo responsável da metodologia da *Embraer*, que consistiu numa análise crítica à maturidade por pilares para identificar oportunidades de melhoria e desenvolver as linhas orientadoras para a otimização da coordenação da metodologia.

Por fim, os resultados foram avaliados, comparando os ganhos efetivos em relação ao estado inicial da implementação do TPM, com base nos indicadores e métricas previamente definidas. Também foi efetuada uma autoavaliação crítica do processo de implementação do TPM, bem como de toda a mudança de paradigma na resolução de problemas e da não conformação com qualquer tipo de desperdício.

1.3 Estrutura do trabalho

A Tabela 1 tem por objetivo descrever a estrutura da Dissertação.

Tabela 1 - Estrutura do Trabalho desenvolvido

Capítulo	Designação	Descrição
1	Introdução	Enquadramento teórico da Dissertação, identificando a sua relevância, os objetivos a atingir e metodologia seguida
2	Enquadramento Teórico	Revisão da literatura existente sobre a filosofia <i>Lean</i> com ênfase na metodologia TPM, segundo o método de implementação definido pelo JPIM
3	Descrição do cenário atual	Compreensão do plano estratégico da empresa e apresentação da máquina, para enquadramento da necessidade de melhoria da capacidade de resposta da mesma
4	Processo de implementação e melhoria do TPM	Aproximação à metodologia de implementação TPM da JIPM. Descrição do processo de implementação, segundo a etapa de implementação e projetos para impulsionar a eficiência do equipamento
5	Discussão de Resultados	Comparação dos ganhos efetivos registados com a implementação do TPM, seguindo os indicadores e as métricas definidas. Análise crítica do processo de implementação da metodologia
6	Conclusões	Principais conclusões do processo de implementação e o impacto na capacidade de reposta e cultura da empresa
7	Trabalhos Futuros	Descrição dos próximos passos e projetos a desenvolver para garantir a melhoria contínua

2 Revisão bibliográfica

Este capítulo apresenta a revisão da literatura que fundamenta a implementação da metodologia TPM proposta neste projeto. São revistos os principais conceitos teóricos que sustentam o estudo, iniciando-se pela visão global da metodologia *Toyota Production System* e da filosofia *Lean Manufacturing*. Também será abordada a ferramenta *Hoshin Kanri*, que se focaliza no desdobramento da estratégia. Posteriormente, procede-se à descrição das ferramentas *A3*, *5S*, *Kaizen*, *Value Stream Mapping (VSM)*, *Single Minute Exchange of Dies (SMED)* e de forma detalhada o *Total Productive Maintenance (TPM)*. Estas abordagens, metodologias e ferramentas são essenciais para impulsionar a melhoria contínua, reforçar a eficiência operacional e a melhoria dos fluxos de valor nas organizações. A revisão da literatura possibilita uma compreensão profunda dos benefícios e desafios inerentes à sua implementação dos conhecimentos adquiridos, constituindo um alicerce robusto para o desenvolvimento e aplicação prática dos conceitos delineados neste trabalho.

2.1 Toyota Production System (TPS)

A sua história remonta a 1902, quando *Sakichi Toyoda* introduziu o conceito de *Jidoka*, a ideia de incorporar a qualidade ao processo produtivo e permitir a separação entre o trabalho Homem e Máquina. Na *Toyoda Spinning and Weaving*, *Sakichi* criou um tear que interrompia automaticamente a produção ao detetar um fio partido, evitando assim a produção de material defeituoso. Em 1924, desenvolveu um tear automático que possibilitou a operação de várias máquinas por um único operador. Os recursos provenientes da comercialização dos direitos de fabrico deste equipamento contribuíram para o estabelecimento, em 1937, de uma divisão automóvel independente liderada por *Kiichiro Toyoda*, filho de *Sakichi*, que introduziu o conceito de *Just-in-Time (JIT)* para responder às restrições financeiras da época, provocados pela Segunda Guerra Mundial, a qual deixou um Japão com poucos recursos. Era esperado que fossem consumidos apenas os recursos estritamente necessários para entregar ao cliente somente o necessário, sendo este um dos principais pilares do TPS (Liker J. K., 2004).

Após a Segunda Guerra Mundial, *Taiichi Ohno*, um engenheiro da *Toyoda Corporation* foi transferido para o setor automóvel da organização, com a tarefa de melhorar

a produtividade, com os escassos recursos disponíveis, e impulsionar os conceitos de *Just-In-Time* e *Jidoka*. Acabou por ser nomeado gestor da oficina mecânica de uma fábrica de motores e experimentou vários conceitos em produção entre os anos de 1945 a 1955. Elementos posteriores desenvolvidos na década, incluindo o *Takt Time*, o trabalho padronizado e o *kanban* foram adicionados à base do *JIT* e *Jidoka*, que resultaram na formulação do que hoje é conhecido como Sistema de Produção *Toyota* (Mariana Palhau, 2024).

Existem inúmeras outras pessoas que contribuíram para o desenvolvimento da empresa e do sistema produtivo da Toyota, como *Henry Ford*, *Fredrick Taylor* e *Dr. W. Edwards Demming*. Existem também outras ferramentas e técnicas que foram desenvolvidas na Toyota como os 7 desperdícios, o 5S, o *SMED*, a Gestão Visual, o *PokeYoke*, entre muitos outros.

2.1.1 Objetivos do TPS

O TPS foi concebido com o intuito de alcançar níveis de qualidade de classe mundial, satisfazer as exigências dos clientes e promover um modelo de responsabilidade corporativa, que garantia a qualidade dos produtos e a segurança dos colaboradores. Para esse efeito, o sistema orientava-se por quatro objetivos fundamentais:

- **Qualidade Superior** - Fornecer produtos e serviços que ultrapassem as expectativas dos clientes;
- **Desenvolvimento dos Colaboradores** - Potenciar o talento e as capacidades dos colaboradores, baseando-se no respeito, na confiança e na cooperação;
- **Eliminação de Desperdícios** - Reduzir custos e maximizar os lucros através da minimização ou eliminação de desperdícios;
- **Flexibilidade na Produção** - Adaptar os padrões de produção à procura do mercado, garantindo uma resposta eficaz às variações da procura.

2.1.2 Modelo do Sistema TPS

O modelo do TPS fundamenta-se numa cultura de melhoria contínua e na implementação de padrões que eliminem o desperdício com o contributo de todos os colaboradores. Este sistema apoia-se em dois pilares essenciais (Liker J. K., 2004) :

- **Just-in-Time (JIT)** - Tem como objetivo produzir e entregar as peças certas, na quantidade correta e no momento exato, evitando o excesso de inventário e a produção prematura, o que facilita a rápida identificação, resolução de problemas e o consumo estritamente necessário de recursos, o que minimiza desperdícios;
- **Jidoka** - Implica a construção de qualidade diretamente no processo produtivo, permitindo que as máquinas interrompam automaticamente a produção ao detetar qualquer anomalia, impedindo a propagação de defeitos e libertando os operadores para tarefas de maior valor acrescentado.

A base da casa do TPS (Figura 1) é o *Heijunka*, ou produção nivelada, que é uma estratégia de nivelamento da produção que visa distribuir de forma equilibrada os pedidos dos clientes, garantindo um fluxo contínuo da produção, uma utilização mais eficaz dos recursos, redução dos lotes de produção e, conseqüentemente, os inventários, minimizando desperdícios e evitando a sobrecarga de equipamentos. Associa-se ainda a este pilar o Trabalho Padronizado, essencial para sustentar os outros elementos, através da consistência dos métodos de redução da variação no processo e do alcançar de uma produção eficiente. Por fim, o *Kaizen*, que promove a melhoria contínua incentivando pequenas mudanças sistemáticas para alcançar uma maior oficina e competitividade.

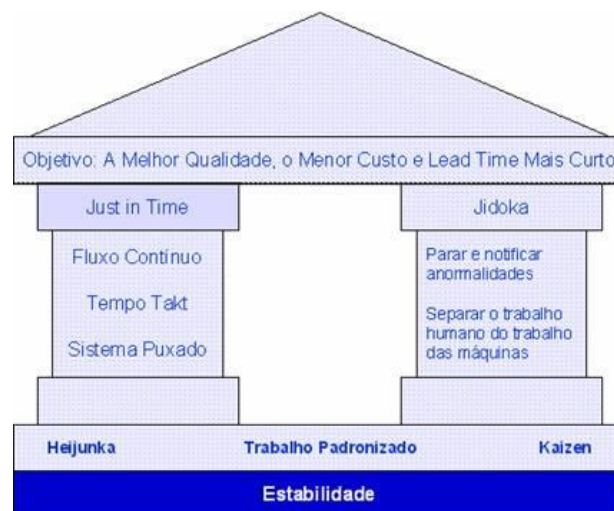


Figura 1 - Casa do Sistema de Produção Toyota (Lab One Consultoria, 2018)

Adicionalmente, o TPS integra conceitos como o tempo de ciclo, tempo *takt*, a produção em fluxo contínuo, um sistema de controlo da produção puxado, com a utilização da metodologia *kanban*, a manutenção preventiva dos equipamentos, garantindo a sua fiabilidade. Em conjunto, estes elementos constituem um modelo robusto que visa reduzir o prazo de entrega e os desperdícios, melhorar a qualidade e diminuir os custos (Ohno, 1988).

2.2 Lean Manufacturing

A filosofia *Lean* centra-se na eliminação de desperdícios e na melhoria contínua dos processos, visando aumentar o valor para o cliente. A sua origem remonta ao Sistema de Produção Toyota (TPS), desenvolvido por *Taiichi Ohno* na década de 1940 num Japão devastado pela Segunda Guerra Mundial, onde a necessidade de maximizar os recursos e minimizar os desperdícios impulsionou a criação de métodos inovadores de produção, como referido no subcapítulo anterior. Inspirado, em parte, pela observação do elevado volume de trabalho em processo numa visita à *General Motors* (Ohno, 1988).

Na década de 1990, os princípios originalmente estabelecidos por *Taiichi Ohno* na indústria automóvel passaram a ser conhecidos como *Lean Production*, *Lean Manufacturing* ou, posteriormente, *Lean Thinking*, mantendo o seu foco na eliminação de desperdícios nos processos, de modo a garantir a sustentabilidade e competitividade das organizações. Com a integração de abordagens inovadoras oriundas da América, *Taiichi Ohno*, o lendário líder da *Toyota*, tornou o sistema de produção da *Toyota* mais flexível e eficiente, reduzindo os tempos de produção e otimizando a utilização dos recursos. Este progresso estimulou a substituição dos modelos organizacionais convencionais por estruturas mais adaptados às variações constantes do mercado, promovendo a sustentabilidade e incentivando o desenvolvimento de metodologias e ferramentas com o foco na eliminação de desperdícios, redução de custos e aumento de valor agregado ao cliente. Para atingir estes objetivos, recorrem-se a diversas ferramentas e metodologias, entre as quais se destacam a identificação dos 7 desperdícios, a implementação do *Kaizen*, o ciclo Plan, Do, Check and Act (PDCA), a metodologia 5S, o *Heijunka*, o trabalho padronizado, o *Jidoka*, o *Poke-Yoke*, o *Just-in-Time* e o *Value Stream Mapping* e *SMED*, troca rápida de ferramenta para minimização do tempo de setup (Liker & Meier, 2006) (Naveen Kumar, 2022) .

O *Lean* centra-se na minimização dos desperdícios (MUDA), ou seja, atividades que não geram valor para o cliente. Valor acrescentado significa uma alteração que o cliente identifica como necessária, qualquer ação que não seja considerada essencial é classificada como desperdício. Os conceitos fundamentais do *Lean* que ajudam a identificar práticas que originam desperdícios nas organizações denominam-se inicialmente como os três "M" – *Muda*, *Mura* e *Muri*. *Muda* significa "desperdício" e designa qualquer atividade que não acrescente valor. *Mura* designa a inconsistência nos processos, resultando em variações que prejudicam o fluxo contínuo. Por último, *Muri* refere-se à sobrecarga de equipamentos ou colaboradores, o que pode causar falhas no sistema (James P. Womack, 1990) .

Estes desperdícios foram inicialmente identificados nos anos 1950 a 1970, por *Taiichi Ohno* na *Toyota*. Mais tarde, em 1990, foram popularizados por *Womack & Jones*, as sete formas de desperdícios que consomem inúmeros recursos humanos, financeiros e materiais nos sistemas produtivos das organizações, sendo estes (James P. Womack, 1990):

- **Transporte** - Movimento desnecessário ou excessivo de materiais ou peças, que não agrega valor, aumenta o tempo de produção e reduz a eficiência na utilização do espaço disponível;
- **Movimentação** - Deslocações desnecessários dos colaboradores, causados por layouts inadequados ou falta de formação;
- **Espera** - Interrupções devido à falta de recursos, tanto a nível humano quanto a nível dos equipamentos disponíveis, que podem criar gargalos e aumentar o *Lead Time*;
- **Sobreprodução** - Produzir mais do que o necessário, sem cumprir com a verdadeira procura, resultando em desperdício de recursos, em todas as suas formas e tempo;
- **Sobreprocessamento** - Realização de operações redundantes ou desnecessárias que não agregam valor ao produto ou serviço;
- **Defeitos** - Erros na produção que exigem retrabalho ou correção, gerando custos adicionais e afetando a qualidade do produto final;
- **Stock** - Excesso de inventário que gera custos elevados, sendo mantido para salvaguardar variações repentinas da procura e encobrir problemas na cadeia de produção ou previsões incorretas das necessidades dos clientes. O excesso de inventário age como uma "almofada", uma vez que esconde diversos problemas,

como produção de peças defeituosas, paragens de máquinas, desbalanceamento de linhas, retrabalhos, *setups* demorados e falta de confiança nos fornecedores;

Além destes sete desperdícios, em 2006 *Liker e Meier* identificaram um oitavo desperdício, relacionado com a não valorização dos recursos humanos. Este desperdício ocorre quando não se aproveita o potencial dos colaboradores, seja pela falta de envolvimento, motivação ou formação adequada, resultando em uma perda de capacidade e interesse, o que prejudica o desempenho da organização (Liker & Meier, 2006).

Em suma, a adoção dos princípios e práticas *Lean* revela-se essencial para a evolução das organizações num ambiente cada vez mais competitivo, proporcionando um quadro de excelência operacional e de responsabilidade corporativa que as capacita a adaptarem-se aos desafios do mercado através da eliminação de desperdícios que aumentam os custos de produção.

2.2.1 Princípios do *Lean Manufacturing*

James Womack e Daniel Jones, escreveram no seu livro “*Lean Thinking*”, os cinco princípios fundamentais para a eliminação dos desperdícios nas organizações, um conjunto de diretrizes que promovem o aumento da produtividade e da rentabilidade, enquanto asseguram a manutenção ou a melhoria dos elevados níveis de qualidade dos produtos e a segurança dos colaboradores (Womack & Jones, 2003). Os princípios do *lean*, assim definidos, são infra apresentados:

- **Especificação do valor** - Consiste na definição de valor para o cliente do produto ou serviço;
- **Identificação da cadeia de valor** - Significa definir as tarefas que acrescentam valor ao produto e conseqüentemente conduzem à satisfação dos clientes. Para além das tarefas que acrescentam valor, devem ser identificadas as tarefas que não o acrescentam. Este princípio tem como objetivo a identificação dos desperdícios que são criados, e pelos quais o cliente não está determinado a pagar;
- **Criação Fluxo Contínuo** - Depois de remover os desperdícios da cadeia de valor, é necessário garantir que o fluxo de todas as tarefas e movimentações ocorra de forma

contínua, ou seja, sem qualquer tipo de interrupção ou atraso, seguindo o padrão definido;

- **Criação de um Sistema Puxado (*Pull Production*)** - Este sistema consiste na capacidade de planejar a produção, de forma a responder à procura por parte do cliente. Os clientes é que puxam os produtos através da cadeia de valor. Com esta metodologia não há acumulação de *stocks*. Este é o princípio que está subjacente ao conceito JIT;
- **Procura pela Perfeição** - É possível garantir um melhor desempenho ao longo de toda a cadeia produtiva ao incentivar a melhoria contínua em todos os níveis organizacionais, orientado as organizações para a eliminação dos desperdícios e otimização dos processos.

Em 2009, João Paulo Pinto realça que os princípios estabelecidos por *Womack e Jones* em 1996, focam-se exclusivamente na cadeia de valor e na redução contínua dos desperdícios, negligenciando a inovação dos produtos e dos processos produtivos. Assim fundamentam o sucesso apenas na satisfação do cliente, sem considerar a importância de gerar valor para todas as partes interessadas, como administrativos, operadores, entre outros, Pinto propõe uma revisão dos princípios *Lean* integrando dois novos pilares "Conhecer os Stakeholders" e "Inovar Sempre" promovendo assim uma abordagem mais abrangente e adaptada às necessidades dos dias correntes (Pinto, 2009).

2.3 Ferramentas *Lean*

O conjunto de metodologias, abordagens e ferramentas apresentadas neste subcapítulo foram utilizadas pelo autor em distintas fases do trabalho, nomeadamente 5S, A3, *VSM* ou mapeamento de atividades, *Hoshin Kanri*, *Kaizen*, e essencialmente a metodologia TPM.

2.3.1 5S

O método 5S foi desenvolvido por *Hiroyuki Hirano* na década de 1980, no âmbito do Sistema de Produção da Toyota, onde surgiu com o intuito de transformar espaços de trabalho desordenados num ambiente mais seguro, eficiente e produtivo, consequente da

eliminação de desperdícios (Hirano, 1996). Inicialmente aplicada no sistema de fabrico da *Toyota*, a metodologia expandiu-se para inúmeros sectores, demonstrando que o seu alcance vai muito além da simples limpeza e organização, incorporando uma abordagem global de gestão que valoriza a eliminação de desperdícios, a melhoria contínua e a disciplina organizacional (Magdalena MAZUR, et al., 2024). O nome “5S” tem origem em cinco termos japoneses que sintetizam os seus princípios:

- **Seiri** (Classificar) - Consiste em identificar e separar os elementos essenciais dos supérfluos, segregando e posteriormente, eliminando o que não contribui para o processo produtivo;
- **Seiton** (Ordenar) - Implica organizar os itens necessários de forma lógica, acessível e eficiente, de modo a otimizar o fluxo de trabalho;
- **Seiso** (Limpar) - Além da higiene visual, promove a manutenção regular do espaço promovendo a identificação e prevenção de potenciais problemas ou avarias;
- **Seiketsu** (Padronizar) - Envolve a criação de normas e procedimentos que assegurem a continuidade e a consistência dos resultados alcançados nas fases anteriores;
- **Shitsuke** (Disciplinar) - Foca na promoção de uma cultura de responsabilidade, onde cada membro da equipa se compromete a manter as rotinas e a melhorar os padrões estabelecidos;

A implementação do 5S é um processo contínuo que se inicia com uma avaliação minuciosa do ambiente, seguida pela constituição de uma equipa dedicada à definição de objetivos, prazos e responsabilidades. O acompanhamento através de formações, da monitorização e *feedback* regular por partes das lideranças é crucial para que as mudanças se mantenham sustentáveis e se integrem na cultura da organização (R.K. Sharma, 2014) .

Em 2005, *Roll* e a sua equipa confirmam a necessidade da existência de um novo “S” de *Safety* (segurança), zero acidentes. A proposta de implementação do 6ºS surgiu como resposta à necessidade de integrar, de forma explícita, a dimensão da segurança nos processos de produção, com o intuito de prevenir incidentes e garantir um ambiente de trabalho livre de riscos (Domínguez, Espinosa, Domínguez, & Romero, 2021).

Em suma, a metodologia 5S é a fundação de todas as outras ferramentas e metodologia associadas ao *Lean*, permitindo às organizações alcançar ambientes de trabalho seguros, organizados e padronizados, que minimizam erros e defeitos, redução de desperdícios e custos operacionais, promovem espaços com menores riscos de acidentes e fomentam uma cultura de melhoria contínua, criando uma sinergia entre a eficiência operacional e a qualidade de vida no trabalho.

2.3.2 Método A3

O conceito da Folha A3 foi popularizado por *Shook* em 2008, ao constatar que, na *Toyota*, os problemas eram registados de forma sucinta e objetiva numa folha de papel A3. Esta abordagem permitia recolher toda a informação necessária para a análise e resolução de questões de forma clara e concisa, em plena sintonia com os princípios *Lean*. De acordo com a obra *The A3 Workbook: Unlock Your Problem-Solving Mind* a eficácia deste método reside no poder da síntese e na clareza comunicacional, transformando desafios em oportunidades de evolução e eficiência ao focalizar na análise da causa-raiz dos problemas e na implementação de melhorias (Matthews, 2010).

No método A3 a folha é organizada em seções específicas que orientam a abordagem ao problema, conforme ilustrado na Figura 2, sendo estas (Filho & Simão, 2022) :

- **O título** - Deve definir de forma precisa o assunto a tratar, acompanhado da identificação do responsável e da data de elaboração;
- **Situação atual** - Descreve o ambiente e a relevância do problema. A apresentação das condições atuais, frequentemente ilustrada por gráficos, quadros ou desenhos, fornece uma visão detalhada e visual da situação em vigor;
- **Definição de objetivos e metas** - Deve descrever de forma clara e objetiva os resultados a obter após análise e implementação de melhorias;
- **Análise da Causa-Raiz** - Realização de uma análise profunda das causas e dos efeitos do problema. Utilizando, por exemplo, diagramas de *Ishikawa*;
- **Proposta de melhoria** - Esta secção representa as soluções propostas ao problema e explica como estas melhorias irão impactar na causa raiz. É essencial também definir ações de contenção, para minimizar problemas que apenas sejam resolvidos com melhorias que podem requerer de ações mais demoradas;

- **Plano de ação** - Esta secção descreve um plano de ação objetivo e cuidado, onde se especificam as atividades necessárias para levar a cabo a resolução do problema, incluindo os recursos necessários, responsáveis e os prazos estabelecidos;
- **Resultados e *Follow-up*** - Esta secção permite a monitorização dos resultados obtidos das soluções implementadas.

■■ Título:		Data:		Responsável:													
		Data de Aprovação:		Gerente que aprovou:													
Considerações Iniciais:			Proposta de melhoria:														
Situação Atual:			Plano de Ação (O que? Quem? Quando?):														
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descrição:</th> <th>Responsável:</th> <th>Início:</th> <th>Fim:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>			Descrição:	Responsável:	Início:	Fim:								
Descrição:	Responsável:	Início:	Fim:														
Objetivo:			Acompanhamento/indicadores:														
Análise:																	

Figura 2 – Figura ilustrativa do método A3 (Machado, Voitto, 2025)

Em conclusão, é uma metodologia que transforma e direciona a forma de pensar criticamente e gerir os processos internos, facilitando a identificação, promovendo a melhoria contínua e o envolvimento dos colaboradores na resolução sistemática da causa-raiz dos problemas.

2.3.3 Value Stream Mapping (VSM)

O VSM teve origem nas práticas de implementação *Lean* da *Toyota*, onde era inicialmente conhecido como “Mapeamento do Fluxo de Materiais e Informações”, e desenvolvida pela Divisão de Consultoria de Operações e Gestão da *Toyota*. Tinha o intuito de mapear as atividades inerentes a um processo, identificar e eliminar todos os desperdícios que dele façam parte. A metodologia foi aprofundada em 1999 por *Mike Rother* e *John Shook*, no livro *Learning to See*, quando entenderam que poderiam expandir esta ferramenta para além da *Toyota*, descrevendo de forma simples uma abordagem que permita obter uma visão global dos processos e fluxos de informação (Rother & Shook, 1999).

Os objetivos essenciais do VSM consistem em tornar visível o processo atual, identificar problemas e oportunidades de melhoria, estabelecer uma referência para avaliar os impactos das ações implementadas e criar uma base de trabalho para definir um estado futuro otimizado. A aplicação prática desta metodologia envolve uma recolha detalhada de dados, de forma a construir um mapa que reflita a realidade do processo (Figura exemplo 3) e permita diagnosticar ineficiências (Pereira, Silva, Domingues, & Sá, 2019).

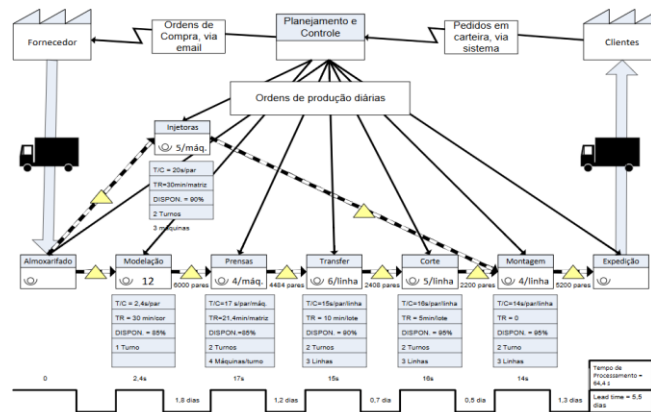


Figura 3 - Figura ilustrativa VSM (Docnix, 2025)

Para a construção do mapa é necessário escolher o produto ou processo a ser analisado, de seguida as etapas do processo e recolhem-se os dados importantes do mesmo, tais como, tempo *Takt*, tempo de ciclo, *lead time*, tempo de *setup*, disponibilidade dos equipamentos, número de recursos disponíveis, dimensão dos lotes e níveis de *stocks*. Com estas informações, elabora-se o mapa do estado atual, que é depois analisado para identificar desperdícios e as suas causas, através da aplicação das metodologias e ferramentas *Lean*, definindo-se assim o potencial de melhoria. Por fim, constrói-se o mapa do estado futuro, que reflete a visão desejada e permite identificar que ações devem ser tomadas para atingir estes objetivos de melhoria (Arefazar & Rybkowski, 2022).

2.3.4 Single Minute Exchange of Die (SMED)

A metodologia SMED foi concebida e desenvolvida ao longo de 19 anos, nas décadas de 1950 e 1960, por *Shingeo Shingo* (Shingo, 1985). Consiste em reduzir o tempo de *setup*, que corresponde ao tempo de mudança de ferramenta, de modo a minimizar o tempo de máquina parada. Ao longo do desenvolvimento desta metodologia, verificaram-se três momentos decisivos:

- Em 1950, na *Toyo Kogyo's Mazda, Shingo*, ao analisar a troca de matrizes numa prensa, distinguiu entre operações de *setup* interno e externo, conseguindo reduzir o tempo de máquina parada em 50%;
- Em 1957, durante uma análise na *Mitsubishi Heavy Industries*, introduziu a duplicação de ferramentas para que o *setup* pudesse ser efetuado separadamente, o que incrementou a produtividade em 40%;
- Por fim, em 1969, na *Toyota Motors Company*, onde uma prensa demorava quatro horas a alterar a configuração, *Shingo* reduziu inicialmente esse tempo para 90 minutos apenas ao separar as operações, mas, atendendo à exigência da direção da *Toyota* de uma redução mais significativa, implementou o conceito de transformar o *setup* interno em *setup* externo, diminuindo o tempo de mudança para apenas três minutos.

O termo *setup* designa o intervalo entre a última unidade conforme produzida de uma série, e a primeira unidade da nova série, produzida com a conformidade exigida. Usualmente, é composto por quatro fases: A preparação do material, das matrizes e das fixações (representa cerca de 30% do tempo), o aperto e a libertação das ferramentas (representa cerca de 5% do tempo), a centragem e a determinação das dimensões das ferramentas (representa cerca de 15% do tempo) e o ensaio e regulação (representa cerca de 50% do tempo). O *Setup* pode ser classificado em duas categorias (Sugai, McIntosh, & Novaski, 2007):

- **Setup Interno** - Tarefas que só podem ser realizadas quando a máquina está parada;
- **Setup Externo** - Tarefas que podem ser efetuadas enquanto a máquina se encontra em funcionamento.

A implementação da metodologia SMED consiste essencialmente em 5 etapas, sendo estas (Line, 2022): **Estudo do Setup**: Registo e classificação dos elementos de trabalho necessários. Tem como objetivo efetuar uma análise da situação atual, recolhendo informações relativamente ao processo, às operações realizadas durante o setup e à medição dos respetivos tempos; **Separação de Setup Interno e Externo**: Distinção e organização de entre atividades externas e internas; **Conversão de Setup Interno em Externo**: Transformação de trabalho interno em trabalho externo; **Redução do Setup Interno**: Envolve a eliminação de ajustes e configurações desnecessárias, a simplificação das fixações

e apertos, e a implementação de trabalho paralelo; **Redução do Setup Externo:** Focaliza a melhoria da logística de suporte e da operacionalidade.

A implementação da metodologia *SMED* proporciona benefícios diretos como a redução do tempo de *setup* o que consequencialmente origina a redução do tempo de máquina parada e aumento de produtividade dos equipamentos. No entanto, existe um conjunto diverso de benefícios indiretos e que são essenciais para o aumento da eficiência das organizações, como a redução de lotes, aumento de flexibilidade, segurança e qualidade pela padronização das operações, a redução de *stocks* e a redução de *lead time*.

2.3.5 Hoshin Kanri

Hoshin Kanri é um processo de gestão que visa alinhar as atividades e funções de uma organização com os seus objetivos estratégicos, de forma eficaz e integrada, sendo entendido maioritariamente como o desdobramento da estratégia, traduzindo a visão futura num conjunto de objetivos e metas concretas. Este processo permite que os objetivos estratégicos das organizações sejam desdobrados e alinhados com a sua execução operacional e a sua monitorização, promovendo a melhoria contínua.

Desenvolvida pelo professor *Yoji Akao*, em 1990, a abordagem foi inicialmente aplicada a um contexto onde a estratégia era fortemente orientada para a afirmação da qualidade, mas revelou-se adaptável a qualquer aposta estratégica. O termo “*hoshin*” significa “direção” e “*kanri*”, “controlo” ou “gestão”, simbolizando a ideia de que, para que as melhorias contínuas tenham sentido, é imprescindível definir um “norte verdadeiro” que deve ser partilhado e descodificado por toda a organização (Bastos & Sharman, 2019).

Esta ferramenta é composta por duas Matriz X de níveis 1 e 2 e a sua monitorização deve ser seguida com recurso a um *Bowler Chart*. A elaboração da matriz de nível 1, é estruturada em quatro quadrantes interligados. No quadrante Sul definem-se os objetivos *breakthrough*, com horizontes de 3 a 5 anos, que acrescentem valor de forma significativa. No quadrante Oeste são definidos os objetivos anuais que suportam os objetivos *Breakthrough*. O quadrante Norte concentra as prioridades de melhoria, identificando as áreas críticas a otimizar. Por fim o quadrante Este define as metas específicas que irão garantir os restantes indicadores de desempenho. A Figura 4 representa um exemplo de uma Matriz X nível 1 (Carvalho, 2021).

MATRIZ X																		
•		Projeto 6	•	•				•	○	○	•	○						
		Projeto 4	•	•			•				•	○						
•		Projeto 3		•					•		•							
	•	Projeto 2	•	•						•		○						
		Projeto 1	•		•	•	•	•	○			○						
Melhoria da Eficiência Operacional	Objetivo 2	Objetivo 1	Projetos de Melhoria Prioridades melhoria de nível 2			KPIs			Objetivos anuais longo prazo (2025)									
			Iniciativas Estratégicas Prioridades melhoria de nível topo															
•	•		1 - Objetivo X	2025	X	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#1	#2	#3	#4	#5	#6
•			2 - Objetivo Y		X													
												• Responsabilidade Primária ○ Responsabilidade Secundária						

Figura 4 - Figura representativa da Matriz nível 1 (OGMA, 2025)

A matriz de nível 2 representa o desdobramento operacional da estratégia definida na matriz de nível 1 e pode ser definida por cada área ou departamento, com cronogramas, responsáveis e indicadores específicos para monitorizar a execução dos projetos. Cada prioridade de melhoria e os respetivos *KPI's* devem constar no *Bowler Chart*, com os objetivos *Hoshin* expressos de forma quantitativa, em base mensal. Esta ferramenta visual permite a monitorização dos *KPIs* mensalmente, permitindo reagir a uma evolução negativa ou verificar se os projetos estão a ter impactos nos indicadores definidos (Wilson, Cudney, & Marley, 2024).

A OGMA adota esta metodologia para definir os *KPIs* considerados disruptivos para o crescimento da organização, a partir dos quais são delineados os projetos *Kaizen* essenciais para alcançar as metas estabelecidas. No âmbito desta Dissertação, serão apresentados dois projetos *Kaizen* que, embora não tenham sido definidos na matriz surgiram da implementação do TPM na GEMCOR e terão impacto no cumprimento do plano de entregas do C-390.

2.3.6 Metodologia Kaizen

A metodologia *Kaizen* constitui uma abordagem de gestão que se centra na melhoria contínua dos processos organizacionais, de forma sistemática, em todas as áreas de atuação da empresa. O termo *Kaizen* deriva do japonês, em que “*kai*” significa “mudança” e “*zen*”

significa para “melhor”, refletindo o conceito de “mudar para melhor”, assim como representado na Figura 5.



Figura 5 – Kaizen

(A Metodologia Kaizen para Melhoria Contínua em Processos, 2025)

Conforme descrito, em 1986, por *Masaaki Imai* no seu livro *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*, o *Kaizen* integra práticas de resolução de problemas, análise das causas fundamentais e padronização dos processos, permitindo às empresas ajustar-se às exigências do mercado (Imai, 1986). O verdadeiro espírito desta filosofia reside na responsabilidade partilhada e no compromisso diário de todos, criando um ambiente onde a inovação e a melhoria contínua se tornam naturais e imprescindíveis para o sucesso organizacional. Esta abordagem de gestão tem vindo a ser reconhecida como um pilar essencial para aumentar a produtividade, a competitividade e a sustentabilidade das organizações. Ao eliminar desperdícios na sua causa-raiz e otimizar recursos, através do envolvimento de colaboradores e da liderança, são promovidas melhorias graduais que, cumulativamente, resultam num salto qualitativo e de eficiência das organizações (Biadacz, 2024).

Na OGMA a metodologia encontra-se implementada com um elevado grau de maturidade e ocorrem eventos trimestrais para executar projetos *Kaizen* de maior dimensão e que envolvem equipas multidisciplinares, denominadas por “Semana *Kaizen*”. Estes projetos disruptivos são delineados através de objetivos estratégicos a atingir definidos no *Hoshin Kanri*. A metodologia aplicada na OGMA é definida por 5 fases, sendo estas:

- **Definição do projeto** - Durante duas semanas, o principal objetivo é a definição da equipa, do propósito do projeto, a sua validação perante a administração, a formação *Kaizen* aos líderes e colíderes do projeto e a construção do A3 preliminar;
- **Preparação da Semana *Kaizen*** - Na primeira semana é realizado um mapeamento do “As Is”, que consiste em mapear o processo e identificar os seus problemas. Na segunda semana, é mapeado o “To Be”, ou seja, o estado futuro do processo, que se

pretende alcançar, de modo a definir as ações necessárias para eliminar os desperdícios do processo que criam o desvio entre o “To Be” e o “As Is”;

- **Execução da Semana *Kaizen*** - Nesta etapa, existe um *Sprint* na implementação das ações definidas, ocorrem as simulações e é validado o futuro do processo. Nesta semana existem momentos de Sessão de abertura, onde são apresentados os A3's dos projetos; o *Gemba* para visualização no terreno das mudanças; e a Sessão de Encerramento, em que são apresentadas os antes e os depois das ações implementadas/calendarizadas e monitorização dos ganhos;
- **Ações do Jornal *Kaizen*** - Neste momento, são implementadas as ações calendarizadas no jornal *kaizen* (ações que requerem mais recursos).
- **Sustentação dos resultados** - Por fim, os ganhos e as metas são acompanhados durante três ciclos e após a garantia da sua sustentação o projeto é fechado.

Os objetivos são definidos com a visão *Kaizen*, que consiste em dobrar a produtividade, reduzir os *Lead Times* para metade, reduzir o *stock* para metade e reduzir os defeitos para um décimo.

Em suma, a implementação da filosofia *Kaizen* representa um investimento estratégico na procura sistemática pela excelência operacional, sendo um modelo de gestão indispensável para as organizações que visam a melhoria constante e a inovação sustentável de forma a garantirem a sua produtividade e competitividade.

2.4 Total Productive Maintenance

Neste capítulo será realizada a revisão da literatura que servirá de base para a implementação da metodologia utilizada neste projeto. O subcapítulo está dividido em contextualização histórica, definição concreta da metodologia, introdução e pilares estratégicos, as seis grandes perdas, indicadores-chave e o seu método de cálculo, a metodologia de implementação teórica, segundo o Japan Institute of Plain Maintenance (JIPM) e a metodologia aplicada na prática segundo as normas da *Embraer* e da OGMA.

2.4.1 História da Gestão de Equipamentos no Japão

O termo “gestão de equipamentos” abrange o conjunto de atividades que visam prevenir defeitos e avarias, eliminando a necessidade de constantes ajustes, facilitando o trabalho dos operadores e tornando-o mais seguro. Tradicionalmente, as empresas recorriam à manutenção após a falha, ou seja, só procediam a reparações depois de uma avaria ter ocorrido, o que causava paragens não programadas de longa duração, associadas a um longo período de espera e custos excessivos. Em 1951, o conceito de manutenção preventiva foi introduzido no Japão, a partir dos Estados Unidos, e as empresas que adotaram este conceito conseguiram reduzir significativamente as avarias nos equipamentos. Uma vez, que este método se baseia num exame, com uma periodicidade definida, no qual permite identificar desgastes e avarias antes que estas ocorram nos equipamentos. Assim existe uma reposição da condição de forma antecipada, prolongando o ciclo de vida dos equipamentos e a diminuição drástica de falhas (Shirose, 1992).

À medida que as exigências da indústria moderna se tornaram mais complexas, a manutenção preventiva passou a integrar outras abordagens que permitiram uma gestão mais eficaz dos equipamentos, tais como (Shirose, 1992):

- **Manutenção Preventiva** - Introduzida em 1957, com o foco na substituição dos elementos degradados por um novo, baseado em intervalos de tempo ou número de ciclos, de modo a tornarem a falha menos provável de acontecer novamente, ou seja, com o intuito de melhorar a fiabilidade e manutenibilidade dos equipamentos;
- **Manutenção Preditiva** - Utiliza ferramentas de diagnóstico e monitorização de vibrações, ruídos e temperatura para identificar alterações no estado dos equipamentos e desencadear uma ação de manutenção que visa prevenir a deterioração quando certos limiares são ultrapassados;
- **Manutenção Orientada para a Melhoria** - Esta abordagem concentra-se na identificação e correção dos pontos fracos dos equipamentos, implementando soluções que não só evitam futuras avarias como também aumentam a manutibilidade dos equipamentos. Facilita as intervenções de verificação, lubrificação, substituição de peças, bem como outras atividades do dia a dia;
- **Manutenção para Prevenção** - Este conceito centra-se na introdução da manutenção na fase de projeto e aquisição de novos equipamentos, com o intuito de

projetar os equipamentos a serem mais fiáveis, mais fáceis de manter e permitir ajustes e reconfigurações sem dificuldade.

Estas abordagens foram, posteriormente, integradas numa nova filosofia de manutenção, a Manutenção Produtiva, que procura preservar as condições ideais de produção, assegurando segurança qualidade e performance, com vista à maximização da produtividade, um aumento do ciclo de vida dos equipamentos e redução do custo associado. A evolução da gestão de equipamentos inclui ainda conceitos como a Manutenção Centrada na Fiabilidade, que surgiu na década de 1960 a partir das práticas da indústria aeronáutica, e a incorporação de Sistemas Informáticos de Gestão de Manutenção, que permitem um planeamento e uma programação mais eficaz dos trabalhos a serem executados.

Por fim, em 1971, o conceito de *Total Productive Maintenance* (TPM) emergiu no Japão, através da experiência da *Nippon Denso* para a *Toyota Motor Corporation*. O TPM representou uma abordagem inovadora, que envolve os próprios operadores na manutenção autónoma diária, focando-se na eliminação de perdas e na melhoria da eficiência dos equipamentos. Os colaboradores mais propensos a identificar os primeiros sinais de falha são os técnicos que utilizam os equipamentos diariamente. Assim, a melhor forma de evitar avarias é dar aos operadores o conhecimento necessário para realizarem manutenção autónoma e saberem identificar e responder prontamente às anomalias, promovendo uma sinergia e cooperação entre a produção e manutenção.

Esta trajetória histórica demonstra como a gestão de equipamentos evoluiu de uma abordagem reativa, baseada na reparação após a falha, para um modelo integrado e proactivo, que alia manutenção preventiva, preditiva, orientada para a melhoria e manutenção autónoma, promovendo a fiabilidade e a produtividade nos ambientes industriais. Todo o percurso histórico referido está alinhado com a terminologia e os princípios estabelecidos na NP EN 13306:2021, evidenciando que a evolução da manutenção encontra correspondência na normalização internacional atualmente adotada (NP EN 13306, 2021).

2.4.2 Definição de TPM

A metodologia TPM surge como um sistema integrado de gestão com foco na maximização da disponibilidade e da fiabilidade dos equipamentos industriais. Ao articular

práticas de manutenção autónoma (MA), planeada e de projetos de melhoria contínua, o TPM procura extrair o rendimento máximo dos ativos, prolongar a sua vida útil e garantir a criação de produtos de alta qualidade a preços competitivos. Os benefícios do TPM podem ser classificados nas seis categorias: produtividade, qualidade, custo, entrega, segurança e moral dos colaboradores. O objetivo da utilização plena do equipamento traduz-se num aumento sustentado do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), reduzindo paragens não programadas, minimizando perdas de performance, custos de não qualidade e, simultaneamente, assegurando que o equipamento tem uma utilização que permite a entrega com os padrões de excelência requeridos pelo mercado.

No livro *Introduction to TPM*, de *Seiichi Nakajima*, enfatiza que o verdadeiro sucesso do TPM assenta em objetivos claros de zero defeitos, zero acidentes, zero avarias e zero paragens. Inspirando-se na filosofia do sistema de produção *Toyota*, em que cada operador é simultaneamente inspetor da sua própria linha, prevenindo falhas em vez de apenas as detetar, *Nakajima* apresenta quatro elementos fundamentais para alcançar estes objetivos (Nakajima, 1988):

- Manutenção autónoma pelos colaboradores, fomentando o compromisso em pequenos grupos;
- Implementação de um ciclo completo de manutenção ao longo de toda a vida do equipamento, integrando prevenção e capacidade de intervenção;
- Promoção de projetos de melhoria contínua para eliminar as seis grandes perdas;
- Garantia do envolvimento de equipas multidisciplinares em todos os níveis hierárquicos, essencial para criar uma cultura de excelência.

Nakajima propõe um cronograma de três anos de implementação, em que numa primeira fase, prepara-se a organização (educação e comité de TPM), seguindo com a realização de um *kick-off* formal, normalmente com um *workshop* de limpeza inicial e, de ano a ano, avançar-se-á nas etapas do programa, eliminando perdas, implementando a manutenção autónoma, introduzindo a manutenção planeada e reforçando a formação do grupo envolvido, evoluindo progressivamente, tanto nas etapas e pilares do TPM, bem como na eficiência e resultados dos indicadores (Nakajima, 1988). Os princípios do TPM, designados maioritariamente por pilares ou elementos da casa TPM, são ilustrados na Figura 6, onde se representa este sistema como um edifício composto por uma base, pilares e uma cobertura. A base, que sustenta toda a filosofia do TPM, apoia-se nos princípios do 5S, descritos no subcapítulo 2.3.1. O 5S estabelece um ambiente de trabalho limpo e organizado,

que permite a rápida identificação de desperdícios e a sua eliminação, condição essencial para o desenvolvimento dos oito pilares da ferramenta e garantia da estabilidade básica.

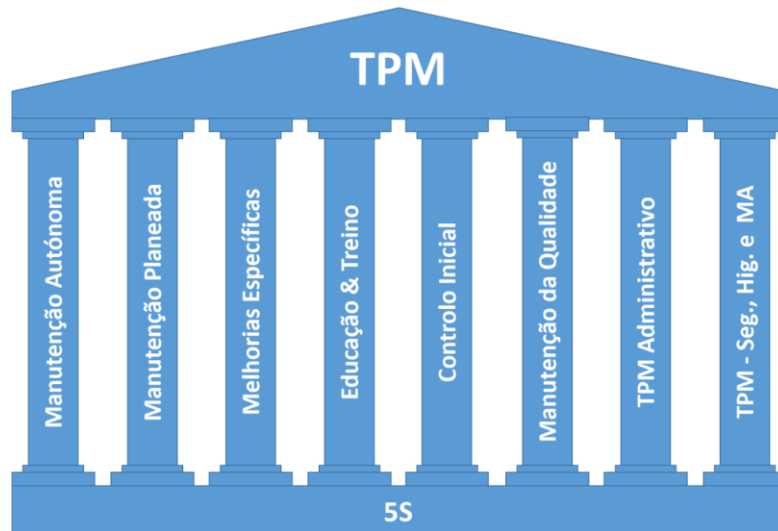


Figura 6 - Pilares da casa do TPM (OGMA, 2025)

Os oito pilares da metodologia TPM, representados na Figura 6, podem ser definidos por (Nakajima, 1988):

- **Pilar Manutenção Autônoma (MA)** - Desenvolver a capacidade dos operadores para a execução de atividades de limpeza, inspeção, lubrificação e pequenas reparações, em conformidade com os padrões estabelecidos. Além de aumentar o conhecimento técnico sobre o equipamento, permite identificar de forma precoce problemas que poderiam desencadear falhas de maior dimensão;
- **Pilar Manutenção Planeada (MP)** - Consiste em detetar e tratar as anomalias dos equipamentos antes que se tornem em defeitos ou perdas. Organiza de modo proativo as intervenções técnicas com base em estatísticas de falhas e históricos de paragens, definindo calendários de manutenção preventiva. O objetivo principal é o desenvolvimento de um sistema que promova a eliminação de atividades não programadas da manutenção e custos extras de reparação;
- **Pilar Melhoria Específica (ME)** - Baseia-se no conceito *Kaizen*, com equipas multifuncionais, dedicadas a identificar e erradicar as seis grandes perdas que comprometem a eficiência dos equipamentos. Este pilar reduz defeitos e desperdícios, eleva a eficiência global do equipamento e promove um ciclo melhoria contínuo;

- **Educação & Treino** - Tem como objetivo desenvolver novos conhecimentos e habilidades em todos os níveis da organização, para a total compreensão e condução das atividades do TPM;
- **Controlo Inicial** - Definição de um processo robusto para aquisição e conceção de novos equipamentos que incorporem, na fase de desenvolvimento, melhorias com os conceitos de prevenção da manutenção, com o objetivo de garantir a avaria zero. A importância desse pilar reside em evitar que os problemas atuais se repitam no novo equipamento. Projetando assim, com base na experiência, as novas máquinas para entrarem em operação mais confiáveis e com maior manutibilidade;
- **Manutenção da Qualidade** - Definição de condições ideais do equipamento de modo a eliminar quaisquer causas de defeitos de qualidade que afetam a produção;
- **TPM Administrativo** - O principal objetivo deste pilar é eliminar perdas criadas pelo trabalho administrativo, é necessário que todas as atividades organizacionais sejam eficientes. Ao sistematizar rotinas administrativas, reduz-se o tempo e erros na disponibilização de recursos para o chão de fábrica;
- **Segurança, Higiene, e Meio Ambiente** - Tem como objetivos principais os “zero acidentes”, de modo a eliminar o absentismo, e a promoção de um ambiente de trabalho estável, em que os colaboradores sintam confiança na prática das suas atividades laborais.

Estes objetivos são atingidos através da integração de práticas de prevenção, segurança, bem-estar do colaborador e pela procura de processos produtivos que não afetem, ou que minimizem, o impacto ambiental. Esta convergência reforça o compromisso institucional com a saúde e o bem-estar dos colaboradores, promovendo um ambiente de trabalho ergonómico e seguro, onde cada pessoa assume um papel ativo na prevenção de riscos e na manutenção das boas práticas. Em termos de segurança o pilar Manutenção Planeada tem um papel essencial para suportar esta estratégia, ao assentar em processos rigorosos como a identificação e análise sistemática de falhas, implementação de roteiros de inspeção e limpeza, investimento contínuo na formação das equipas e utilização de lições ponto a ponto para difundir o conhecimento adquirido (Valério & Nunes, 2017).

A implementação da metodologia TPM é um enorme desafio, mas que proporciona ganhos bastante significativos a curto, médio e, sobretudo, a longo prazo. Mais do que uma ferramenta para eliminar desperdícios, é uma mudança cultural da organização, que

representa um compromisso coletivo e união entre a manutenção, a produção, a qualidade, a engenharia e a gestão num esforço de melhoria contínua, essencial para ultrapassar os obstáculos e responder às exigências dos mercados. Esta abordagem interdisciplinar potencia a segurança no posto de trabalho, maximiza a utilização dos ativos, elimina as causas dos defeitos de qualidade, garante um funcionamento sem interrupção, prolonga a vida útil dos equipamentos e reduz significativamente os custos de manutenção, enquanto se reforça a fiabilidade dos processos e se eleva a satisfação dos clientes.

A literatura (Shirose, 1992) (Nakajima, 1989) descreve que os resultados da metodologia proporcionam, em média, ao fim de três anos, um aumento de produtividade na ordem dos 50% e uma redução de custos de produção entre os 30% e os 50%. O aumento de produtividade permite que as entregas sejam cumpridas e que ocorra uma redução drástica dos custos de stock. Permite também uma diminuição de defeitos em 90%. A meta de Zero Acidentes é atingida, condição essencial para que os colaboradores se sintam motivados e com confiança na sua prática laboral, e aumenta, não só o moral dos colaboradores, bem como o de toda a organização da apatia ao entusiasmo. Desta forma, além de se impulsionar ganhos tangíveis em produtividade e eficiência, cultivam-se benefícios intangíveis, como o reforço do espírito de equipa, o aumento da motivação interna e o fortalecimento da reputação organizacional. Além disso, estudos desenvolvidos pela *Embraer* demonstram que o aumento em um ponto percentual do OEE permite reduzir 1,2% de despesas do equipamento e 2,4% do custo de manutenção, totalizando 1,8% de gasto gerais.

O TPM é constituído por oito Pilares, ligados entre si e todos essenciais para colocar a Manutenção Produtiva Total em prática. No entanto, só irão ser considerados os cinco pilares uma vez que os últimos três pilares, Manutenção da Qualidade, TPM Administrativo e Segurança, Higiene e Ambiente estão incluídos dentro da gestão do departamento P3E.

2.4.3 Seis grandes perdas

Uma das metas do TPM é maximizar a eficiência dos equipamentos. Para isso, é necessário eliminar os principais obstáculos aos indicadores de Disponibilidade, Performance e Qualidade, denominados as seis grandes perdas. Sendo estas referidas na Tabela 2 (Maintenance, 1996).

Tabela 2 - Seis grandes perdas por indicador

Disponibilidade	Avarias Setup, Ajustes e regulagens
Performance	Pequenas paragens Velocidade reduzida
Qualidade	Defeitos de qualidade e/ou retrabalho Perdas de arranque

Avarias – As avarias constituam, maioritariamente, a maior das seis grandes perdas. Existem dois tipos: avarias por falha de função e avarias por redução de função. As avarias por falha de função surgem de forma esporádica e exigem a intervenção da manutenção de forma imediata. As avarias por redução de função, permitem que o equipamento continue a operar, mas a um nível inferior de eficiência. De um modo geral, as avarias são causadas por diversos fatores, mas habitualmente apenas são reconhecidas quando assumem um carácter grave. Embora, frequentemente se ignore a multitude de pequenos defeitos, parafusos soltos, abrasão, detritos, contaminantes ou manchas de óleo, são precisamente essas anomalias que, ao acumularem-se ao longo do tempo, comprometem a eficiência dos equipamentos e acabam por constituir avarias. O pilar manutenção autónoma, essencialmente através das rotinas de inspeção e limpeza do equipamento, tem um papel fulcral na eliminação desta perda, fomentando a deteção precoce das anomalias, antes que se tornem em grandes paragens com diversos custos associados (Alexander, Putra, & Sar, 2024).

Setup, Ajustes e Regulagens - As perdas de *setup*, ajustes e regulagens correspondem às perdas por paragem que ocorrem durante procedimentos de preparação, como a troca de ferramentas, ajustes de parâmetros e regulagens de configuração. O tempo de *setup* é o período necessário para interromper a produção em curso e configurar o equipamento para o produto seguinte. Os ajustes são necessários devido à acumulação de pequenos erros de precisão, como configurações repetidamente imprecisas. As regulações são provocadas por padrões inconsistentes ou por métodos de medição e quantificação não padronizados. São diversas paragens que afetam a disponibilidade do equipamento de forma drástica e devem ocupar o mínimo de tempo possível, ou até mesmo serem eliminadas quando possível.

Pequenas Paragens - Ao contrário das avarias comuns, as perdas por pequenas paragens são provocadas por problemas temporários no equipamento. Por exemplo, uma peça pode ficar obstruída num canal, ou um sensor de controlo de qualidade pode desligar temporariamente o equipamento, ou até um rebite ficar encravado. Logo que alguém remove a obstrução ou repõe o sensor, o equipamento retoma o funcionamento normal. Por serem normalmente fáceis de resolver e ocasionarem paragens de curta duração, tendem a ser ignoradas e a não serem consideradas uma perda, no entanto a sua acumulação é bastante significativa. Apesar de na literatura as pequenas paragens estarem associadas a perdas de performance na OGMA e *Embraer* é considerada uma perda de disponibilidade.

Perdas por velocidade reduzida - A perda por velocidade reduzida ocorre quando há diferença entre a velocidade à qual a máquina foi concebida para operar e a sua velocidade real, ou seja, quando o tempo de ciclo de um determinado processo ou peça é ultrapassado. Como a perda por velocidade reduzida tem um impacto significativo na eficiência do equipamento, deve ser explorada a fundo.

Defeitos de qualidade e retrabalho - Perdas por defeitos de qualidade surgem sempre que um produto falha nos padrões de qualidade definidos e exige retrabalho ou reparação. Assim origina dois tipos de cenários, o que a peça é sucutada, ou quando os defeitos são plausíveis de reparação, o que irá originar posteriormente um consumo excessivo de recursos para retrabalhar determinada peça. O consumo de recursos na produção do defeito e a perda de tempo provocada pelo retrabalho têm um enorme impacto na eficiência do equipamento.

Perdas de arranque - Perdas de arranque correspondem à redução do rendimento desde o momento em que a máquina é ligada até se atingir a produção estável. Muitas vezes são difíceis de identificar e a sua dimensão varia consoante a estabilidade das condições de processamento, a prontidão de dispositivos de fixação e matrizes, a formação dos operadores, as perdas resultantes de operações de ensaio e outros fatores. No seu conjunto, podem representar um volume considerável de perdas.

Na implementação da metodologia TPM é imprescindível o profundo conhecimento e compreensão das seis grandes perdas, de modo a conseguir analisá-las e direcionar ações, para mitigar ou corrigir os obstáculos à eficiência geral dos equipamentos.

2.4.4 Indicadores *TPM*

No contexto do TPM, o *OEE*, *Overall Equipment Effectiveness*, destaca-se como o *KPI* fundamental para monitorizar a eficiência dos equipamentos ou processos produtivos e servir como referência para a definição de metas, identificação de desperdícios e consequentemente, definição de projetos que visam atuar nos desvios identificados e atingir os objetivos definidos. Este indicador avalia a eficiência global do equipamento durante o período planeado de trabalho, ou seja, o tempo disponível subtraindo a paragens programadas.

O horizonte de análise inicia-se pelo Tempo Total de Calendário, que representa as 24 horas do dia. Ao descontar a ociosidade programada ou capacidade livre (Fins de semana, feriados, sem necessidade de produção) obtém-se o Tempo Programado Bruto. Subtraídas todas as paragens previamente programadas, como pausas, refeições ou reuniões regulares, resulta o Tempo Programado Líquido, ou seja, as horas efetivamente disponíveis e planeadas para operar. O Tempo Trabalhado representa a quantidade de tempo em que o equipamento esteve efetivamente em operação, assim ao Tempo Programado Líquido são retiradas todas as paragens não programadas que afetam a disponibilidade do equipamento, como *setups*, paragens diversas, avarias, falta de operador, falta de material, entre outras (Inderpreet SINGH Ahuja & Jaimal Singh Khamba, 2008). O Tempo Trabalhado ainda pode sofrer perdas de velocidade face ao ciclo ideal definido, dando origem ao Tempo Operacional Líquido. Por fim, ao subtrair as perdas por qualidade, originadas por defeitos ou retrabalhos obtém-se o Tempo de Valor Agregado.

Esta cadeia de deduções fundamenta métricas como o OEE, o *Total Equipment Utilization* (TEU) e o *Total Effective Equipment Performance* (TEEP), e permite identificar precisamente onde ocorrem os desperdícios e o tempo efetivo em que existe valor acrescentado. A Figura 7 ilustra a relação entre os diferentes tempos do processo produtivo que descrevem os indicadores acima referidos. Além disso, permite visualizar a abrangência e diferença entre o OEE, TEU e TEEP.



Figura 7 - Indicadores TEEP, TEU e OEE (OGMA, 2025)

A fórmula de cálculo do OEE é composta pelo produto dos indicadores de disponibilidade, performance e qualidade do equipamento (Shirose, 1992), mostrada na Equação (1).

$$OEE (\%) = Disponibilidade (\%) \times Performance (\%) \times Qualidade (\%) \quad (1)$$

A disponibilidade, mostra o percentual de tempo efetivo de trabalho em relação ao tempo programado para a produção e é calculada segundo a Equação (2):

$$Disponibilidade (\%) = \frac{Tempo\ Programado - Paragens\ não\ Programadas}{Tempo\ programado} \times 100 \quad (2)$$

A performance, demonstra a razão entre a velocidade teórica ideal de produção do equipamento e a velocidade efetiva e é calculada segundo a Equação (3):

$$Performance (\%) = \frac{Tempo\ trabalhado - Perda\ de\ performance}{Tempo\ trabalhado} \times 100 \quad (3)$$

A qualidade, relaciona o número peças produzidas sem defeitos com o total de peças produzidas e é calculada segundo a Equação (4):

$$Qualidade (\%) = \frac{Quantidade\ produzida - Quantidade\ não\ conforme}{Quantidade\ produzida} \times 100 \quad (4)$$

Embora o OEE seja o principal indicador da implementação da metodologia TPM, a sua aplicação limita-se a avaliar a eficiência global do equipamento no período programado de produção, conforme ilustrado na Figura 7. Todavia, não permite aferir se a utilização do equipamento, em relação a todo o tempo disponível efetivo, é de facto eficiente, ou se existe capacidade instalada que não está a ser utilizada. Assim são calculados outros dois indicadores, semelhantes ao OEE, o TEU e o TEEP (Attia H. GOMAA, 2024).

O TEU, Utilização Total do Equipamento, é um indicador que expressa o percentual de utilização do equipamento considerando o tempo programado bruto, em que normalmente são excluídas as paragens programadas como, turnos sem programação de produção, pausas e refeições. Ao medir e comparar-se este indicador com o OEE é possível verificar a capacidade de resposta instalada que pode ser utilizada, se por exemplo, as pausas e refeições forem rotativas entre os operadores, de modo que a máquina nunca pare. É o resultado do produto dos índices de Utilização Parcial (Equação 5), Disponibilidade, Performance e Qualidade, conforme apresentado na Equação (6).

$$\text{Utilização Parcial (\%)} = \frac{\text{Tempo programado bruto} - \text{Paragens programadas}}{\text{Tempo programado bruto}} \quad (5)$$

$$TEU = \text{Índice de Utilização Parcial} \times \text{Índice de Disponibilidade} \times \text{Índice de Performance} \times \text{Índice de Qualidade} \quad (6)$$

Pode ser calculado de forma simplificada através da Equação 7.

$$TEU = \frac{\text{Tempo de Operação com Valor Agregado}}{\text{Tempo Programado Bruto}} \quad (7)$$

O TEEP, Desempenho Total Efetivo do Equipamento, é um indicador que expressa a percentagem de utilização do equipamento partindo do princípio que o equipamento está disponível para a produção durante o tempo de calendário, 24 horas por dia e 07 dias por semana. O seu cálculo resulta do produto dos índices de Utilização Total (Equação 8), Disponibilidade, Performance e Qualidade, segundo a Equação (9).

$$\text{Utilização Total (\%)} = \frac{\text{Tempo programado bruto} - \text{Paragens programadas}}{\text{Tempo Calendário}} \quad (8)$$

$$TEEP = \text{Índice de Utilização Total} \times \text{Índice de Disponibilidade} \times \text{Índice de Performance} \times \text{Índice de Qualidade} \quad (9)$$

Pode ser calculado de forma simplificada através da Equação 10.

$$TEEP = \frac{\text{Tempo de Operação com Valor Agregado}}{\text{Tempo Calendário}} \quad (10)$$

O TEU e o TEEP assumem uma particular relevância, uma vez que permitem medir a utilização da eficiência global do equipamento tendo em consideração todo o tempo que este está disponível, contemplado a análise a par com o OEE. Assim, tornam-se imprescindível para a tomada de decisões estratégicas para aumentar a capacidade de resposta e utilização

do equipamento. Apesar de não existir uma meta definida para ambos os indicadores um equipamento com um horário padrão, a laborar a três turnos e com as pausas comuns, mesmo tendo um OEE classe mundial de 85%, apenas consegue no máximo atingir um TEEP de 55%.

Além dos indicadores de eficiência do equipamento, também são medidos através do TPM, dois indicadores com elevada relevância associados à manutenção e gestão dos ativos industriais, sendo estes o *Mean Time Between Failures (MTBF)* e o *Mean Time To Repair (MTTR)* (Shirose, 1992).

O MTBF, em português, tempo médio entre avarias contabiliza entre o momento em que a uma avaria ocorre até à seguinte falha. Habitualmente é calculado tendo em consideração os últimos três meses e com recurso à Equação 11.

$$MTBF = \frac{\text{Tempo programado líquido (três meses)}}{\text{Número de avarias}} \quad (11)$$

Por sua vez, o MTTR, tempo médio de reparação, corresponde ao tempo necessário para reparar avarias no equipamento, restaurando-o à sua condição ideal de funcionamento. Ou seja, é o tempo total desde a deteção da avaria e interrupção da produção até à sua resolução e retoma da mesma. Habitualmente é calculado tendo em consideração os últimos três meses e com recurso à Equação 12.

$$MTTR = \frac{\text{Tempo total de manutenção corretiva}}{\text{Número de intervenções}} \quad (12)$$

A Figura 8 representa de uma forma gráfica estes dois conceitos. O eixo das abcissas representa de forma binária se o equipamento está ou não disponível, enquanto o eixo das ordenadas representa o tempo em que o equipamento está a operar.



Figura 8 - MTBF e MTTR (OGMA, 2025)

2.5 Os 12 passos de implementação - JIPM

A partir dos anos 70, as indústrias japonesas começaram a aplicar o TPM sob a orientação do Instituto Japonês de Manutenção de Instalações (JIPM), na qual o engenheiro *Seiichi Nakajima* reuniu toda a metodologia de implementação no seu livro “Introduction to TPM”, em 1988 (Nakajima, 1988). *Nakajima* afirma que uma abordagem rápida não permite obter os benefícios da metodologia e que são precisos, no mínimo, três anos de esforço constante para colmatar as seis grandes perdas de produção e elevar a cultura TPM. O que implica o envolvimento de todos os níveis hierárquicos, a sua capacitação, motivação e envolvimento para garantir um ambiente de trabalho que mitigue todas as perdas e uma cultura de cuidado com os equipamentos.

Para a implementação do TPM, o JIPM propõe um caminho de doze etapas, subdivididas em quatro grandes fases. A primeira fase consiste na preparação, em que é definido todo o plano de implementação, o cronograma e os requisitos. A segunda consiste na fase de implementação preliminar, onde decorre o *Kick-Off* no equipamento, normalmente marcado com a primeira etapa de manutenção autónoma, que é a limpeza inicial, de modo a repor às condições iniciais do equipamento, inspecioná-lo e aumentar o conhecimento sobre o mesmo. A terceira fase, foca-se em criar hábitos de manutenção autónoma e melhoria contínua até que a mudança cultural esteja intrinsecamente enraizada no quotidiano. Na quarta fase ocorre a estabilização do programa, é realizado um balanço de modo a monitorizar os resultados, identificar os desvios aos objetivos iniciais e intervir nos desvios para que o processo de melhoria seja contínuo (Nakajima, 1988).

Este subcapítulo resume as doze etapas de implementação do TPM divididas pelas 4 fases como consta na referência bibliográfica do modelo de *Nakajima* (Nakajima, 1988).

2.5.1 Fase de preparação

Passo 1 - Anúncio da implementação por parte da alta administração. A direção anuncia a decisão de implementação do TPM através de uma apresentação institucional, ou palestra, onde apresenta a metodologia, a razão da implementação e os objetivos. O TPM é uma mudança cultural da organização e este momento visa criar um ambiente favorável a esta transformação, demonstrando à empresa a visão da liderança.

Passo 2 - Programa de formação e divulgação do TPM. Inicia-se uma campanha educativa para clarificar o TPM e motivar os colaboradores, combinando sessões de formação teóricas e/ou práticas para todos os níveis hierárquicos e deverá ter início o mais cedo possível a seguir ao primeiro passo. A campanha de educação deverá ser desenhada de forma a eliminar a resistência à mudança, aumentar a moral e garantir a completa compreensão do conceito. As empresas japonesas usam bandeiras, *slogans*, placares e sinais de forma a criar uma entidade e um ambiente positivo em torno do programa.

Passo 3 - Criação de um grupo de trabalho para a promoção do TPM. É estabelecida uma sede central de gestão do programa e formam-se equipas multidisciplinares, compostas por líderes intermédios, operadores, técnicos de manutenção e engenharia, de modo a garantir uma comunicação horizontal, que promova a partilha das dificuldades, a ação rápida nos problemas e a capacitação contínua entre todos. Estas equipas acompanham todo o processo de implementação, o controlo das rotinas e o foco nos objetivos, sendo crucial a integração de todos os níveis hierárquicos.

Passo 4 - Estabelecimento de políticas e metas. Através do diagnóstico do estado inicial do equipamento e das primeiras medições de indicadores a equipa deverá de definir metas de modo a definir o foco de melhoria que o grupo de trabalho deverá atingir com a metodologia. Os objetivos deverão de ser definidos de forma a evoluírem progressivamente de etapa a etapa. Devem ser considerados indicadores como o OEE, MTBF e MTTR.

Passo 5 - Criação de um plano de desenvolvimento do TPM. O plano de desenvolvimento do TPM estrutura as políticas e metas previamente estabelecidas, oferecendo visibilidade e controlo sobre o projeto. Elabora-se um cronograma detalhado de implementação para as cinco atividades fundamentais, nomeadamente a melhoria da eficiência do equipamento pela eliminação das seis grandes perdas identificadas, o estabelecimento da manutenção autónoma, a garantia da qualidade, o estabelecimento de um plano de manutenção planeada, a educação e a formação para aumentar a competência da equipa.

2.5.2 Fase Preliminar da Implementação

Passo 6 - Kick-off. Realização de um evento inaugural que marca o início prático do TPM junto dos equipamentos. Até esta fase, a gestão tinha o foco na preparação e a partir deste momento ocorre uma mudança no método de trabalho tradicional e os operadores começam a executar rotinas diárias de inspeção e manutenção autónoma para restaurar a condição inicial das máquinas. O envolvimento e colaboração de todos os operadores é crucial e por isso, torna-se imprescindível que todos suportem a política de implementação da administração. O evento de *Kick-off* deve ajudar a cultivar o envolvimento e um ambiente em que o moral e a dedicação crescem. No Japão, assume frequentemente a forma de uma reunião com todos os colaboradores e líderes, em que é comum serem convidados clientes e consultores, de modo a demonstrar a toda a organização a relevância que o programa tem. Nesta reunião são apresentados os planos desenvolvidos e o trabalho realizado durante a fase preparatória.

2.5.3 Fase de Implementação TPM

Passo 7 - Melhorias da eficácia de cada componente do equipamento. A equipa do TPM analisa cada componente da máquina para propor alterações que facilitem a manutenção autónoma. Envolvendo elementos fora da manutenção, promove-se o conhecimento profundo do equipamento, a identificação de oportunidades de melhoria contínua e a capacitação na realização de atividades básicas. Esta ação tem benefícios duplicados, uma vez que comprova a eficácia do projeto, motivando os colaboradores que ainda estão céticos à mudança, e fornece experiência à equipa de manutenção e engenharia para replicar as melhorias.

Passo 8 – Estabilização do programa de manutenção autónoma para os operadores. São definidas rotinas diárias de limpeza, lubrificação e inspeção pelos operadores, sustentadas essencialmente por práticas de 5S (de modo a garantir a estabilidade básica), por *checklists* e lições pontuais. Estes hábitos estabilizam a condição das máquinas, fomentam a responsabilidade direta dos colaboradores no alcance de metas de fiabilidade e promovem o sentimento de propriedade do seu equipamento. Este é o passo mais crítico e demorado uma vez que é nele que é desmitificada a antiga cultura organizacional e ocorre a

mudança para a manutenção produtiva total. Mudar a forma de pensar, a cultura e o ambiente instaurado é difícil e tipicamente demora entre dois e três anos. Por essas razões, *Nakajima* divide este pilar em sete etapas de implementação da manutenção autónoma, avançando-se para a etapa seguinte apenas quando a anterior estiver completamente implementada e enraizada na mentalidade da organização.

Para a implementação do pilar da manutenção autónoma existem sete etapas, Limpeza Inicial, a Eliminação das Fontes de Sujidade (FDS) e Locais de Difícil Acesso (LDA), a Preparar o Padrão Provisório, a Inspeção Geral dos Equipamentos, a Inspeção Geral do Processo, a Sistematizar a Manutenção Autónoma e a Autogestão. Na Tabela 3, é possível verificar a descrição de cada etapa (Nakajima, 1988).

Tabela 3 – 7 Etapas da Manutenção Autónoma

Etapa	Descrição
1.Limpeza Inicial	Intervenção de limpeza rigorosa de modo a inspecionar, conhecer o equipamento, identificar problemas e corrigi-los. A operação aprende que limpar é inspecionar e quem inspeciona deteta.
2.Eliminação das Fontes de Sujidade (FDS) e dos Locais de Difícil Acesso (LDA)	Prevenção das causas de pó, sujidade e dispersão. Melhoria das zonas de difícil acesso para limpeza e lubrificação. Redução do tempo necessário para a realização destas operações.
3.Preparação do Padrão Provisório	Definição de normas que reduzam o tempo despendido em limpeza, lubrificação e apertos (especificação de tarefas diárias e periódicas).
4.Inspeção Geral dos Equipamentos	As instruções do manual de inspeção são seguidas, pelo posto de trabalho, para detetar e corrigir defeitos de menor dimensão no equipamento. No fim desta etapa a organização já deverá de observar uma redução de 80% nas falhas do equipamento.
5.Inspeção Geral do Processo	Os padrões de inspeção e limpeza são reavaliados para eliminar quaisquer inconsistências e garantir as atividades de manutenção autónoma.
6.Sistematização da Manutenção Autónoma	Padronização do posto de trabalho individual e sistematização do controlo de manutenção. A organização, a melhoria e a simplificação das condições é essencial para que os padrões sejam mais fáceis de seguir.
7. Implementação completa da manutenção autónoma (MA)	Completo conhecimento, confiança e independência na realização e controlo das atividades de MA. Nesta fase, os líderes focam-se apenas na eliminação das seis grandes perdas, no aumento da frequência das atividades de melhoria e no registo dos resultados da análise do MTBF.

Passo 9 - Desenvolvimento do plano de manutenção preventiva para o Departamento de Manutenção. É incluído um plano de manutenção programada e preditiva e a gestão de peças sobresselentes e ferramentas. Também é analisado e elaborado um plano que transite gradualmente as tarefas adicionais, que não tenham sido contempladas ainda, da equipa de manutenção para os operadores, permitindo-lhes assumir progressivamente novas competências e aliviar a carga sobre os recursos especializados.

Passo 10 - Formação contínua para melhorar as competências dos operadores e da manutenção. A formação contínua é essencial para capacitar os colaboradores a conservar adequadamente os equipamentos. Ao formar sistematicamente é garantida a sustentabilidade do conhecimento dos colaboradores e da implementação do TPM, trazendo ganhos na capacitação das equipas, na melhoria do seu desempenho e autonomia e nos indicadores do equipamento e na sua maior autonomia. A educação e formação é um investimento nas pessoas que gera múltiplas formas de retorno.

Passo 11 - Desenvolvimento de um programa de melhoria antecipada da gestão do equipamento. As equipas de projeto, de engenharia e de manutenção são integradas desde o início da conceção dos equipamentos de forma a aperfeiçoar o *design* e promover melhorias técnicas, beneficiando o aumento da mutabilidade e fiabilidade, redução de falhas nas fases de juventude, de maturidade e de desgaste do equipamento e promovendo a prorrogação da sua vida útil.

2.5.4 Fase Estabilização TPM

Passo 12 – Implementação total do TPM e definição de objetivos mais ambiciosos. Fase de melhoria contínua em que é consolidada a implementação da metodologia, são definidas metas mais ambiciosas e o reforço na formação constante. Este espírito de evolução contínua garante que o TPM é consolidado como prática duradoura e adaptável às exigências futuras.

3 Caso de Estudo - Descrição da Situação Inicial

Neste capítulo será apresentado a descrição da situação inicial com uma contextualização da temática a que originou esta Dissertação. Serão introduzidas as empresas Embraer e OGMA, o Departamento Programa de Excelência Empresarial *Embraer* (P3E), o avião de carga militar C-390 e o equipamento *GEMCOR* G86, que constitui o foco da metodologia implementada. Este enquadramento permitirá compreender o panorama global em que o trabalho se insere, bem como os pressupostos, a relevância e a necessidade de melhoria do equipamento.

3.1 Grupo 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. Entre os seus modelos mais conhecidos estão a família de jatos regionais *Embraer-Jets* E1 e E2 (E175, E190 e E195), os aviões da linha *Phenom e Legacy* na aviação executiva, e recentemente, o cargueiro militar C-390. Atualmente, a Embraer é líder mundial nos segmentos em que atua, nomeadamente nos mercados de Aviação Comercial, Executiva, Defesa & Segurança e Serviços & Suporte (Embraer S.A. – Centro Histórico Embraer, s.d.).

Privatizada em 1994, a Embraer passou por um grande processo de expansão internacional, firmando parcerias estratégicas e adquirindo participações em empresas estrangeiras para fortalecer a sua posição global, estabelecendo empresas subsidiárias, nomeadamente unidades industriais, escritórios e centros de distribuição de peças e serviços nos Estados Unidos da América, Brasil, Singapura, China, Portugal, França, Irlanda, Inglaterra e Holanda. A empresa encerrou 2024 com um lucro líquido de 441,7 milhões de dólares, um aumento de quase 700% face aos 56,6 milhões de dólares registados no ano

anterior, e a sua carteira de encomendas atingiu os 26,3 mil milhões de dólares marcando um patamar inédito desde a sua criação em 1969, valorizando as suas ações em cerca de 160% (Negócios, O Globo, s.d.).

O portefólio da Embraer abrange uma variada gama de aeronaves, nomeadamente jatos comerciais e executivos, com previsões para 2025 que apontam para a entrega de entre 77 e 85 aviões comerciais e entre 145 e 155 aeronaves executivas, contribuindo para receitas estimadas entre 7 e 7,5 mil milhões de dólares. O grande destaque recai sobre o C-390 Millennium, um avião multimissão concebido para a área de Defesa & Segurança, que tem vindo a afirmar-se como um produto estratégico de enorme relevância. Em 2024, foram entregues três unidades deste modelo, demonstrando a sua competitividade num mercado global cada vez mais exigente. As suas capacidades técnicas avançadas e a notável versatilidade têm conquistado clientes, em diversos países como Brasil, Portugal, os Países Baixos, a Áustria, a Suécia, República-Checa, Hungria, Coreia do Sul, Marrocos e a Eslováquia. Francisco Gomes Neto, CEO da Embraer, sublinha que a expectativa é que, até 2030, sejam entregues até dez unidades do C-390 por ano, reforçando o papel central deste modelo na estratégia de crescimento e diversificação da empresa (Embraer S.A. – Centro Histórico Embraer, s.d.).

Em 2005, a Embraer adquiriu uma participação de 65% da OGMA, uma empresa portuguesa especializada na manutenção e modernização de aeronaves. A OGMA tem uma história de mais de um século e desempenha um papel estratégico no suporte a aeronaves militares e civis.

3.2 OGMA - Indústria Aeronáutica de Portugal, S.A

A OGMA, sediada em Alverca, é uma referência de longa data no setor aeronáutico português, com uma trajetória que se estende por mais de um século. Fundada em 1918 com o objetivo inicial de prestar serviços à Força Aérea Portuguesa, a empresa iniciou as suas atividades com a manutenção de aeronaves militares, a reparação de componentes e a produção de material e peças para a aviação, tanto militar como civil.

Durante as suas primeiras décadas, a OGMA concentrou-se no suporte ao setor da defesa, consolidando competências técnicas essenciais para a manutenção e fabricação de

componentes aeronáuticos. Em 2003, o governo português iniciou o processo de privatização da empresa, e em 2005 a Embraer adquiriu 65% do seu capital. Esta mudança estratégica permitiu à OGMA expandir as suas operações para o mercado global, aumentando o volume de negócios e diversificando a sua área de atuação, especialmente nas Aeroestruturas, uma unidade de negócio que tem vindo a crescer especialmente devido ao *RAMP UP* do cargueiro militar KC-390, como referido anteriormente. A OGMA especializa-se em duas áreas de negócio fundamentais, sendo estas:

- Serviços de MRO (Manutenção, Reparação e Revisão) - A empresa presta serviços integrados de manutenção, reparação e revisão para aeronaves e motores, atendendo tanto ao setor civil como militar. Este serviço é crucial num mercado altamente competitivo, onde a excelência e a segurança operacional são imperativas;
- Fabricação e Montagem de Aeroestruturas - A OGMA investe na produção e montagem de aeroestruturas, contribuindo para a fabricação de componentes estruturais essenciais à aviação moderna.

O desempenho da OGMA no mercado global é refletido pelo seu reconhecimento como uma das 10 melhores prestadoras de serviços de MRO na Europa, conforme o ranking TOP 10 MRO's in Europe 2022 da revista *Aerospace & Defense Review* (OGMA – Indústria Aeronáutica de Portugal, S.A., s.d.). Esta distinção sublinha o compromisso da empresa com a qualidade, a segurança e a inovação. A OGMA está qualificada para realizar serviços de manutenção em aeronaves civis e militares, contando com certificações emitidas por entidades e fabricantes de renome, tais como a Autoridade Aeronáutica Nacional (AAN), a Autoridade Nacional da Aviação Civil (ANAC), *European Union Aviation Safety Agency (EASA)*, *Federal Aviation Administration (FAA)*, *Lockheed Martin*, *Embraer*, *Rolls-Royce*, *Pratt & Whitney*, *Military Design Organisation Approval*.

Estas certificações garantem que os serviços prestados cumprem os mais elevados padrões de qualidade e segurança exigidos pelo setor aeronáutico internacional.

Com uma equipa composta por aproximadamente 1950 colaboradores, a OGMA não só apoia uma vasta gama de áreas de negócio e serviços de suporte, como também se afirma como um dos principais exportadores e geradores de valor para a economia nacional. A sua capacidade de inovar e adaptar-se às exigências de um mercado globalizado faz dela uma

referência incontornável no setor de MRO e na indústria aeronáutica. Na Figura 9 é possível visualizar um mapa representativo das instalações da OGMA.

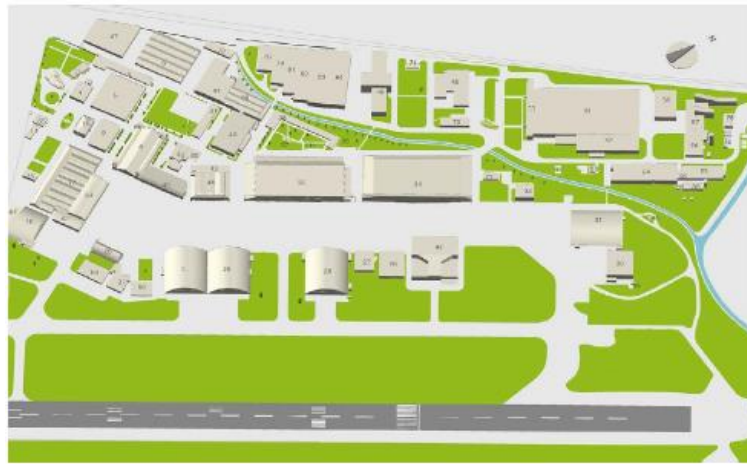


Figura 9 - Mapa representativo das Instalações OGMA (OGMA, 2025)

3.3 Programa de Excelência Empresarial Embraer

Na OGMA, o Sistema de Excelência Operacional integra o Programa de Excelência Empresarial da Embraer (P3E) e baseia-se na filosofia *Lean* para otimizar processos e eliminar desperdícios em todas as áreas da empresa. Este sistema integra os processos operacionais e administrativos, procurando garantir a segurança em primeiro lugar, qualidade sempre, entregas pontuais e ao menor custo. Desempenha um papel central na coordenação da organização. Este sistema estrutura-se em quatro pilares:

- **Entendimento da Estratégia** - Definição de metas e iniciativas desafiadoras que se estendem em todos os níveis, alinhando todos os colaboradores aos objetivos;
- **Gestão Integrada** - Acompanhamento sistemático através do quadro de SQDC Segurança, Qualidade, Entrega e Custo (SQDC), permitindo a identificação de desvios e a alimentação do *Action Tracker*;
- **Excelência nos Processos** - Mapeamento dos fluxos de valor e aplicação de metodologias *Lean* para eliminar ineficiências e melhorar continuamente os processos;
- **Protagonismo das Pessoas** - Formação e capacitação que incentivam a participação ativa da equipa na implementação das melhorias.

Na empresa são promovidas iniciativas e desenvolvidas ações como as Semanas *Kaizen*, os 5S, a Gestão *Lean*, a Gestão de Materiais, o TPM e o Programa “Boa Ideia!”, que estimulam a identificação e a implementação de soluções, originando o incremento da sua eficiência, competitividade e segurança. Além disso, o P3E promove a metodologia *Hoshin Kanri*, que consiste no desdobramento da estratégia da organização e acompanhamento dos *KPIs* estratégicos. Por fim, a Academia *Lean*, que por sua vez, fornece formação teórica adaptada às necessidades da empresa, acelerando a adoção desta cultura e a capacitação das pessoas.

Este esforço e comprometimento com a melhoria constante dos processos foi reconhecido em 2024, quando o Departamento P3E na Embraer foi premiado pelo *Kaizen Institute* como a melhor entidade mundial a aplicar práticas *Lean* (EMBRAER – Empreendimentos e Participações S.A, s.d.).

3.4 Embraer C-390 Millennium

O *C-390 Millennium*, desenvolvido pela Embraer, é a mais recente geração de aeronave militar de transporte multimissão, concebida para aliar mobilidade, elevada produtividade e flexibilidade operacional a custos de operação reduzidos.

Entre as suas capacidades, como o reabastecimento aéreo e as possibilidades de adaptação multimissão, destaca-se a aptidão para realizar missões críticas, como a procura e salvamento e a evacuação aeromédica, onde a velocidade elevada e a eficiência dos seus motores *turbofan* são determinantes. A robustez do seu *design*, reforçada por um piso de carga resistente e um sistema de aterragem de quatro rodas, possibilita operações em pistas semi-preparadas e em condições adversas, desde áreas desérticas até ambientes com condições climáticas extremas. Além disso, as suas asas e motores distantes do chão permitem executar operações nestes terrenos em condições sem sugar detritos que possam danificar os motores. Em termos de tecnologia, o C-390 integra sistemas de controlo de voo *fly-by-wire* e uma cabine de aviónica moderna, que inclui recursos como *Head-Up Display* duplo, compatibilidade com sistemas NVIS e estações opcionais para tripulação adicional, assegurando uma interface intuitiva e uma elevada capacidade operacional mesmo em cenários críticos. Além disso, dispõe de um abrangente sistema de autoproteção, com

dispositivos de deteção e resposta a ameaças, reforçando a sua aptidão para sobreviver em ambientes hostis (EMBRAER Defesa & Segurança, s.d.) (Ribeiro C. , 2017).

O aumento das tensões geopolíticas levou a um aumento da procura a nível global pelo C-390, impulsionando o processo de modernização das frotas militares em substituição das aeronaves envelhecidas, como o tradicional *Lockheed C-130 Hercules*. O robusto desempenho operacional do C-390 (Figura 10) é refletido pelas mais de 15.500 horas de voo acumuladas em serviço e por um valor em *backlog* que atinge os 2,1 mil milhões de dólares, cerca de 35 aeronaves, com previsões de aumento da produção anual de mais de 10 unidades até 2030. Esta expansão é suportada por uma estratégia de crescimento internacional, que inclui a abertura de um escritório de defesa na Europa para melhor atender às exigências das organizações multinacionais, como a NATO.

No âmbito da cadeia de produção, destaca-se a colaboração com a OGMA, responsável pela produção dos 10 painéis da fuselagem central na GEMCOR, equipamento estudado no âmbito deste trabalho, bem como pela produção do *Main Landing Gear Door*, do *Sponson* e do *Elevator* do C-390, contribuindo assim para a excelência e integridade desta aeronave e firmando a sua posição em um produto estratégico para a Unidade de Negócio de Aeroestruturas da OGMA (OGMA – Indústria Aeronáutica de Portugal, S.A., s.d.).



Figura 10 - Embraer KC-390 Millennium (EMBRAER Defesa & Segurança, s.d.)

3.5 Equipamento *GEMCOR G86*

O Equipamento *GEMCOR G86* (Figura 11), modelo produzido pela *Electroimpact*, é uma máquina de furação e rebiteamento automática para a produção de Painéis das aeronaves do *Dassault Falcon 6X*, *Airbus C295*, e essencialmente *Embraer C-390*.



Figura 11 – Equipamento *GEMCOR G86*

Este modelo com seis graus de liberdade, é constituído por um gabarito flexível assente no chão e um pórtico que se desloca em carris ao longo desse gabarito, nos eixos X, com um curso máximo de cerca de 11 metros, eixo Y com cerca de 3,5 metros e W/Z, com cerca de 4 metros. O equipamento apresenta um Eixo A com 90° de liberdade e um Eixo B com 16° de liberdade, como é possível verificar na Tabela 4. O pórtico, além de conter a rebiteadora, possui ainda todas as ferramentas necessárias aos processos, tendo também alocada a si a plataforma do operador.

Tabela 4 - Eixos Equipamento *Gemcor* (OGMA, 2025)

	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z / W	Eixo A	Eixo "B"
Curso máximo	11.176 mm	3.480 mm	4140 mm	+/- 90°	+/- 16°
Precisão posicionamento	+/- 0.12 mm	+/- 0.12 mm	+ / - 0.1mm	+ / - 1 ARC min	
Repetibilidade	+/- 0.063 mm	+/- 0.063 mm	+ / - 0.05mm	+ / - 40 ARC sec	

É um equipamento crítico do negócio das Aeroestruturas, de grande dimensão, custo elevado e essencial para cumprir com a procura dos produtos fornecidos pela OGMA, nomeadamente a fuselagem central do C-390, uma vez que o requisito do cliente só permite que o processo de rebiteamento seja realizado em máquina.

Depois de os painéis estarem corretamente posicionados no gabarito flexível (*WorkFrame*), quadro laranja visível na Figura 11, 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.

O cabeçote da máquina é dividido em dois conjuntos, o *Upper Head* que é constituído por um cabeçote rotativo com três *spindles* para furação, três *upper anvil* para inserção dos rebites/pinos, um *probe* de medição e uma câmara de ressincronização, para reposicionamento dos eixos, e correção do desvio, um sistema de lubrificação de broca, de aplicação de selante e quatro sensores de normalidade, que têm como objetivo garantir a perpendicularidade do furo em relação ao painel medindo a distância de cada sensor à superfície do painel, compensando diretamente. O *Lower Head* é constituído pela *lower ram* que é responsável pelo acionamento da ferramenta inferior para aperto e aplicação da força de rebiteagem e por uma base rotativa (*turntable*) para zonas de difícil acesso nos painéis (Ascent Aerospace, s.d.). O processo é totalmente autónomo, onde se inclui vários subprocessos necessários para a rebiteagem de acordo com os requisitos normativos. O ciclo completo que o equipamento permite fazer consiste em:

- Posicionar e 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 com a câmara de ressincronização (Figura 12);
- Realizar a furação de vários diâmetros utilizando *spindles* diferentes;
- Realizar o escareado (quando aplicado rebites rasos);
- Verificar a qualidade da furação 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 através do *Buck*;
- Verificar a altura do fixador no escareado, utilizando a sonda (*probe*).

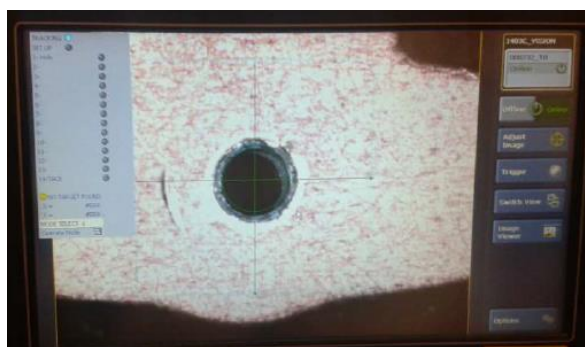


Figura 12 – Câmara de ressincronização

O equipamento tem ainda incorporado um sistema de alimentação de fixadores automático, denominado F2C2, e um sistema de alimentação de colares que fornece automaticamente os tipos de fixadores e colares necessários ao processo. Esta máquina tem também a capacidade de efetuar ensaios de metrologia dimensional em amostras (Provetes), segundo normas internas, para medição, verificação e validação dos parâmetros de furação, antes de iniciar a produção, como por exemplo ajustes na altura do escareado ou a verificação dimensional dos furos, sendo uma etapa obrigatória a cada *setup*.

No ambiente da máquina existem duas estações de carregamento (Figura 13). Cada estação de carregamento é equipada com três posições de carregamento conforme o tipo de rebite e diâmetro. O princípio de funcionamento da estação de carregamento consiste na vibração de um recipiente, criando uma força centrífuga, que com a ação de alinhadores, direciona os rebites para um tubo e respectivas cassetes. O tempo de ciclo de cravação dos rebites, alimentado automaticamente através da cassete, demora entre 6 a 8 segundos enquanto se for utilizado o *manual drop*, aumenta para cerca de 25 segundos.



Figura 13 - Cassetes de rebites F2C2 (esquerda) Estações de carregamento automáticas (direita)

4 Caso de estudo

Neste capítulo será apresentado o caso de estudo a desenvolver no âmbito deste trabalho, que consiste na implementação da metodologia TPM na *GEMCOR*. Assim, serão descritas todas as fases de implementação do TPM, desde a preparação inicial, formação, *workshop* de limpeza inicial, rotinas de gestão dos indicadores, os projetos *Kaizen* desenvolvidos de forma a atingir as metas estabelecidas e diagnóstico da maturidade relativo ao seguimento da metodologia, realizado por parte de um consultor responsável pelo TPM a nível mundial da Embraer.

Como referido nos subcapítulos anteriores a implementação da metodologia decorre num período de aproximadamente 3 anos, seguindo assim uma estrutura por etapas. A primeira etapa é a mais crítica e a que representa o início da implementação no chão de fábrica, pelo que resume toda a metodologia, as iniciativas, os objetivos e as ações decorridas durante o projeto. Após uma avaliação de etapa positiva, que garanta que os conhecimentos estão consolidados e as metas atingidas, ocorre a evolução de etapa, no entanto a implementação é realizada com o enquadramento das sete etapas da manutenção autónoma.

4.1 Enquadramento do caso de estudo

A crescente exigência do mercado aeronáutico é marcada pela elevada competitividade, nível de segurança, qualidade e capacidade de reposta às flutuações da procura. Neste momento, com a crise geopolítica instaurada a nível mundial, a Embraer, sócia maioritária da OGMA, está numa fase de crescimento da procura do C390 que está a reforçar e a modernizar as frotas das forças aéreas por todo o mundo, como referido no subcapítulo 3.4.

A OGMA fornece à Embraer a fuselagem central do C390, composta por 10 painéis, a *MLG Door*, *Elevator* e *Sponson*, sendo um programa estratégico não só para o negócio das aeroestruturas, bem como para toda a empresa. Além disso, existem outros contratos que obrigam a organização a otimizar os seus processos de forma a cumprir com os requisitos de todos os clientes. A *GEMCOR* torna-se um equipamento crítico para a empresa uma vez que é nela que afunilam os painéis da fuselagem central do C390, da Embraer, do *Falcon 6X*, da *Dassault* e os do C295, da *Airbus*, tornando-se um *bottleneck* de toda a área. A par de várias

ações, foi solicitado a implementação da metodologia TPM na GEMCOR por forma a otimizar o ativo, reduzir custos de manutenção e garantir o cumprimento do plano de entregas, com a segurança e qualidade, dos produtos mencionados por forma a obter o melhor resultado financeiro para a organização.

4.1.1 Objetivos da implementação

O êxito de qualquer implementação assenta na consolidação de um processo estável, fase em que se estabelece a confiança para o avanço do projeto e se assegura a alocação dos recursos imprescindíveis à sua continuidade e evolução. Nesta fase inicial, a mais decisiva, a compreensão profunda da metodologia é essencial para garantir que os procedimentos e rotinas definidos sejam cumpridos, preservados e aperfeiçoados ao longo do tempo, evitando desvios que possam comprometer os resultados. É também nesta fase que se estabelecem os alicerces da estabilidade básica, permitindo assegurar a manutenção das práticas, o seu desenvolvimento contínuo e, por conseguinte, alcançar de forma sustentável os ganhos de eficiência e fiabilidade pretendidos.

As metas a atingir com a metodologia são definidas através de um Acordo de Metas, que contempla uma evolução progressivamente em cada etapa da manutenção autónoma. A definição dessas metas baseia-se nos registos dos três primeiros meses após a implementação da metodologia, servindo estes como referência inicial para a medição do desempenho e serão apresentadas, posteriormente, no subcapítulo 4.2.6. O acordo de metas e a evolução de etapa está agendada para nove meses após o *kick-off* da implementação através do evento do *Workshop* de Limpeza inicial. Nesse momento, o coordenador do programa, em conjunto com o líder da área, poderá certificar esta etapa, caso tenha condições e cumpra com os requisitos.

4.2 Fase de Preparação

A implementação da metodologia TPM implica a colaboração e o esforço de diversos recursos e departamentos da empresa. É fundamental apresentar o trabalho à administração

e garantir o seu patrocínio desde o início, sendo este apoio um fator crucial para preservar a motivação e o compromisso de todas as equipas envolvidas.

Para que a implementação avance de forma coordenada, foi criada uma equipa multidisciplinar que contempla o supervisor de produção, um engenheiro de produção, um técnico de manutenção industrial, um técnico de higiene e segurança, os agentes de melhoria contínua e o coordenador do TPM (o investigador). Sendo este o grupo responsável pelas linhas orientadoras da implementação e da gestão de todas as atividades e rotinas.

4.2.1 Mapeamento do processo da Manutenção Industrial

Numa implementação desta dimensão, a primeira ação é avaliar a capacidade de resposta da manutenção de forma a garantir que este departamento irá conseguir suportar as diversas atividades de transferência de conhecimento para a operação, preparação e acompanhamento da metodologia. Desse modo, foi realizado um projeto de mapeamento das atividades da manutenção industrial (Figura 14) e um *benchmarking* com as unidades da Embraer, fulcral na fase inicial da implementação de modo a garantir que existe um alinhamento das necessidades entre todos os envolvidos.

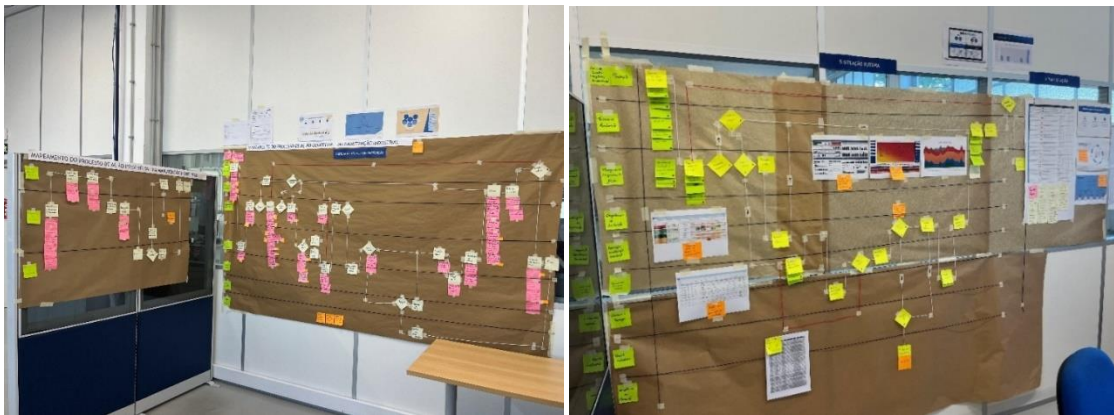


Figura 14 - Mapeamento As Is e To Be Manutenção Industrial

1e

dificultam a capacidade de resposta da manutenção industrial e definir várias ações, sendo as mais estruturantes, as seguintes:

- Plano de reestruturação dos processos de manutenção;
- Revisão da equipa e alocação de técnicos como padrinhos das máquinas;
- Aumento de autonomia por redimensionamento do *plafon* para aquisição de peças de reposição e componentes necessários para intervenções rápidas;

- Aquisição de *software* de gestão da manutenção;
- Terceirização de atividades de Valor Não Acrescentado, na ótica da manutenção;
- Balanceamento da carga/capacidade dos técnicos de manutenção pelas áreas.
- Desenvolvimento de competências dos técnicos.

Este conjunto de ações permite aumentar a capacidade de resposta da manutenção, de modo que, ao longo do tempo, seja possível migrar de uma manutenção corretiva para mais preventiva e reduzir o número de falhas. Numa implementação de TPM é essencial esta primeira abordagem junto da equipa da manutenção industrial de modo a perceber as suas necessidades e aumentar a sua capacidade de apoio à implementação da metodologia.

4.2.2 Atividades de preparação - Manutenção Planeada

Neste subcapítulo irão ser apresentadas as atividades de preparação do pilar Manutenção Planeada, sendo estas resumidas na definição do plano do *Workshop* de limpeza inicial (*kick-off*), a definição de roteiros prévios de limpeza e inspeção e a preparação de lições ponto a ponto.

4.2.2.1 Plano do *Workshop* de Limpeza Inicial (WLI)

No planeamento da intervenção é realizada a divisão do equipamento, presente no Anexo A e é definido o método de limpeza de cada parte da máquina, o levantamento dos equipamentos e produtos necessários tendo em consideração essencialmente os dois pontos chave, nomeadamente:

- Existe risco de segurança, então devem ser intervencionados exclusivamente pela manutenção industrial;
- Contemplam as áreas mais operacionais do equipamento e devem ser atribuídas aos operadores, de forma que, ao realizarem a limpeza e inspeção, possam aprofundar o conhecimento técnico, desenvolver o domínio sobre o seu equipamento e aumentar a capacidade para detetar precocemente os sinais de anomalias.

Em seguida, é definida uma data para o *WLI*, em articulação com o planeamento, possibilitando a paragem do equipamento, sem impactar as entregas. A manutenção define ainda os grupos da máquina, como será intervencionado cada elemento, por quem pode ser e com que materiais ou produtos podem ser utilizados. Fornece visibilidade do histórico de avarias e calcula os indicadores MTBF e MTTR, para que possam ser comparados com os indicadores da plataforma e calculadas as metas através do Acordo de Metas.

4.2.2.2 Roteiros prévios de Inspeção e Limpeza

Nesta fase são elaborados os roteiros de inspeção prévios e limpeza, representados nas Figuras 15 e 16, respetivamente. Os roteiros de limpeza e inspeção são fundamentais para o sucesso de uma estratégia TPM, uma vez que através de *checklists* padronizados e da sua execução sistemática em intervalos definidos, asseguram-se condições ótimas de funcionamento das máquinas, permitem a deteção precoce de anomalias e evitam a degradação prematura dos componentes, promovendo a melhoria contínua, a sustentabilidade operacional, a fomentação de cultura de responsabilidade e a redução drástica das avarias.








 ROTEIRO DE INSPEÇÃO Revisão: 7 Última atualização: 03/02/2025 Atualizado por: Váler Agostinho									
ÁREA: FAPM			MÁQUINA: GEMCOR						
ILUSTRAÇÃO	ITEM	DESCRIÇÃO	MÉTODO	SEGURANÇA	PLANO DE CONTINGÊNCIA		TEMPO NECESSÁRIO	PERIODICIDADE	RESPONSÁVEL
	1	Ferramentas do kit	Verificação da arrumação do kit de ferramentas, bem como da existência e funcionalidade de cada uma das ferramentas.				120 s	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	2	As portas dos armários de todos sistemas	Verificar se todas as portas de todos os armários dos sistemas se encontram bem fechadas, caso contrário o ar condicionado não irá funcionar.				120 s	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	3	Manómetros do sistema de abastecimento de ar comprimido no equipamento.	Verificar se todos os manómetros de ar comprimido se encontram entre 6 e 8 BAR. Conforme LPP-005		<div style="display: flex; gap: 5px;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></div> Se o manómetro se encontrar entre 6 e 8 BAR - OK </div> <div style="display: flex; gap: 5px;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></div> Se o manómetro não estiver entre 6 e 8 BAR - Ação 1 </div>	Ação 1: Acionar a manutenção para a verificação do sistema de ar comprimido	30 s	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades

Figura 15 – Excerto do Roteiro de Inspeção GEMCOR (OGMA, 2025)

OGMA EMERGES GROUP		ROTEIRO DE LIMPEZA				Revisão: 5 Última atualização: 03/02/2025 Atualizado por: Víber Agostinho	
		ÁREA: FAPM	MÁQUINA: GEMCOR				
ILUSTRAÇÃO	ITEM	DESCRIÇÃO	MÉTODO	SEGURANÇA	TEMPO NECESSÁRIO	FREQÜÊNCIA	RESPONSÁVEL
	1	Probe de medição da altura da cabeça do rebite	Inspeccionar para a possibilidade de ter sujidade. Limpar utilizando um pano e álcool isopropílico. Inspeccionar o funcionamento e alinhamento da probe, verificar os valores de medição após calibração da reserar excessivo e manusear com ar comprimido. Limpar com um pano seco e com algum cuidado para não danificar nenhum componente.		3 min	SETUP Time e sempre antes de iniciar a entrada do painel no C-frame para produção.	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	2	Detectores de rebite em falta, broca quebrada e sensores de perpendicularidade.	NOTA: O maior cuidado para não tocar no lubrificador de		5 min	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades
	3	Pinças de rebites (Fingers) e ferramentas inferiores.	Retirar excesso de limalha com ar comprimido. Utilizar um pano e MEK conforme necessário.		3 min	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades

Figura 16 - Excerto do Roteiro de Limpeza da GEMCOR (OGMA, 2025)

Após o *Workshop* de Limpeza Inicial os roteiros são aperfeiçoados, com a adição de mais conteúdo que seja necessário e mencionando as lições ponto a ponto. Os roteiros deverão de responder, para todos os pontos de inspeção, aos oito “Nãos”, nomeadamente, não subir, não descer, não procurar, não aproximar, não tocar, não movimentar, não usar ferramentas e não pensar. Assim, é assegurado que a gestão visual é maximizada e que estas atividades são tornadas o mais simples possíveis de serem executadas. Nos ANEXOS B e C encontram-se os roteiros de inspeção e limpeza.

4.2.2.3 Lições Ponto a Ponto (LPPs)

A Lição Ponto a Ponto (LPP) é um método simples e eficaz para a transmissão de conhecimentos, educação, formação e capacitação de modo rápido, claro e objetivo, com o intuito de atingir o completo domínio do equipamento.

A elaboração deve ser feita pelos membros do Grupo Autónomo, com a validação e orientação do líder da área, e seguindo o modelo definido que fornece o padrão para a criação das LPPs. Este modelo também inclui o funil de transferência de atividades da manutenção preventiva para o Grupo Autónomo e disponibiliza também a tabela de controlo de passagem das LPPs. Após qualquer colaborador receber a informação e assinar o registo de passagem de conhecimento pode transmitir a informação a outra pessoa. Se a transferência de alguma atividade para o GA tiver risco de segurança, a LPP deve ter a autorização do técnico de segurança da área. No Anexo D pode ser constatado um exemplo de LPP.

4.2.3 Gestão de risco – Segurança Ocupacional

Um dos principais objetivos da metodologia é a procura pelos “zero acidentes” através da mitigação de riscos de segurança e promoção da saúde e bem-estar do colaborador, além da procura de processos produtivos que não afetam ou que minimizam o impacto ambiental. Nesse sentido, a equipa de segurança tem um papel fulcral realizando análises de risco e de mitigação dos mesmos, à medida que as atividades são executadas.

De forma prévia, a equipa de segurança ocupacional emite uma permissão de trabalho para a intervenção na máquina e realiza uma análise de risco (Anexo E). Nesta análise são identificados todos os riscos que um colaborador pode estar sujeito na prática das suas funções, bem como todos os riscos a que o grupo de intervenção na máquina poderá estar sujeito. Esta etapa representa uma mudança significativa, uma vez que introduz uma abordagem sistemática e preventiva da segurança, não apenas mitigando riscos no momento, mas também capacitando os operadores para identificar e antecipar potenciais perigos.

Posteriormente, o plano de limpeza é apresentado à equipa de segurança e realiza-se um *gamba* ao equipamento para confirmar que todos os riscos e perigos estão devidamente identificados. Antes do início do *Workshop* de limpeza, e com todo o grupo de intervenção reunido, é realizado uma ação de sensibilização pela equipa de segurança para explicar, de acordo com o plano de limpeza, os riscos e como evitá-los. Adicionalmente é abordado de forma sistemática a importância da segurança terminando com o lema “Safety first”, com o intuito de capacitar os operadores na antecipação de perigos, dotando-os de competências para identificar situações de risco, antes que se tornem incidentes ou acidentes.

4.2.4 Atividades preparação - Manutenção Autónoma

Neste subcapítulo irá ser apresentado as atividades de preparação do pilar Manutenção Autónoma. Nesta fase, o foco está em garantir que o Grupo Autónomo é definido e que todos têm as formações necessárias, que as etiquetas de anomalias estão impressas e a sua plataforma de gestão está operacional, que o quadro de gestão à vista é montado e é implementada a plataforma de registos das atividades, com o seu devido acompanhamento.

4.2.4.1 Grupo autónomo e formação

É definido um Grupo Autónomo (GA) do equipamento, composto pelos operadores e supervisor da GEMCOR, o engenheiro de programas, um técnico de manutenção (Padrinho da máquina) e um engenheiro de produção e com o coordenador do TPM. Este grupo irá desempenhar as atividades relativas à metodologia TPM, cumprir com as rotinas definidas, devendo ter participado previamente nas seguintes formações:

- TPM Conceitos Básicos, de 6 horas;
- Conceitos Básicos de OEE, de 1 hora;
- Limpeza Inicial – 1º Etapa da Manutenção Autónoma, de 1 hora.

4.2.4.2 Etiquetas de anomalias

São preparadas etiquetas *à priori* da intervenção de limpeza inicial no equipamento, para posteriormente serem colocadas quando alguma anomalia for identificada, tanto no WLI, assim como em todas as rotinas de limpeza e inspeção posteriores. Estas etiquetas podem ser azuis, caso a anomalia deva ser direcionada para a produção ou vermelhas se for para a manutenção (Figura 17).



Figura 17 - Etiqueta Azul (Produção) e Vermelha (Manutenção)

Todas as etiquetas têm de ser classificadas pelo grau de prioridade em A, B ou C. Prioridade A (Risco de Segurança), a solução deve ser imediata. Em casos extremos, que não seja possível uma ação imediata, deve-se de ser tomada uma ação de contenção. Com a Prioridade B, a prioridade é alta, mas não há risco de segurança. A correção pode ser agendada e o prazo para solucionar a anomalia não deve ser superior a 30 dias. Por fim, a Prioridade C, em que a correção poderá ser feita de forma preventiva, porém se a etiqueta for azul o prazo não deve ser superior a 90 dias.

4.2.4.3 Quadro gestão à vista

É preparado um Quadro TPM de gestão à vista preenchido diariamente/semanalmente pelos operadores do equipamento, e composto por vinte e quatro elementos, sendo estes visíveis na Tabela 5 e na Figura 18.

Tabela 5 - Quadro gestão à vista TPM

1. Identificação do Grupo Autônomo	5. Indicador de Acidentes	9. Indicador Etiqueta Azul	13. Indicador MTTR	17. Roteiro de Limpeza	21. Matriz de Formação
2. Estratificação das etiquetas	6. Indicador OEE Diário	10. Indicador Etiqueta Vermelha	14. Manutenção Programada	18. Roteiro de Inspeção	22. Plano de Ação
3. Cronograma de desenvolvimento de etapa	7. Indicador OEE Mensal	11. Indicador Tempo de Limpeza	15. Árvore de Falhas	19. Calendário de Reuniões, Avaliações 5S e auditoria de etapa	23. Folhas de Auditoria de etapa
4. Acordo de metas	8. Indicador 5S	12. Indicador MTBF	16. Cronograma de Responsabilidades	20. Mapeamento de Etiquetas	24. Participação do Grupo Autônomo



Figura 18 - Quadro gestão à vista TPM da GEMCOR

4.2.4.4 Plataforma de registos

De forma a permitir a medição dos indicadores do equipamento e a sua correta estratificação foi elaborada uma plataforma de registos no *Microsoft ACCESS*, com a interface visível na Figura 19. Após a parametrização com todos os *itens* processados pela GEMCOR e os tipos de paragens programadas e não programadas mais comuns, a

plataforma foi apresentada à produção, criando-se todas as condições para que possam registar as atividades que estejam a ocorrer com o equipamento ao longo do dia.

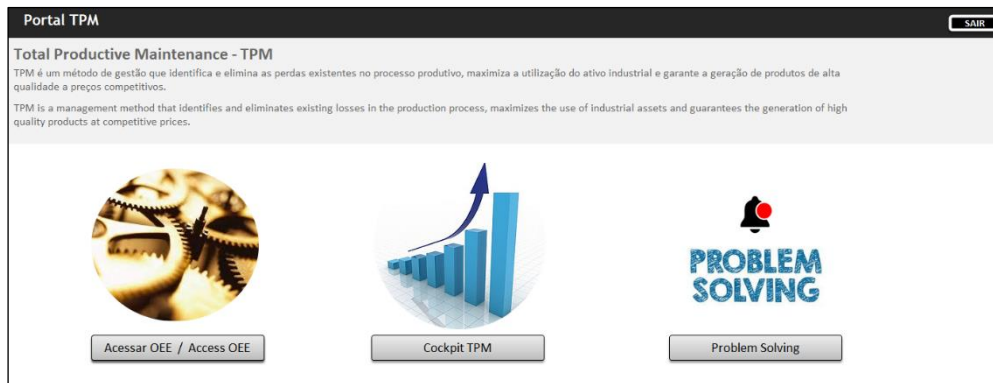


Figura 19 – Interface plataforma TPM

Após uma breve formação sobre a utilização da plataforma os operadores na GEMCOR iniciaram os registos de todas as atividades, programadas ou não programadas, a que o equipamento estava sujeito. A plataforma foi totalmente parametrizada para facilitar tanto a inserção de dados, através de variados subcódigos, como a estratificação das perdas e cálculo de todos os indicadores. Esta etapa revelou-se crucial, embora marcada pela dificuldade de desmitificar a perceção de que o objeto de monitorização é o operador e não o equipamento. Superada essa barreira, foi possível construir uma base de dados fidedigna. Os operadores registam todas os tempos de produção, paragens programadas e não programadas como por exemplo setups e análise de produto. A *performance* é calculada automaticamente, caso o somatório do tempo de produção registado ultrapasse o tempo padrão definido para o programa (Exemplo na Figura 20).

Sair / Exit Produção / Production Paragens / Stops Não Qualidade / No Quality Vida útil das Ferramentas / Tools Lifetime										
Grupo / Group		Equipamento / Equipment				Data / Date				
FAPM		GEMCOR				19/03/2025				
Início Start	Fim End	Tempo Time	Parcial Partial	DocReferência DocReference	Item / Item Fase / Phase	Tipo de Parada Stop Type	Código da Parada Stop Code	Perda Perf Loss Perf	Comentário Comment	
19/03/2025 06:30:00	19/03/2025 06:38:00	00:08:00	Não			Paradas Não Programadas Unscheduled breaks	Pequenas Paradas Short stoppages	00:00:00	passagem turno	
19/03/2025 06:38:00	19/03/2025 06:55:00	00:17:00	Não			Paradas Programadas Scheduled breaks	Limpeza / Inspeção de máquina Cleaning / Machine inspection	00:00:00	ferramenta limpeza da probe e buck	
19/03/2025 06:55:00	19/03/2025 07:10:00	00:15:00	Não			Paradas Não Programadas Unscheduled breaks	Setup Setup	00:00:00		
19/03/2025 07:10:00	19/03/2025 07:25:00	00:15:00	Sim	17338774A004	T3LHP3	Produção / Production	Produção / Production	00:00:00		
19/03/2025 07:25:00	19/03/2025 07:27:00	00:02:00	Não			Paradas Não Programadas Unscheduled breaks	Pequenas Paradas Short stoppages	00:00:00	cassete	
19/03/2025 07:27:00	19/03/2025 08:00:00	00:33:00	Sim	17338774A004	T3LHP3	Produção / Production	Produção / Production	00:00:00		
19/03/2025 08:00:00	19/03/2025 08:10:00	00:10:00	Não			Paradas Programadas Scheduled breaks	Café Coffee break	00:00:00		
19/03/2025 08:10:00	19/03/2025 08:25:00	00:15:00	Sim	17338774A004	T3LHP3	Produção / Production	Produção / Production	00:00:00		
19/03/2025 08:25:00	19/03/2025 08:30:00	00:05:00	Não			Paradas Não Programadas Unscheduled breaks	Pequenas Paradas Short stoppages	00:00:00	ver cravação	

Figura 20 – Exemplo de registos na plataforma

De modo a ser definido a meta de OEE deve-se iniciar os registos três meses antes do *workshop* de limpeza inicial, para que neste evento as metas da primeira etapa da

manutenção autónoma sejam calculadas e partilhadas a todos os envolvidos. No caso específico da GEMCOR, a plataforma de registos foi introduzida na fase de preparação.

4.2.5 Rotinas TPM

O TPM exige rotinas de gestão e acompanhamento para garantir que as ações são endereçadas e que o processo de implementação da metodologia é seguido de forma que seja garantida a melhoria contínua. Essas rotinas são:

- **Reunião semanal do GA** - Para atualizar e discutir indicadores, abrir ações, priorizar o atendimento das anomalias detetadas, planejar as melhorias identificadas, verificar ações pendentes que garantam o desempenho da equipa e do equipamento;
- **Auditoria de Etapa Mensal** - O GA deve realizar mensalmente a auditoria, com o formulário referente à etapa em desenvolvimento. Os desvios identificados devem ser discutidos nas reuniões e direcionados a um plano de ação;
- **Avaliação 5S Mensal** - As autoavaliações devem ser realizadas com base na *checklist* para Avaliação 5S. As oportunidades encontradas devem ser identificadas com etiquetas de anomalias e endereçadas nas reuniões;
- **Reunião de estratificação mensal** - É realizada uma reunião com o diretor, os responsáveis da área, a manutenção industrial e a engenharia para apresentação da estratificação do OEE, da análise das principais perdas e da definição de projetos de melhoria e acompanhamento das ações em desenvolvimento. Nesta reunião existe a oportunidade de tomar decisões sobre ações mais estruturantes.

Adicionalmente, foi criado um relatório diário, enviado por e-mail, que descreve o OEE diário, as horas trabalhadas e as principais perdas do dia. Esta prática assegura o alinhamento da informação relativamente às ocorrências diárias.

4.2.6 Acordo de metas

No primeiro trimestre de medição obteve-se um OEE médio de 24,2%, um TEU de 21,3% e um TEEP de 13,1% (Figura 21).

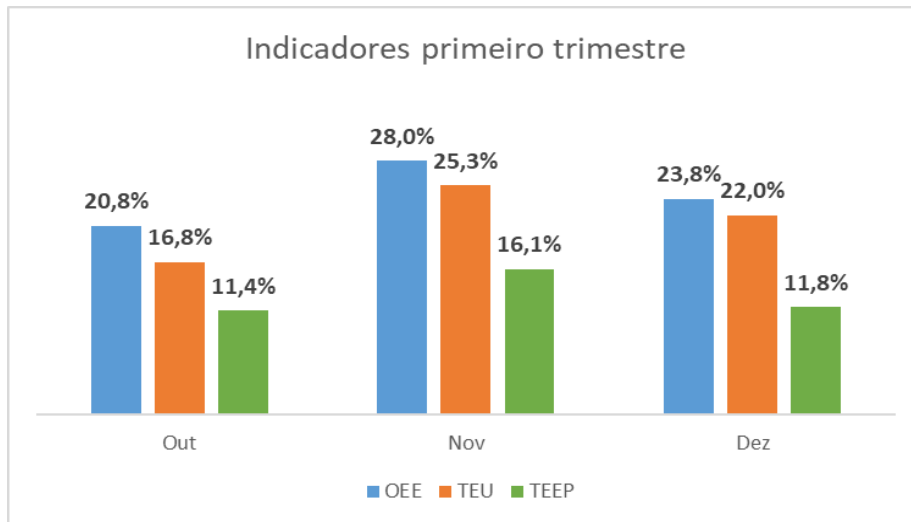


Figura 21 - Indicadores primeiro trimestre de medição

A meados do ano de 2025, os valores de OEE de outubro, novembro e dezembro de 2024 tiveram de ser atualizados, uma vez que o primeiro projeto *kaizen* realizado permitiu monitorizar corretamente o indicador de *performance* e por consequência proceder à correção dos valores que eram conhecidos inicialmente.

A meta do MTBF é calculada com base no número de avarias do ano civil de início de implementação. Foram contabilizadas 36 intervenções de manutenção durante o ano de 2024 (MTBF de 95,6 horas), o que, com uma carga de 2 turnos e uma redução de 25% do número de avarias, define uma meta de MTBF de 127 horas e um MTTR de 5 horas.

Apesar de não existirem metas para o TEU e o TEEP, por serem indicadores representativos da utilização do equipamento em relação ao tempo total disponível, foi elaborada uma calculadora para demonstrar o valor máximo possível de atingir nestes indicadores, considerando todas as horas disponíveis e um OEE de 85%. No exemplo da *GEMCOR*, a operar a três turnos, o valor máximo a ser alcançado seria de 70% para o TEU e 54% para o TEEP. Estes valores foram calculados para demonstrar à alta administração da organização a utilização efetiva da máquina em relação ao tempo total disponível.

Com base nos três primeiros meses de medições e com recurso à calculadora do acordo de metas, são definidos os objetivos a atingir na primeira etapa do TPM. Na Tabela 6 é possível consultar as metas definidas para a primeira etapa do pilar da MA na *GEMCOR*.

Tabela 6 – Acordo de metas da primeira etapa do TPM

Indicador	Unid	Meta
Acidentes	QTD	0
OEE	%	48
MTBF	Horas	127
MTTR	Horas	5
5S	1 a 4	3,2
Remoção de etiquetas (Azuis)	%	80
Remoção de etiquetas (Vermelhas)	%	80
Redução do tempo de Limpeza	Horas	13,9
Projetos de melhoria	QTD	2

Quando todos os indicadores atingirem as metas definidas, durante três meses consecutivos e a auditoria de etapa realizada pelo grupo autónomo, que corresponde ao método de avaliação, de 1 a 100, da maturidade do TPM referente à etapa em que o equipamento se encontra, obter uma autoavaliação de 90 pontos e, em paralelo, a avaliação de nivelamento do diretor da área atingir a nota mínima de 86 pontos, o equipamento fica em condições para ter a primeira etapa certificada e evoluir para a segunda etapa da manutenção autónoma. É um processo bastante desafiador e demorado para garantir que os conhecimentos e metodologia estão enraizados na organização e que os resultados são sustentados, antes de avançar para as etapas seguintes.

4.3 *Workshop* de limpeza inicial (WLI)

A limpeza inicial é o passo da manutenção autónoma que tem por objetivo a repor as condições iniciais do equipamento, auxiliar os membros participantes a conhecer o recurso, proporcionar aos operadores o contacto com todas as partes do mesmo e através da limpeza e inspeção identificar anomalias (Figura 22). Além dos operadores, participaram os líderes,

os membros da engenharia de produção, da manutenção industrial, da segurança e de outras áreas de apoio. Este evento é o *Kick-off* oficial da implementação da metodologia.



Figura 22 – Workshop Limpeza Inicial

Para a intervenção no equipamento este foi dividido em seis grupos, com uma sequência de trabalho distribuída em três dias. Os dois primeiros dias foram dedicados à limpeza, inspeção e etiquetagem, sendo o último dia reservado à execução de tarefas de limpeza, que apenas a manutenção poderia realizar, bem como à resolução de etiquetas. O Anexo F descreve os grupos de trabalho, as áreas de intervenção e a sua distribuição por dias.

Na semana do *Workshop* da Limpeza Inicial, além da limpeza e etiquetagem, foi realizado/demonstrado a estratificação das etiquetas, o mapeamento das etiquetas na máquina e a sua priorização (ABC), os gráficos de acompanhamento de etiquetas abertas e fechadas, os roteiros finais de limpeza e inspeção, o formulário das rotinas, responsabilidades e reuniões, o preenchimento e passagem de LPP's, o cronograma de desenvolvimento da etapa e a análise dos riscos.

Também foram realizadas diversas ações de 5S, como (Figura 23):

- Elaboração de ajudas visuais em manómetros, pressostatos e níveis de fluido de corte, listados nos roteiros de inspeção e limpeza;
- Definição dos locais para todos os elementos necessários ao *Setup* com *shadowbox*;
- Identificação visual e etiquetagem de diversos elementos da máquina;
- Divisão e etiquetagem do armário de apoio (documentação, EPIs, equipamentos);

- Divisão e etiquetagem do armário de ferramentas, injetores e *bucks*;
- Colagem do tipo de rebite à respectiva caixa para facilitar a identificação do mesmo.



Figura 23 - Resumo atividades 5S elaboradas durante WLI

No total, foram elaboradas 9 LPPs, as quais auxiliaram na transferência de conhecimento da manutenção para a produção. As LPPs foram anexadas aos roteiros para facilitar a compreensão das atividades, assim como de todos os pontos de verificação e de intervenção que foram explicados à operação neste evento. Foram executadas diversas atividades de 5S, essenciais para garantir a padronização das atividades, aumentar a visibilidade dos indícios de anomalias e garantir o abastecimento dos *kanban's*, através da gestão visual (garantia da estabilidade básica). Durante o evento de limpeza foram abertas 31 etiquetas azuis e 73 vermelhas, com uma taxa de conclusão de 45% e 32%, respetivamente, nos dias de intervenção (Figura 24).

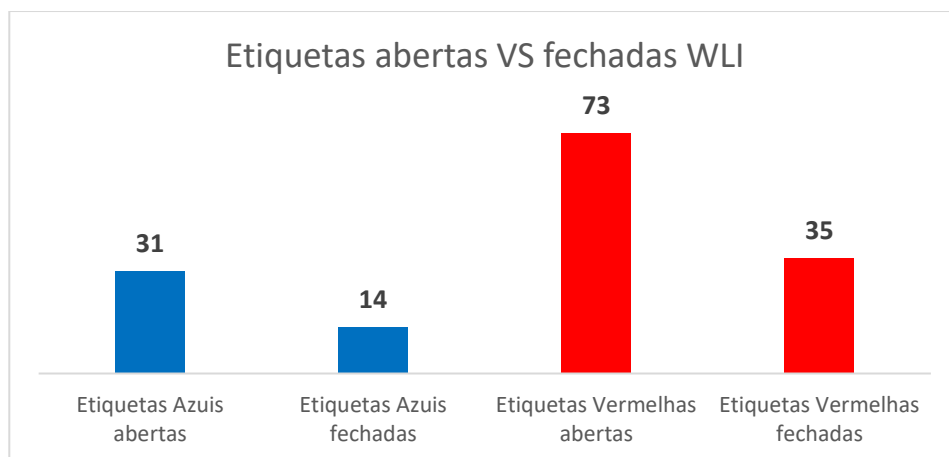


Figura 24 - Etiquetas abertas VS Etiquetas fechadas WLI

Foram mapeadas todas as etiquetas, locais de difícil acesso (LDA) e fontes de sujidade (FDS), representados no *layout* 2D da máquina, como é possível observar na Figura 25.

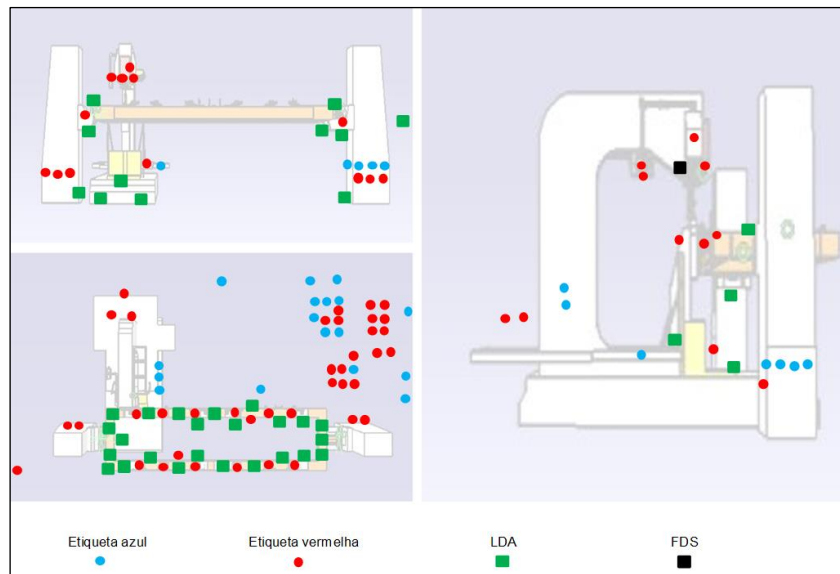


Figura 25 - Mapeamento de etiquetas, LDA e FDS

4.4 Análise de dados e projetos *kaizen*

Como referido no subcapítulo 4.2.6, no acordo de metas, é realizado a média dos indicadores nos três primeiros meses de medição, identificando que a taxa de utilização do equipamento de forma eficiente é reduzida, sendo estes indicadores o OEE de 24,2 %, o TEU de 21,4 % e o TEEP de 13,1 %.

Sendo a *GEMCOR* um equipamento crítico e *bottleneck* do negócio das aeroestruturas foi tornado como imprescindível a otimização destes indicadores. Para tal, iniciou-se um processo de estratificação das perdas e análise, com o objetivo de identificar e implementar projetos de melhoria a integrar nas Semanas *Kaizen*. Assim, do TPM da *GEMCOR*, nasceram dois projetos *kaizen*, a “Otimização dos tempos *GEMCOR* no programa C390” e a “Melhoria do indicador de disponibilidade da *GEMCOR*”, que serão descritos de forma breve nos subcapítulos 4.4.1 e 4.4.2.

4.4.1 Projeto *Kaizen* - Otimização dos tempos *GEMCOR* no programa C390

No seguimento do subcapítulo será introduzida a origem da necessidade do projeto, com um resumo da sua análise, salientado o A3 simplificado que foi elaborado para guiar o projeto *kaizen*. Posteriormente, serão apresentadas as principais ações realizadas, com alguns exemplos, e por fim serão realçados os resultados do projeto.

4.4.1.1 Introdução do primeiro projeto *Kaizen*

Com o início dos registos, verificou-se que os tempos dos programas C390 necessitavam de atualização, face à curva de aprendizagem e a sua otimização. Esta ação visou melhorar a gestão e o balanceamento das atividades na *GEMCOR*, refletir de forma mais realista o carga/capacidade da máquina e possibilitar a medição do indicador de *performance*, obtendo um valor de OEE ajustado à realidade. O projeto foi integrado na semana *Kaizen* de novembro 2024 com a equipa composta essencialmente pela engenharia de desenvolvimento de programas, engenharia de produção e o planeamento. O A3 simplificado que serviu de guia inicial para o projeto pode ser consultado no Anexo G. Os principais desperdícios identificados no mapeamento do projeto foram os seguintes:

- Ferramenta de cravação com peso que excede o valor ergonómico permitido para ser manuseado por apenas uma pessoa - Identificado no *gemba* de segurança;
- Informação imprecisa e incompleta para o cálculo do indicador de *performance* e do indicador de qualidade;
- Só existe uma fase em gama o que impossibilita o balanceamento das atividades;
- Não existe um sistema de monitorização da *performance* e da qualidade da cravação;
- Ocorrem várias paragens e deslocações dos operadores à máquina durante o processo para ir verificar a cravação.

Em todos os projetos *kaizen* existe o compromisso na mitigação dos riscos de segurança e por isso é realizado um *gemba* dedicado à segurança ocupacional. Neste *gemba* foi identificado um risco de segurança.

4.4.1.2 Ações realizadas no primeiro projeto *kaizen*

As melhorias que ficaram em plano de ação e posteriormente concretizadas resumem-se essencialmente em:

- Colocação de olhais na ferramenta e utilização da ponte rolante para manipulação da ferramenta de cravação (Ação de contenção);
- Aferição dos tempos por programas e *setups*;
- Atualização dos tempos por programa nas gamas e subdivisão por fases e *setups*;
- Desenvolvimento de gabarito para transporte da ferramenta de cravação de forma ergonómica;
- Aquisição e implementação de câmaras de maior qualidade, que permitam a visualização da cravação através dos monitores da consola;
- Desenvolvimento de uma aplicação para tratamento de informação (taxa de cravação e qualidade de cravação), através de um *benchmarking* com a Embraer (Figura 26);
- Desenvolvimento de *software* de análise da não qualidade da cravação, através de um *benchmarking* com a Embraer (Figura 27).

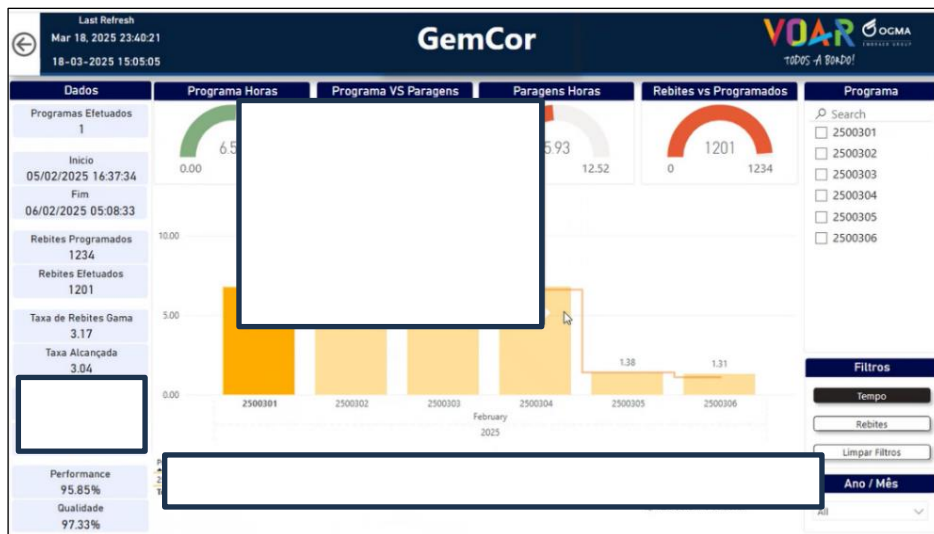


Figura 26 - Software de monitorização da performance e qualidade da cravação (OGMA, 2025)



Figura 27 - Software de análise não qualidade da cravação (OGMA, 2025)

4.4.1.3 Resultados do primeiro projeto *Kaizen*

Os principais resultados obtidos através deste projeto foram:

- Mitigação do risco de segurança;
- Melhoria da carga/capacidade do equipamento;
- Seguimento atualizado do estado de conclusão da fase de rebitagem;
- Maior capacidade de planeamento e implementação de sistema puxado;
- Maior precisão na monitorização da taxa e qualidade da cravação;
- Redução das paragens para observação do painel;
- Aumento da confiabilidade do processo e redução de defeitos.

Em suma, a concretização deste projeto reduziu o grau de risco de segurança ocupacional e operacional e permitiu otimizar a monitorização da *GEMCOR*. A melhoria da carga/capacidade da máquina permitiu realçar, que na realidade, o equipamento tem capacidade para, além de produzir os programas T3 e C390, processar também os painéis do C295. Resultando em uma solução industrial bastante vantajosa para o negócio das aeroestruturas, uma vez que, maximiza a utilização da *GEMCOR*, reduz o Tempo de Ciclo por painel do C295 e diminui os custos associados à sua cravação manual.

4.4.2 Projeto *Kaizen* - Melhoria do indicador de disponibilidade da GEMCOR

No seguimento do subcapítulo será introduzida a origem da necessidade do projeto, com um resumo da sua análise, salientado o A3 simplificado que foi elaborado para guiar o projeto *kaizen*. Posteriormente, serão apresentadas as principais ações realizadas, com alguns exemplos, e por fim serão realçados os resultados do projeto.

4.4.2.1 Introdução do segundo projeto *Kaizen*

No seguimento do primeiro projeto e da análise dos indicadores nos momentos de estratificação mensal foi realçado que a GEMCOR apresentava resultados inferiores à meta, sendo o indicador de disponibilidade o principal fator a penalizar o desempenho global. O projeto foi integrado na semana *Kaizen* de março 2025, com a equipa multidisciplinar composta pela produção, engenharia de desenvolvimento, engenharia de produção, planeamento, qualidade, logística, manutenção industrial e segurança. O A3 simplificado que serviu de guia inicial para o projeto pode ser consultado no Anexo H.

As paragens não programadas deste equipamento contemplavam, à data, um total de 807 horas, desde o início da medição do OEE, sendo as principais perdas a aguardar painel (195 horas), o *setup* (191 horas), a falta de material (116 horas), as pequenas paragens (76 horas) e a manutenção corretiva (66 horas). Além destas perdas foram identificados mais desperdícios no mapeamento como:

- Não é garantida a disponibilidade de um operador qualificado GEMCOR, durante todo o tempo de abertura da máquina;
- Falta de abastecimento de consumíveis, chapas, rebites e massa;
- Elevado tempo de espera pela validação de qualidade dos provetes;
- Incorreto sequenciamento de entrada de produto na máquina.

Em todos os projetos *kaizen* existe o compromisso na mitigação dos riscos de segurança e por isso é realizado um *gemba* dedicado à segurança ocupacional. Neste *gemba* foram identificados três riscos de segurança.

4.4.2.2 Ações realizadas no segundo projeto *kaizen*

As melhorias que ficaram em plano de ação e posteriormente concretizadas resumem-se essencialmente em:

- Mitigação dos riscos de segurança ocupacional;
- Replicação do primeiro projeto para os programas T3 e C295;
- Alocação de pessoa dedicada ao planeamento da GEMCOR, envio de programação semanal e implementação do *heijunka* (Figura 28);
- Reprogramação e reparação do motor do sistema de carregamento de cassetes;
- Revitalização de *Kanbans* nos consumíveis com o abastecimento logístico;
- Inclusão das atividades de inspeção e limpeza das estações nos roteiros;
- Criação da análise multifatorial para otimização do *setup* na seleção do painel;
- Criação de instrução visual nos programas CNC para avisar a preparação do *setup*;
- Permissão de realização de pedidos de massas selantes pelos operadores;
- Definição do processo de inspeção e validação dos provetes delegada aos operadores e alteração da ONS do processo;
- Criação de ajuda visual para controlo do nível de tubo selante necessário.

GEMCOR REF	ASSIG	OF	Part-Number	Fase GEMCOR	Horas (GEMCOR)	Data Start Selante	Start Tmov para GEMCOR	Start Tmov saída GEMCOR
				70	70,5	25/Sep/25	29/set/25 14:30	02/out/25 14:52
				40	34,0	26/Sep/25	02/out/25 22:30	06/out/25 10:25

Figura 28 - Representação do Sistema Heijunka GEMCOR (OGMA, 2025)

4.4.2.3 Resultados do segundo projeto *Kaizen*

Os principais resultados obtidos através deste projeto foram:

- Mitigação do risco de segurança;
- Padronização de atividades de *setup*;
- Implementação do sistema puxado e melhoria da programação;
- Redução do tempo de espera de consumíveis e validação dos provetes;
- Aumento da disponibilidade e, conseqüentemente, do OEE.

A revitalização do sistema de *kanbans* de consumíveis (provetes, selante e rebites) reduziu o tempo a aguardar estes materiais de 17,8 horas para 2,5 horas, em média por mês. A implementação do *Heijunka*, diminuiu as **paragens não programadas** na GEMCOR, a aguardar painel, de uma média de 26 horas para 6 horas mensais. Esta iniciativa evidenciou novas oportunidades de melhoria, nomeadamente no planeamento da GEMCOR e na gestão da alocação dos recursos de mão de obra direta a outros centros de trabalho, com o objetivo de otimizar a sua utilização e reduzir as horas registadas como capacidade livre do equipamento. Por fim, a ação de delegação do processo de validação dos provetes aos operadores da GEMCOR permitirá eliminar o tempo médio de espera anteriormente registado (cerca de 18 horas por mês). Esta medida suprirá a deslocação dos operadores ao gabinete da qualidade e aumenta a flexibilidade do processo, tornando-se possível a validação dos provetes no turno de madrugada, algo que era inviável devido à ausência de inspetores de qualidade nesse período.

Estas ações refletem a essência do TPM e do *Kaizen*, a interação multidisciplinar na concretização de ações orientadas para a promoção da otimização dos processos, a capacitação das pessoas e a melhoria sustentada dos resultados operacionais.

Em suma, a concretização deste projeto reduziu o grau de risco de segurança ocupacional e permitiu otimizar o indicador da disponibilidade e o OEE da GEMCOR.

4.5 Missão e Diagnóstico Embraer

Após nove meses de implementação, foi realizada uma avaliação anual, pelo responsável mundial do TPM da Embraer, recorrendo ao diagnóstico TPM. Este diagnóstico é um método criado por Haroldo Ribeiro que permite realizar uma avaliação da implementação do TPM, nomeadamente o nível de maturidade por pilares de atuação, de forma a nivelar o conhecimento, a identificar oportunidades de melhoria e a estruturar planos para garantir que o TPM seja consolidado como um sistema de gestão contínuo e integrado na organização (Ribeiro H. , 2014).

Na Figura 29, é apresentado o mapa, em formato de teia de aranha, da avaliação por pilar. A GEMCOR, obteve uma pontuação média final de 3,4, coerente com a fase de implementação em que o equipamento se encontra. Este fornece uma visão abrangente de

diversas oportunidades de melhoria a serem efetuadas, por pilar do TPM, de forma a constituir um guia estratégico para alcançar a excelência na implementação da metodologia, potenciar a *performance* das equipas e otimizar o resultado do equipamento, essencial para cumprir com o plano de entregas do C390, com o melhor resultado financeiro para a OGMA.

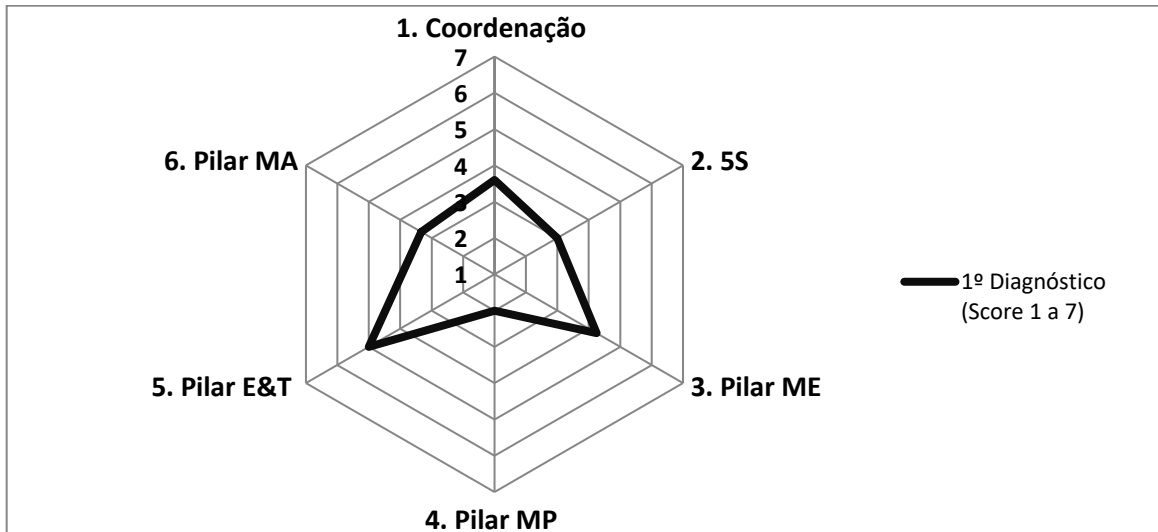


Figura 29 - Diagnóstico TPM GEMCOR

No Anexo I é possível constatar as principais oportunidades de melhoria levantadas por pilar da metodologia.

De forma a atingir um OEE próximo dos 60% os projetos de melhoria revelaram-se essenciais, por mitigarem os principais desperdícios que afetavam a eficiência de utilização do equipamento. Contudo, para a metodologia proporcionar resultados ainda mais expressivos, e de forma sustentada, é indispensável assegurar a continuidade dos esforços e rotinas nos restantes pilares. Além do diagnóstico, a missão do consultor na OGMA foi calendarizada para incluir diversos momentos de atuação, como a otimização do processo de gestão e acompanhamento da metodologia, a realização de dois *benchmarkings* com a Embraer, a definição de *masterplan*, para acompanhamento e disseminação da metodologia e a condução de ações de formação. Estas atividades são imprescindíveis para nivelar o conhecimento, impulsionar ações disruptivas e assegurar a continuidade das práticas necessárias para a sustentação da metodologia e dos resultados.

Todas as oportunidades identificadas foram consideradas na definição de um plano de ação. O objetivo é corrigir os desvios, aproximar a metodologia da excelência, sustentar os resultados do equipamento em todos os pilares e permitir a evolução para a segunda etapa. O plano de ação elaborado pode ser consultado no Anexo J.

5 Discussão de Resultados

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos com a implementação da metodologia e a concretização de todas as ações de melhoria desenvolvidas ao longo do projeto. Desta forma será calculada e analisada a evolução dos indicadores de desempenho chave para o período de outubro de 2024 a julho de 2025, comparando a sua evolução.

A implementação foi realizada de forma estruturada, respeitando os princípios fundamentais da filosofia TPM e os cinco pilares de atuação. As ações foram cuidadosamente planejadas para garantir a concretização dos objetivos, incentivando a participação ativa das equipas e a integração progressiva das práticas no ambiente produtivo, promovendo uma mudança cultural tanto na produção como em toda a organização. Os resultados obtidos evidenciam o compromisso e a dedicação das equipas, que foram essenciais para a aplicação eficaz da metodologia, através do cumprimento rigoroso das rotinas e da execução da estratégia definida.

Entre outubro de 2024 e julho de 2025, foi realizada a monitorização dos indicadores de desempenho. Nos primeiros três meses de medições, obteve-se um OEE de 24,2%, um TEU de 21,4% e um TEEP de 13,1%. Já nos meses de junho e julho, os valores médios registados foram significativamente superiores, com um OEE de 55,5%, um TEU de 47,5% e um TEEP de 22,2%. Estes números representam aumentos de 31,3, 26,1 e 9,1 pontos percentuais, respetivamente. Destaca-se que o OEE superou a meta de 48% nos dois últimos meses analisados, sustentando uma evolução da eficiência operacional e atingindo um OEE médio de 55,5%, cerca de oito pontos percentuais acima da meta (Figura 30).

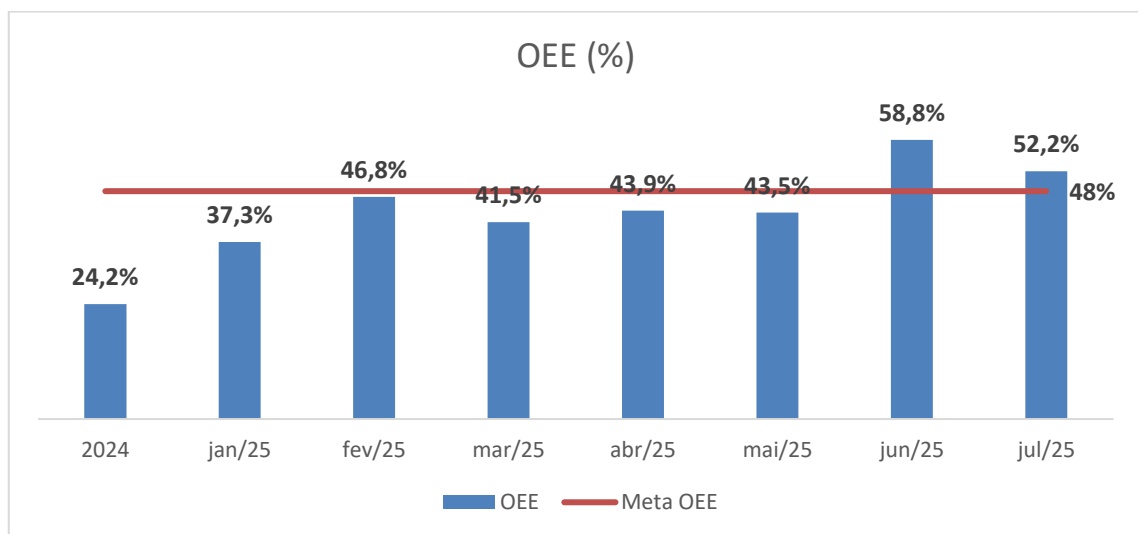


Figura 30 - Evolução OEE mensal

O principal fator para o aumento do OEE foi a melhoria do indicador da disponibilidade da GEMCOR, impulsionado pelo reforço da cultura de rápida resolução de problemas e da mitigação de avarias ou paragens (Figura 31). No entanto, ainda persistem alguns tipos de paragens e avarias que penalizam este indicador. Este será, por isso, um ponto de atenção nos trabalhos futuros, assim como saliente no plano de ação referido no subcapítulo 4.5 e no capítulo 7.

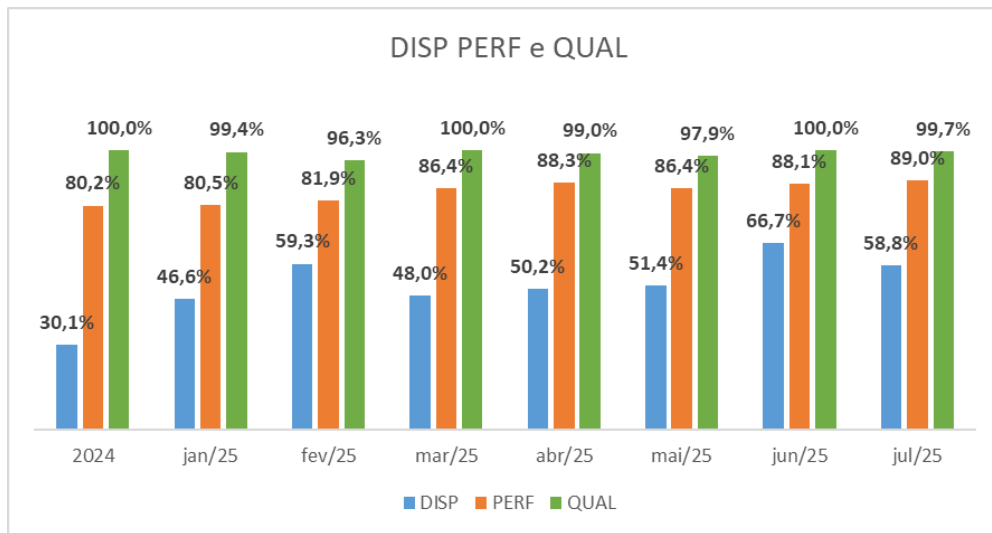


Figura 31 - Evolução dos Indicadores de Disponibilidade, Performance e Qualidade mensal

Apesar de não ter sido definida uma meta específica para o TEU e TEEP, as suas evoluções são notáveis (Figura 33), tendo praticamente duplicado ao longo do período em análise, refletindo um uso mais eficiente do equipamento com base no tempo programado bruto e tempo calendário, respetivamente.

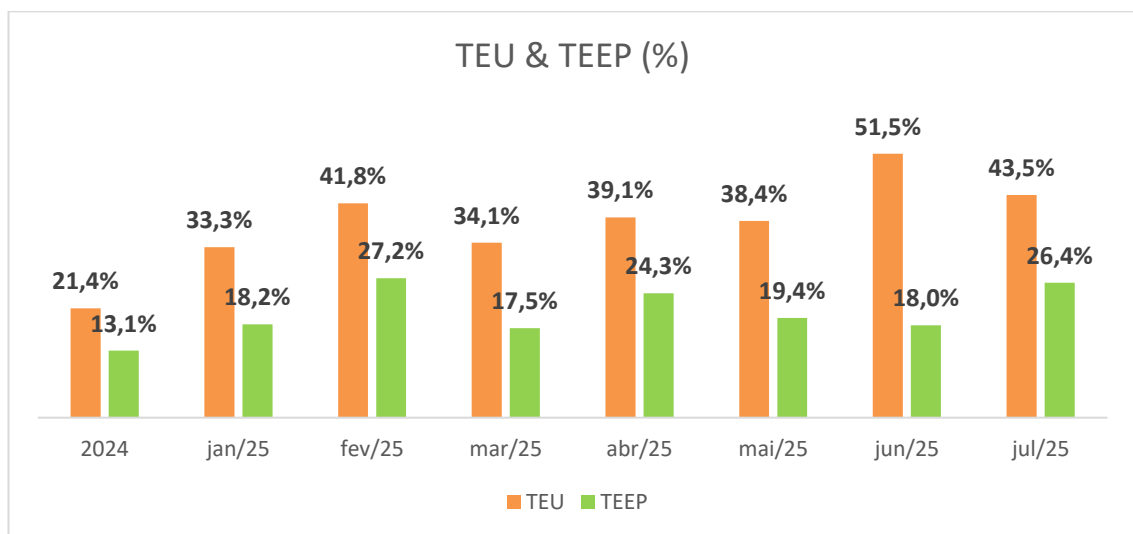


Figura 32 - Evolução do TEU e TEEP mensal

É saliente a melhoria no MTBF, sendo que o valor do ano de 2024 (95,6 horas) é inferior aos valores de 2025. Os valores de MTBF foram calculados por trimestre, sendo o valor de 2024 obtido com 2 turnos de trabalho, num total de 860 horas e com um número médio de 9 avarias, por trimestre. Relativamente ao ano de 2025, os valores de MTBF foram calculados trimestralmente, correspondendo o mês 1 aos valores de janeiro de 2025, dezembro de 2024 e novembro de 2024, e o mês 2 a fevereiro de 2025, janeiro de 2025 e dezembro de 2024, e assim sucessivamente.

No final de 2024, verificou-se um aumento do tempo de carga para o equipamento, uma vez que foi acrescentado um turno de trabalho. Em 2025, ocorreu uma redução no número médio de intervenções por trimestre face ao ano civil de 2024, apesar dos valores de avarias trimestrais apresentarem oscilações. No entanto, o indicador encontra-se consistentemente acima do objetivo estipulado (Figura 33).

É importante salientar que, apesar de os valores de MTBF ainda não serem totalmente favoráveis, tal situação é normal e expectável até que o equipamento atinja a terceira etapa da Manutenção Autónoma. Nesta etapa, o número de avarias tende a reduzir para um terço pela evolução da capacitação técnica da operação e da reposição e sustentação da condição inicial do equipamento, assim como uma estabilização do intervalo de falhas. Para melhorar este resultado é necessário aumentar capacidade de participação da manutenção no suporte ao equipamento nas temáticas de passagem de conhecimento, treino e aumento da autonomia da operação, com rotinas de limpeza e inspeção mais robustas.

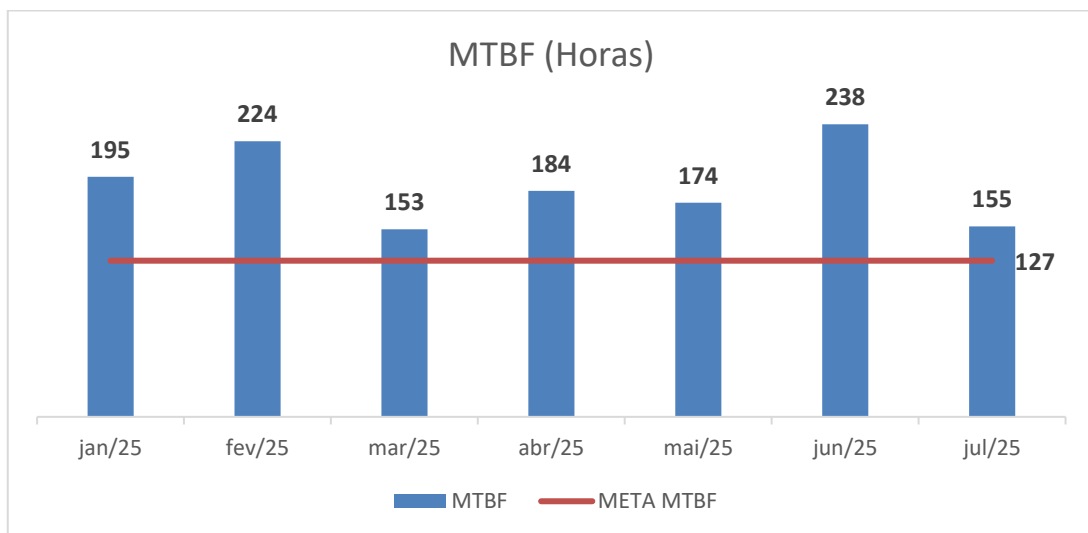


Figura 33 - Evolução mensal do MTBF

O MTTR apresentou uma evolução positiva, com uma redução acentuada e uma tendência de sustentação desse resultado ao longo dos meses. O resultado evidencia que,

face ao ano civil de 2024, o tempo de resolução passou a ser significativamente menor. Tal desempenho deve-se à rápida identificação das falhas, por parte da produção, bem como à pronta intervenção da equipa de manutenção. Concluídas as medições relativas aos meses de junho e julho, registou-se uma redução média de 70% no tempo de intervenção, em comparação com a média dos primeiros três meses de medição em 2024 (Figura 34).

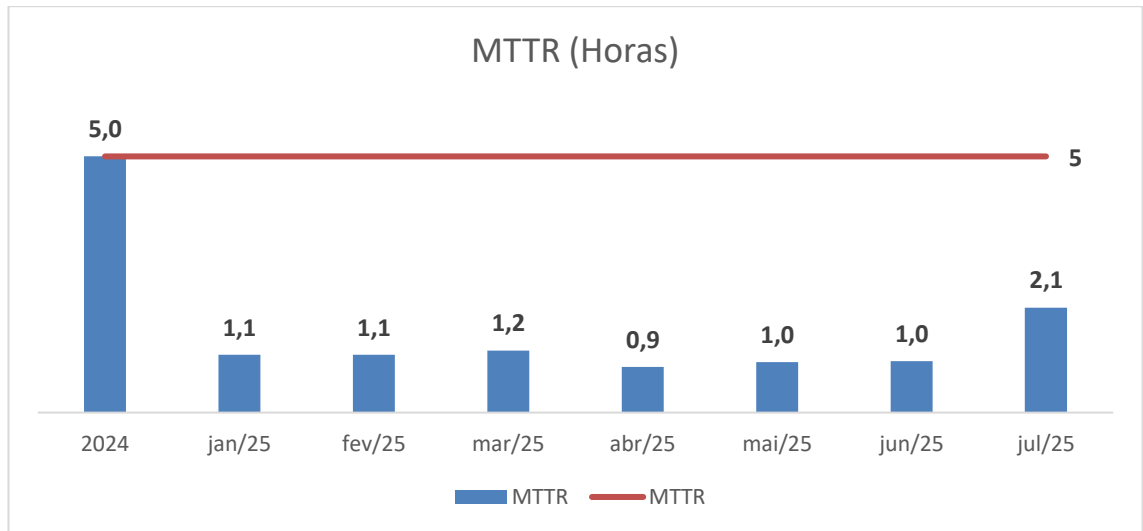


Figura 34 - Evolução mensal do MTTR

Em relação à identificação de anomalias através das etiquetas foram colocadas no total 106 vermelhas e 65 azuis, com uma taxa de remoção (resolução das oportunidades) de 87% e 92%, respetivamente (Figura 35). Trabalho essencial na 1ª etapa da MA para identificar e resolver anomalias de modo a repor a condição inicial do equipamento. A capacitação dos operadores da GEMCOR, a mudança cultural, a execução dos roteiros de limpeza e inspeção são essenciais para esta temática.

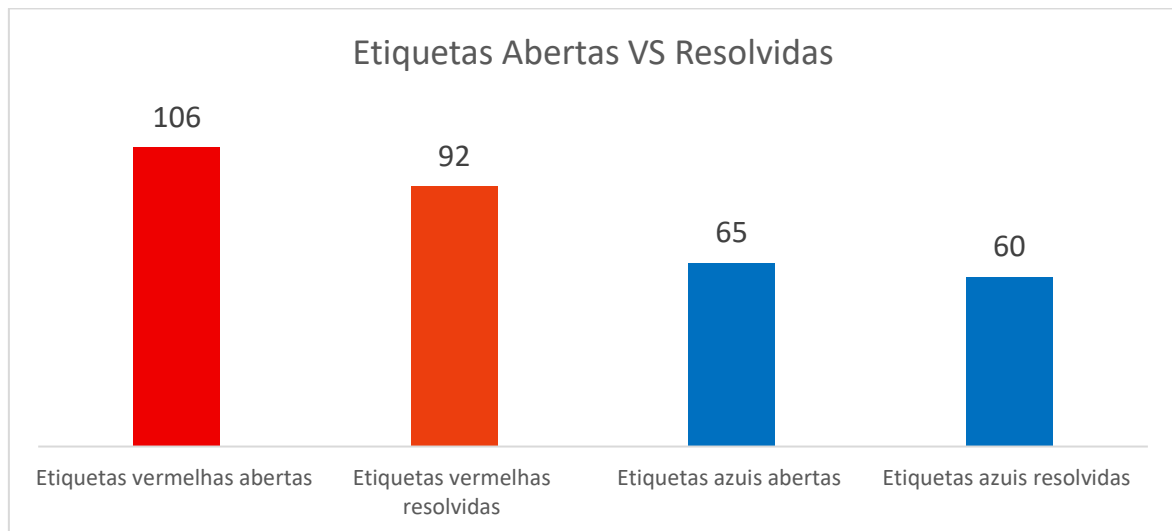


Figura 35 - Etiquetas vermelhas e azuis abertas VS resolvidas

No último mês de medições do trabalho desenvolvido foi realizada uma avaliação mensal de 5S (Anexo K), com nota de 3,3, e uma auditoria de etapa com 87 pontos (Anexo M). Uma avaliação de etapa com nota inferior a 90 pontos não permite a progressão para a segunda Etapa da Manutenção Autônoma, ainda que todos os indicadores estejam a cumprir com as metas estabelecidas. Embora que, neste momento, não seja possível evoluir de etapa, a concretização do plano de ação definido para responder às oportunidades identificadas no diagnóstico TPM permitirá essa evolução, pela eliminação das lacunas existentes e a aproximação à excelência da implementação (Anexo L).

É imprescindível que a evolução de etapa apenas ocorra quando a autoavaliação for superior a 90 pontos, o nivelamento do diretor superior a 86 pontos e com todas as metas atingidas durante três meses consecutivos. Como referido ao longo desta Dissertação, sem este método rigoroso não é garantida a consolidação e sustentação da cultura e das rotinas do TPM, especialmente na primeira etapa.

A Tabela 7 apresenta os resultados médios nos últimos dois meses de medições, junho e julho, resumindo os objetivos atingidos e definidos no acordo de metas.

Tabela 7 - Resultados atingidos (média junho e julho)

Indicador	Unid	Meta	Resultado
Acidentes	QTD	0	0
OEE	%	48	55,5
MTBF	Horas	127	196
MTTR	Horas	5	1,52
5S	1 a 4	3,2	3,3
Remoção de etiquetas (Azuis)	%	80	92%
Remoção de etiquetas (Vermelhas)	%	80	87%
Redução do tempo de Limpeza	Horas	13,9	6,2
Projetos de melhoria	QTD	2	2

Todos os objetivos estabelecidos foram alcançados, sustentados por rotinas sólidas de gestão e monitorização do equipamento. O acompanhamento diário, as reuniões periódicas

e as auditorias regulares permitiram uma resposta ágil a eventuais desvios e promoveram a constante identificação de oportunidades de melhoria, garantindo, assim, a eficácia e a sustentabilidade do programa. Este progresso permitiu à OGMA participar no 12.º Fórum TPM da Embraer, onde o coordenador do TPM apresentou o projeto de implementação da metodologia TPM na GEMCOR.

Além dos ganhos operacionais, destaca-se a transformação cultural promovida pela metodologia. Os operadores do equipamento assumiram um papel central no processo de melhoria contínua, demonstrando maior autonomia, sentido de responsabilidade e envolvimento. Esta mudança fortaleceu a cooperação entre áreas, melhorou a comunicação entre operação e manutenção e reforçou o compromisso de toda a organização com a excelência operacional do equipamento. O principal benefício do TPM revelou-se, portanto, o desenvolvimento das pessoas e na consolidação de uma cultura de excelência e melhoria contínua.

6 Conclusão

A implementação da metodologia TPM, contando com o patrocínio da administração e o apoio dos líderes, demonstrou que, apesar do esforço exigido, foi possível alcançar todas as metas estabelecidas. Os resultados obtidos comprovam que o investimento de recursos e o empenho das equipas gerou benefícios inequívocos para a organização, assente em uma base sólida para a sua sustentação e evolução de forma contínua.

A metodologia foi implementada de forma rigorosa, seguindo integralmente os doze passos definidos e assegurando que os cinco pilares acordados foram corretamente estruturados e desenvolvidos na organização. A primeira etapa da manutenção autónoma é uma etapa bastante exigente, por implicar uma profunda mudança cultural e do método de trabalho com o equipamento. No entanto, a resistência inicial foi rapidamente ultrapassada, garantindo a adesão ao programa e favorecendo a consolidação das práticas e rotinas.

Quanto aos indicadores, o MTBF, apesar das oscilações, manteve-se constantemente acima da meta, como previsto nesta fase. O MTTR registou uma redução de 70% no tempo de intervenção, reflexo da rápida deteção de falhas e da pronta atuação da manutenção. O TEU e o TEEP praticamente duplicaram, evidenciando um melhor aproveitamento do equipamento durante o tempo programado bruto e calendário, respetivamente. O OEE, que teve um resultado de 24,2% no fim do ano de 2024, registou uma evolução significativa, alcançando uma média de 55,5%, nos dois últimos meses, superando a meta estabelecida de 48%, confirmando ganhos expressivos de eficiência na GEMCOR. Um resultado sustentado pela concretização de ações de melhoria, proporcionadas pelos eventos *kaizen*, que reduziram as paragens não programadas e otimizaram o fluxo do processo, melhorando o indicador de disponibilidade.

No mês de julho, a avaliação 5S obteve 3,3 pontos e a auditoria de etapa 87 pontos, valor que não permitiu avançar para a segunda etapa da Manutenção Autónoma. A execução do plano de ação definido permitirá colmatar as lacunas e cumprir os critérios para a progressão, sendo estes uma autoavaliação acima de 90 pontos, o nivelamento do diretor acima de 86 e a consolidação do cumprimento das metas durante três meses consecutivos.

O principal ganho foi a transformação cultural, especialmente na operação e nas áreas diretas ao equipamento. Os operadores passaram a ter um papel central com maior

autonomia e responsabilidade, fortalecendo a cooperação entre operação e a manutenção. As sólidas rotinas de gestão, o acompanhamento diário e as auditorias regulares permitiram respostas rápidas a desvios e a contínua identificação de oportunidades de melhoria.

Em suma, a metodologia reforçou a capacidade produtiva e estabeleceu uma base sólida para a melhoria contínua, essencial para o negócio de aeroestruturas e para a OGMA. Este trabalho permitiu duplicar a eficiência da GEMCOR, um fator essencial para responder à crescente procura do C-390, assegurando as entregas com segurança, qualidade e cumprido dos prazos estabelecidos.

7 Trabalhos Futuros

Apesar dos resultados expressivos alcançados com a implementação da metodologia, o TPM na GEMCOR encontra-se ainda na primeira etapa da manutenção autônoma, indicando que existe um longo percurso de melhoria contínua pela frente através da evolução destas etapas.

O desafio colocado devido à crescente procura do C390 exigirá uma continuidade nos trabalhos de melhoria acentuados, por forma a atender à procura do mercado e manter os elevados padrões de desempenho exigidos. Neste contexto, a definição de trabalhos futuros surge como oportunidade estratégica para aprofundar práticas já aplicada, superar lacunas existentes, consolidar a transformação cultural e integrar novas melhorias que otimizem os resultados, garantindo a continuidade do programa e reforçando a competitividade e a sustentabilidade da empresa.

O Plano de ação apresentado no Anexo J permitirá despoletar, para além da procura da excelência das rotinas, uma análise mais detalhada, essencialmente, sob as perdas de disponibilidade e *performance*, funcionando como uma ferramenta de otimização das lacunas existentes. A aplicação consistente destas rotinas também é fundamental para a redução do número falhas, através da reposição das condições ideais de operação.

Haverá um projeto *Kaizen* de redução dos desvios na fuselagem central do C390, com início em outubro, motivado pela necessidade de garantir uma produção puxada e um correto balanceamento da linha. A otimização do equipamento evidenciou que, de momento, a principal paragem da GEMCOR ocorre devido à espera dos painéis. Posteriormente, já estão delineados projetos dedicados de melhoria contínua do tempo de *setup* (SMED), garantindo que o aumento de cadência de painéis não causa atrasos em relação ao planeado.

Este conjunto de trabalhos, aliados à continuidade das rotinas e análises do ciclo de melhoria contínua, permitirá que o equipamento evolua nas etapas da Manutenção Autônoma. A continuidade destas práticas é fundamental para a renovação das metas, a estabilização do intervalo de falhas e a otimização dos principais indicadores, nomeadamente OEE, TEEP, MTBF e MTTR.

Bibliografia

- A Metodologia Kaizen para Melhoria Contínua em Processos*. (04 de 03 de 2025). Obtido de PROJEQ: <https://www.ejprojeq.com/post/a-metodologia-kaizen-para-melhoria-cont%C3%ADnua>
- Alexander, Y., Putra, F. E., & Sar, P. A. (06 de 06 de 2024). Implementation of Total Productive Maintenance on Frame Welding Machine Maintenance Using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) Method at PT Electronics Components Indonesia. doi:10.38124/ijisrt/IJISRT24JUN909
- Arefazar, Y., & Rybkowski, Z. K. (2022). Desenvolvimento e Teste de uma Simulação de Value Stream Map: Ajudando a Indústria da Construção a Aprender a Ver. doi:<https://doi.org/10.24928/2022/0135>
- Armenia ANDRONICEANU, Ioana-Catalina ENACHE, & Elena-Narcisa VALTER. (2023). Increasing Energy Efficiency Based on the Kaizen Approach. *Energies*, 962-990. doi:10.3390/en16041930
- Ascent Aerospace. (s.d.). *Automation*. Obtido em 22 de 02 de 2025, de <https://ascentaerospace.com/products/automation/>
- Attia H. GOMAA. (2024). Improving Productivity and Quality of a Machining Process by Using Lean Six Sigma Approach: A Case Study. *Engineering Research Journal*. doi:10.21608/erjsh.2023.226742.1194
- Bastos, A., & Sharman, C. (2019). *Strat to Action - O Método KAIZEN™ de Levar a Estratégia à Prática*. Kaizen Institute.
- Biadacz, R. (2024). Application of Kaizen and Kaizen Costing in SMEs. *Production Engineering Archives*, 17–35. doi:<https://doi.org/10.30657/pea.2024.30.2>
- BusinessMap. (09 de 03 de 2025). *O que é a Matriz X do Hoshin Kanri?* Obtido de <https://businessmap.io/pt/gestao-lean/hoshin-kanri-pt/matriz-x-do-hoshin-kanri>
- Carvalho, J. D. (2021). *Melhoria Contínua nas Organizações*. Lisboa, Portugal: Lidel.
- Docnix. (22 de 04 de 2025). *Mapa de Fluxo de Valor (VSM): o que é, como fazer e exemplo*. Obtido de Docnix: <https://docnix.com.br/ferramentas-metodos/mapa-de-fluxo-de-valor-vsm/>

- Domínguez, R. A., Espinosa, M. d., Domínguez, M., & Romero, L. F. (15 de 11 de 2021). Lean 6S in Food Production: HACCP as a Benchmark for the Sixth S “Safety”. doi:10.3390/su132212577
- EMBRAER – Empreendimentos e Participações S.A. (s.d.). “*Embraer vence prêmio internacional de excelência empresarial*”. Obtido em 18 de 03 de 2025, de <https://embraer.com/br/pt/noticias?slug=1207482-embraer-vence-premio-internacional-de-excelencia-empresarial>
- EMBRAER Defesa & Segurança. (s.d.). *C-390 Millennium – Defesa Embraer*. Obtido em 08 de 02 de 2025, de <https://defense.embraer.com/pt/air/c-390/>
- Embraer S.A. – Centro Histórico Embraer. (s.d.). “*História*”. Obtido em 15 de 01 de 2025, de <https://historicalcenter.embraer.com/br/pt/historia>
- Filho, G. M., & Simão, L. E. (2022). A3 methodology: going beyond process improvement. *Revista de Gestão (REGE) — Emerald Publishing*, 147-161. doi:10.1108/REGE-03-2021-0047
- Hirano, H. (1996). *5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace*. Portland, OR, EUA: Productivity Press.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan’s Competitive Success*. New York: McGraw-Hill.
- Inderpreet SINGH Ahuja, & Jaimal Singh Khamba. (2008). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 709–756. doi:10.1108/02656710810890890
- Institute, K. (s.d.). *Princípios KAIZEN e de estabilidade básica*. Obtido em 03 de 03 de 2025, de <https://kaizen.com/pt/insights-pt/principios-kaizen-estabilidade-basica>
- James P. Womack, D. T. (1990). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production, Toyota’s Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry*. New York, NY: Free Press.
- Lab One Consultoria. (s.d.). *Lab One Consultoria*. Obtido em 04 de 03 de 2025, de <https://www.laboneconsultoria.com.br/sistema-toyota-de-producao>

- Lee, J. K., Gholami, H., Saman, M. Z., Ngadiman, N. H., Zakuan, N., Mahmood, S. S., & Omain, S. Z. (2021). Sustainability-Oriented Application of Value Stream Mapping: A Review and Classification. *IEEE Access*, 10.1109/ACCESS.2021.3077570.
- Liker, J., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. New York e London: McGraw-Hill.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Line, A. C. (2022). A Case Study on Reducing Setup Time Using SMED on a Turning Line. *Gazi University Journal of Science*, 60–71. doi:10.35378/gujs.735969
- Machado, W. (05 de 06 de 2023). *Relatório A3: o que é essa ferramenta do Lean Manufacturing?* Obtido em 05 de 04 de 2025, de Voitto: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/relatorio-a3>
- Machado, W. (20 de 4 de 2025). *Relatório A3: o que é essa ferramenta do Lean*. Obtido de Voitto: <https://voitto.com.br/blog/artigo/relatorio-a3>
- Magdalena MAZUR, Maroš KORENKO, Miroslav ŽITŇÁK, Taras SHCHUR, Paweł KIEŁBASA, Petr DOSTÁL, . . . Adam IDZIKOWSK. (2024). Implementation and Benefits of the 5S Method in Improving Workplace Organisation – A Case Study. *Management Systems in Production Engineering*, 498–507. doi:10.2478/mspe-2024-0047
- Maintenance, J. I. (1996). *TPM for Every Operator (The Shopfloor Series)*. Cambridge, Massachusetts, EUA: Taylor & Francis.
- Mariana Palhau, J. C.-C. (30 de 11 de 2024). Toyota Way – the Heart of TPS and its Impact on Sustainable Company Growth. doi:10.12776/qip.v28i3.2073
- Matthews, D. D. (2010). *The A3 Workbook: Unlock Your Problem-Solving Mind*. Boca Raton, FL, EUA: CRC Press.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Cambridge, Massachusetts, EUA: Productivity Press.
- Nakajima, S. (1989). *TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance*. Cambridge, Massachusetts, EUA: Productivity Press.

Naveen Kumar, S. S. (01 de 01 de 2022). Lean manufacturing techniques and its implementation: a review. pp. 1188–1192. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.481>

Negócios, O Globo. (s.d.). “*Lucro da Embraer cresce quase 700% em 2024 e empresa está usando IA para enfrentar gargalos na cadeia de suprimentos*”. Obtido em 2025 de 02 de 28, de <https://oglobo.globo.com/economia/negocios/noticia/2025/02/27/embraer-fecha-2024-com-lucro-oito-vezes-maior-e-usa-ia-para-enfrentar-gargalos-na-cadeia-de-suprimentos.ghtml#>

NP EN 13306. (2021). *Terminologia da Manutenção*. Lisboa: Instituto Português da Qualidade.

OGMA – Indústria Aeronáutica de Portugal, S.A. (s.d.). “*OGMA recognised on the Top 10 MRO Service Companies in Europe 2022*”. Obtido em 16 de 01 de 2025, de <https://www.ogma.pt/pt/news-container/ogma-reconhecida-no-top-10-mro-service-companies-in-europe-2022/>

OGMA – Indústria Aeronáutica de Portugal, S.A. (s.d.). *Aviação Defesa*. Obtido em 09 de 02 de 2025, de <https://www.ogma.pt/pt/os-nossos-servicos/fabricacao/programas/aviacao-defesa/>

OGMA ‘*Informação Interna*’. (s.d.).

Ohno, T. (1988). *The Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland, Oregon, EUA: Productivity Press.

Pereira, A., Silva, M., Domingues, M., & Sá, J. (30 de 11 de 2019). Lean Six Sigma Approach to Improve the Production Process in the Mould Industry: A Case Study. doi:10.12776/QIP.V23I3.1334

Pinto, J. (2009). *Pensamento Lean*. Lisboa, Portugal: LIDEL – Edições Técnicas, Lda.

Planeamento e Desdobramento Hoshin. (09 de 03 de 2025). Obtido de KAIZEN INSTITUTE: <https://kaizen.com/pt/insights-pt/planeamento-desdobramento-hoshin/>

R.K. Sharma, G. B. (2014). Evaluating the impact of 5S methodology on manufacturing performance. *International Journal of Business Continuity and Risk Management*, 5(3), 140-155.

- Radulescu, J. (s.d.). Obtido em 04 de 03 de 2025, de <https://www.clickmaint.com/blog/5s-methodology-in-maintenance>
- Ribeiro, C. (2017). Desenvolvimento tecnológico nacional: o caso KC-390. Em *Políticas de inovação pelo lado da demanda no Brasil, organização de André Tortato Rauen* (pp. 235-288). Brasília: Ipea.
- Ribeiro, H. (2014). *Manutenção Produtiva Total – TPM: A Bíblia do TPM. Como maximizar a produtividade na empresa*. São Paulo: 2014.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Cambridge, MA, EUA: Lean Enterprise Institute.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge, Massachusetts, EUA: Productivity Press.
- Shirose, K. (1992). *TPM for Workshop Leaders (The Shopfloor Series)*. Cambridge, Massachusetts, EUA: Taylor & Francis.
- Sugai, M., McIntosh, R. I., & Novaski, O. (2007). Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. doi:10.1590/S0104-530X2007000200010
- Valério, M. F., & Nunes, I. L. (03 de 2017). Total Productive Maintenance implementation. A way to improve working conditions. doi:10.1201/9781315164809-69
- Wilson, R., Cudney, E. A., & Marley, R. J. (2024). Current Status of Hoshin Kanri. *The TQM Journal*, 460–477. doi:<https://doi.org/10.1108/TQM-07-2022-0216>
- Womack , J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Nova Iorque, EUA: Free Press.









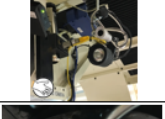

















Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexos

Anexo A - Divisão da GEMCOR por áreas

Grupo	Área	Entregáveis
1	Sala de controlo	<ul style="list-style-type: none"> • Organizar e limpar as ferramentas; • Organizar e limpar o monitor de controlo de operação; • Limpar o Quadro elétrico; • 5S Geral da Área (com foco na Utilização, Ordenação e Limpeza)
2	Gradeamento e Caleiras	<ul style="list-style-type: none"> • Limpar o gradeamento; • Abrir e limpar as caleiras • Abrir e limpar as caleiras, • Limpeza do aspirador;
3	<i>Frame</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Limpar o interior e exterior do frame
4	Plataforma de Rebitagem	<ul style="list-style-type: none"> • Limpar a zona do piso; • Limpar quadros elétricos e pneumáticos; • Limpar alçapão do piso; • Limpar plataforma de rebitagem superior e inferior
5	Pilares	<ul style="list-style-type: none"> • Limpar pilares do fuso superior e inferior; • Limpar e organizar o armário de contrapeso; • Limpar a unidade pneumática do pilar
6	Cabeçote	<ul style="list-style-type: none"> • Limpar a lateral superior; • Limpar a escada lateral e parte de cima; • Limpar o fole da plataforma




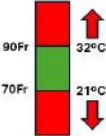
Anexo B - Roteiro de Limpeza

OGMA EMBRAER GROUP		ROTEIRO DE LIMPEZA						Revisão: 5 Última atualização: 03/02/2025 Atualizado por: Válder Agostinho
		ÁREA: FAPM	MÁQUINA: GEMCOR					
ILUSTRAÇÃO	ITEM	DESCRIÇÃO	MÉTODO	SEGURANÇA	TEMPO NECESSÁRIO	FREQUÊNCIA	RESPONSÁVEL	
	1	Probe de medição da altura da cabeça do rebite	Inspeccionar para a possibilidade de ter sujidade. Limpar utilizando um pano e álcool isopropílico. Inspeccionar o funcionamento e alinhamento da probe, verificar os valores de		3 min	SETUP Time e sempre antes de iniciar a entrada do painel no C-frame para produção.	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	2	Detectores de rebite em falta, broca quebrada e sensores de perpendicularidade.	Retirar excesso de limalhas com ar comprimido. Limpar com um pano seco e com algum cuidado para não danificar nenhum componente. NOTA: O maior cuidado para		5 min	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	3	Piñas de rebites (Fingers) e ferramentas inferiores.	Retirar excesso de limalha com ar comprimido. Utilizar um pano e MEK conforme necessário.		3 min	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	4	Entrada do aspirador de vácuo	Desobstruir o canal de aspiração de limalhas do coletor a vácuo utilizando ar comprimido e um pano com álcool isopropílico. Pode haver necessidade de desmontar todo o tubo de aspiração para descobrir a		5 min	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	5	Das câmaras de filmar	Retirar excesso de limalhas com ar comprimido. Limpar com pano seco cada uma das câmaras.		5 min	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	6	Ponteira da ferramenta de inserção de selante	Limpeza da ponteira da ferramenta com um pano seco.		5 min	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	7	Manter a área de cravação limpa e livre de limalhas, pó, lubrificantes acumulados e outros detritos	Retirar excesso de limalhas com uma vassoura e com a pistola de ar comprimido. Limpar com pano e álcool isopropílico. Ter em especial atenção a ferramenta inferior. Se necessário utilizar MEK para		5 min	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	8	Todo o piso em volta da área de cravação.	Retirar excesso de limalhas com uma vassoura e pá.		3 min	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	9	Cilindro da ferramenta de inserção de selante	Desmontar o cilindro e limpar com pano e MEK.		10 min	Semanal	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	10	Workframe	Retirar excesso de limalhas com ar comprimido ou vassoura. Limpar excessos de lubrificante e massas vedantes com pano e álcool isopropílico		5 min	Semanal	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	11	Colectores de sujidade dos eixos.	Retirar a sujidade acumulada com uma escova ou uma pequena vassoura e pá.		3 min	Semanal	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	12	Consola de operação (HMI) e Manual Drop	Limpar com pano de limpeza seco.		3 min	Semanal	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	13	Rack AHG	Limpar com pano de limpeza seco.		5 min	Semanal	Conforme Cronograma de Responsabilidades	

Anexo C - Roteiro de Inspeção

OGMA EMBRAER GROUP		ROTEIRO DE INSPEÇÃO				Revisão: 7 Última atualização: 03/02/2025 Atualizado por: Valter Agostinho			
ÁREA: FAPM		MÁQUINA: GEMCOR							
ILUSTRAÇÃO	ITEM	DESCRIÇÃO	MÉTODO	SEGURANÇA	PLANO DE CONTINGÊNCIA	TEMPO NECESSÁRIO	PERIODICIDADE	RESPONSÁVEL	
	1	Ferramentas do Kit	Verificação da arrumação do kit de ferramentas, bem como da existência e funcionalidade de cada uma das ferramentas.			120 s	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	2	As portas dos armários de todos sistemas	Verificar se todas as portas de todos os armários dos sistemas se encontram bem fechadas, caso contrário o ar condicionado não irá funcionar.			120 s	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	3	Manômetros do sistema de abastecimento do ar comprimido no equipamento.	Verificar se todos os manômetros de ar comprimido se encontram entre 6 a 8 BAR. Conforme LPP 005		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>■ Se o manómetro se encontrar entre 6 a 8 BAR-OK</p> <p>■ Se o manómetro não estiver entre 6 a 8 BAR- Ação 1</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>Ação 1: Acionar a manutenção para a verificação do sistema de ar comprimido</p> </div> </div>	30 s	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	4	Níveis de água nos reservatórios dos ar condicionados do equipamento.	Verificar se todos os reservatórios de água estão nos níveis esperados. Conforme LPP 001		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>■ OK</p> <p>■ NOK Ação 1</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>Ação 1: Enxaguar o reservatório de água</p> </div> </div>	30 s	Semanal	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	5	Níveis de massas do equipamento.	Verificar se os níveis de massa estão dentro dos limites especificados. Conforme LPP 006		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>■ OK</p> <p>■ NOK Ação 1</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>Ação 1: Acionar a manutenção para a reposição da massa</p> </div> </div>	30 s	Semanal	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	6	Filtros de ar do equipamento	Verificar se o indicador do filtro está verde ou vermelho.		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>■ OK</p> <p>■ NOK Ação 1</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>Ação 1: Acionar a manutenção para o troca de filtro</p> </div> </div>	30 s	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	7	Temperatura do ar condicionado do equipamento	Verificar a temperatura informada no ar condicionado. Deve estar entre os 20ºF e 80ºF ou entre 21C e 32 C. Conforme LPP 004		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>■ OK</p> <p>■ NOK Ação 1</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>Ação 1: Acionar a manutenção para a verificação do sistema de ar condicionado</p> </div> </div>	30 s	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	8	Fugas pneumáticas nas manguueiras ou conexões	Verificar o manual drop, cabeça de mágicas e todo o sistema de rubric, procurar se existe alguma fuga de ar em algum ponto.			240 s	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	9	O funcionamento de todas as lâmpadas indicadoras	Verificar as lâmpadas dos painéis de controlo, através do "Light Test" existente nos sistemas de controlo.			60 s	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	10	Reservatório de água do sistema de ar comprimido	Verificar se existe água no reservatório. Conforme LPP 002		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>■ OK - Não há água no reservatório</p> <p>■ NOK - Ação 1</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>Ação 1: Alinhar os pontos.</p> </div> </div>	60 s	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	11	Guia metálica de posicionamento dos rebites	Verificar alinhamento da guia metálica com as pistas do ciclone e desobstrução da mesma		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>■ OK</p> <p>■ NOK - Ação 1</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>Ação 1: Alinhar os pontos.</p> </div> </div>	60 s	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	
	12	Guia metálica de posicionamento dos rebites	Garantir o correto alinhamento dos tubos de saída do rebite		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>■ OK</p> <p>■ NOK - Ação 1</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>Ação 1: Reposicionar a guia metálica de forma a garantir o alinhamento.</p> </div> </div>	60 s	Diário	Conforme Cronograma de Responsabilidades	

Anexo D - Exemplo de Lição Ponto a Ponto

 LIÇÃO PONTO A PONTO					
Tema	Inspeção temperatura do ar condicionado			Número	4
				Data	10/10/2024
Área	Área de cravação automática de painéis			Máquina	Rebitadora GEMCOR
Preparado por: Guilherme Campino					
Classificação	<input checked="" type="checkbox"/> Conhecimentos Básicos	<input type="checkbox"/> Casos de Melhoria	Assinatura da Segurança?	Segurança	Líder da área
	<input type="checkbox"/> Casos de Problemas	<input type="checkbox"/> Outros	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não		João Francisco
<p>Deve-se verificar conforme a rotina definida se a temperatura do ar condicionado se encontra dentro dos valores definidos.</p>					
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p style="font-size: 2em; color: red;">X</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p style="font-size: 2em; color: green;">✓</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 250px;"> <p>Verificar visualmente a temperatura em cada um dos ar condicionados que deverá estar entre os 70 e 90oF ou entre 21 e 32oC. Senão estiver deve-se acionar a manutenção para a verificação do sistema de ar condicionado</p> </div> </div>					

Anexo E – Análise de Risco



Avaliação de Riscos - Tarefas de Não Rotina

Área: TAM - GENCOE

Tarefa a realizar: LIMPEZA INICIAL - GENCOE

Data: 09/10 - 09/10

Identificar os perigos associados à tarefa:

ID	Perigo	S/N	ID	Perigo	S/N	ID	Perigos	S/N
1	Elevação e Movimentação Mecânica de Cargas	S	9	Ferramentas Manuais e/ou Pneumáticas	S	17	Envolvência	S
2	Condução de Equipamentos	S	10	Remoção/Alteração seguranças das máquinas/equipamentos	N	18	Condições de Acessibilidade	S
3	Trabalhos em Altura	S	11	Ruído e/ou Vibração	S	19	Manuseamento manual de cargas e/ou esforço físico	S
4	Escavações	N	12	Químicos	S	20	Posturas Inadequadas	S
5	Atmosferas Explosivas	N	13	Radiações	N	21	Circulação de peças e/ou veículos/equipamentos	S
6	Soldadura e/ou corte	N	14	Iluminação	N	22	Trabalho Isolado	N
7	Incêndio e/ou Explosão	N	15	Têrmicos - Quente ou Frio	W	23	Necessário formação específica	S
8	Espaço confinado	N	16	Arestas vivas, ferramentas pontiagudas, êmbolos, pistão...	S	24	Outro - Especificar: <u>QUEBRAS ELÉTRICAS</u>	S


Se assinalou "Sim" em alguma das questões acima, preencher a secção seguinte:

ID	Risco	Medidas de Controlo	Nível de Risco			Ações Necessárias
			Elevado	Médio	Baixo	
10	RISO DE CAÍDA - POSSÍVEL EXISTÊNCIA DE QUEDAS	USO DE CALÇADO DE PROTEÇÃO		X		EPI - USO OBRIGATORIO DE CALÇADO DE PROTEÇÃO
11	MOVIMENTAÇÃO MANUAL OBJETOS	POSTURAS ADEQUADAS USO DE EQUIPAMENTO DE AUXÍLIO PARA MOVIM. OBJ. PESADOS		X		AVALIAR A CARGA ANTES DA MOVIMENTAÇÃO
12	POSTURAS	EVITAR "BOBRAS AS COSTAS" E MOVIMENTAR OBJETOS PESADOS		X		PREVENÇÃO À POSTURA E ELEVAÇÃO DE MATERIAIS PESADOS
13	CIRCULAÇÃO	ATENÇÃO ÀS TAREFAS QUE SE ENCONTRAM NO ESPAÇO ADJACENTE À MÁQUINA			X	PREVENÇÃO ÀS ATIVIDADES NO ESPAÇO ADJACENTE. NÃO USAR EMPILHADORES
14	QUEDAS	DESEMPILHAR CAMINHOS REMOVER OBJETOS NECESSÁRIOS		X		USO CALÇADO PROTEÇÃO ASSEGURAR PERICULOS DE CIRCULAÇÃO. NÃO "SALTAR" SOBRE OBJETOS
11	"	SEMPRE QUE POSSÍVEL "DAPAR" OS "FOXON" À VOLTA DA MÁQUINA		X		PREVENÇÃO ÀS DESLIZES SEMPRE QUE POSSÍVEL DAPAR / IDENTIFICAR - SINALIZAR
15	UTILIZAÇÃO DO MANLIFT - QUEDAS	APENAS POR TRABALHADORES COM FORMAÇÃO: USO DE ARNÉS (ANEXAR FICHA)		X		MANLIFT USAR SOMENTE POR PESSOAS COM FORMAÇÃO. USAR ARNÉS - PONTO ANCORADO
16	FORMAÇÃO	TRABALHOS EM ALTURA: USO DE PLATAFORMA ELEVATÓRIA			X	APENAS PESSOAS AUTORIZADAS PODEM USAR.
17	ELÉTRICO	NÃO TOCAR NOS QUADROS ELÉTRICOS SEM FORMAÇÃO		X		APENAS PESSOAS AUTORIZADAS PODEM TOCAR NO QE. - MANUTENÇÃO
11	"	MÁQUINA PARADA, DESLIGADA E BLOQUEADA		X		ASSEGURAR QUE DURANTE A MANUTENÇÃO A MÁQUINA ESTÁ COMPLETAMENTE PARADA / DESLIGADA
Nível de Risco			Ação Necessária			COMPLETAMENTE PARADA / DESLIGADA
1	Elevado	Reavaliar a tarefa de modo a que o perigo possa ser eliminado/controlado ou reduzido para um nível inferior.				
2	Médio	A tarefa apresenta perigos que devem ser controlados por medidas de engenharia, administrativas, ou equipamento de proteção individual.				
3	Baixo	O perigo é reduzido, necessário assegurar que as medidas de controlo e ações são implementadas				


Anexo F - Divisão diária workshop limpeza inicial

Grupos	Dia 1	Dia 2	Dia 3
1	Senso de Utilização, Ordenação e Limpeza; Monitor de operação (se necessário desmontar); Armários; Cassetes	Quadro Elétrico; Etiquetar e resolver etiquetas	Etiquetar e resolver etiquetas
2	Gradeamento Carro de Apoio (Limpar e Organizar) Aspirador (Desmontar e efetuar limpeza) – necessário descer o aspirador	Abertura de caleiras Lagartas Parte inferior da máquina Guias da Máquina	Etiquetar e resolver etiquetas
3	Parte inferior da frame	Parte superior da frame	Etiquetar e resolver etiquetas
4	Plataforma de rebiteagem Quadro elétrico Armário pneumático e armário de cassetes	Alçapão do piso Plataforma de rebiteagem inferior	Plataforma de rebiteagem superior
5	Pilares fuso superior Armário de contrapeso Filtros do ar condicionado (ENGIE)	Pilares fuso inferior Unidade pneumática do pilar	Etiquetar e resolver etiquetas
6	Parte superior do cabeçote Escada lateral e parte superior	Fole da plataforma	Etiquetar e resolver etiquetas

Anexo G - A3 simplificado - Otimização dos tempos GEMCOR no programa C390

<p>1. CENÁRIO ATUAL (CONTEXTO)</p> <p>A GEMCOR é um equipamento crítico na FAPM e por isso foi implementada a metodologia TPM (Total Productive Maintenance) em Outubro 2024, que tem como objetivos reduzir as falhas, aumentar a produtividade, melhorar a qualidade dos produtos, sempre com segurança. O OEE (Overall Equipment Effectiveness) é calculado através do Índice de Disponibilidade, Índice de Performance e índice de Qualidade. Para um bom cálculo do Índice de Performance é necessário aferir os tempos de produção, de forma a obter um valor de OEE mais ajustado à realidade.</p> <table border="1" data-bbox="255 398 561 571"> <thead> <tr> <th colspan="2">Informações GEMCOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Turnos de Trabalho</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Nº de Operadores</td> <td>5 (2 em formação)</td> </tr> <tr> <td>Nº de Programadores</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Nº de PNs</td> <td>24 (C390, T3, TBM, C295)</td> </tr> <tr> <td>Nº de Programas C390</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table> 	Informações GEMCOR		Turnos de Trabalho	3	Nº de Operadores	5 (2 em formação)	Nº de Programadores	2	Nº de PNs	24 (C390, T3, TBM, C295)	Nº de Programas C390	10	<p>3. OBJETIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Redução do grau de risco de segurança; • Obtenção de um Índice de Performance e Qualidade real; • Otimização dos tempos Gemcor para o produto piloto (25000); • Otimização dos tempos Gemcor para o restantes painéis do C390; • Aumento da disponibilidade da máquina.
Informações GEMCOR													
Turnos de Trabalho	3												
Nº de Operadores	5 (2 em formação)												
Nº de Programadores	2												
Nº de PNs	24 (C390, T3, TBM, C295)												
Nº de Programas C390	10												
<p>2. DESPERDÍCIOS & PROBLEMAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Difícil manuseamento da ferramenta devido ao seu peso (Segurança); • Informação imprecisa e/ou incompleta para o cálculo do Índice de Performance e índice de Qualidade do OEE (Defeito na Qualidade da Informação); • Só existe uma fase em Gama (Defeito na Qualidade da Informação); • Deslocação do operador à máquina durante o processo (Movimentação). 	<p>4. MELHORIAS PROPOSTAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solução mais ergonómica para manuseamento da ferramenta de cravação. • Ter um índice de performance e qualidade ajustado à realidade (OEE); • Atualização e divisão dos tempos Gemcor por Setups e Programas (OEE, Tempos gama); • Atualização de tempos para planeamento de produção e carga/capacidade (Heijunka); • Desenvolvimento de aplicação em Power-BI para tratamento de dados em parceria com a Embraer. 												

Anexo H - A3 simplificado, kaizen – Melhoria do indicador de disponibilidade da GEMCOR

<p>1. CENÁRIO ATUAL (CONTEXTO)</p> <p>A GEMCOR é um equipamento crítico na FAPM e por isso foi implementada a metodologia TPM em Outubro 2024. O OEE (Overall Equipment Effectiveness) da GEMCOR é baixo, apresentado um valor média de 34% (média dos últimos 6 meses). O principal indicador que está a contribuir para este valor é o índice de Disponibilidade.</p> <p>O índice de Disponibilidade representa a percentagem de tempo que a máquina esteve a produzir relativamente ao tempo planeado de produção. As paragens não programadas deste equipamento contemplam um total de 807H, desde o início da medição do OEE, sendo as principais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aguarda produto(195H) • Setup (191H) • Falta de material (116H) • Pequenas paragens (76H) • Manutenção corretiva (66H) <table border="1" data-bbox="555 394 804 501"> <thead> <tr> <th>Indicador</th> <th>Média dos últimos 6 meses</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>OEE</td> <td>34 %</td> </tr> <tr> <td>Disponibilidade</td> <td>41%</td> </tr> <tr> <td>Performance</td> <td>82%</td> </tr> <tr> <td>Qualidade</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> 	Indicador	Média dos últimos 6 meses	OEE	34 %	Disponibilidade	41%	Performance	82%	Qualidade	100%	<p>3. OBJETIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Redução do grau de risco de segurança • Atendimento ao Tempo de Setup • Aumento do Índice de Disponibilidade da Máquina
Indicador	Média dos últimos 6 meses										
OEE	34 %										
Disponibilidade	41%										
Performance	82%										
Qualidade	100%										
<p>2. DESPÉRDIOS & PROBLEMAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não está garantida a disponibilidade de um operador qualificado GEMCOR, durante o tempo de abertura da máquina – Espera, Movimentação; • Falta de abastecimento de consumíveis, chapas, rebites e massa - Espera; • Elevado número de paragens forçadas e diminuição de performance do equipamento devido a avarias (paragens não programadas) – Espera; • Não atendimento ao padrão de setup definido – Sobreprocessamento; • Elevado tempo de espera pela validação de qualidade dos provetes – Espera; • Excedente de tempo definido para a limpeza programada do equipamento – Sobreprocessamento; • Configuração incorreta dos painéis na sua chegada à GEMCOR – Sobreprocessamento; • Pouco detalhe/registo incorreto no Portal TPM, por parte dos operadores, acerca do setup efetuado – Sobreprocessamento; • Tempo excessivo de paragem de máquina devido a restrição na movimentação dos produtos – Espera. • Dados insuficientes para um correto sequenciamento de entrada de produto na máquina – Espera; Sobreprocessamento; Movimentação. 	<p>4. MELHORIAS PROPOSTAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Otimização/Padronização do abastecimento de materiais e consumíveis; • Formação/Sensibilização no correto preenchimento do Portal TPM – TPM; • Formação/Reforço aos operadores acerca do setup interno e externo a realização na preparação da GEMCOR – TPM; • Criação de checklist com as atividades de Setup Interno e Setup Externo – Padronização do Setup; • Transferir atividades de Valor Não Acrescentado (NVA) para a Logística (transporte de painel) – Análise DNA; • Transferir atividades de Setup Interno para Setup Externo – SMED; • Resolução das etiquetas vermelhas durante a Limpeza Inicial do equipamento – TPM. 										

Anexo I - Resumo oportunidades levantadas no diagnóstico

Pilar	Oportunidades
Melhorias Específicas	Apesar de existir uma rotina forte de acompanhamento do OEE e projetos <i>Kaizen</i> é necessário intensificar a abertura de A3, por parte do Grupo Autónomo, para mitigar perdas e alavancar o OEE;
Educação e Treino	Operador em <i>On Job Training</i> (OJT) sem as três formações necessárias para a metodologia. Importante a compreensão da metodologia para cumprir de forma eximia as rotinas.
Manutenção Planeada	Necessidade de abertura de RCCA para identificação da causa-raiz das principais avarias; Recursos reduzidos da equipa de manutenção dificultam a participação célere do padrinho da <i>GEMCOR</i> ; De acordo com o ficheiro, à data do diagnóstico, existem 13 etiquetas vermelhas com o prazo de resolução ultrapassado.
Manutenção Autónoma	Existem algumas anomalias identificadas das quais não são abertas etiquetas azuis ou vermelhas; necessário abrir mais projetos a partir das reuniões de estratificação; Não são realizadas as ATAS das reuniões do GA; Árvore de Falhas não está a ser utilizada pelo GA

Anexo J - Plano de ação resposta ao diagnóstico

Pilares	II	Ações	Responsável	Status	Start da	End da
Coordenação	1	Atualização ONS	Guilherme Campino	On Going	Julho	Agosto
	2	Concretização master plan	Guilherme Campino	On Going	Julho	Dezembro
	3	Criação de plano ação através das oportunidades identificadas no white board	Guilherme Campino	Done	Julho	Agosto
	4	Acompanhamento diário dos apontamentos	Guilherme Campino	On Going	Julho	Dezembro
5S	5	Otimização da limpeza da máquina	Grupo Autonomo	On Going	Julho	Setembro
	6	Aplicação dos 3 sensores no armário	Grupo Autonomo	Done	Julho	Agosto
	7	Etiquetagem do armário de ferramentas	Grupo Autonomo	Done	Julho	Agosto
	8	Identificação da Shadowbox das ferramentas por programas gemcor e com a sequencia ótima de trabalho	Grupo Autonomo	Done	Julho	Agosto
	9	Reposição da gestão visual manómetros presentes no roteiro de inspeção	Grupo Autonomo	Planned	Setembro	Setembro
	10	Verificação da necessidade de armazenar provetes realizados junto à gemcor	Engenharia	Planned	Setembro	Setembro
	11	Marcação no solo da nova zona dos materiais de limpeza	Grupo Autonomo	Planned	Agosto	Agosto
	12	Atualização da informação do quadro	Grupo Autonomo	Planned	Setembro	Setembro
ME	13	Estudo da perda de performance através do PBI Log files	Engenharia	Planned	Agosto	Outubro
	14	Verificação da necessidade de otimização da performance gemcor	Engenharia	On Hold	Outubro	Dezembro
	15	Estratificação das perdas (Paragens não programadas)	Liderança área	On Going	Julho	Dezembro
	16	Abertura de, pelo menos, 1 projeto A3 e seguimento do mesmo na reunião do GA	Liderança área	On Hold	Julho	Setembro
	17	Análise impacto de qualidade dos rebites identicos no Programa T3 ST 35067-32-07	Engenharia	Planned	Setembro	Outubro
MP	18	Pedir LPP's Emb. sobre os rebites encravados	Guilherme Campino	Done	Julho	Julho
	19	Analisar LPP's e verificar a replicação na OGMA	Manutenção	On Going	Julho	Agosto
	20	Avaliar necessidade de Benchmark com a equipa da MI da Emb.	Guilherme Campino	On Going	Agosto	Agosto
	21	Envolvimento e capacitação de mais técnicos no TPM	Manutenção	On Going	Julho	Dezembro
	22	Abertura de RCCA da ultima avaria da máquina que ultrapassou o SLA	Manutenção	Planned	Setembro	Setembro
	23	Resolução contínua de etiquetas vermelhas	Manutenção	On Going	Julho	Dezembro
Educação e treino	24	Disponibilização da formação e-learning OEE a OJT	Liderança área	Planned	Agosto	Setembro
	25	Disponibilização da formação e-learning TPM 1º etapa a OJT	Liderança área	Planned	Agosto	Setembro
	26	Monitorização dos registos e das atividades do OJT	Guilherme Campino	On Going	Agosto	Setembro
	27	Passagem de conhecimento por parte da manutenção para a operação (capacitação técnica contínua)	Manutenção	On Going	Julho	Dezembro
	28	Atualização da formação TPM básico	Guilherme Campino	Planned	Setembro	Outubro
	29	Aumento do envolvimento do GA nas auditorias e avaliações	Guilherme Campino	Planned	Julho	Dezembro
MA	30	Seguimento mais célere das rotinas de gestão	Liderança área	On Going	Julho	Dezembro
	31	Estratificação das perdas (Paragens não programadas)	Liderança área	On Going	Julho	Dezembro
	32	Abertura de, pelo menos, 1 projeto A3 e seguimento do mesmo na reunião do GA	Liderança área	On Hold	Julho	Setembro
	33	Cumprimento das rotinas de inspeção e limpeza	Grupo Autonomo	On Going	Julho	Dezembro
	34	Identificação e registo de etiquetas Azuis e Vermelhas	Grupo Autonomo	On Going	Julho	Dezembro
	35	Resolução contínua de etiquetas azuis	Grupo Autonomo	On Going	Julho	Dezembro
	36	Melhoria nos registos do tempo de limpeza programada	Grupo Autonomo	On Going	Julho	Dezembro
	37	Sensibilização para a correta execução das rotinas por parte do GA (Limpeza, Inspeção; preenchimento do quadro, etiquetagem Auditorias 5S e avaliação de etapa)	Liderança área	On Going	Julho	Dezembro
	38	Realização da ATA das reuniões do GA de forma automática dos pontos mais importantes	Liderança área	Planned	Outubro	Dezembro
	39	Atualização da arvore de falhas da gemcor	Manutenção	Planned	Outubro	Dezembro
	40	Passagem de toda as LPP's a todo os interviestes do GA	Grupo Autonomo	On Going	Agosto	Setembro
	41	Identificação de oportunidades para desenvolvimento de mais LPP's (etapa crucial de nivelamento do conhecimento)	Grupo Autonomo	On Going	Agosto	Dezembro
	42	Análise da necessidade da implementação da aderencia do TPM	Guilherme Campino	Planned	Novembro	Dezembro

Anexo K - Avaliação 5S mês 07

OGMA		AVALIAÇÃO DO 5S - FORMULÁRIO DE PONTUAÇÃO				P3E	
Diretoria:		Área: GEMCOR					
Avaliação de Nivelamento: ()		Avaliadores: Guilherme <input type="text"/>					
Auto-avaliação: (X)		Avaliados:					
Turno: 1º () 2º ()		Data: Julho 2025					
		REFERÊNCIA DE PONTUAÇÃO:		1	2	3,2	4
A - SENSO DE UTILIZAÇÃO		Nota final do Senso:		3,5			
A.1	Etiquetas kanban provetes ; Escada (Foto 4)			X			
A.2	Acumulação de provetes na área			X			
A.3	Nada a apontar					X	
B - SENSO DE ORDENAÇÃO		Nota final do Senso:		3,2			
B.1	Sacos de rebites fora das gavetas (Foto 2); Pombal de provetes sem gestão visual;			X			
B.2	Local de arrumação do material de limpeza com difícil acesso (Foto 3)			X			
C - SENSO DE LIMPEZA		Nota final do Senso:		3,2			
C.1	Fonte de sujeira no cabeçote da máquina (Foto 6)			X			
C.2	Fluido de corte acumulado no mantlift cria riscos de segurança			X			
D - SENSO DE PADRONIZAÇÃO		Nota final do Senso:		3,6			
D.1	marcações no solo do novo layout de ferramentas (Foto 5)			X			
D.2	Nada a apontar					X	
E - SENSO DE AUTO-DISCIPLINA		Nota final do Senso:		3,2			
E.1	As rotinas e padrões estabelecidos estão a ser seguidos por todos, no entanto com oportunidades de melhoria na execução das rotinas de inspeção e etiquetagem.			X			
E.2	Colaborador entrevistado não sabia a definição teórica do 5S, apesar de conseguir ligar o benefício da sua aplicação nas tarefas do dia a dia, com o exemplo das ferramentas ordenadas no carrinho. Soube conectar ao			X			
		NOTA FINAL:		3,3			

Anexo L - Auditoria de Etapa mês 07

TPM - Manutenção Autônoma

Folha de Auditoria - 1ª Etapa - "Limpeza Inicial"

Item	Descrição	Excelente	Bom	Regular	Fraco	Ruim	Observações
		5 pontos 100%	4 pontos 80%	3 pontos 60%	2 pontos 40%	1 ponto 20%	
1	A limpeza da máquina foi estruturada em um plano e há evidências de que a mesma está sendo realizada? (vide check-list e roteiro de limpeza)	5					
2	Foram atribuídas a todos os operadores responsabilidades correspondente à limpeza de áreas determinadas?(vide Cronograma de responsabilidade)	5					
3	A partir do aprendizado obtido através da limpeza da máquina e detecção de anomalias, foi preparada uma lista com as Fontes de Sujeira/contaminação e os Locais de Difícil Acesso? (vide Mapeamento e lista)	5					
4	As LPP's têm sido utilizadas para melhorar o conhecimento do grupo e nivelar as informações?(vide LPP's e controle)			3			Existem, mas não foram passadas: Sô foi passada entre todos a LPP mais recente (Kaizen)
5	Têm sido realizadas periodicamente as reuniões do grupo (operadores, padrinhos e líder)? (vide ATA de reuniões, Lista de presença e ações)		4				Falta Atas de reuniões de resto ok
6	O quadro de atividades e a sua apresentação demonstram que está sendo feito um gerenciamento das atividades?		4				Não tem sido executado um seguimento das ações de forma
7	Os utensílios para limpeza estão adequados para a realização da limpeza? (vide utensílios para a limpeza e roteiro de limpeza)	5					Material de limpeza etiquetado e em bacias de retenção
8	A máquina foi totalmente limpa/inspecionada? (vide condição da máquina)		4				Fonte de sujeira no cabeçote e recipientes ar comprimido com água sem etiquetas
9	As condições básicas de funcionamento e conservação da máquina e dos periféricos foram restauradas? exemplos: o que estava solto foi fixado, o que estava quebrado foi trocado, o que estava amassado foi consertado, foram detectadas as manchas crônicas de sujeiras.		4				
10	Os lubrificantes e os pontos indicados no Plano de Lubrificação estão de acordo com a máquina? Estão sendo verificadas as condições básicas dos lubrificantes? (ex.: quantidade, cheiro, cor, misturas com água, temperatura), (vide roteiro, pontos, conhecimento do operador em relação a lubrificação da máquina)	5					

Item	Descrição	Excelente	Bom	Regular	Fraco	Ruim	Observações
		5 pontos 100%	4 pontos 80%	3 pontos 60%	2 pontos 40%	1 ponto 20%	
11	A etiquetagem tem sido contínua e as mesmas estão no prazo? (vide acompanhamento e indicador de etiquetas)		4				Todas as etiquetas estão fora de prazo, as que foram levantadas no workshop de limpeza inicial. Mas tem havido um esforço na sua resolução. Etiquetagem contínua
12	Como está a organização das ferramentas, instrumentos de medição, calibradores, demarcação do solo e utensílios para limpeza? Estão conforme padrão 5S?		4				marcações no solo do novo layout de armários
13	Como está a condição das tampas, plaquetas, rótulos, etiquetas, etc? (estão legíveis, esteticamente conservadas, são úteis, traduzidas para Português, etc)	5					
14	As áreas críticas/difíceis para limpeza foram cobertas/protegidas/melhoradas para redução do tempo gasto para a limpeza das mesmas? (vide exemplos e registros de antes e depois)		4				Locais de difícil acesso no quadro
15	Foi realizado um plano de ação para a eliminação de riscos de acidentes e está atualizado? Existem ações em atraso? (Vide mapeamento de risco e ações de segurança)	5					
16	PERDAS DO OEE: foram analisadas suas causas e tomadas as providências para eliminação ou melhoria das mesmas?(vide RCCA, ações diárias e antes x depois).			3			Falta RCCA A3 e foco definitivo nas perdas durante as reuniões.
17	O plano de manutenção preventiva está sendo executado conforme planejado e revisado conforme as análises de falhas?(vide cronograma de preventiva e plano de preventiva).	5					Sim
18	Todos os integrantes do grupo estão participando e têm as habilidades necessárias para a realização das atividades?		4				
19	O time foi informado /participou sobre as análises dos níveis de falhas (Análise de causa raiz de intervenções, classificação de falhas e folha de intervenções)?		4				
20	As auto avaliações são realizadas ao menos uma vez por mês? (vide as 3 últimas avaliações)	5					