



Domingos Manuel Ferreira Moreira

Licenciado em Ciências da Engenharia e Gestão Industrial

5S na Indústria Aeronáutica: Desenvolvimento e Implementação de uma Metodologia *Lean* Inovadora com foco nos Desperdícios

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa
Setembro 2023

5S na Indústria Aeronáutica: Desenvolvimento e Implementação de uma Metodologia *Lean* Inovadora com foco nos Desperdícios

DOMINGOS MANUEL FERREIRA MOREIRA

Licenciado em Ciências da Engenharia e Gestão Industrial

Orientador Radu Godina,
Professor Auxiliar, Universidade NOVA de Lisboa

Júri:

Presidente: Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos,
Professora Associada, FCT-NOVA

Arguentes: Susana Carla Vieira Lino Medina Duarte,
Professora Auxiliar, FCT-NOVA

Orientador: Radu Godina,
Professor Auxiliar, FCT-NOVA

5S na Indústria Aeronáutica: Desenvolvimento e Implementação de uma Metodologia *Lean* Inovadora com foco nos Desperdícios

Copyright © Domingos Manuel Ferreira Moreira, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Aos meus pais e irmão, porque sem eles este sonho não seria possível

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa que me acolheu durante os últimos 5 anos.

Em seguida, agradeço ao Professor Radu Godina, pela orientação e ajuda ao longo deste período, pois foi fundamental para a execução e finalização deste projeto.

Agradeço à OGMA - Indústria Aeronáutica de Portugal SA, pela oportunidade de integrar numa empresa de renome e à equipa OGMA Excellence System (OES) para a realização do presente estudo. Em especial, agradeço a toda esta equipa que fiz parte, Eng. Filipa Tancredo, Eng. Susana Freitas, Eng. Rodrigo Pereira, ao Sr. Vítor Albuquerque, Eng. Miguel Lopes e ao António Vieira. Sem vocês esta experiência não teria sido tão incrível. Agradeço também ao meu colega Estagiário Bruno Pereira que me acompanhou e ajudou quando preciso, pela amizade e boa disposição sempre presentes.

Deixo um agradecimento à equipa da qualidade, Ricardo Duarte, Carlos Ferreira, Joaquim Pedro, António Mouralinho, Hugo Alves, Vítor Cabaço e Gabriel Jerónimo que me acompanharam durante o meu percurso, sempre dispostos a ajudar e ensinar, mas em especial ao Luís Sérgio pela ajuda na compreensão de todo o processo das inspeções de qualidade, assim como, pela amizade ao longo deste período.

Um agradecimento especial à minha namorada Diana Reis, pela paciência, companhia, incentivo e apoio ao longo dos últimos anos. Que seja sempre assim por muitos mais.

Por último, mas mais importante que tudo, agradeço à minha família, principalmente aos meus pais Manuel Ferreira e Maria Ferreira e ao meu irmão Emanuel Moreira que sempre me apoiaram e fizeram de tudo para me proporcionar as melhores condições, sendo sempre o meu porto seguro.

Sem todos vocês nada disto seria possível. Obrigado!

"When everything seems to be against you, remember that an airplane takes-off against the wind, not with it." - Henry Ford

RESUMO

A indústria aeronáutica está em constante evolução, sendo esta cada vez mais competitiva a nível mundial. Os prazos cada vez mais curtos, a falta de mão de obra qualificada, os requisitos dos clientes cada vez mais exigentes, entre outros fatores levam que as organizações de *Maintenance Repair and Overhaul* (MRO) sejam forçadas a melhorar continuamente para obter vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes.

A presente dissertação é resultado do estágio curricular realizado numa empresa de manutenção aeronáutica, tendo como principal objetivo a criação de uma metodologia inovadora de aplicação da ferramenta 5S aliada ao VSM e à mitigação dos desperdícios que existem em diferentes áreas. Após uma análise realizada na empresa, identificou-se que as áreas do Departamento da Qualidade que ainda não implementaram a ferramenta 5S apresentam um potencial elevado de melhoria. Essas áreas incluem áreas de *office* e operações, caracterizando-se por um intenso fluxo de colaboradores e materiais que transitam por esses locais. Desta forma, foi desenvolvida e implementada uma metodologia que passa por 6 etapas, a "Definição das zonas e responsabilidades", "Formação dos colaboradores", "Mapeamento de fluxos", "Identificar pontos de melhoria e desperdícios", "Dia D" e "Sustentar", na FAQMC (Fabrico de Aeroestruturas - Qualidade de Máquinas e Chaparia).

A implementação da metodologia utilizada contempla diversas atividades, nomeadamente, a formação dos colaboradores, a recolha de dados, a identificação de desperdícios e a aplicação de propostas de melhoria. A implementação desta metodologia permitiu o aumento da produtividade, a melhoria da organização da área, a diminuição de desperdícios, levando ao aumento da sua eficiência. Adicionalmente, foi reconhecido, por parte da equipa operacional, os seus resultados, possibilitando a aplicação da metodologia desenvolvida nas restantes áreas da organização.

Palavras chave: 5S; Filosofia *lean*; Desperdícios; Indústria aeronáutica; MRO; Qualidade

ABSTRACT

The aeronautical industry is in constantly evolution, being extremely competitive world-wide. The ever-shorter deadlines, the lack of skilled labor, the increasingly demanding customer requirements, among other factors, mean that Maintenance Repair and Overhaul (MRO) organizations are forced to continually improve to gain a competitive advantage over their competitors.

The present dissertation is the result of the curricular internship carried out in an aeronautical maintenance company, with the main objective of creating an innovative methodology for applying the 5S tool combined with VSM and the mitigation of waste that exists in different areas. After an analysis carried out in the company, it was identified that the areas of the Quality Department that have not yet implemented the 5S tool show a high potential for improvement. These areas include office and operations areas, characterized by a high flow of employees and materials passing through them. In this way, a methodology was developed and implemented that goes through 6 stages, the "Definition of zones and responsibilities", "Training of employees", "Mapping flows", "Identifying points for improvement and waste", "D-Day" and "Sustain", in the area FAQMC (Fabricao de Aeroestruturas - Qualidade de Máquinas e Chaparia).

The implementation of the methodology used contemplates several activities, namely, the training of employees, data collection, identification of waste and the application of improvement proposals. The application of this methodology allowed an increase in productivity, an improvement in the organization of the area, a reduction in waste, leading to an increase in efficiency. Additionally, the operational team recognized its results, enabling the application of the methodology developed in the remaining areas of the organization.

Keywords: 5S, Lean philosophy; Waste; Aeronautical industry; MRO; Quality

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Problema e Objetivos	2
1.3	Metodologia.....	3
1.4	Estrutura da Dissertação.....	3
2	LEANE INDÚSTRIA AERONÁUTICA.....	5
2.1	Contextualização	5
2.2	Indústria Aeronáutica	6
2.2.1	Serviço de MRO e Fabricação.....	6
2.2.2	Segurança na Indústria Aeronáutica.....	7
2.3	Filosofia <i>Lean</i>	8
2.3.1	Contextualização histórica.....	8
2.3.2	Produção <i>lean</i>	10
2.3.3	Barreiras à implementação da filosofia <i>lean</i>	12
2.4	Ferramentas e Técnicas.....	14
2.4.1	Ciclo PDCA.....	15
2.4.2	Ferramenta 5S	15
2.4.3	<i>Gemba walk</i>	17
2.4.4	<i>Value stream mapping</i>	17
2.4.5	Gestão visual.....	25

2.4.6	Diagrama de esparguete.....	26
2.5	<i>Lean</i> na indústria aeronáutica	27
3	INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE CASO.....	29
3.1	Caracterização da Empresa: OGMA - Indústria Aeronáutica de Portugal, SA.....	29
3.2	Estrutura das Áreas de Negócio	30
3.3	Estado Atual da Aplicação da Ferramenta 5S.....	31
3.3.1	Definição de zonas e responsabilidades	31
3.3.2	Auditoria 5S - rotinas e avaliações.....	32
3.3.3	Documentos de controlo	34
3.4	Área em Estudo - FAQMC.....	35
4	PROPOSTA DA METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DA FERRAMENTA 5S.....	39
4.1	Definição das Zonas e Responsabilidades (Etapa 1).....	40
4.2	Formação dos Colaboradores (Etapa 2)	41
4.3	Mapeamento de Fluxos (Etapa 3)	41
4.4	Identificar Pontos de Melhoria e Desperdícios (Etapa 4).....	42
4.5	Dia D (Etapa 5).....	42
4.6	Sustentar (Etapa 6).....	45
5	IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA	47
5.1	Levantamento de Zonas e Formação dos Colaboradores (Etapa 1 e 2).....	47
5.2	Mapeamento de Fluxos e Identificação de Pontos de Melhoria e Desperdícios (Etapa 3 e 4)	48
5.2.1	Secção 1 - zona de inspeção manual (Secção 1).....	48
5.2.2	Secção 2 - análise do processo de inspeção de qualidade do Pylon	51
5.3	Implementação das Propostas de Melhoria (Etapa 5 - dia D)	57
5.3.1	Secção 1.....	58

5.3.2	Secção 2.....	585.4
	Sustentação (Etapa 6).....	62
5.5	Análise de Resultados das Implementações.....	62
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	67
6.1	Conclusões Finais.....	67
6.2	Propostas de Trabalhos Futuros.....	68
7	REFERÊNCIAS.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - "Casa TPS" (adaptado de: [17]).....	9
Figura 2.2 - 5 princípios da ferramenta 5S.....	16
Figura 2.3 - Distinção entre <i>Cycle Time</i> e <i>Lead Time</i>	18
Figura 2.4 - Distinção visual do <i>Takt Time</i> , <i>Lead Time</i> e <i>Cycle Time</i>	18
Figura 2.5 - Representação do sistema <i>push</i> e <i>pull</i> (adaptado de [58]).....	22
Figura 2.6 - Fases de implementação do VSM (adaptado de [23])	23
Figura 2.7 - Exemplo de um estado atual do VSM	24
Figura 2.8 - Exemplo de um estado futuro do VSM.....	25
Figura 2.9 - Exemplo de um quadro de Gestão Visual.....	26
Figura 2.10 - Exemplo de um Diagrama de Esparguete (fonte: [59])	26
Figura 3.1 - Áreas de Negócio da OGMA.....	29
Figura 3.2 - Definição de zonas para aplicação de 5S.....	32
Figura 3.3 - Placar de avaliação mensal 5S (Gestão visual da sua implementação)	35
Figura 3.4 - Layout da Secção 1 (FAQMC - departamento da qualidade).....	36
Figura 3.5 - Exemplo de uma máquina de medição tridimensional Ghibli (fonte: [61]).....	36
Figura 3.6 - Exemplo de peças em corredor de passagem por falta de espaço	37
Figura 4.1 - Metodologia de aplicação da ferramenta 5S	40
Figura 4.2 - Cartão de análise utilizado no dia D	43
Figura 4.3 - Fluxograma: decisão do destino de um dado objeto.....	44
Figura 4.4 - Placar de ações a realizar	45
Figura 5.1 - Formação 5S da equipa do departamento da qualidade da FAQMC	48
Figura 5.2 - Diagrama de esparguete antes do dia D.....	49
Figura 5.3 - Gráfico da distribuição de tempo do operador da máquina tridimensional (Inicial)	50

Figura 5.4 - Exemplo de um Pylon (fonte: [62])	51
Figura 5.5 - VSM do estado atual do controlo de qualidade do Pylon	55
Figura 5.6 - Instrumentos em <i>shadowbox</i>	59
Figura 5.7 - Quadros de gestão visual.....	62
Figura 5.8 - Diagrama de Esparguete após implementação de melhorias	63
Figura 5.9 - Local de receção de peças vindas do departamento da logística	64
Figura 5.10 - Antes e depois da aplicação da gestão visual das peças por inspecionar.....	64
Figura 5.11 - Gráfico da distribuição de tempo do operador da máquina tridimensional (após dia D).....	65
Figura 5.12 - Antes e depois da aplicação do 5S na Secção 1	65

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - 7 desperdícios <i>lean</i>	11
Tabela 2.2 - Símbolos usados no VSM para fluxo de material e sua descrição.....	20
Tabela 2.3 - Símbolos usados no VSM para fluxo de informação e sua descrição	21
Tabela 2.4 - Símbolos gerais usados no VSM e sua descrição.....	21
Tabela 3.1 - Rotinas e avaliações nas diferentes zonas	33
Tabela 5.1 - Legenda para interpretação do Diagrama de Esparguete.....	49
Tabela 5.2 - Número de peças simples e processos principais a que estão sujeitos de um Pylon	52
Tabela 5.3 - Subconjuntos e Conjuntos pertencentes a um Pylon, respetivo local de montagem e distância que o operador percorre	53
Tabela 5.4 - Problemas identificados e respetivo muda associado	57
Tabela 5.5 - Resumo dos problemas identificados e seu estado de resolução passando pela ação a realizar e o responsável	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A - Árvore 5S antes da aplicação da metodologia	77
Anexo B - Árvore 5S depois da aplicação da metodologia.....	78
Anexo C - <i>Check List</i> para a avaliação 5S do princípio da utilização.....	78
Anexo D - <i>Check List</i> para a avaliação 5S do princípio da ordenação.....	79
Anexo E - <i>Check List</i> para a avaliação 5S do princípio da limpeza.....	80
Anexo F - <i>Check List</i> para a avaliação 5S do princípio da padronização.....	81
Anexo G - <i>Check List</i> para a avaliação 5S do princípio da disciplina.....	82
Anexo H - Formulário de pontuação da avaliação 5S	83

SIGLAS

5S	<i>Seiri – Seiton – Seiso – Seiketsu – Shitsuke</i>
AOG	<i>Aircraft on Ground</i>
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
CQ	Controlo de Qualidade
FIFO	<i>First In First Out</i>
JIT	<i>Just In Time</i>
MRO	<i>Maintenance Repair and Overhaul</i>
OES	<i>OGMA Excellence System</i>
OGMA	Oficinas Gerais de Material Aeronáutico
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
RA	Responsável de Área
SQDC	<i>Safety, Quality, Delivery, Costs</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Productive System</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work In Progress</i>

INTRODUÇÃO

No presente capítulo será apresentado o contexto no qual foi desenvolvida uma nova metodologia de aplicação da ferramenta 5S na indústria aeronáutica, passando pela descrição dos problemas que levaram à criação desta metodologia, assim como, os seus objetivos. Por fim, é descrita a metodologia utilizada durante o desenvolvimento da presente dissertação, bem como a sua estrutura.

1.1 Enquadramento

Assiste-se atualmente a uma constante evolução da indústria, observando-se uma tendência de clientes mais exigentes, com elevados padrões de qualidade e com a necessidade de entrega de produtos em tempo mais curto. Na indústria aeronáutica esta situação também se verifica, uma vez que esta tem prazos de entrega cada vez mais curtos e padrões de qualidade muito elevados. Na generalidade, os seus componentes são expostos a esforços extremos e devem ser fiáveis, porque em caso de falha colocam muitas vidas em risco [1].

Atualmente a cultura *lean* tem tido cada vez mais impacto nas organizações, sendo importante, aquando da sua aplicação, o envolvimento de todos e o reconhecimento dos resultados da sua aplicação. Esta filosofia permite a melhoria contínua, sendo indicada para aumento de produtividade, redução de atividades sem valor acrescentado, entre outros [2].

Com base neste enquadramento, realiza-se um estudo de caso sobre a implementação de uma metodologia inovadora para a redução dos desperdícios *lean* numa área do Departamento de Qualidade da OGMA - Indústria Aeronáutica SA. Esta empresa da indústria aeronáutica é especializada no fabrico, manutenção e montagem de aeronaves. As áreas do Departamento de Qualidade em foco são áreas de elevados fluxos de informação, materiais e

operadores. Estas têm como objetivo principal a verificação de qualidade de todas as peças simples produzidas, assim como, todos os subconjuntos e conjuntos montados.

1.2 Problema e Objetivos

O departamento da Qualidade de uma indústria aeronáutica é de extrema importância, devido ao mercado em que esta está inserida, onde a qualidade é um dos fatores mais importantes devido à segurança aeronáutica. No entanto, é fundamental que uma empresa seja cada vez mais eficiente para se manter competitiva tornando-se, cada vez mais, importante a diminuição dos desperdícios que ocorrem nos seus departamentos.

Atualmente, as áreas do Departamento da Qualidade, têm elevados fluxos de materiais, informações e de colaboradores, tendo assim, desperdícios associados às atividades aqui realizadas. Para além destes problemas, ainda existe o problema de que a aplicação da ferramenta 5S na empresa, não tem em conta os desperdícios e sua sustentação. Desta forma, o principal objetivo da realização desta dissertação é a redução dos desperdícios nas áreas do Departamento da Qualidade, levando a um aumento da produtividade do mesmo, assim como, uma melhoria na implementação da ferramenta 5S na empresa.

Visto que a ferramenta 5S tem resultados rápidos na organização de uma área, esta traduz-se em grandes vantagens para os departamentos de uma empresa. Desta forma, conclui-se a necessidade da criação de uma metodologia inovadora de aplicação da ferramenta 5S constituída essencialmente pelo mapeamento dos fluxos das áreas (VSM - sigla vinda do termo inglês *Value Stream Map*), posterior identificação de desperdícios e sua diminuição/ resolução.

Desta forma, este estudo engloba pelos seguintes sub-objetivos:

- Desenvolver uma metodologia inovadora de aplicação da ferramenta 5S;
- Implementar a nova metodologia proposta;
- Compreender e mapear os fluxos na área de implementação através da utilização do VSM e diagrama de esparguete;
- Identificar e reduzir desperdícios;
- Reorganizar *layouts* das áreas;
- Sustentar a metodologia aplicada;
- Implementar a gestão visual padrão na área;
- Disseminar a implementação da metodologia a todas as áreas do Departamento da Qualidade da Empresa.

1.3 Metodologia

A metodologia adotada nesta dissertação centra-se na aplicação da ferramenta 5S na indústria aeronáutica, com o objetivo de melhorar a eficiência operacional. Esta abordagem metodológica é composta por várias etapas interligadas que contribuem para alcançar os objetivos definidos.

Inicialmente, é feita uma contextualização no contexto da indústria aeronáutica para compreender a relevância das práticas de gestão da qualidade, com ênfase na ferramenta 5S, para aumento da competitividade das empresas neste setor. De seguida, é conduzida uma revisão da literatura. Esta revisão visa compreender o estado atual da utilização da ferramenta 5S na indústria aeronáutica e investigar outras ferramentas relevantes, como o diagrama de esparguete, o mapeamento de fluxos (*Value Stream Mapping* - VSM), o *Gemba Walk* e a gestão visual. Além disso, a revisão procura identificar as melhores práticas e desafios relacionados com a implementação destas ferramentas no contexto aeronáutico.

A terceira etapa consiste na elaboração detalhada da metodologia de aplicação da ferramenta 5S e sua aplicação prática de forma a compreender a sua eficácia. A última etapa da metodologia de desenvolvimento da dissertação envolve a análise dos resultados obtidos após a implementação da ferramenta 5S na indústria aeronáutica, culminando em conclusões que contribuem para o conhecimento e a prática nesta área de estudo.

1.4 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos e, no final, estão disponíveis os anexos.

O presente capítulo, corresponde ao primeiro da dissertação ("Introdução"), onde é feito um enquadramento do tema da mesma, são especificados os problemas e objetivos e, por fim, a metodologia seguida para atingir os objetivos definidos.

No capítulo 2, "Estado de Arte" tem como objetivo enunciar a revisão teórica dos diferentes temas abordados ao longo da dissertação, de forma a sustentar toda a aplicação de conceitos, ferramentas e metodologias.

No que diz respeito ao capítulo 3, "Introdução ao Estudo de Caso", é feita uma breve descrição da empresa onde foi realizado o presente estudo e, posteriormente, contextualizada toda a área onde foi aplicada a metodologia e descritos os processos que nesta são realizados.

No capítulo 4, "Proposta da Metodologia de Aplicação da Ferramenta 5S" é descrita a metodologia constituída por 6 etapas. Em cada uma das etapas é descrito o procedimento que deve ser seguido para uma fácil aplicação da mesma, sendo enaltecidos pontos-chave fulcrais para obter os devidos resultados da sua aplicação.

Já no capítulo 5, "Implementação da Metodologia Proposta", onde, como o nome indica, é aplicada a metodologia na área em estudo. Este contempla a aplicação das 6 etapas que esta metodologia inclui e um posterior registo e discussão dos resultados.

Por fim, no capítulo 6, "Conclusões e Sugestões de Trabalhos Futuros" é feito o levantamento das conclusões da aplicação desta metodologia, sendo, também, realizado o paralelismo com os resultados de estudos anteriores referenciados na revisão da literatura. Para além das conclusões, são descritos os próximos passos a tomar no futuro.

LEAN E INDÚSTRIA AERONÁUTICA

Este capítulo tem como objetivo apresentar a revisão dos diferentes conteúdos e temas abordados ao longo desta dissertação, enunciando também, os conceitos teóricos que sustentam as ferramentas utilizadas na metodologia formulada e aplicada em contexto prático.

Neste capítulo é feita uma contextualização do mercado onde se insere a empresa, cujo presente estudo de caso foi realizado, passando pela segurança aeronáutica, pela filosofia *lean* e ferramentas utilizadas.

2.1 Contextualização

Atualmente, a indústria aeronáutica tem vindo a crescer cada vez mais. Desta forma, é essencial que este tipo de indústrias consiga fornecer aos clientes elevados níveis de qualidade e reduzidos tempos de entrega, aumentando assim, a necessidade de reavaliar os modos de operação neste setor [3].

Este período em constante mudança leva à implementação de novas técnicas e ferramentas pelas organizações para se destacarem e sobreviverem a um ambiente de crescente competitividade empresarial, à mudança de mentalidade dos clientes e à instabilidade da procura [4]. Desta forma, para conseguir atingir níveis de produtividade cada vez mais elevados é necessário aplicar metodologias inovadoras e estratégias de produção que permitam, de forma estruturada e eficaz, cumprir com os objetivos desejados.

Relativamente à manutenção das aeronaves, esta caracteriza-se como indispensável, sendo crucial para a indústria da aviação. A manutenção é muito dispendiosa e é vista com uma atividade que não agrega valor para as companhias aéreas, mas necessária de se realizar, sendo portanto, de extrema importância que seja realizada de forma célere e com a maior

qualidade possível [5]. Assim, é salientada a impotência da aplicação de ferramentas que permitam a manutenção ser o mais eficiente que possível, ao reduzir os desperdícios que ocorram nesta operação.

Na análise da expansão *lean* na organização onde foi realizado o estudo de caso, verificou-se que as áreas do Departamento da Qualidade ainda não tinham sido alvo de aplicação da ferramenta 5S. O processo da qualidade é de extrema importância para o setor da aviação, e por isso, este departamento foi alvo do presente estudo de aplicação de uma metodologia inovadora para implementação da ferramenta 5S e VSM com foco no mapeamento de fluxos, identificação de desperdícios e sustentação desta metodologia na indústria aeronáutica.

2.2 Indústria Aeronáutica

2.2.1 Serviço de MRO e Fabricação

As empresas de *Maintenance Repair and Overhaul* (MRO) realizam uma série de atividades para garantir que aeronaves estejam em condições seguras e operacionais [5]. Isso inclui inspeções regulares para identificar desgastes e danos, substituição de peças defeituosas ou desgastadas, reparos de componentes danificados e a aplicação de atualizações tecnológicas para manter a aeronave em conformidade com os regulamentos de segurança. MRO é crucial para garantir que as aeronaves voem com segurança, minimizando o risco de acidentes e prolongando sua vida útil. Estas empresas lidam diariamente com a pressão de colocar em risco a operação diária do produto em que trabalham. Por exemplo, se a manutenção de uma aeronave atrasar e não for realizada dentro do prazo planejado, a operação poderá ser interrompida e os voos não serão realizados [5]. Uma empresa capaz de executar esse trabalho de maneira eficiente e rápida permite que a aeronave retorne à operação mais rapidamente, aumentando assim o rendimento da empresa. No entanto, é fundamental destacar que, na aviação, a segurança é prioridade máxima, e todas as atividades de manutenção devem ser realizadas de acordo com rigorosos padrões de segurança [3] e [4].

Por norma, uma empresa que tenha uma frota de aviões tem hangares para realizar a sua própria manutenção, mas com o crescente número de aeronaves, o mercado de MRO tem vindo a aumentar, o que leva à crescente necessidade de subcontratação deste tipo de serviços de manutenção [3], [5] e [7].

A manutenção na indústria da aviação é conhecida por ser uma das mais dispendiosas e críticas em termos de segurança. Portanto, é de extrema importância que as aeronaves modernas sejam projetadas com componentes duráveis e de fácil substituição, de forma a minimizar o tempo de inatividade durante a manutenção. Mesmo assim, os custos associados à manutenção ainda são significativos [5] e [8].

No entanto, a fabricação de aeronaves é um processo complexo que começa com o projeto detalhado da aeronave. Isto inclui a criação de planos e especificações para todos os componentes da aeronave, como a estrutura da fuselagem, asas, motores, entre outros sistemas, sendo a qualidade um requisito fundamental. A elevada eficiência é necessária para atender aos rigorosos padrões de qualidade e garantir que as aeronaves fabricadas atendam a todos os requisitos de segurança e desempenho. Nesse contexto, a integração da tecnologia digital nos processos de fabricação desempenha um papel crucial, tornando a gestão da produção mais ágil e eficiente [9].

Em resumo, quer as empresas de MRO quer de fabricação desempenham papéis fundamentais na garantia da segurança e eficiência da aviação, contribuindo para a operação confiável e o desenvolvimento contínuo da indústria aeronáutica

2.2.2 Segurança na Indústria Aeronáutica

A segurança na indústria aeronáutica é de extrema importância, não só pelo elevado número de ocorrência de acidentes, como também pela gravidade das consequências, em caso de sinistro. Viajar com elevada velocidade e a elevadas altitudes, com elevados tráfegos, em caso de erro humano, pode levar a desastres aéreos. Desta forma, os fabricantes e companhias aeronáuticas fazem um grande esforço para evitarem acidentes devido à importância da segurança, e pelo facto de esta ser crucial para a sua reputação [1] e [10].

Durante a manutenção aeronáutica os fatores que podem traduzir-se em erros não são apenas técnicos, como por exemplo procedimentos inadequados e conhecimento insuficiente. Estes podem passar pela elevada pressão a que os operadores estão sujeitos, falhas de comunicação, ou até mesmo o contexto do ambiente laboral [11].

Todo o trabalho de manutenção de aeronaves deve ser controlado por uma equipa de profissionais altamente experientes no controlo de qualidade, sendo que, um pequeno atraso nos procedimentos deste departamento, pode traduzir-se em perdas de produtividade na organização [12].

O método mais comum de avaliar o desempenho de uma inspeção é através da sua precisão. Este tem em consideração inspeções corretas e incorretas de peças defeituosas e não

defeituosas. Estudos realizados anteriormente, analisaram o desempenho da inspeção como parte dos processos da garantia da qualidade da produção (manufatura) e inspeções da adequação em processos de manutenção. As precisões de inspeção alcançadas variam entre 67% a 76% e de 52% a 68%, respectivamente [13].

Desta forma, é salientada a importância da qualidade na indústria aeronáutica, sendo este departamento responsável pela identificação dos erros que possam ter ocorrido durante a operação de manutenção e fabricação de aeronaves. Posteriormente os mesmos são corrigidos, garantindo a segurança, tanto no mercado de MRO como no setor na fabricação.

2.3 Filosofia *Lean*

2.3.1 Contextualização histórica

Após a primeira guerra mundial, Henry Ford compreendeu as limitações do sistema artesanal europeu de fabricação automóvel. Este sistema de produção consistia na utilização de mão de obra altamente qualificada que dispunha de ferramentas simples, mas flexíveis, para entregar uma peça de cada vez, de acordo com o que o cliente final desejava. Este processo tinha custos muito elevados, traduzindo-se num produto que a maior parte da população não conseguia adquirir e, conseqüentemente, o negócio não tinha possibilidade de expansão. Desta forma, Henry Ford criou um sistema de produção em massa baseado na utilização de peças simples na linha de montagem, possibilitando a uso de mão de obra pouco especializada, resultando na redução de custos e tempo de fabricação [14].

Após a segunda guerra mundial, a economia japonesa foi devastada, resultando numa escassez de recursos financeiros e materiais. Com a crescente procura de carros, caminhões e a falta de recursos, a necessidade de produzir em grande escala com menos recursos foi cada vez maior. Neste contexto, Kiichiro Toyoda, criou o sistema "*Toyota Productive System*" (TPS). Através de uma visita às fábricas americanas, Kiichiro Toyoda, constatou que o principal problema a ser resolvido passava pela troca de ferramentas, sendo esta muito demorada. Toyoda percebeu que ao reduzir os tempos de troca de ferramenta, e a produção em pequenos lotes, teria menores custos que a produção em massa [15].

Com o objetivo de esquematizar esta filosofia, desenvolveu-se a "casa" TPS (Figura 2.1) sustentada pelos pilares *Just in Time* (JIT) e *Jidoka*, sendo de extrema importância no cumprimento dos objetivos definidos [16].

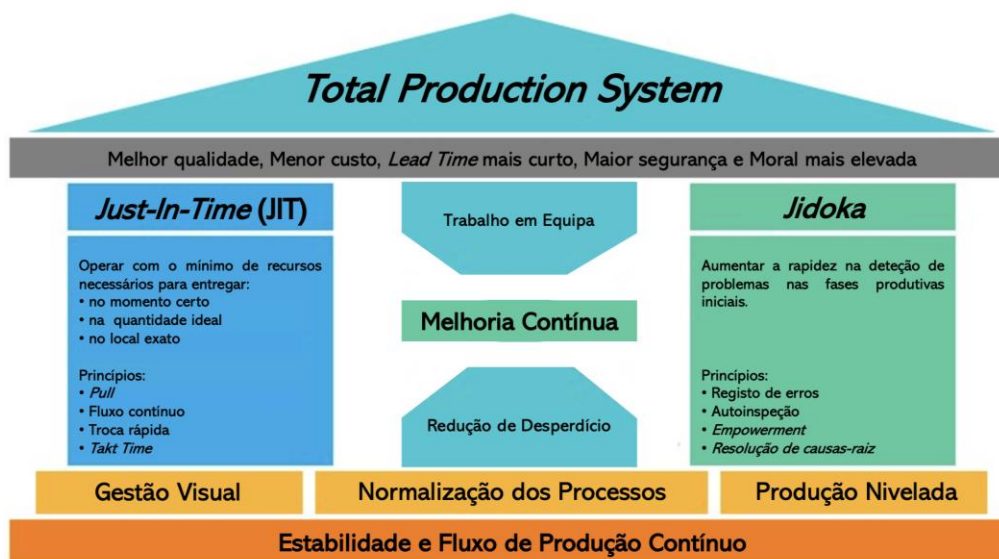


Figura 2.1 - "Casa TPS" (adaptado de: [17])

Tal como acontece com uma casa convencional, Toyoda planeou o desenvolvimento da "Casa" do TPS numa lógica ascendente, sendo os pilares fundamentais para sustentar toda a filosofia *lean* numa organização. O pilar JIT simboliza uma estratégia de produção, segundo a qual todos os *outputs* são cumpridos no momento certo, na quantidade ideal e no local exato. Tal estratégia recorre a inúmeras ferramentas, como por exemplo o *Total Productive Maintenance* (TPM) e o *Kanban*, cujo objetivo é a eliminação sistemática de atividades sem valor acrescentado e desperdício durante o processo produtivo [18]. Por outro lado, o pilar *Jidoka* permite capacitar os operadores e as máquinas a detetarem algo de errado que aconteça durante a produção, e imediatamente retirarem os produtos defeituosos da linha produtiva, o que permite aumentar a rapidez na deteção de problemas nas fases iniciais do processo [19]. Finalmente, no que diz respeito às fundações da casa, é de ressaltar a filosofia da Toyota, que assenta na procura contínua pela perfeição, a gestão visual, baseada num conjunto de técnicas de comunicação com o objetivo de facilitar a transmissão de informação entre pessoas, a normalização de processos com o intuito de reduzir a variabilidade, e permitir a produção nivelada, essenciais para manter um fluxo de produção contínuo e reduzir o *stock*. Desta forma, reduziram-se os *stocks* de peças, iniciou-se a cultura de identificação rápida de erros, permitindo que sejam resolvidos no momento e, procurou-se identificar desperdícios e atividades que não agregassem valor para serem reduzidos/ eliminados [14] e [20].

A filosofia *lean* tem como característica afetar todas as áreas de atividade de uma empresa, nomeadamente, na redução de custos, na melhoria da produtividade do sistema e dos

colaboradores, na redução de defeitos, na melhoria da qualidade dos produtos e na redução do tempo de entrega ao cliente [21].

Na última década do século XX, esta filosofia tem vindo a ser aplicada na indústria de MRO, em especial na gestão de *stocks*, prevenção de quebras de produção, acidentes, entre outros. Desta forma, a filosofia *lean*, tem sido considerada por este tipo de indústrias por permitir fornecer produtos fiáveis e com os requisitos que o cliente procura, reduzindo desperdícios e atividades de valor não acrescentado [6].

2.3.2 Produção *lean*

O *lean* pode ser descrito de várias formas segundo diversos autores. Por exemplo, segundo [22] o *lean* pode ser definido como uma abordagem sistemática para identificar e eliminar o desperdício (atividades de valor não acrescentado) através da melhoria contínua, em busca da perfeição. O *lean* foi definido por [23] como uma filosofia que procura continuamente reduzir o tempo entre o pedido e a entrega do produto ao cliente, eliminando o desperdício ocorrido ao longo do processo. O seu principal objetivo é adicionar valor ao cliente, reduzindo desperdício em termos de tempo, recursos humanos e custos. A filosofia *lean* resulta na redução contínua de três tipos de desperdício [24]:

- **"Muda"** - atividades que não acrescentam valor do ponto de vista do cliente;
- **"Mura"** - irregularidade presente numa operação, traduzindo-se num desequilíbrio;
- **"Muri"** - sobrecarga de equipamentos ou colaboradores.

Dentro destes três grupos de desperdícios, as atividades relativas ao "Muda", podem ser classificadas segundo sete categorias de desperdício [25] e [26], presentes na seguinte Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - 7 desperdícios *lean*

Tipo de <i>Muda</i>	Descrição
Produção em excesso	Quando se fornecem materiais e informações em maior quantidade, mais cedo e mais rápido que o necessário
Transporte	Materiais e informações transportados de um ponto para outro
<i>Stock</i>	Acumulação de materiais/ produtos em excesso
Movimentação	Movimentação de pessoas, desde grandes deslocações até movimentos das mãos
Espera	Interrupções no processo por falta de recursos, informações ou que aguardam outras atividades
Processamento desnecessário	Atividades que são realizadas ou repetidas de forma desnecessária
Defeitos	Informações geradas incorretamente, materiais danificados, situações que geram retrabalho ou substituição
Pessoas	Não aproveitamento das capacidades e conhecimentos dos colaboradores

De acordo com [14] e [27] a implementação da filosofia *lean* numa organização deve seguir os seguintes cinco princípios:

- **Identificação do valor:** compreender de forma clara o que é de valor para o cliente, ou seja, o que este deseja receber dos produtos ou serviços;
- **Mapear o fluxo de valor:** analisar e mapear o fluxo das atividades de valor, necessárias para transformar as matérias-primas em produtos acabados, identificando os desperdícios e gargalos do processo;
- **Criação de fluxo contínuo:** eliminar os desperdícios e melhorar o fluxo de trabalho, garantindo que os produtos ou serviços tenham um fluxo contínuo, sem interrupções e atrasos desnecessários;
- **Estabelecer um sistema *pull*:** adotar um sistema de produção baseado na procura real do cliente, evitando a produção em excesso e respondendo às necessidades de forma ágil;

- **Procura pela perfeição:** promover a cultura de melhoria contínua, incentivando a identificação/ eliminação de desperdícios, bem como a implementação de boas práticas que se traduzem em níveis cada vez mais altos de qualidade e eficiência.

Embora a aplicação dos cinco princípios *lean* pareça ser uma abordagem simples e prática, muitas organizações enfrentam dificuldades na implementação desta filosofia na sua estrutura organizacional. No estudo realizado em [28] foi apurado que a maioria das empresas (aproximadamente 60%) adotou algumas práticas *lean*, porém apenas cerca de 20% implementaram uma abordagem *lean* abrangente em toda a organização. O estudo também revelou que as empresas que implementaram práticas *lean* de forma completa relataram melhorias significativas em termos de produtividade, qualidade e redução de custos [28].

2.3.3 Barreiras à implementação da filosofia *lean*

A aplicação da filosofia *lean* tem vindo a ter uma grande expansão ao longo dos últimos anos. Embora os princípios e as ferramentas *lean* existam desde o início da década de 1980, muitas empresas falham na transformação *lean* eficaz [29]. Desta forma, é crucial identificar quais os fatores mais importantes que se traduzem em barreiras na implementação desta filosofia. Estes fatores podem ser consultados, nos seguintes subcapítulos, de forma pormenorizada [30]–[32]:

2.3.3.1 Resistência da gestão de topo à mudança

A gestão de topo tem um papel fundamental na capacidade de liderar e motivar as equipas de trabalho. Esta deve fornecer uma liderança estratégica, comunicando quais os objetivos da implementação da filosofia *lean*. Assim, o papel da gestão é fornecer apoio financeiro, treinar e capacitar os funcionários para melhorar continuamente os seus processos [33]–[35].

2.3.3.2 Falta de formação adequada

As empresas, na sua generalidade, obtêm melhorias após a implementação de apenas um projeto, mesmo sem ter implementado a cultura de melhoria contínua. Quando os colaboradores não são formados de forma adequada, e devido ao sistema *lean* ser complexo, por este ter muitas práticas e ferramentas a utilizar, para atingir mais resultados da sua implementação requer que os funcionários sejam devidamente formados [36].

A formação que os colaboradores recebem, permite que estes compreendam melhor as ferramentas *lean*, mas também a sua importância no processo produtivo e na capacidade que têm na resolução de problemas.

2.3.3.3 Resistência à mudança pelos colaboradores

Os colaboradores de uma empresa são a sua base, tendo uma extrema importância para o seu sucesso. Desta forma, a disponibilidade dos colaboradores para resolver os problemas que possam ter no seu local de trabalho, a sua resistência a serem treinados, a falta de reconhecimento do seu trabalho pela gestão de topo, entre outros fatores podem levar à falha da implementação da filosofia *lean* [37] e [38].

A formação adequada dos colaboradores estimula a motivação dos mesmos para melhorar continuamente os seus processos e resolver os problemas que possam surgir diariamente [39].

2.3.3.4 A complexidade da implementação do *lean*

Tal como referido anteriormente, a filosofia *lean* teve origem na indústria automóvel, sendo caracterizada como um sistema de produção repetitivo e discreto. Empresas que operam com diferentes características revelam dificuldade elevada na implementação desta filosofia devido à sua complexidade [40].

2.3.3.5 Falta de conhecimento sobre os benefícios da filosofia *lean*

A medição dos ganhos da implementação da filosofia *lean* nem sempre é de fácil obtenção, devido a muitas vezes não serem ganhos financeiros diretos, sendo dependentes de medidas de desempenho [41]. Desta forma, muitas empresas não reconhecem os benefícios da implementação da filosofia *lean*, acreditando que o *lean* não se traduz em qualquer melhoria para a sua empresa.

2.3.3.6 Falta de tempo

Por sua vez, na implementação do *lean*, muitos colaboradores sentem a pressão de o fazer de forma rápida. Muitas vezes, apesar de terem a necessidade de um acompanhamento direto da gestão de topo, isto não acontece por falta de tempo para se dedicarem à implementação *lean* [42].

2.3.3.7 Barreiras culturais

Um dos fatores que mais influência tem na implementação da filosofia *lean* é a cultura dos colaboradores. Mudar a cultura de como realizar as atividades do seu dia-a-dia não é uma tarefa fácil, sendo de extrema importância para o sucesso da implementação de uma cultura *lean* (de melhoria contínua), onde os colaboradores são obrigados a sair da sua zona de

conforto. Desta forma, as empresas contratam formadores especializados neste tema para ajudar na mudança inerente à implementação desta filosofia [43].

Um dos aspetos fundamentais a ter em mente durante esta mudança cultural é assegurar que todos os colaboradores compreendam a importância de desenvolver uma cultura de melhoria contínua, mesmo que isso possa inicialmente resultar em desempenhos menos favoráveis, em vez de procurar resultados imediatos que possam eventualmente prejudicar a produtividade no futuro [44]. As dificuldades na mudança cultural nas empresas, foram apontadas como um dos principais problemas na implementação da filosofia *lean*, sendo este o desafio mais significativo [38] e [45].

Relativamente ao contexto em que se deve aplicar esta filosofia, nem todas as organizações são elegíveis à sua implementação. As organizações devem apresentar algumas características para que a implementação da filosofia *lean* seja um sucesso [46], nomeadamente:

- A organização deve estar inserida num mercado competitivo. Desta forma, entidades que não têm motivação suficiente para se submeter à mudança inerente à implementação desta filosofia, nomeadamente, mudanças culturais, não são elegíveis à sua correta implementação;
- O foco no cliente deve ser claro. A empresa deve definir, de forma objetiva, quem é o cliente e os seus requisitos, com o propósito de trabalhar continuamente para melhorar o cumprimento do desejado;
- Fornecer valor ao cliente, utilizando como estratégia-chave a eliminação de desperdícios;
- A organização deve ter foco nos resultados a longo prazo, mesmo que a curto prazo, estes não sejam evidentes.

2.4 Ferramentas e Técnicas

A produção *lean* contém um conjunto de ferramentas, que quando implementadas corretamente e integralmente, permitem melhorar o desempenho das organizações [47].

Estas, em conjunto com outras ferramentas/ técnicas de gestão das organizações, permitem a melhoria contínua das mesmas, sendo esta seção dedicada às ferramentas utilizadas no contexto da presente dissertação.

2.4.1 Ciclo PDCA

As ferramentas *lean* possuem um grande potencial para promover a melhoria contínua dos processos industriais. Contudo, existem outras metodologias que podem ser utilizadas para alcançar este mesmo objetivo, como por exemplo o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*).

Este ciclo enuncia a forma como devem ocorrer as mudanças dentro de uma organização. As suas etapas passam pelas fases de planeamento e implementação, bem como pela fase de monitorização, na qual existe uma verificação das medidas implementadas, de forma a perceber se as alterações efetuadas conduziram à melhoria pretendida.

As quatro etapas deste ciclo são [48]:

- **Plan:** investigar a situação atual, entender completamente a natureza de qualquer problema a ser resolvido e identificar possíveis oportunidades de melhoria para esse mesmo problema, e sua posterior priorização;
- **Do:** implementar o plano de ação definido anteriormente;
- **Check:** analisar e verificar as ações implementadas. Estes novos dados devem ser comparados com os dados anteriores para determinar se a melhoria foi alcançada, de acordo com os resultados pretendidos;
- **Act:** construir métodos para padronizar a melhoria contínua. Se os resultados não forem os desejados, as medidas implementadas devem ser abandonadas e deve ser iniciado um novo ciclo.

2.4.2 Ferramenta 5S

A ferramenta 5S (*Seiri – Seiton – Seiso – Seiketsu – Shitsuke*) permite organizar o espaço de trabalho de forma segura e eficiente, com o objetivo de criar um ambiente de trabalho mais produtivo [13] e [47]. Para tal, esta ferramenta melhora pontos decisivos para uma empresa, nomeadamente, na aparência de uma área produtiva (sujidade que possa existir e desorganização). Esta ferramenta, inclui cinco princípios [47] e [49] (um para cada "S" que se traduz num termo japonês). Estes devem ser cumpridos pela ordem da seguinte Figura 2.2.

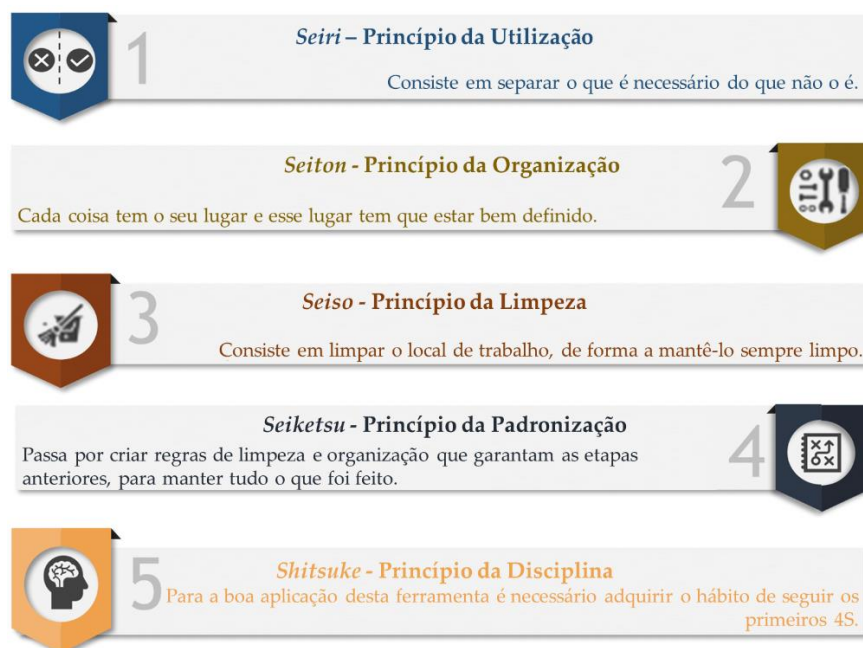


Figura 2.2 - 5 princípios da ferramenta 5S

A aplicação desta ferramenta pode traduzir-se em melhorias num processo produtivo, através da redução do tempo de operação, melhoria na segurança e na ergonomia no posto de trabalho [47], contribuindo para a organização do posto [50].

A ferramenta 5S contribui para o crescimento, de forma sustentada, das organizações e para manter o seu desenvolvimento a longo prazo. A implementação da ferramenta 5S é de extrema importância relativamente à qualidade de uma organização. A sua aplicação traduz-se numa maior qualidade e produtividade, em custos mais baixos, entrega mais rápida e num ambiente de trabalho mais seguro [51]. Desta forma, organizações que implementem a ferramenta 5S no seu departamento de qualidade, reduzem as atividades de valor não agregado e objetos desnecessários na área, sendo estabelecido trabalho padronizado e obtido o comprometimento dos colaboradores, criando um local de trabalho limpo e seguro [52].

No geral, as organizações que implementaram 5S conseguiram obter melhorias na qualidade, sendo salientada a importância do comprometimento da gestão de topo nesta implementação, devido a serem obtidos melhores resultados quando a implementação da ferramenta 5S é considerada no planeamento estratégico da organização [53].

2.4.3 *Gemba walk*

O termo *Gemba* significa "o lugar real", sendo utilizado no setor industrial para indicar o chão de fábrica ou, em caso de outro setor de atividade, o local onde se cria valor e é aplicada a filosofia *lean*.

O *Gemba Walk* é uma ferramenta que leva os gestores à linha da frente de forma a identificar desperdícios e oportunidades de melhoria, sustentando e aumentando os ganhos obtidos através da filosofia *lean*. No entanto, o principal objetivo desta ferramenta é aproximar a gestão de topo dos funcionários do chão de fábrica, permitindo compreender as suas dificuldades e criar relações de respeito e confiança para uma melhor identificação de não conformidades e oportunidades de melhoria [54].

2.4.4 *Value stream mapping*

O VSM é uma ferramenta que ajuda a visualizar e compreender o fluxo de materiais e informações. Esta ferramenta propõe um conjunto de perguntas-chave para se desenhar um mapa do "estado futuro" de como o valor deve fluir ao longo de todo o processo.

O grande desafio proposto é construir um fluxo de valor *lean*, onde os processos estão associados aos clientes, desde o consumidor até à matéria-prima, num fluxo regular sem retorno que origine o menor *lead time*, a mais alta qualidade e o menor custo. O principal objetivo desta ferramenta é identificar os desperdícios existentes e propor formas para os mitigar. Este mapeamento é realizado no terreno, através da observação direta de todos os processos, bem como da comunicação expressiva com todos os colaboradores [54].

Segundo um estudo realizado [55], a implementação do VSM permitiu a identificação e eliminação de 10 atividades de valor não acrescentado. Este feito foi alcançado com sucesso através da aplicação de determinadas ferramentas e técnicas *lean*. Para além disso, como resultado da aplicação do VSM, foi melhorado o desempenho da empresa, aumentando a produtividade em 35% e reduzindo o *lead time* de produção em 400%.

Para a realização do VSM são enumerados sete procedimentos fundamentais [23]. O primeiro procedimento assenta na definição do *takt time*. O *takt time* sincroniza o ritmo da produção para que este acompanhe o ritmo das vendas, ou seja, com que frequência se deve produzir determinado produto para que a procura seja atendida na totalidade.

O planeamento começa por perceber qual é o *takt time* de um determinado produto, para que o ritmo da organização seja o mais próximo possível da procura requerida pelo cliente. Além disso, o *takt time* é adquirido como um período de tempo máximo para cada

processo. Ou seja, considerando uma determinada procura e um determinado número de horas de produção por dia, a organização deve adaptar-se às condições e manipular os seus processos para produzir uma peça a cada "x" unidades de tempo (sendo "x" o *takt time*).

Para além do *takt time*, existem outras métricas que também são importantes para compreender todo o fluxo, como é o caso do *cycle time* (Figura 2.3) Esta métrica representa o tempo médio decorrido entre a produção de duas peças conformes.

Segundo [56], o tempo de ciclo é o dado de maior importância que pode ser retirado do VSM. O facto do *cycle time* ser superior ao *takt time* significa que o processo produtivo não está a conseguir satisfazer a procura exigida pelo cliente.

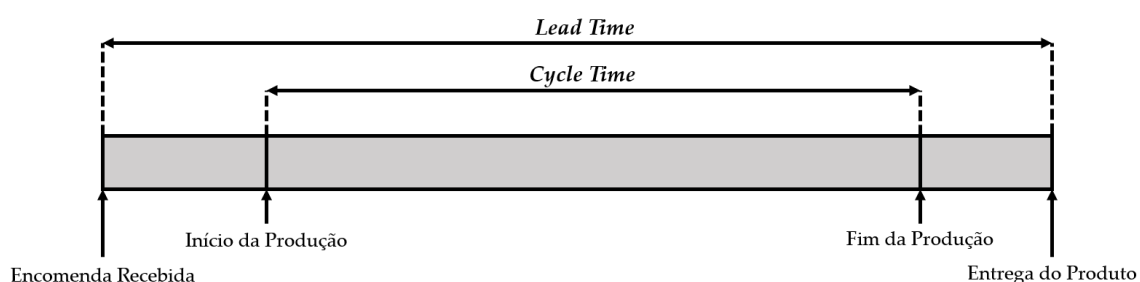


Figura 2.3 - Distinção entre *Cycle Time* e *Lead Time*

Por sua vez, o *lead time* é outra métrica que diz respeito ao período que um produto leva a atravessar todo o processo produtivo, desde o momento em que começa a ser processado, até à sua entrega ao cliente.

A interpretação da Figura 2.4 permite perceber um pouco melhor a distinção entre estes três conceitos fundamentais.

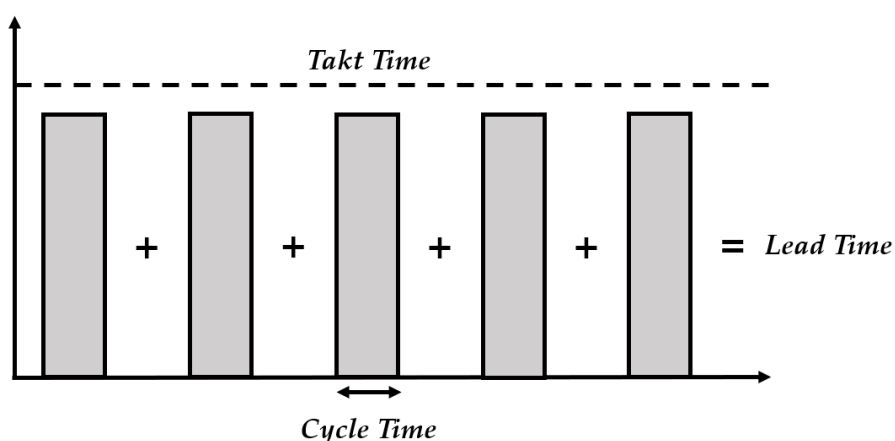


Figura 2.4 - Distinção visual do *Takt Time*, *Lead Time* e *Cycle Time*

O terceiro procedimento refere que é necessário desenvolver um fluxo contínuo, sempre que seja possível. Isto significa produzir uma peça de cada vez, sendo que cada item deve passar imediatamente entre processos, sem qualquer tipo de paragem.

A diretriz seguinte enuncia a necessidade de utilizar “supermercados” para controlar a produção onde o fluxo contínuo não se verifica. Existem inúmeras razões para isto, como por exemplo a existência de processos que estão distantes entre si e o facto de o transporte de uma única peça não ser viável.

O quarto procedimento refere a necessidade de planear a produção num único processo. Com base neste fundamento, deve apenas ser definido um ponto no fluxo de valor global, também chamado de *pacemaker*, cujo objetivo é definir o ritmo de trabalho de todos os processos anteriores. A seleção deste ponto determina quais os elementos do fluxo fazem parte do *lead time* do processo, desde o pedido do cliente até ao produto final.

Posteriormente, o conjunto de produtos deve ser nivelado, ou seja, a produção de diferentes produtos deve ser distribuída uniformemente durante um período de tempo. Por exemplo, em vez de produzir todos os produtos do “tipo A” no turno 1 e todos os produtos do “tipo B” no turno 2, deve-se ir alternando a produção em ambos os turnos. Uma das vantagens deste procedimento passa pela diminuição dos “supermercados” posteriores, uma vez que é mantido um reduzido *stock* de produtos acabados.

De igual forma, o volume de produção deve ser nivelado. Assim, deve seguir-se um sistema *pull* de forma a estabelecer um ritmo de produção consistente, o que garante uma maior capacidade de tomar ações corretivas.

O último procedimento refere o conceito de “*every part every day*”, que descreve com que frequência um processo deve ser modificado para produzir diferentes produtos, de maneira que sejam produzidos, todos os dias, produtos distintos.

Depois de realizar o fluxograma para perceber como funciona todo o processo, pode passar-se para a realização do VSM. Tal como foi referido anteriormente, o VSM é um diagrama que deve ser de fácil interpretação por qualquer membro da organização. Portanto, é natural que exista um conjunto de regras e símbolos pré-definidos para a elaboração dos mesmos. [23] definiram 3 grupos de símbolos utilizados na conceção do VSM, que podem ser consultados nas Tabelas 2.2 - 2.4 seguintes. É natural que existam mais símbolos, no entanto os que se encontram de seguida são os mais utilizados no contexto da indústria aeronáutica.

Tabela 2.2 - Símbolos usados no VSM para fluxo de material e sua descrição

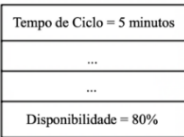
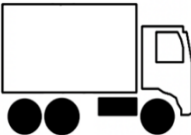
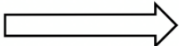
Símbolos do Fluxo de Material	
Símbolo	Descrição
	Processo - Representação do fluxo de material interno através de um departamento, processo, operação ou máquina
	Fontes Externas - Utilizado para representar um fornecedor ou um cliente
	Caixa de Dados - Representação numérica de dados imprescindíveis para o processo
	Entrega Externa - Representa a entrega de matérias-primas por parte do fornecedor ou entrega de produtos ao cliente
	Seta <i>Push</i> - Quando o produto é "forçado" a movimentar-se para o posto de trabalho seguinte sem ter em consideração a procura nesse mesmo posto
	Entrega ao Cliente - O fluxo de trabalho concluído que é entregue ao cliente é demonstrado com uma seta deste tipo.
	Sistema <i>First In - First Out</i> - O limite máximo da entrada deverá estar escrito abaixo da linha

Tabela 2.3 - Símbolos usados no VSM para fluxo de informação e sua descrição

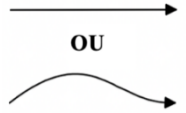
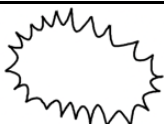
Símbolos do Fluxo de Informação	
Símbolo	Descrição
	Comunicação Manual - O fluxo de informações manual de lembretes, relatórios ou conversas
	Comunicação Eletrônica - Representação de trocas de dados em formato eletrônico
	Informação Útil - Outras informações úteis
	<i>Go and See</i> - Representa que a informação é recolhida através da observação, por exemplo, quando um supervisor toma uma decisão de produção depois de verificar visualmente o <i>stock</i>

Tabela 2.4 - Símbolos gerais usados no VSM e sua descrição

Símbolos Gerais	
Símbolo	Descrição
	Necessidade de <i>Kaizen</i> - Destaca as áreas problemáticas ao longo do processo. Representa a urgência de resolver um problema
	Colaborador - Este símbolo é utilizado para mostrar onde os operadores estão realmente localizados quando o processo é mapeado

Depois de conhecidos os principais símbolos utilizados ao longo do desenvolvimento do VSM, é importante perceber se o processo produtivo acontece através de um sistema *pull* ou *push*. Estes dois sistemas diferem relativamente à forma como a produção é conduzida. No caso de a organização ficar à espera de um pedido por parte do cliente para começar a produção, estamos perante um sistema *pull*. Neste caso, a procura do cliente “puxa” o *stock*. Por outro lado, caso a empresa produza para prever as suas vendas, estamos perante um sistema

push. O que acontece realmente é que a empresa “empurra” o seu *stock* no mercado em antecipação às suas vendas [57] (Figura 2.5).

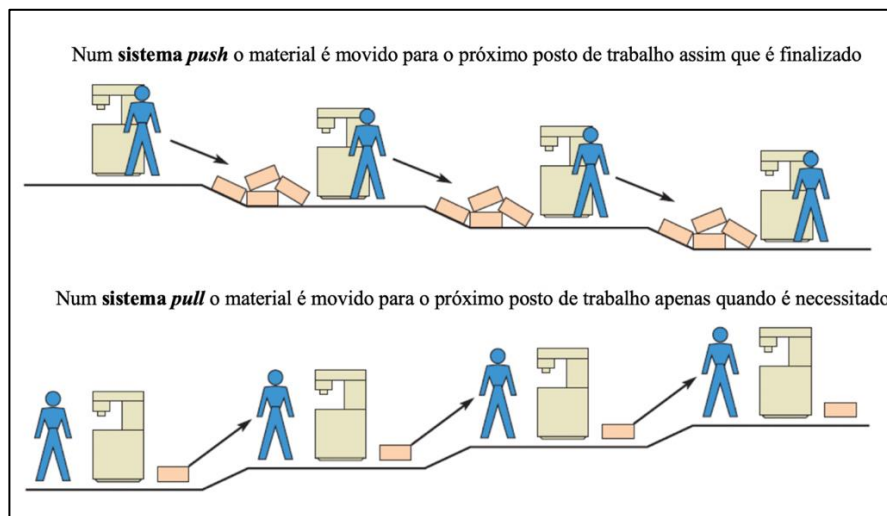


Figura 2.5 - Representação do sistema *push* e *pull* (adaptado de [58])

O mapeamento do fluxo de valor é extremamente benéfico para as organizações que procuram aperfeiçoar os seus resultados através da melhoria contínua dos seus processos. Desta forma, são apresentadas de seguida as principais vantagens que advêm da sua correta implementação:

- Vai para além da exibição dos processos individuais na linha de produção e demonstra o WIP (*Work In Progress*) entre os diferentes postos de trabalho;
- Possibilita a identificação de desperdícios ao longo da linha de produção;
- Fornece uma linguagem comum com símbolos padronizados reconhecidos globalmente, para que seja de fácil interpretação por qualquer membro corporativo;
- Exibe a linha de produção de forma holística para sejam evitados processos individuais de tomada de decisão;
- Proporciona uma clara interligação entre o fluxo de materiais e o fluxo de informação.

Além disso, a aplicação desta metodologia não pode ser reduzida à criação de um mapa isolado. Normalmente ocorre no contexto de grandes investigações durante a criação de uma nova linha de produção, daí existir uma maior força de trabalho para desenvolver novos diagramas VSM e testar os novos procedimentos, através da criação de rotinas. Sempre que há um produto para um cliente, há um fluxo de valor, e o principal desafio da organização é entendê-lo.

Para implementar corretamente esta ferramenta, o procedimento padrão é demonstrado na Figura 2.6 que se segue [23]. A ligação existente entre o estado atual e estado futuro, é fruto da necessidade de teste e posterior correção, caso seja necessária, aliada a uma mentalidade de melhoria contínua.

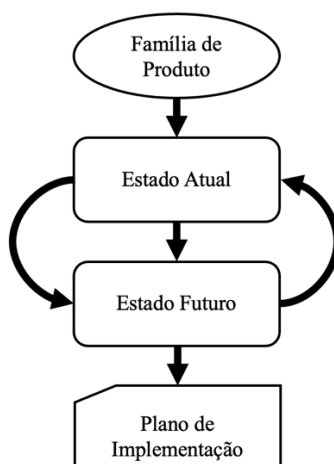


Figura 2.6 - Fases de implementação do VSM (adaptado de [23])

- **Desenhar o estado atual**

Esta etapa consiste na construção do modelo atual do VSM, recolhendo a maior quantidade de dados possíveis, diretamente no chão de fábrica. Segundo [56], para construir corretamente o estado atual do VSM é necessário ter uma grande capacidade de observação, uma vez que é fundamental documentar o que está a acontecer da forma como o observámos. Daí a elevada importância que é dada aos *Gemba Walks*, (referidos anteriormente neste documento) de forma a garantir que todos os dados estejam atualizados e o mais próximo possível da realidade, quando estes forem introduzidos no mapeamento.

No que diz respeito à organização do VSM, segundo os mesmos autores, este encontra-se repartido em três secções distintas:

- Fluxo do processo produtivo (localizado no centro do VSM);
- Fluxo de informação (localizado no topo do VSM);
- Dados de carácter temporal (localizado na parte inferior do VSM).

Um mapa do estado atual, como mostrado na Figura 2.7, segue o caminho de um produto, da entrega ao pedido, de forma a determinar as condições atuais.

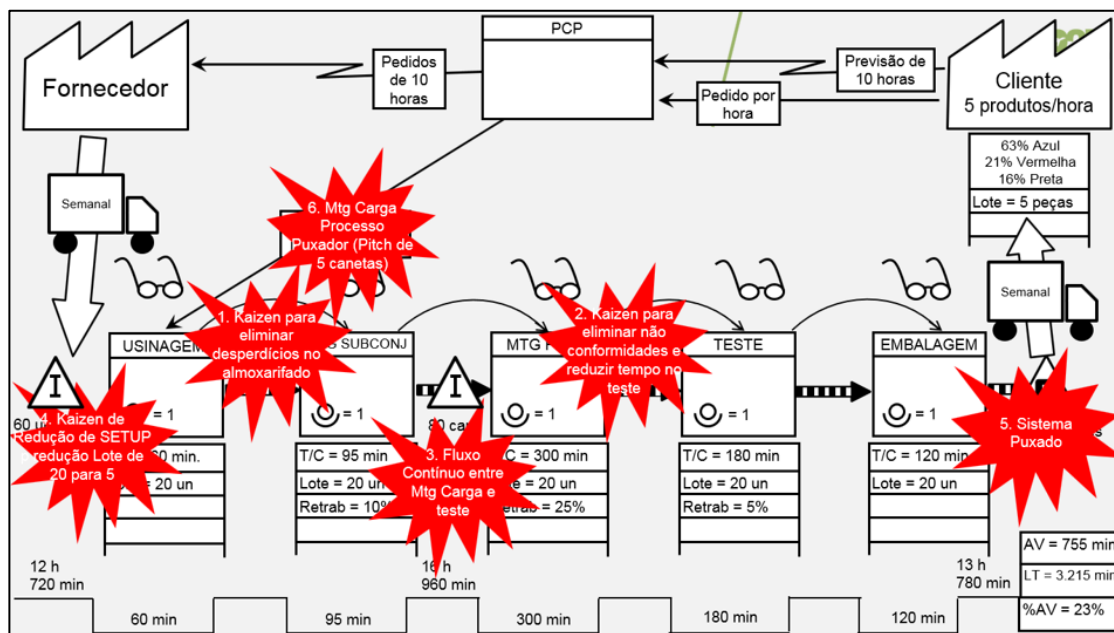


Figura 2.7 - Exemplo de um estado atual do VSM

- **Desenhar o estado futuro**

A construção do estado futuro é baseada nas melhorias em relação aos procedimentos que são seguidos anteriormente. O objetivo desta fase é identificar e eliminar todas as fontes de desperdício, de forma a construir um processo global, onde os subprocessos mantenham uma conexão por fluxo contínuo, desde o fornecimento de matéria-prima até à entrega do produto ao cliente final [56]. Desta forma, é garantido que os produtos sejam produzidos apenas quando o cliente assim o necessitar.

Um mapa do estado futuro, representado na Figura 2.8, desdobra as oportunidades de melhoria identificadas pelo mapa do estado atual, para atingir um nível mais alto de desempenho, em algum ponto, no futuro.

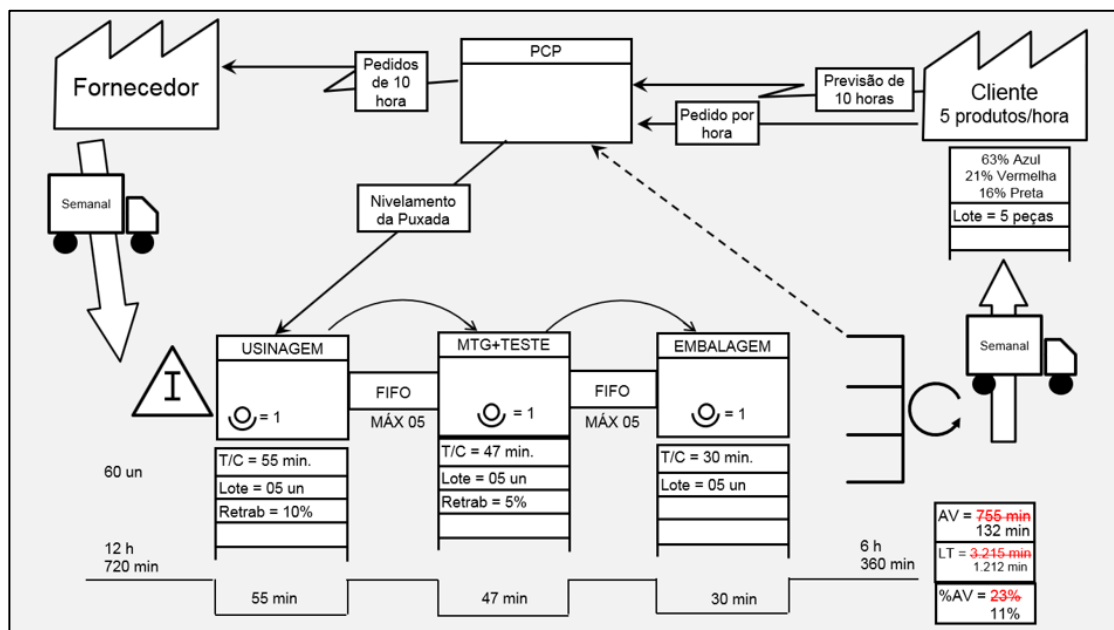


Figura 2.8 - Exemplo de um estado futuro do VSM

Em resumo, o desafio proposto no estado futuro é construir um fluxo de valor *lean* onde os processos são conectados aos seus clientes, desde a matéria-prima até ao consumidor final, num fluxo regular sem retornos, com o menor *lead time* possível, a mais elevada qualidade e ao menor custo.

2.4.5 Gestão visual

A gestão visual é uma forma de organizar as informações de maneira explícita e de fácil consulta. Esta utiliza diferentes cores, etiquetas, entre outros, com o intuito de detetar facilmente anomalias ou a evolução de uma dada área/ processo produtivo. Na Figura 2.9 está representado um quadro SQDC (*Safety, Quality, Delivery e Costs*), onde é possível visualizar o estado de uma área da OGMA, nomeadamente, nos temas da segurança, qualidade, entrega e custos.

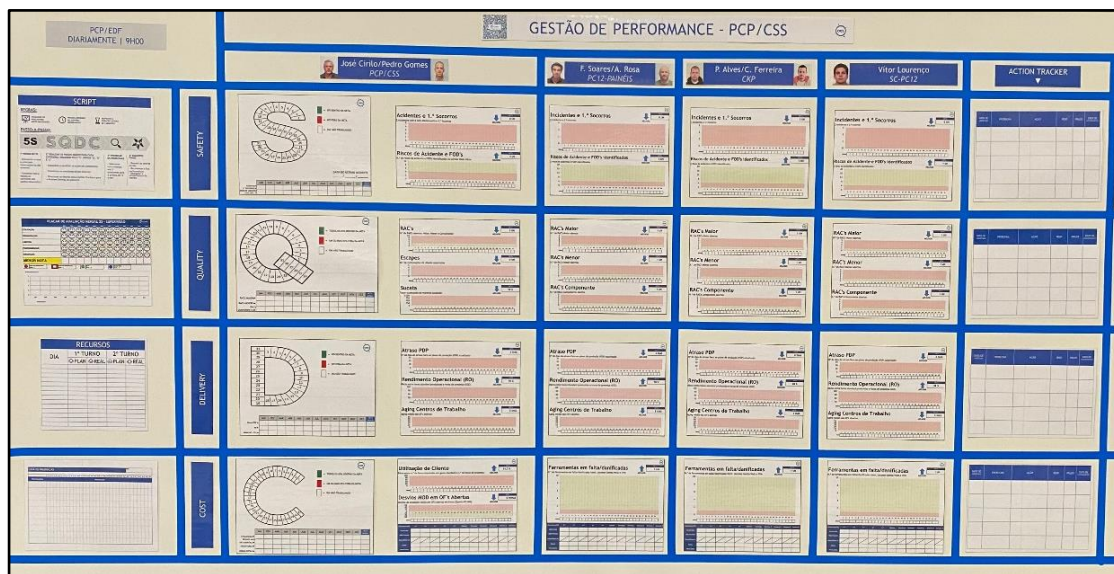


Figura 2.9 - Exemplo de um quadro de Gestão Visual

2.4.6 Diagrama de esparguete

De forma a perceber as movimentações de componentes e operadores, é comum utilizar diagramas de esparguete (Figura 2.10). Estes diagramas permitem identificar alguns dos principais desperdícios, nomeadamente, o transporte e as movimentações. O diagrama de esparguete representa o *layout* de uma dada área e mostra os percursos realizados pelos produtos ou operadores, onde cada linha de fluxo representa um movimento. Uma organização que adote a filosofia *lean*, trabalha no sentido de melhorar os fluxos e *layouts*, reduzindo os desperdícios, utilizando, assim, esta ferramenta nesse processo de melhoria [59].

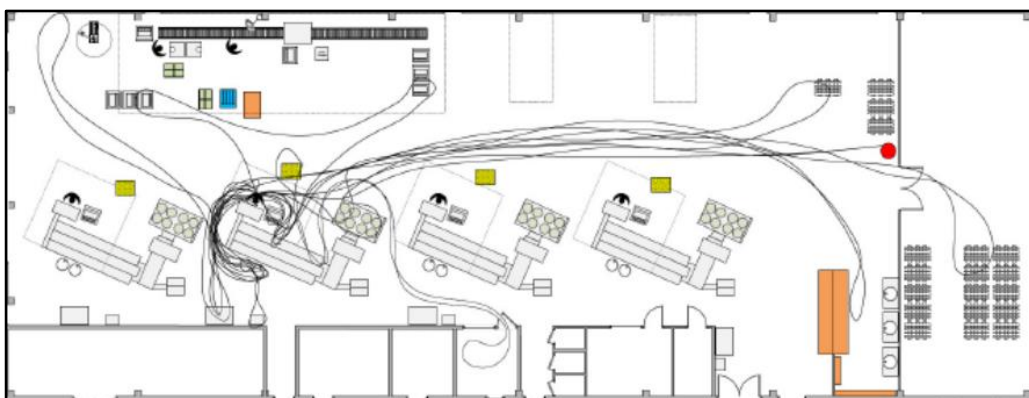


Figura 2.10 - Exemplo de um Diagrama de Esparguete (fonte: [59])

2.5 *Lean* na indústria aeronáutica

A indústria aeronáutica desde o passado pode ser caracterizada como uma indústria artesanal e gerida num sistema de produção em massa. Mas, mais recentemente, tem vindo a adotar a filosofia *lean*, nomeadamente, nas áreas de fabrico e cadeia de abastecimento, pois são nestas que se consomem a maioria dos recursos. Eventualmente, as empresas perceberam que esta filosofia tinha de ser adotada em todas as suas áreas para ser possível obter ganhos reais com a sua implementação [60].

Na indústria de MRO ainda existe ceticismo sobre qual é o foco na implementação da filosofia *lean*. Assim, muitas empresas adotam a filosofia *lean* em conjunto com outras estratégias de negócio para alcançar os objetivos estabelecidos pela empresa. Um exemplo de uma combinação que tem surgido, passa pela aplicação da filosofia *lean* em conjunto com a metodologia *Agile*, criando um sistema com processos ágeis que permitem lidar com problemas de volatilidade no mercado e de difíceis previsões da procura, sendo estes problemas característicos da indústria de MRO [3]. Relativamente à fabricação de novos componentes na indústria aeronáutica, a implementação da filosofia *lean*, levou ao repensamento dos equipamentos fabricados. Estes, agora são mais confiáveis, exigem menos manutenção, e maior intervalo entre revisões, reduzindo custos e obtendo menor tempo de inatividade das aeronaves. Desta forma, a aplicação de ferramentas *lean* em contexto de fabricação permite a criação de valor no ponto de vista do produto, enquanto, no caso da manutenção, permite a redução de desperdícios que ocorrem durante este processo [3].

Em 1992, nos Estados Unidos da América, é de salientar a criação de um programa de expansão *lean* resultante de uma parceria entre várias indústrias aeroespaciais, agências governamentais e professores universitários. Este consórcio tem como objetivo inicial a implementação de práticas *lean* e refletir sobre os resultados obtidos, tendo uma ampliação do grupo ao longo dos anos com a adição de empresas aeroespaciais comerciais. Desta forma, para além do objetivo inicial de aplicação de práticas *lean*, em 2003 foi criada uma rede educacional ao nível universitário para ser possível a formação sobre *lean* [60].

A implementação da filosofia *lean* na indústria aeronáutica tem evoluído com o passar dos anos, de forma a ser possível responder à procura em constante mudança. Assim, as empresas aeronáuticas continuam a plicar os princípios da filosofia *lean* nas suas operações, permitindo melhorar a eficiência e reduzir desperdícios.

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE CASO

3.1 Caracterização da Empresa: OGMA - Indústria Aeronáutica de Portugal, SA

Em 29 de junho de 1918 foi criado o Parque de Material Aeronáutico pelo Ministério da Guerra Português situado em Alverca do Ribatejo. Com o passar dos anos, a OGMA (Oficinas Gerais de Material Aeronáutico) tornou-se uma empresa especializada em serviços de MRO para aeronaves, motores e componentes, e fabricação de aeroestruturas, contando atualmente com mais de 1700 colaboradores.

Atualmente, a OGMA encontra-se subdividida em várias áreas de negócio, estando estas representadas na seguinte Figura 3.1.

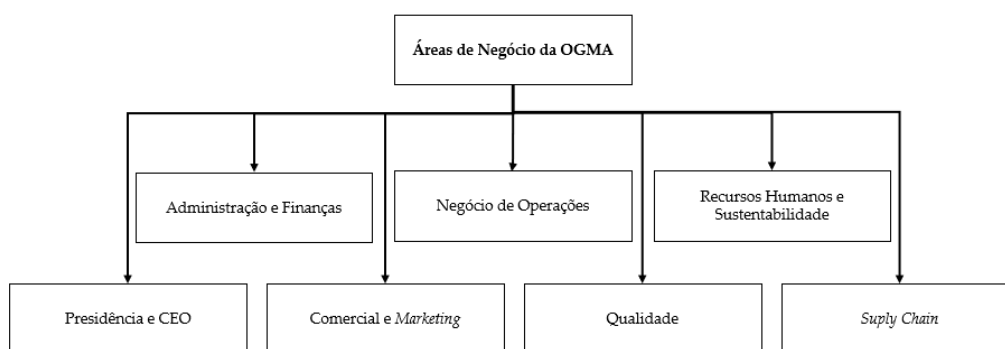


Figura 3.1 - Áreas de Negócio da OGMA

3.2 Estrutura das Áreas de Negócio

Em cada uma das áreas de negócio existem os diferentes cargos que, consigo, trazem as específicas responsabilidades, sendo fundamental saber mais sobre as mesmas para uma melhor compreensão do estudo de caso.

Operadores:

Os operados são funcionários que diariamente executam as funções que lhes são transmitidas pelos monitores das suas áreas. Estes podem, ou não, ter formação específica para executar as diferentes tarefas que lhes são atribuídas, consoante a área em que estão inseridos, sendo na maior parte das vezes um requisito para a execução das suas funções.

Monitores:

O monitor é um operador da equipa, que para além de executar funções similares às dos restantes membros, também tem as responsabilidades de proporcionar que toda a equipa tenha os materiais necessários para as suas tarefas, delegar qual a ordem de trabalhos do dia (indicando quais destes são prioritários), e efetuar a reunião diária de equipa no início do turno, mostrando como estão os seus indicadores e onde devem atuar para os melhorar.

Supervisores:

Os Supervisores por sua vez, têm à sua responsabilidade várias áreas com diversas equipas, sendo que estas efetuam tarefas similares, mas em diferentes departamentos, por exemplo, as diferentes áreas de qualidade nos diferentes hangares.

Estes supervisionam o desempenho das suas equipas, resolvendo problemas que possam ocorrer durante o processo produtivo, garantido que este não tenha paragens. Estes são também responsáveis por realizar rondas nas áreas, verificando o cumprimento de ferramentas *lean* já implementadas.

Focais *Lean*:

Os Focais *lean* têm a função de implementar e dar suporte após a implementação das ferramentas *lean* numa determinada área. Estes registam a evolução das áreas onde as mesmas foram implementadas e reportam para a equipa OES (*OGMA Excellence System*). Para além destas funções, estes identificam áreas com elevado potencial de implementar ferramentas *lean*.

Responsável de Área:

Por sua vez, os Responsáveis de Área (RA), têm as funções de monitorizar toda a área produtiva à sua responsabilidade, percebendo quais são as suas necessidades e procurando sempre que a sua área cumpra os seus objetivos e melhore os seus resultados.

Diretores:

Os Diretores são responsáveis por uma dada área de negócio, tendo à sua responsabilidade toda a área produtiva respetiva. Estes, respondem ao CEO (*Chief Executive Officer*) de forma direta, permitindo decidir quais as ações/ objetivos futuros e procurar a melhor forma de os atingir.

3.3 Estado Atual da Aplicação da Ferramenta 5S

Atualmente, a ferramenta 5S já foi implementada na maioria das áreas produtivas, estando em falta as áreas do departamento da qualidade que são fundamentais enquanto áreas de suporte às restantes. Caso ocorram falhas nestas, que impliquem paragens prolongadas, podem levar a quebras no ritmo de produção, originando atrasos na entrega do produto final ao cliente.

Esta ferramenta, já implementada no passado, foi aplicada com o intuito de melhorar a organização de equipamentos nas áreas de trabalho, maior ordenação e limpeza, passando pela divisão das zonas onde será aplicada a ferramenta, realizar o dia D (dia de aplicar a ferramenta 5S no terreno), não tendo em conta desperdícios da área e posteriormente monitorização e sustentação dos resultados. Desta forma, reforça a importância da criação da presente metodologia nesta dissertação que para além da implementação da ferramenta 5S, visa a diminuição dos desperdícios nas áreas e sustentação da ferramenta, pontos estes, que estavam em falta na sua aplicação.

3.3.1 Definição de zonas e responsabilidades

A definição de zonas é realizada com o intuito de ficar explícito quem tem a responsabilidade de monitorizar a implementação da ferramenta, sendo, portanto, de extrema importância para a sustentação da mesma. O primeiro nível é definido pela letra D (contorno a azul na Figura 3.3) seguido de um número em sequência a partir de 1, sem repetição.

As Zonas D são referentes às equipas operacionais e o responsável por cada zona D deve ser o Monitor de produção ou um Focal de 5S. Cada Zona D possui uma reunião de performance no seu respetivo quadro de gestão performance. Sempre que possível, as zonas devem ser definidas respeitando as divisões das equipas para facilitar a gestão de reuniões, no

entanto, pode não ser o principal critério para definição da zona para gestão do 5S. Relativamente às Zonas C (contorno a amarelo na Figura 3.2) estas são da responsabilidade do Supervisor da área e devem abranger todas as Zonas D sob sua responsabilidade. A Zona B (contorno a vermelho na Figura 3.2) é referente à área de responsabilidade do RA onde estão englobadas todas as suas supervisões. Por fim, a Zona A (contorno a preto na Figura 3.2) é referente a uma diretoria e deve conter todas as zonas B que estão sob a responsabilidade da diretoria em questão.

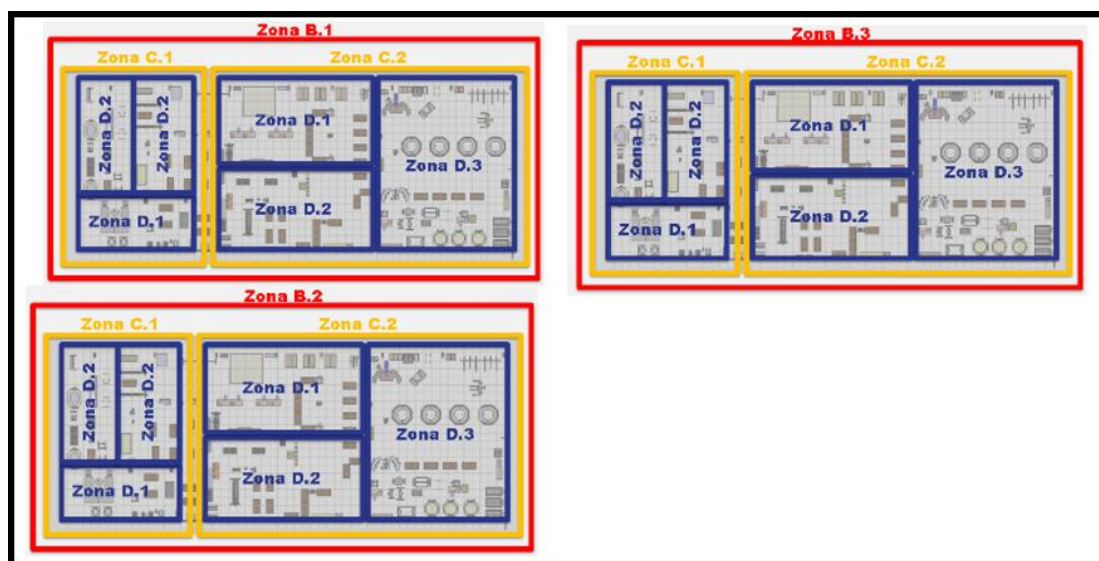


Figura 3.2 - Definição de zonas para aplicação de 5S

3.3.2 Auditoria 5S - rotinas e avaliações

As avaliações 5S têm como objetivo sustentar a implementação do 5S, sendo que a participação da liderança nas rotinas de avaliação tem como objetivo reforçar a importância desta ferramenta no dia-a-dia dos diferentes colaboradores. As diferentes rotinas e avaliações que devem ser realizadas estão presentes na Tabela 3.1, onde também é possível visualizar quem tem a responsabilidade de as realizar e a sua frequência.

Tabela 3.1 - Rotinas e avaliações nas diferentes zonas

Responsável pela Rotina	Tipo de Avaliação	Zona	Periodicidade
Operador	Autoavaliação	D	Diariamente
Supervisor	Autoavaliação	D	Semanalmente
Supervisor	Autoavaliação	C	Mensalmente
RA	Avaliação de Nivelamento	C	Mensalmente
Diretor	Avaliação de Nivelamento	B	Mensalmente
KPO	Avaliação de Nivelamento	A	Semestralmente

Para acompanhar a evolução e resultados do 5S deve ser realizada a apresentação dos resultados, de forma rápida e objetiva, nas rotinas de reuniões já existentes respeitando a seguinte frequência:

- **Diária:** no *Briefing* o Focal *lean* apresenta para a equipa o resultado da ronda e comunica as ações necessárias;
- **Diária:** o Monitor apresenta para o Supervisor o resultado da ronda diária de 5S da sua Zona D e as ações que foram identificadas, e solicita ajuda caso necessário;
- **Mensal:** o Supervisor apresenta o *status* do 5S da sua supervisão para o RA, e solicita ajuda caso necessário;
- **Mensal:** o RA apresenta o *status* de 5S da sua área para o Diretor e pontos relevantes, e solicita ajuda caso necessário;
- **Mensal:** o Diretor apresenta o *status* de 5S da sua Direção para o CEO e pontos relevantes, e solicita ajuda caso necessário.

3.3.3 Documentos de controlo

De forma a verificar-se a implementação desta ferramenta, existem diversos documentos de controlo que avaliam o seu desempenho e respetiva evolução. Estes não só facilitam a implementação da ferramenta, como também permitem a padronização da mesma em toda a empresa.

3.3.3.1 *Check lists*

As *Check lists* permitem que operador no terreno tenha em atenção pontos importantes na sua avaliação diária de como se encontra a área D a avaliar. Esta contém para cada um dos princípios os “Objetivos” pelos quais se está a avaliar esses pontos e “Observações” para que seja claro o que está a ser avaliado (Anexos C a G). Para além da *check list* mencionada anteriormente, existe uma outra mais detalhada que é utilizada pelos responsáveis das zonas A, C e B. Esta é acompanhada por um formulário de pontuação (“Formulário de Pontuação da Avaliação de 5S” - Anexo H) que deve ser utilizado para registar os desvios identificados durante a avaliação e sinalizar qual a pontuação alcançada para cada item avaliado da *check list*. Para cada princípio é reservado um campo para descrever quais foram os problemas identificados. Depois de preenchidas as descrições de cada item é dada a nota de avaliação do respetivo princípio do 5S. A nota final é sempre a pior nota dos pontos avaliados. Por fim, depois de preenchidas todas as notas desse campo determina-se a nota final da avaliação sendo esta igual à pior nota verificada na globalidade do 5S.

3.3.3.2 Placares

Os placares utilizados têm diferentes formas de ser preenchidos consoante a zona que está a ser avaliada. Na zona D o placar é de preenchimento físico e diário, ao passo que o placar da zona C é físico e semanal (Figura 3.3). Os placares das restantes zonas são preenchidos de forma online e mensalmente.

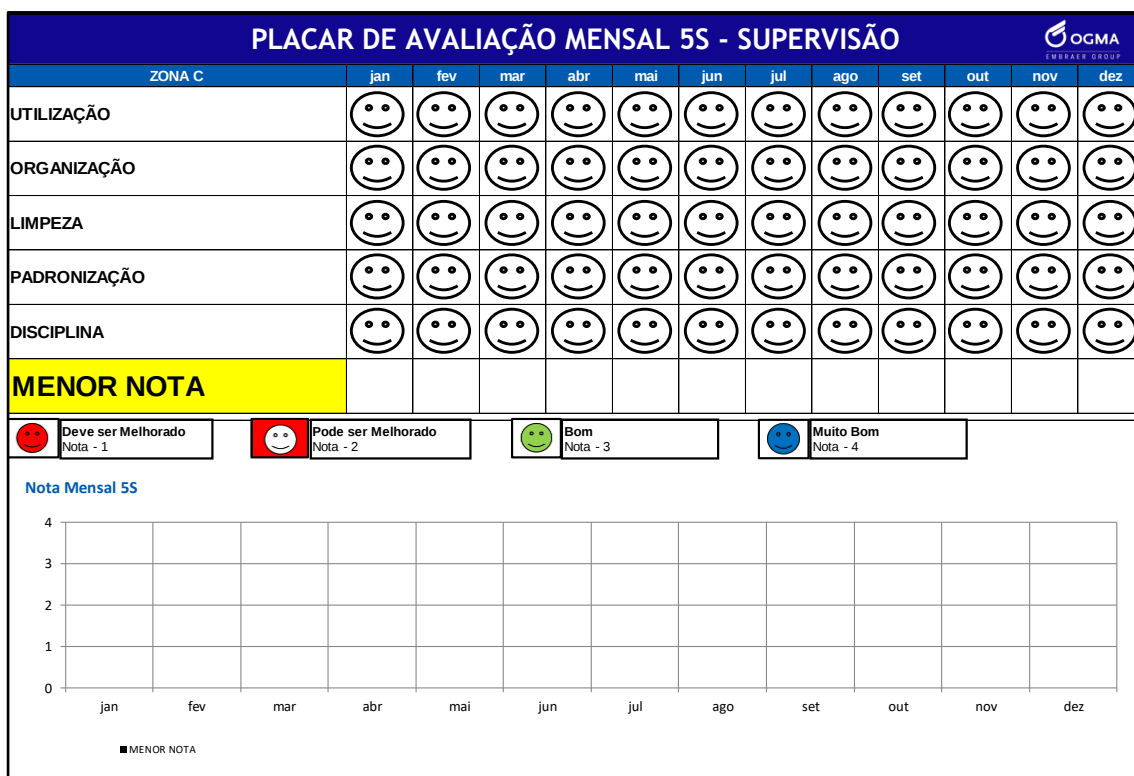


Figura 3.3 - Placar de avaliação mensal 5S (Gestão visual da sua implementação)

Por fim, o resultado é a árvore 5S (Anexo A) que permite visualizar todas as áreas onde está implementado o 5S e o seu estado, permitindo assim, efetuar uma gestão visual da evolução mensal desta ferramenta e apresentar os resultados ao CEO na reunião mensal com a equipa OES, onde é apresentada a evolução da implementação da ferramenta na globalidade da empresa.

3.4 Área em Estudo - FAQMC

A FAQMC é subdividida em duas seções, onde são realizadas várias inspeções e testes requisitados pelos diversos clientes de todas as peças simples resultantes das áreas de máquinas e chaparia. Na Secção 1, Figura 3.4, realiza-se medição manual, testes de dureza e condutividade em zona de *office* e zona de medição 3D por uma máquina Ghibli (Figura 3.5).

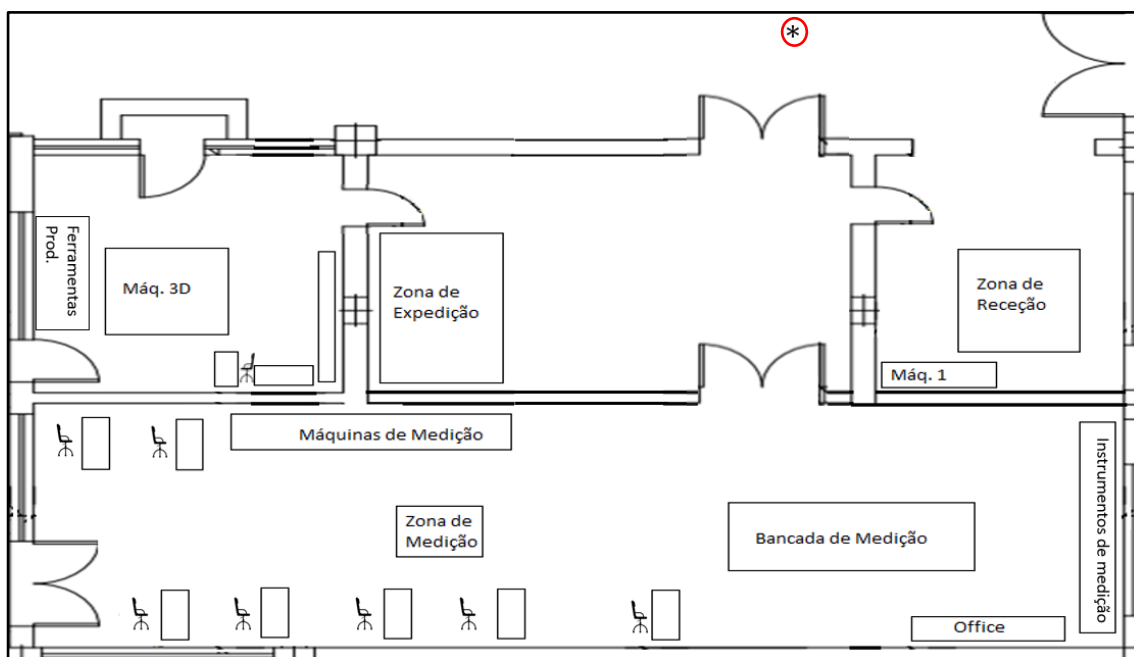


Figura 3.4 - Layout da Secção 1 (FAQMC - departamento da qualidade)

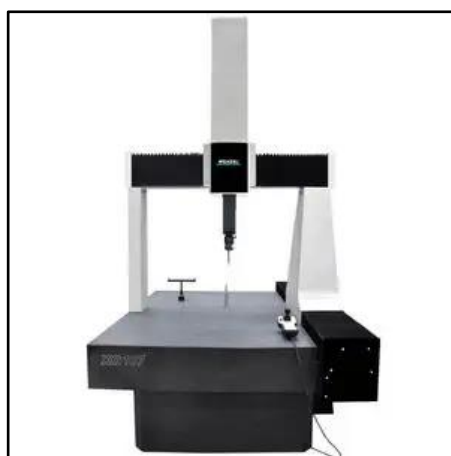


Figura 3.5 - Exemplo de uma máquina de medição tridimensional Ghibli (fonte: [61])

Na Secção 2 é feito o controlo aerodinâmico em estaleiros de produção e, por fim, zonas de medição no terreno na área de chaparia e montagens. Nestas duas últimas, devido à elevada dimensão das peças, não se justificava o transporte para a zona de *office*, sendo realizada a inspeção de qualidade e conformidade no local exato de produção.

Para além das duas Secções mencionadas onde se opera, existem mais duas áreas: Recepção e Expedição de peças. A área de Recepção é onde um operador do departamento logístico coloca as peças que estão por inspecionar em *racks*, caso sejam de pequenas dimensões, sem ordem e local específicos. No caso das peças de elevadas dimensões, são colocadas

diretamente no chão. Na área de Expedição está localizado um *rack* onde os operadores da qualidade, depois de efetuar o controlo de qualidade, colocam as peças devidamente embaladas, para que um operador da logística as possa recolher e levar para a área respetiva de cada peça.

Adicionalmente, existe uma área não registada e que não está em conformidade com a segurança, denotada com um "*" (Figura 3.4) onde são colocadas peças de grande dimensão como por exemplo o seguinte conjunto (Figura 3.6), condutas ou estaleiros quando não há espaço para as colocar na área de Receção, acabando por interromper um corredor de passagem.



Figura 3.6 - Exemplo de peças em corredor de passagem por falta de espaço

No início do seu turno, o Monitor da Secção 1, vai ao *software* da empresa e retira a lista de peças que estão por realizar o controlo de qualidade, efetuando a ordem de trabalhos à equipa, sendo respeitada a ordem de chegada (FIFO - *First In First Out*). Caso seja dada prioridade a alguma peça, por uma linha estar em espera devido à sua ausência, esta tem a embalagem marcada com a sigla AOG (*Aircraft On Ground*), sendo das primeiras a ser inspecionada no turno.

Por outro lado, o Monitor tem a responsabilidade de preencher os quadros da gestão de performance, possibilitando a gestão visual do desempenho da área e ter informações atualizadas para a reunião semanal com o Supervisor e respetivo RA.

A zona de *office* (onde são realizadas medições manuais) é constituída por diversas secretárias de trabalho com computador fixo, onde os operadores realizam inspeções das peças de pequenas dimensões e, posteriormente, registam as medições no *software*. Para além das

diversas medições das cotas das peças, são também realizados dois testes a cada uma das peças, o de dureza e condutividade, em bancadas que estão localizadas no centro do *office* ("Zona de Medição" - Figura 3.4). Estas bancadas são partilhadas por todos os operadores da área.

Para além das atividades descritas anteriormente, os operadores podem ter de se deslocar ao terreno para realizar medições requisitadas por outras áreas e verificar as dimensões dos estaleiros utilizados na produção, de forma a validar as respetivas condições de utilização.

PROPOSTA DA METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DA FERRAMENTA 5S

A implementação da ferramenta 5S, por si só, traz resultados visíveis devido à arrumação do local de trabalho e à sua limpeza, mas esta não tem em conta os desperdícios que podem estar associados aos princípios da mesma. Por outro lado, um ponto que deve ser tomado em atenção é a sua sustentação. Muitas das vezes esta não se verifica, por ser considerada pelos colaboradores uma ferramenta que se aplica num dado dia e não tem mais utilidade, ficando muitas vezes em falta os últimos dois princípios (“Padronização” e “Disciplina”) [47].

A metodologia da Figura 4.1 propõe colmatar os problemas referenciados, procurando identificar pontos de melhoria e desperdícios que estejam a ocorrer na área, assim como levar à sustentação da implementação da ferramenta 5S e obter o reconhecimento da sua importância por parte de toda a equipa que opera na área. Esta metodologia é constituída por 6 etapas como está representado do seguinte esquema (Figura 4.1), sendo as diversas etapas descritas nos subcapítulos 4.1 a 4.6.

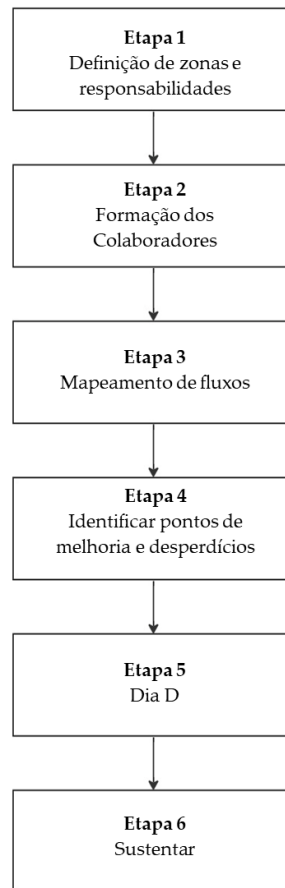


Figura 4.1 - Metodologia de aplicação da ferramenta 5S

4.1 Definição das Zonas e Responsabilidades (Etapa 1)

A primeira etapa passa pela identificação das zonas onde vai ser implementada a ferramenta 5S, sendo estas, posteriormente atribuídas à responsabilidade de um colaborador. A identificação das zonas onde deve ser aplicada a metodologia é feita por um focal *lean* (função descrita no subcapítulo 3.2), que recolhe a informação das zonas que ainda não sofreram a aplicação da ferramenta 5S e posteriormente apresenta para aprovação do diretor dessa área produtiva.

Cada uma das zonas A, B, C e D (explicadas no Capítulo 4) é atribuída a um dado colaborador. Esta atribuição é feita consoante o cargo que um colaborador ocupa e a área à sua responsabilidade, ou seja, se a área onde vai ser aplicada esta metodologia já se encontra à sua responsabilidade relativamente a outras funções que exerça.

4.2 Formação dos Colaboradores (Etapa 2)

A formação de todos os colaboradores é uma das etapas mais importantes da metodologia proposta da Figura 4.1. Esta é fundamental porque só pode ser aplicada quando toda a equipa tiver conhecimento dos diversos temas abordados na mesma, sendo esta uma das barreiras identificadas na transformação *lean* [36]. Assim, esta formação divide-se em dois tipos, tendo focos diferentes consoante a posição de cada colaborador.

As chefias, estando incluídos Monitores, Supervisores, Responsáveis de Área (RA) e Diretores, são formadas, não só sobre a identificação de desperdícios mencionados anteriormente, como também sobre a monitorização da aplicação da ferramenta 5S, permitindo que seja sustentada a sua implementação. Esta formação passa pelas diferentes competências/responsabilidades de cada um e de como devem realizar todas as avaliações sejam diárias, semanais ou mensais explicando toda a documentação adjacente a estas avaliações. Para além disso, durante a formação, estes colaboradores são informados dos diferentes materiais que são necessários para preparação e implementação do dia D (explicado no subcapítulo 4.5).

Os restantes colaboradores que estão diariamente no “terreno” (posto de trabalho), têm formação sobre a ferramenta 5S e sobre os 8 desperdícios, englobando esta uma parte teórica e uma prática. Na parte teórica, são apresentados os conceitos chave da ferramenta 5S e como esta deve ser aplicada, enquanto na parte prática são simulados cenários que representam um tipo de desperdício, possibilitando assim treinar os colaboradores a identificá-los, para que no futuro possam, de forma autónoma, fazê-lo no seu local de trabalho. Posteriormente à sua formação, estes devem deslocar-se novamente para o seu local de trabalho e procurar identificar quais os possíveis desperdícios que ocorrem na sua área de trabalho.

4.3 Mapeamento de Fluxos (Etapa 3)

Depois de definidas as zonas e as diferentes responsabilidades atribuídas, é feito um mapeamento dos locais onde vai ser implementada a ferramenta 5S. Desta forma, procura-se encontrar diferentes formas de desperdício que estejam presentes nessas zonas. Assim, podem ser aplicadas diferentes ferramentas, como o diagrama de esparguete, a análise de valor com foco nos desperdícios e o VSM.

A aplicação destas ferramentas/ técnicas, por parte de um colaborador dedicado a esta função, permite analisar as diferentes atividades e movimentações dos colaboradores no seu dia de trabalho, levando assim, à identificação dos desperdícios que estão a ocorrer sem a

percepção da equipa que aí opera. Esta etapa é a de maior duração, devido à recolha de dados no terreno com as equipas que aí operam, sendo de extrema importância realizar um levantamento de dados credíveis e representativos da realidade das áreas operacionais. Só assim, é possível identificar propostas de melhoria que tenham impacto nas áreas, promovendo a melhoria contínua das mesmas.

4.4 Identificar Pontos de Melhoria e Desperdícios (Etapa 4)

Nesta etapa devem ser identificados os diferentes desperdícios provenientes da análise realizada na etapa anterior onde é visível a necessidade de melhoria. Assim, devem ser tiradas fotografias e feito o levantamento do ponto de situação das áreas, de forma a verificar o contraste do antes e depois da implementação da metodologia proposta na Figura 4.1.

Relativamente à análise de fluxos nas áreas, é através desta que é possível identificar a maioria dos desperdícios que ocorrem, assim como perceber se o *layout* adotado até ao momento é eficiente. Portanto, é através da análise de fluxos que se concluem a maior parte das propostas de melhoria.

Posteriormente à aplicação da metodologia, devem ser recolhidos dados que permitam verificar se as alterações aplicadas, efetivamente, traduziram-se em melhorias para a equipa, reduzindo desperdícios e aumentando a produtividade das mesmas. Assim, a equipa pertencente à zona onde foi aplicada a metodologia da Figura 4.1 comprova a importância da utilização da mesma, levando a que, mais facilmente, se sustente o trabalho que foi realizado, por reconhecimento dos seus resultados e aumentando a cultura *lean* dentro da organização.

4.5 Dia D (Etapa 5)

O "dia D" trata-se do dia em que vão ser aplicadas todas as mudanças adjacentes à aplicação da ferramenta 5S e dos desperdícios que foram identificados na etapa anterior, procurando melhorar o local de trabalho, tendo em consideração a opinião de todos os colaboradores que aí operam. Neste dia, é reunida toda a equipa que opera nessa zona, mas também todos os responsáveis da mesma, procurando assim criar uma entreaajuda na mudança da zona que passa pelos 5S's. Para além de todos os responsáveis onde esta zona se insere, devem ser requisitados membros da equipa da limpeza e um membro da equipa de segurança que previne a ocorrência de situações de perigo durante as ações realizadas.

Adicionalmente, deve ser demarcada a “Área de Análise”, onde são colocados todos os objetos que aparentam não ter utilidade nessa zona, ou são pertencentes a outra área de trabalho, sendo cada um destes identificado com a seguinte etiqueta, Figura 4.2.

CARTÃO DE ANÁLISE	
Entrada	
Data de entrada: _____	
Focal 5S: _____	
Zona: _____	Telefone: _____
Descrição do Item: _____	

Quantidade: _____	Nº Ativo: _____
Saída	
Data de saída: _____	
Reaproveitado () descartado ()	
Reaproveitado por: _____	
Zona: _____	Telefone: _____
OGMA mod. 2311 1/19	

Figura 4.2 - Cartão de análise utilizado no dia D

Estes objetos devem ter um destino num período máximo de 30 dias, onde para cada uma das situações deve ser seguido o fluxograma da Figura 4.3, de forma a ser criada uma rotina de decisão para este procedimento. Assim, quando os operadores estão a realizar o dia D devem tomar decisões em equipa, impedindo que ferramentas que estão na área se tomem por desnecessárias quando ainda o são para algum membro da equipa.

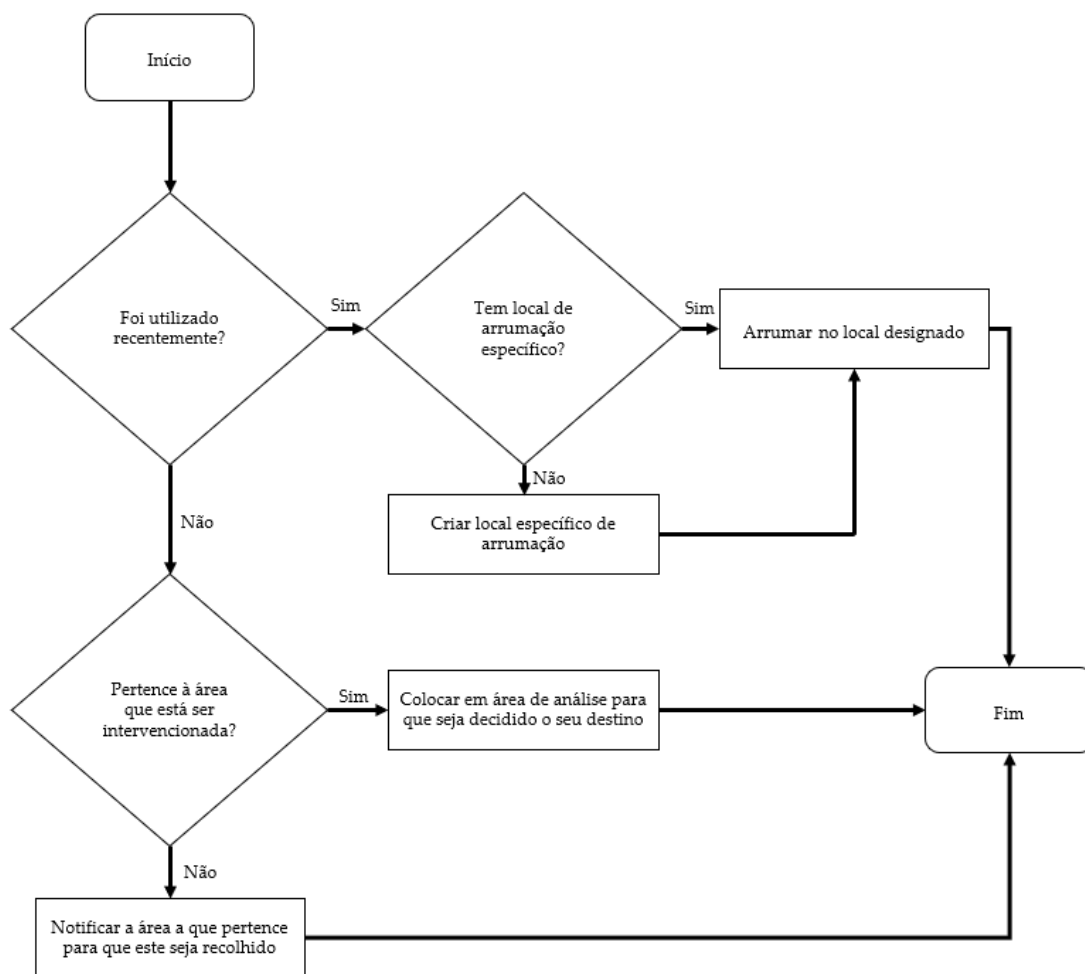


Figura 4.3 - Fluxograma: decisão do destino de um dado objeto

Caso não seja possível efetuar todas as alterações necessárias neste dia, estas devem ficar registadas no placar de ações, de forma que seja visível que ainda perduram ações por realizar que devem ser realizadas assim que possível, como no exemplo da Figura 4.4.

AÇÕES 5S	
AÇÃO	RESPONSÁVEL
→ REALOCAR INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO	Qualidade
→ RETIRAR SECRETARIAS NÃO UTILIZADAS	Qualidade
→ RETIRAR MÁQUINA DA PRODUÇÃO	Produção
→ REALIZAR MARCAÇÕES AO SOLO	Qualidade
→ LIMPAR TODA A ÁREA	Limpeza
→ FAZER SHADOW BOX FOAMS PARA INSTRUMENTOS DA MÃO. GHIBLI	Qualidade
→ IMPLEMENTAR SQDC	OES / Qualidade
→ REMOÇÃO DO ARQUIVO DE BULTO	Qualidade
→ REVER UTILIZAÇÃO DE TODOS OS EQUIPAMENTOS	Qualidade

Figura 4.4 - Placar de ações a realizar

4.6 Sustentar (Etapa 6)

Por fim, é necessário sustentar a implementação desta metodologia. Aqui, os diferentes colaboradores que têm a responsabilidade de monitorizar a zona, devem fazê-lo, consoante a regularidade determinada e a *check list*, previamente, determinada para esse fim. Ao serem realizadas diferentes avaliações 5S por diferentes níveis de responsáveis é possível contrastar as avaliações feitas e procurar melhorar as zonas que tenham as piores classificações. Adicionalmente, é possível identificar diferentes pontos de ação que devem ser registados para posterior realização, permitindo uma gestão visual de todo o processo.

É importante que seja bastante claro, para toda a equipa envolvida, a importância da metodologia implementada e dos benefícios que esta traz consigo. Todos os níveis hierárquicos devem participar nas rotinas para garantir a evolução e sustentação dos padrões e respetivos resultados. O supervisor deve acompanhar semanalmente os resultados das rondas e o cumprimento dos padrões estabelecidos, de forma a uniformizar a implementação da metodologia em toda a empresa.

IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

5.1 Levantamento de Zonas e Formação dos Colaboradores (Etapa 1 e 2)

Na fase inicial, como referido na metodologia da Figura 4.1, foi realizado o levantamento das zonas e respetivas responsabilidades. Posteriormente, foi possível obter a listagem de quem deve ser formado, realizando a separação dos colaboradores para a respetiva formação, seja esta das chefias com a parte da monitorização da ferramenta ou a restante equipa que não necessita de ser formada neste tema, mas sim nos temas de aplicação da ferramenta 5S e identificação de desperdícios.

Posteriormente, procedeu-se à formação dos colaboradores (Figura 5.1), tendo como objetivo que esta seja dinâmica e conte com a participação ativa de todos, tornando a exposição dos temas mais interativa, de forma a cativar a atenção de todos os colaboradores.



Figura 5.1 - Formação 5S da equipa do departamento da qualidade da FAQMC

5.2 Mapeamento de Fluxos e Identificação de Pontos de Melhoria e Desperdícios (Etapa 3 e 4)

Com o intuito de analisar o estado atual da área da qualidade da FAQMC, foram recolhidos dados antes do dia D, estando durante vários dias um colaborador a registar movimentações da equipa que aí opera.

5.2.1 Secção 1 - zona de inspeção manual (Secção 1)

Antes de se iniciar o mapeamento foi necessário recolher o *layout* da área, identificar os respetivos locais dos equipamentos de grande dimensão e áreas de receção e expedição de peças. Assim, foi possível mapear os fluxos dos operadores e identificar os desperdícios como é descrito na etapa “Identificar pontos de melhoria e desperdícios” da metodologia, tendo sido obtido os resultados apresentados de seguida. No diagrama de esparguete apresentado na Figura 5.2, é possível visualizar o fluxo do operador 1, da máquina Ghibli, e dos operadores 2, 3, e 4 que operam na área de *office*, realizando inspeções das peças simples provenientes das áreas de maquinação e chaparia.

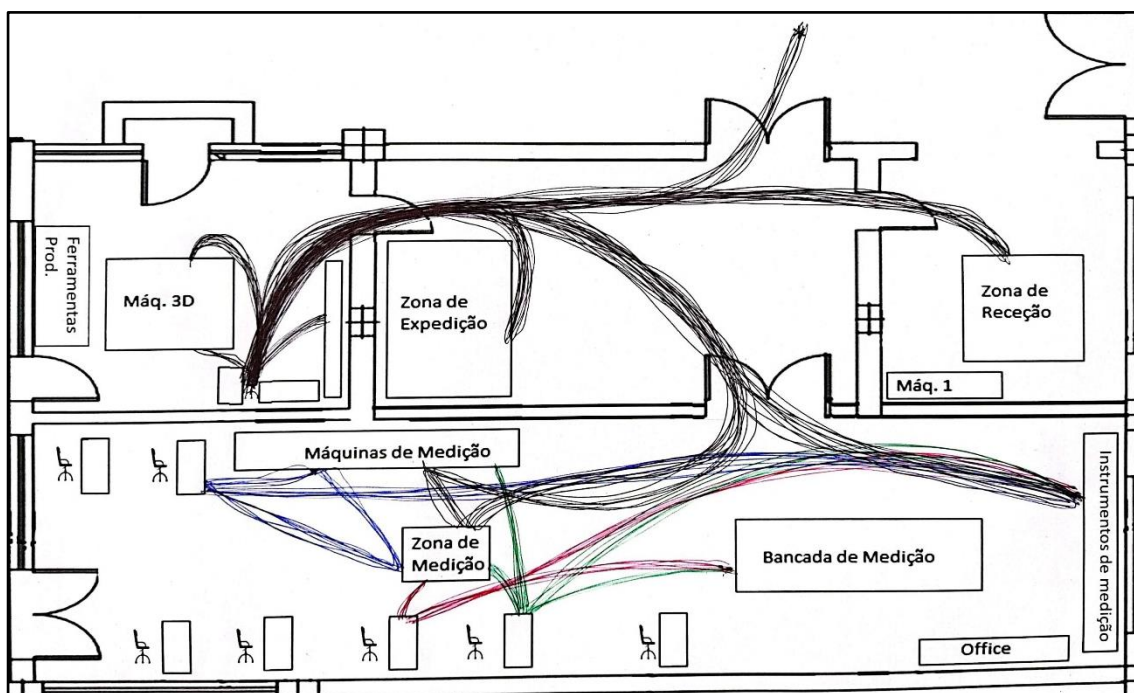


Figura 5.2 - Diagrama de esparguete antes do dia D

Tabela 5.1 - Legenda para interpretação do Diagrama de Esparguete

Operador	Função	Cor do seu percurso
1	Inspeção com a máquina Ghibli	Preto
2	Inspeção de peças simples	Vermelho
3	Inspeção de peças simples	Verde
4	Inspeção de peças simples	Azul

Analisando o diagrama obtido, o operador da máquina Ghibli realiza muitos movimentos (o que representa o desperdício da movimentação) ao fazer o *picking* das peças para medir. Estas encontram-se a uma grande distância do seu local de trabalho. O operador deve levá-las para a expedição e deslocar-se à zona de *office*, para encontrar as ferramentas no local "Instrumentos de medição" - Figura 5.2 que necessita no seu dia-a-dia. Outra conclusão que é possível obter pela análise deste diagrama é que a máquina que se encontra na zona de Recepção ("Maq. 1" - Figura 5.2), não é utilizada. Após a realização da reunião com a equipa, aferiu-se que esta pertence à área produtiva e não à área de qualidade, ocupando espaço útil necessário para arrumação de peças de grandes dimensões que acabam por ficar numa área

indevida (corredor de passagem) marcada com "*" - Figura 5.2. O mesmo acontece com as ferramentas da produção ("Ferramentas Prod." - Figura 5.2) que se encontram na sala da máquina 3D, que ocupam uma zona onde poderiam estar peças de grandes dimensões em espera para medição na máquina 3D.

De forma a completar o diagrama de esparguete, foi realizada uma análise de atividades do operador da máquina Ghibli. Para isso, o colaborador que opera esta máquina foi acompanhado ao longo de todo o turno de trabalho. A partir desta análise foi possível apurar que o operador realiza as seguintes atividades, ocupando a seguinte percentagem do seu tempo de trabalho com cada uma delas (Figura 5.3).

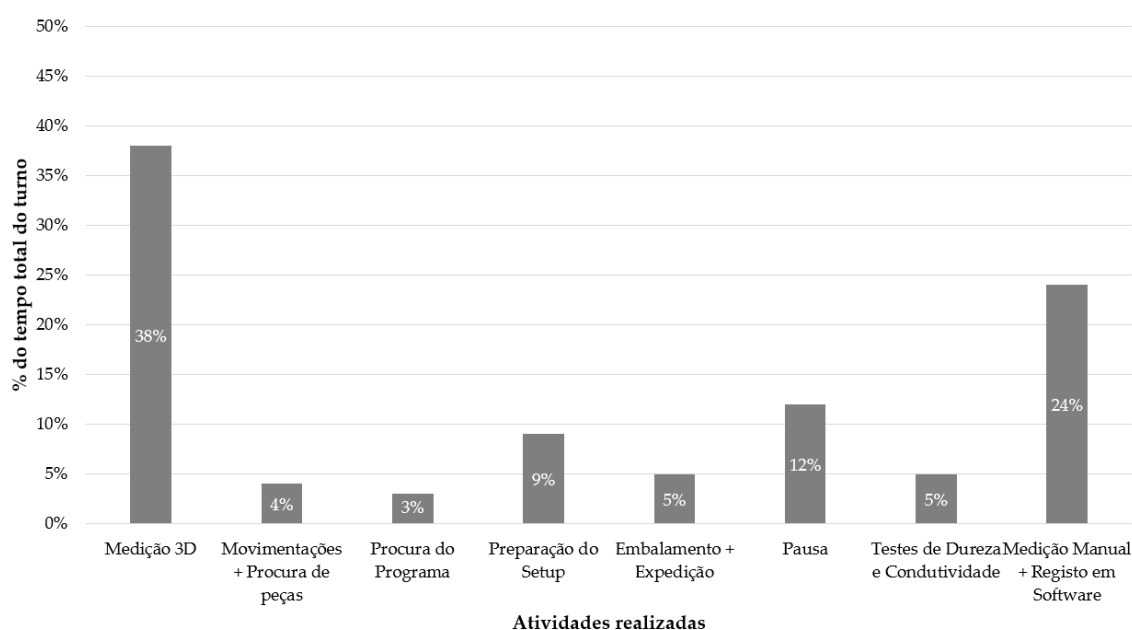


Figura 5.3 - Gráfico da distribuição de tempo do operador da máquina tridimensional (Inicial)

Considerando os 7 desperdícios, bem como as atividades que acrescentam ou não valor ao produto final, denota-se que as atividades "Movimentações + Procura de peças", "Procura do Programa", "Preparação do *setup*" e "Embalamento + Expedição" têm desperdícios associados, nomeadamente, a espera e as movimentações desnecessárias. Portanto, é necessário eliminá-las por completo, ou no mínimo tentar diminuir a sua percentagem de ocorrência.

Desta forma, através da análise do diagrama de esparguete e da análise de atividades do operador da máquina Ghibli foi possível identificar as seguintes propostas de melhoria:

- Realizar ações para libertar espaço ocupado indevidamente que é necessário para as atividades realizadas na área;
- Reposicionar ferramentas comuns às áreas de *office* e máquina 3D;

- Criar novas formas de operar relativamente ao *picking* das peças para inspeção e à sua expedição.

5.2.2 Secção 2 - análise do processo de inspeção de qualidade do Pylon

Nesta Secção, como descrito anteriormente, é feito o controlo aerodinâmico em estaleiros de produção, bem como os diversos Controlos de Qualidade (CQ) durante as fases de montagem do Pylon.

O Pylon (Figura 5.4) é um conjunto principal, que tem a função de conectar o motor de uma aeronave à fuselagem. Este é de extrema importância devido ao esforço a que está sujeito durante o voo. Desta forma, os CQ's são fundamentais quer para a empresa que o monta, quer para o cliente, pois sem os mesmos não seria possível identificar falhas na sua montagem, o que poderia levar a graves acidentes e consequentemente à possibilidade de perda de vidas.

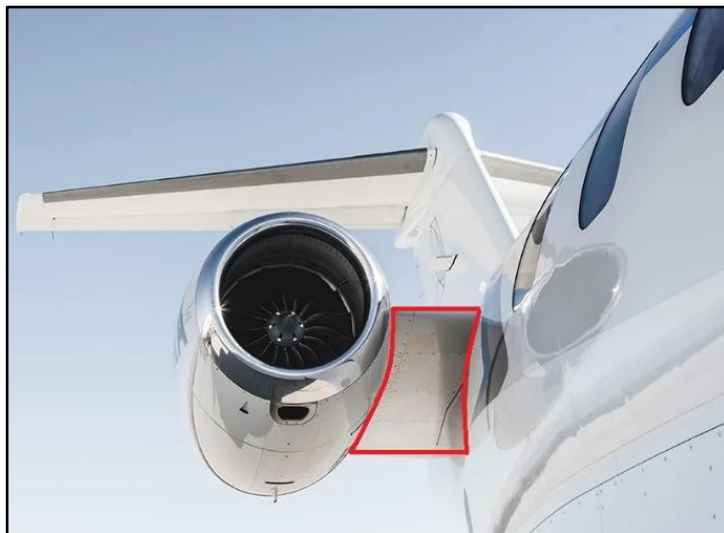


Figura 5.4 - Exemplo de um Pylon (fonte: [62])

O Pylon é constituído por peças simples que passam pelos processos principais enumerados na Tabela 5.2, passando ainda por outros subprocessos de tratamento, como por exemplo tratamentos químicos, pintura entre outros.

Tabela 5.2 - Número de peças simples e processos principais a que estão sujeitos de um Pylon

Quantidade de Peças simples	Processo Principal
31	Fresagem
108	Recorte
82	Furação
45	Marcação

Após todas as peças simples mencionadas na Tabela 5.2 (acima) passarem pelas diferentes fases de produção, estas transitam para a Secção 1 onde é feito o seu controlo dimensional e controlo da condutividade e dureza. Após estes processos, as peças são enviadas para pintura e posteriormente passam, novamente, pela Secção 1 para inspeção final. Por fim, são enviadas para armazém, onde ficam em espera até serem utilizadas na montagem do Pylon.

Durante a montagem do Pylon são efetuados 16 CQ's onde, para cada um destes, são realizadas as diversas verificações que constam na carta de trabalho do CQ. Posteriormente é registado em *software* todas as fases da carta de trabalho foram cumpridas. Adicionalmente, em caso de ocorrência de anomalias na montagem, é feito um relatório de anomalias, para posterior verificação da equipa de engenharia de produção em conjunto com a equipa da qualidade e da montagem do Pylon.

Com o intuito de mapear os fluxos de um operador de qualidade durante os CQ's do Pylon, foi construído um VSM que permitirá encontrar desperdícios durante todo o processo dos CQ's na montagem do Pylon. A montagem do Pylon é feita em bancadas de trabalho e num estaleiro central. Nas bancadas são montados a maior parte dos subconjuntos. Os restantes subconjuntos e posterior conjunto são montados no estaleiro central. A Tabela 5.3 representa estas precedência (Tabela 5.3), onde também é possível verificar as distâncias das bancadas e estaleiro central ao posto de trabalho com computador do inspetor de qualidade (que se encontra na Secção 1).

Tabela 5.3 - Subconjuntos e Conjuntos pertencentes a um Pylon, respetivo local de montagem e distância que o operador percorre

Subconjunto/Conjunto	Local de montagem	Distância (m)
Subconjunto - Porta de acesso C32	Bancada 2	180
Subconjunto - Receção drenagem	Bancada 1	130
Subconjunto - Revestimento interior	Estaleiro Central	150
Subconjunto - Revestimento exterior	Estaleiro Central	150
Subconjunto - Porta de acesso C30	Bancada 2	180
Subconjunto - Nervuras C29/30	Bancada 2	180
Subconjunto - Estrutura Bordo de Ataque	Estaleiro Central	150
Subconjunto - Tubos de Drenagem	Bancada 1	130
Subconjunto - Receção Drenagem Interior (Funil)	Bancada 1	130
Subconjunto - Bordo de Fuga	Bancada 1	130
Subconjunto - Caixa Central	Estaleiro Central	150
Subconjunto - Bordo de Ataque	Bancada 1	130
Subconjunto - Serra Juntas (elementos de ligação direta ao motor)	Estaleiro Central	150
Conjunto - Montagem Final (sem etiquetas)	Estaleiro Central	150
Conjunto - Montagem Final (com etiquetas)	Estaleiro Central	150
Conjunto Final - Para expedição (com certificado)	Zona de Expedição principal	250

Para a construção do estado atual do VSM foram recolhidos os tempos da inspeção nos 16 CQ's e identificados os tempos em movimentações e esperas em conjunto com o departamento da engenharia e da qualidade, obtendo-se o resultado da Figura 5.5.

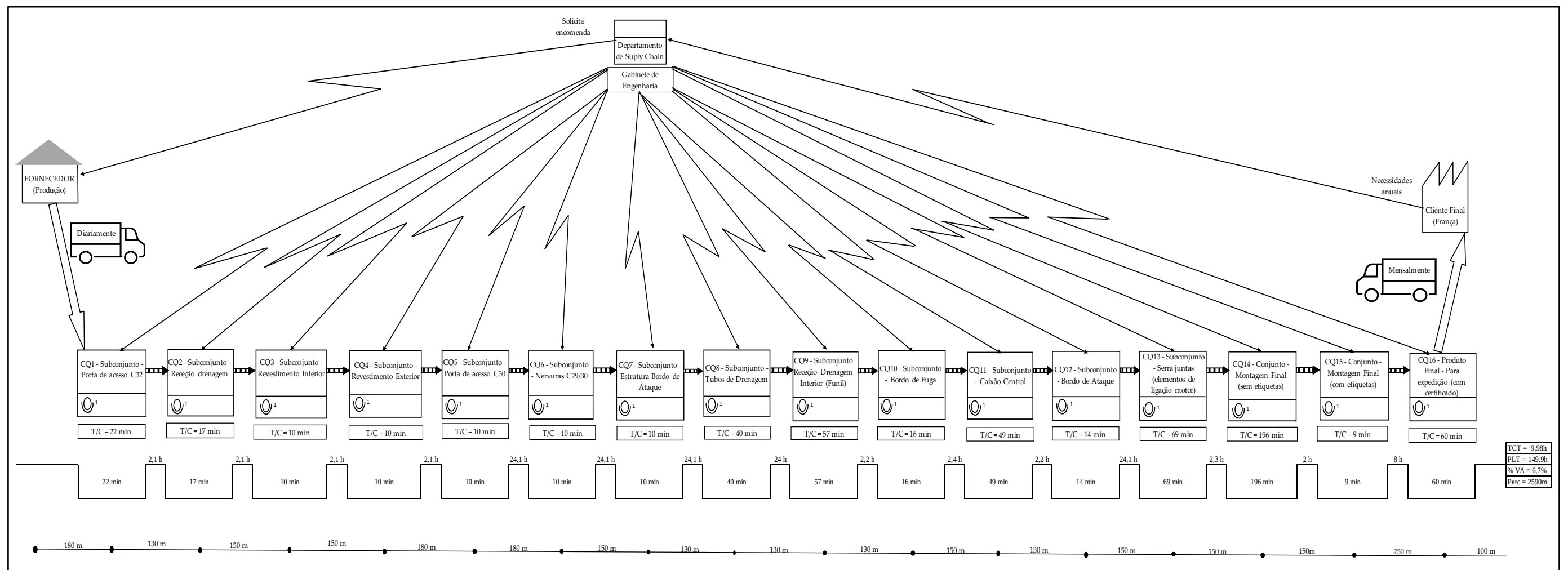


Figura 5.5 - VSM do estado atual do controlo de qualidade do Pylon

Através da realização do VSM foi possível identificar os diversos tempos gastos em desperdícios que ocorriam durante os diferentes CQ's. Assim, procedeu-se a uma análise pormenorizada destes tempos que são considerados de valor não acrescentado, cujo cliente final não está disposto a pagar.

Movimentações:

Como problema principal, foram levantadas as movimentações do operador da qualidade, desde o seu gabinete, onde tem computador (Secção 1), até às Bancadas de trabalho e Estaleiro Central. O processo de inspeção em cada um dos CQ's passa pela seguinte ordem de trabalhos: obtenção da carta de trabalho, procura dos instrumentos que permitam fazer a inspeção, realização da inspeção e posterior registo da inspeção no *software*. Esta distância é, por si só, muito elevada e, repetida várias vezes ao longo do dia, para além de se tornar num elevado tempo gasto em movimentações, provocando o cansaço do operador.

Espera:

Os tempos mais elevados entre CQ's são iguais ou superiores a 24h, sendo estes resultantes da espera que o operador da qualidade deve realizar para que as massas vedantes estejam completamente secas. Desta forma, deve ser repensado o processo de inspeção permitindo uma redução do tempo de espera do operador.

Sendo uma das fases de inspeção, em cada um dos CQ, o registo em *software*, o facto dos equipamentos informáticos não serem alvo de uma manutenção regular por parte do gabinete de informática, leva a que estes sejam, ao longo do tempo, cada vez mais lentos, levando assim a demoras no processo de recolha da informação da inspeção a realizar e seu registo. Por sua vez, a falta de equipamentos de medição num local padronizado e, a desorganização geral do posto de trabalho, onde é efetuada a inspeção, leva a que o operador tenha de procurar pelos equipamentos, aumentando o tempo entre inspeções.

No CQ 14 é feito o controlo aerodinâmico do Pylon. Este controlo é realizado com um laser montado num tripé que por sua vez durante a medição regista os valores num *software* específico. Este equipamento é único na área e é utilizado por toda a empresa na calibração de estaleiros noutras áreas, nomeadamente, nas áreas de montagens e fabricação. Desta forma, é necessária a sua requisição para ser efetuado este CQ, que deve ser efetuado atempadamente. Sem esta requisição, ocorre uma elevada espera para ser feito este CQ. Para tal, é denotada a falha de comunicação entre o gabinete de Engenharia e o departamento da Qualidade.

Por fim, entre o CQ 15 e CQ 16 existe um elevado tempo de espera (8h) que é resultante da requisição da equipa da logística que trata de toda a preparação e embalamento do Pylon

finalizado antes de ser expedido. Deste modo, a comunicação prévia desta necessidade é fundamental, para que todo este processo seja agilizado.

Processamento desnecessário:

Durante as inspeções de qualidade são detetados, por vezes, defeitos que levam ao preenchimento de um relatório de anomalias, sendo realizada uma ação corretiva desse defeito. Posteriormente, é feita uma nova inspeção, levando assim, a uma repetição de todo o processo de inspeção desse CQ.

Tabela 5.4 - Problemas identificados e respetivo muda associado

Problemas Identificados	Desperdício (<i>Muda</i>)
Deslocações às bancadas de Produção/Estaleiro Central	Movimentações
Procura de instrumentos de medição	Espera + Movimentações
Desorganização do posto de trabalho	Espera
Falha de comunicação entre o gabinete da engenharia e o departamento da qualidade	Espera
Elevado tempo de preparação para o controlo aerodinâmico	Espera
Problemas informáticos com o registo da realização dos controlos de qualidade	Espera
Defeitos detetados	Processamento Desnecessário
Demora no embalamento para expedição	Espera

5.3 Implementação das Propostas de Melhoria (Etapa 5 - dia D)

No início do dia D, reuniu-se toda a equipa da área e expôs-se os pontos a melhorar e o porquê de estes serem vistos como pontos de melhoria, que foram identificados nas etapas anteriores. Este processo é de extrema importância, de forma que, toda a equipa reconheça a razão das melhorias que estão a ser efetuadas. Adicionalmente, são discutidas ideias, entre todos, de ações que devem ser realizadas e apontadas no plano de ação, para que não fiquem esquecidas.

5.3.1 Secção 1

As sugestões destacadas anteriormente foram bem recebidas pela equipa, nomeadamente, em relação à remoção de equipamentos não utilizados, ao rearranjo do *layout* da área de trabalho e à melhoria do processo de *picking* das peças a serem inspecionadas.

O primeiro princípio da ferramenta 5S, passa por retirar tudo do seu local e, posteriormente analisar se é realmente necessário. Assim sendo, a primeira ação realizada passou pela remoção de todos os equipamentos não utilizados ou devolutos e o arquivo morto que existia na área, tendo sido enviado para o arquivo principal da empresa, visto que contratualmente tem de ser guardado durante um período de anos específico.

Relativamente ao *layout*, este foi redefinido, tendo sido movimentado o armário de instrumentos de medição comum a todos que aí operam para uma zona mais central, o que permitiu uma diminuição das movimentações muito longas. Já com todos os equipamentos, materiais e arquivos verificados, procedeu-se à sua identificação em locais específicos de forma que cada item tenha o seu local específico para ser de fácil deteção quando é necessário ou até mesmo quando está em falta (segundo e quarto princípio da ferramenta 5S).

Por fim, na última sugestão, foi decidido que o Monitor ficaria responsável pelo *picking* das peças a ser medidas pela máquina tridimensional levando a uma redução do tempo perdido pelo operador da mesma a encontrar as peças a medir. Desta forma, assim que começa o seu turno, o operador da máquina tridimensional tem disponíveis as peças que vai efetuar o controlo dimensional ordenadas pela tipologia de aeroestrutura, permitindo uma redução no tempo de procura no *software* da tipologia de peça a medir.

5.3.2 Secção 2

Nesta Secção a implementação das melhorias não foi feita por completo devido a o inspetor de qualidade do Pylon ter colocado baixa médica durante a execução deste projeto. Desta forma, na maior parte dos casos, as aplicações de melhorias nesta Secção serão propostas a realizar no futuro, ficando atualmente por implementar. Ainda assim, foram implementadas algumas melhorias relativas a problemas identificados, passando pela criação de locais específicos de arrumação de instrumentos/ equipamentos utilizados aquando dos CQ's. Na Figura 5.6 é possível visualizar o resultado da arrumação destes equipamentos, que traz vantagens à sua localização e posterior identificação, de forma a notar facilmente se algum está em falta.



Figura 5.6 - Instrumentos em *shadowbox*

Para além deste ponto, foram expostos os problemas de comunicação com os Departamentos da Engenharia e da Logística, o que permitiu a criação de rotinas de comunicação que, futuramente, se traduzem numa redução da espera.

Por fim, de forma a sintetizar todos os pontos falados, a seguinte Tabela 5.5 apresenta a compilação de todos os problemas identificados e as ações realizadas ou por realizar nas duas Secções, assim como, qual a ferramenta que permitiu a sua identificação e quem fica como responsável de o resolver. O estado de realização da ação é assinalado com um "✓" caso esteja finalizada, ao passo que quando não ficou terminada, durante o estudo, está assinalada um "x" ou "X".

Tabela 5.5 - Resumo dos problemas identificados e seu estado de resolução passando pela ação a realizar e o responsável

Ferramenta	Problema	Ação	Responsabilidade	Secção	Estado
5S <i>Gemba Walk</i>	Equipamentos não utilizados	Remoção e decisão do seu destino	Qualidade	1	✓
	Local específico de cada ferramenta por definir	Definir um local para cada equipamento	Qualidade	1	✓
	Local específico para cada tipologia de peça simples a inspecionar por definir	Definir local para cada tipologia de peça	Qualidade	1	✓
Diagrama de Esparguete Análise multi-momentos <i>Gemba Walk</i>	<i>Layout</i> pouco eficiente (grandes movimentações)	Rearranjo do <i>layout</i>	Qualidade	1	✓
	Elevado número de movimentações no <i>picking</i> de peças	Realizar o <i>picking</i> por <i>batches</i>	Qualidade	1	✓
	Elevado número de movimentações na expedição	Realizar apenas uma movimentação no final do turno para colocar as peças inspecionadas na zona de Expedição	Qualidade	1	✓
	Elevado tempo de preparação de <i>setup</i>	Inspeção das peças com o mesmo <i>setup</i> de forma seguida evitando trocas de <i>setup</i> desnecessárias	Qualidade	1	✓

Tabela 5.5 - Resumo dos problemas identificados e seu estado de resolução passando pela ação a realizar e o responsável (continuação)

VSM <i>Gemba Walk</i>	Deslocações às bancadas de Produção/Estaleiro Central	Utilização de uma sala adjacente ao local produtivo de forma a reduzir a distância percorrida	Qualidade	2	X
	Procura de instrumentos de medição	Definir um local para cada instrumento de medição	Qualidade	2	✓
	Desorganização do posto de trabalho	Definir um local para cada equipamento	Qualidade	2	✓
	Falha de comunicação entre o departamento da engenharia e o departamento da qualidade	Criação de rotinas/ reuniões onde sejam expostos os próximos passos, permitindo um planeamento estruturado das necessidades	Qualidade Engenharia	2	✓
	Elevado tempo de preparação para o controlo aerodinâmico	Criação de rotinas/ reuniões onde sejam expostos os próximos passos, permitindo um planeamento estruturado das necessidades	Qualidade Produção	2	✓
	Problemas informáticos com o registo da realização dos CQ's	Aquisição de novos equipamentos mais eficientes e rápidos que não levem a falhas durante este processo	Informática	2	X
	Defeitos detetados	Reunir com o Departamento da Produção de forma a evidenciar os defeitos para que não se repitam	Qualidade Produção	2	✓
	Demora no embalamento para expedição	Comunicar ao Departamento da Logística durante a última fase de produção a necessidade de embalamento final do Pylon	Qualidade Logística	2	✓

5.4 Sustentação (Etapa 6)

Como etapa final da metodologia da Figura 4.1, foram aplicados os quadros de gestão visual 5S na área e, novamente, explicadas as rotinas que devem ser respeitadas para a sustentação da ferramenta. Estes já existiam na área, no entanto fora do padrão da empresa ("Antes do 5S" - Figura 5.7), sendo agora integrados os novos quadros padrão, utilizados em toda a empresa. Estes quadros são de extrema importância por permitirem a gestão visual da área, tendo sido assim, implementado um quadro SQDC ("Depois do 5S" - Figura 5.7), o que permitiu uma gestão mais rápida da evolução diária e mensal da área. Para além dos quadros, foram também afixadas as *checklists*, facilitando a sua consulta quando forem realizadas as rondas 5S.



Figura 5.7 - Quadros de gestão visual

Por sua vez, como é de extrema importância o acompanhamento do estado da ferramenta implementada na área, foi criado o formulário de avaliação mensal para o RA e Diretor. Desta forma, como é possível constatar no Anexo B, na "árvore 5S" já existe um campo com a avaliação do departamento da Qualidade, levando assim ao reconhecimento pelo CEO do estado da área mensalmente.

5.5 Análise de Resultados das Implementações

Um dos problemas que foi identificado pelos colaboradores, passava pela aplicação de mudanças nas áreas, que posteriormente não resultavam em melhorias significativas nas mesmas. Desta forma, procedeu-se a uma nova monitorização da área para averiguar se ocorreu ou não diminuição/eliminação dos desperdícios identificados previamente.

Assim, através da monitorização dos operadores na área, posterior ao dia D, foi obtido o seguinte diagrama de esparguete (Figura 5.8) da área onde é possível verificar a diminuição dos fluxos dos operadores com as ações aplicadas, indicando uma redução dos tempos gastos em movimentações.

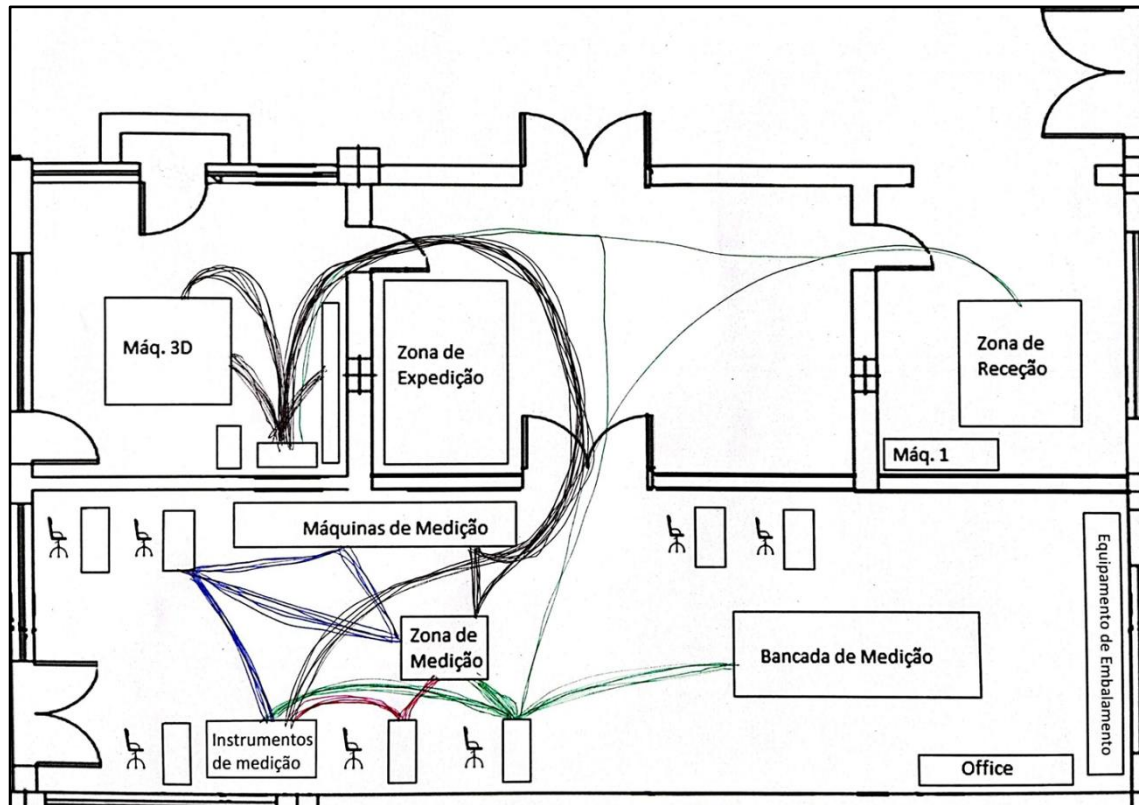


Figura 5.8 - Diagrama de Esparguete após implementação de melhorias

Relativamente à área de recepção, que era alimentada por um operador da equipa de logística, que não colocava as peças por uma ordem específica que facilitasse a identificação de que tipo de aeroestrutura era pertencente, foi criado um local específico para este colocar as peças a ser inspecionadas (Figura 5.9).



Figura 5.9 - Local de recepção de peças vindas do departamento da logística

Posteriormente, o Monitor da área divide as peças simples pelo *rack*, consoante o tipo de aeroeestrutura e a respetiva urgência de inspeção. Na Figura 5.10 é possível verificar a área com fita vermelha e a área a cor de laranja, permitindo efetuar uma gestão visual do volume de trabalho que têm urgência (área da fita vermelha) e peças que têm de ser inspecionadas ao longo desse dia de trabalho (área da fita cor de laranja), tendo um contraste do antes e depois.



Figura 5.10 - Antes e depois da aplicação da gestão visual das peças por inspecionar

Relativamente à análise multi-momentos, foi realizada, assim como o diagrama de esparguete, posteriormente à aplicação das diferentes sugestões de melhoria na área. Deste modo, foi possível quantificar a redução de 3% em "Movimentações + Procura de Peças", de 5% em Preparação do *setup* e de 2% em "Embalamento + Expedição", o que se traduz num ganho total de 10% para a ação de valor acrescentado que é a "Medição 3D". Sendo a atual distribuição da ocupação do turno de trabalho da máquina tridimensional representado na seguinte Figura 5.11.

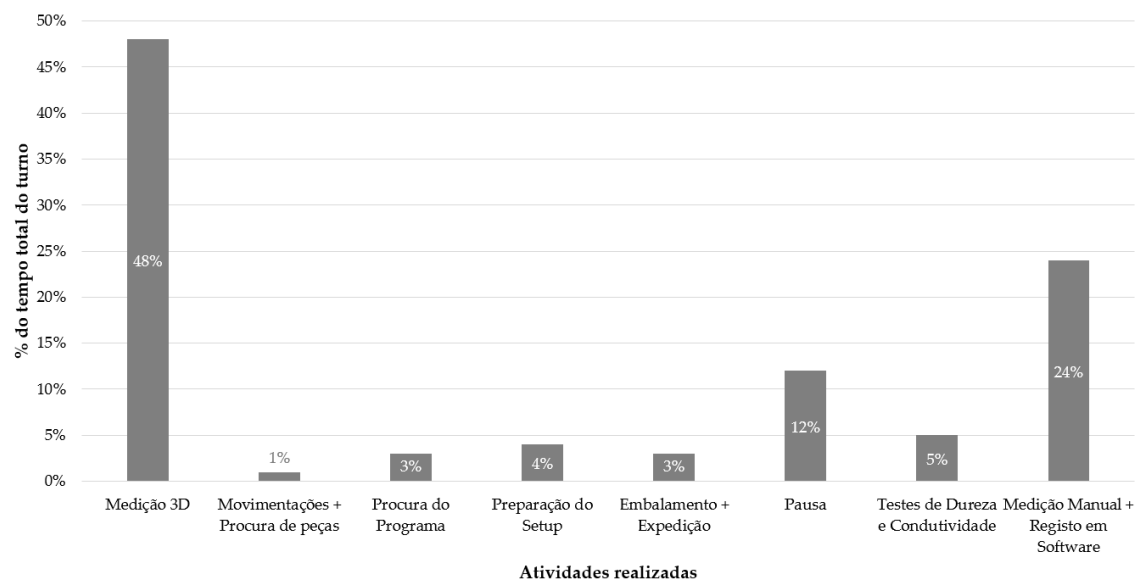


Figura 5.11 - Gráfico da distribuição de tempo do operador da máquina tridimensional (após dia D)

Na Secção 1 os resultados obtidos estão apresentados, em seguida, na Figura 5.12 onde é possível constatar o antes e depois do dia D.

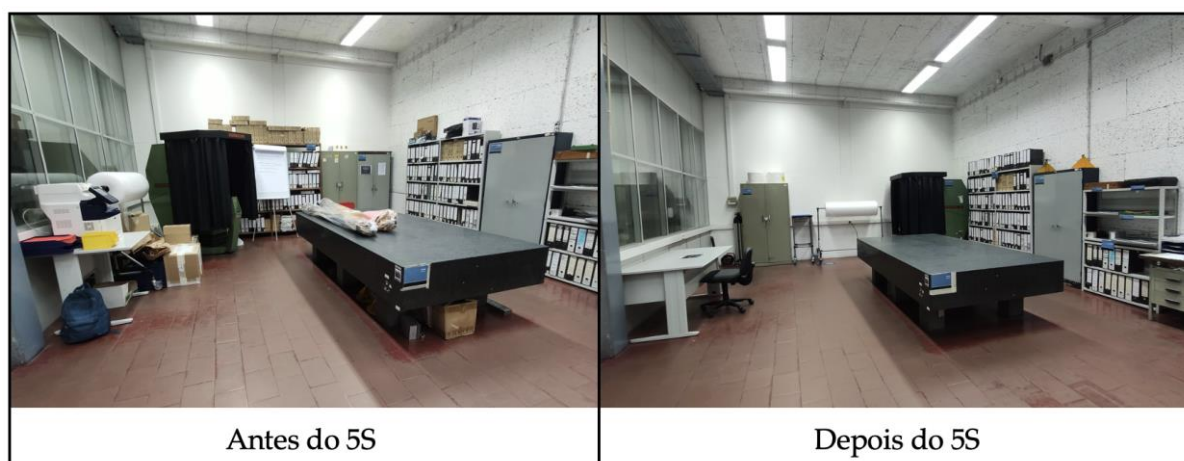


Figura 5.12 - Antes e depois da aplicação do 5S na Secção 1

A aplicação da metodologia da Figura 4.1, não tendo sido identificado como problema anteriormente ao dia D, permitiu aumentar o espaço livre na Secção 1 o que se traduziu na realocação de dois colegas de equipa que se encontravam a realizar inspeções permanentemente em áreas operacionais, estando expostos ao constante barulho das máquinas da produção e elevadas temperaturas. Assim, em conjunto com a equipa da logística foi acordado que as peças que estes colegas inspecionavam passavam a ser redirecionadas para a zona de receção desta Secção, permitindo assim, que estes colegas trabalhassem em condições mais favoráveis (sala de *office* climatizada e sem barulho da produção). Por outro lado, estes operadores tinham determinadas ferramentas de medição/inspeção atribuídas a si, sendo estas,

realocadas na Secção permitindo colmatar a falha na disponibilidade de equipamentos para toda a equipa.

A aplicação da metodologia criada de implementação da ferramenta 5S permitiu identificar e reduzir desperdícios existentes na área, passando pelos pontos chave identificados noutros estudos, sendo estes a aplicação de gestão visual, formação e treino dos colaboradores, implementação da melhoria contínua e manutenção autónoma dos resultados atingidos [63]. Os resultados obtidos são equivalentes ao descrito na literatura, onde foram eliminados materiais desnecessários nas áreas, redução de esperas, reconfiguração de *layout* de forma a ser mais eficiente e na generalidade aumento da produtividade das equipas [51] e [64]. Por sua vez, a implementação de *checklists* permite uma sustentação mais fácil dos resultados obtidos, assim como, a melhoria contínua na área, sendo também, um ponto referido na literatura como algo importante a implementar [49].

Por fim, um dos pontos que foi salientado na criação desta metodologia da Figura 4.1 passava pelo reconhecimento dos resultados obtidos por parte de toda a equipa que opera na área. Este ponto foi alcançado, sendo fulcral para a implementação da melhoria contínua e sustentação da ferramenta 5S, sendo que, este não é considerando em alguns estudos de aplicação da ferramenta 5S como por exemplo em [64].

CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

A presente dissertação possibilitou o estudo da implementação de uma nova metodologia de aplicação da ferramenta 5S aliada à identificação de desperdícios. A aplicação desta metodologia do atual estudo de caso mostrou-se bastante vantajosa, dado que possibilitou aumentar a eficiência da equipa no seu local de trabalho, levando a melhorias visíveis nas diferentes áreas.

6.1 Conclusões Finais

A conclusão deste estudo reflete sobre os resultados alcançados através da implementação da metodologia inovadora de aplicação de ferramentas *lean* no departamento de qualidade de uma indústria aeronáutica. Num contexto onde a indústria aeronáutica está em constante evolução, com prazos de entrega cada vez mais reduzidos e padrões de qualidade extremamente exigentes, torna-se imperativo que as empresas adotem métodos que melhorem a eficiência e as coloquem em vantagem competitiva. A filosofia *lean*, que se centra na melhoria contínua dos processos e na redução de desperdícios e custos, torna-se fundamental para as organizações que almejam manter-se competitivas. Contudo, a aplicação das ferramentas *lean* exige atenção a diversos pontos cruciais, como destacado na literatura. A metodologia desenvolvida, representada na Figura 4.1, teve como base as dificuldades encontradas na implementação *lean*, como a falta de formação, a identificação de desperdícios, a visualização e o reconhecimento dos resultados dessa implementação, bem como a sua sustentabilidade ao longo do tempo.

A criação desta metodologia inovadora, que não só implementa a ferramenta 5S, conhecida pelos resultados rápidos e visíveis que proporciona, mas também aborda a identificação de desperdícios, revelou-se particularmente eficaz. A formação dos colaboradores desempenhou um papel crucial ao possibilitar a compreensão da importância das mudanças

implementadas e dos resultados alcançados por toda a equipa. Os resultados da aplicação da filosofia *lean* no departamento de qualidade foram claramente bem-sucedidos, como evidenciado pelo reconhecimento dos próprios membros da equipa. A identificação e redução de desperdícios são fundamentais para qualquer organização, e a aplicação de ferramentas como VSM, Diagrama de Esparguete e *Gemba Walks* permitiu identificar pontos de melhoria. Mesmo com algumas ações não realizadas devido a circunstâncias específicas, observou-se um ganho geral de 10% na inspeção de peças e uma redução de 60% das movimentações dos operadores, traduzindo-se em maior produtividade. A necessidade de equipamentos específicos para controlos de qualidade foi devidamente reconhecida e abordada, assim como o envolvimento da liderança na implementação da metodologia, evidenciando o compromisso com a mudança. Os resultados obtidos através da aplicação desta metodologia inovadora foram comprovados não apenas pelos resultados tangíveis, mas também pelo reconhecimento das equipas operacionais onde foi aplicada. Esta abordagem possibilitou a redução de desperdícios, a remoção de equipamentos não utilizados, a criação de ambientes de trabalho mais organizados e, acima de tudo, a disseminação eficaz da cultura de melhoria contínua.

Estes resultados são de extrema relevância, uma vez que contribuem para a competitividade da empresa, permitindo a entrega de soluções que atendam aos requisitos dos clientes nos prazos estipulados. Além disso, este estudo demonstrou que a aplicação das ferramentas *lean* em empresas do setor de MRO desempenha um papel essencial na minimização das possibilidades de falhas na entrega ao cliente, bem como na melhoria contínua do desempenho, mantendo assim a competitividade da empresa [65].

Em suma, este estudo confirma a eficácia da metodologia desenvolvida para a aplicação da ferramenta 5S, destacando-a como um recurso valioso para as organizações na promoção da filosofia *lean*, no aumento da eficiência e, conseqüentemente, na melhoria da competitividade.

6.2 Propostas de Trabalhos Futuros

As ações que foram aplicadas ao longo da implementação da metodologia na área tiveram resultados visíveis, comparando o antes com o depois, em termos de arrumação, organização e na eliminação/redução de desperdícios. Isto comprova que a implementação desta metodologia teve efetivamente impacto positivo para a área. De forma a dar continuidade aos trabalhos já realizados, como proposta de trabalhos futuros, devem ser implementadas as restantes ações que não foram realizadas devido aos constrangimentos enunciados

anteriormente. Por sua vez, a utilização do novo espaço, como gabinete da qualidade, para o inspetor do Pylon, permitiria uma redução substancial das movimentações do operador às Bancadas 1 e 2 e ao Estaleiro Central, por este ser adjacente aos locais de produção.

Adicionalmente, devem ser criadas rotinas de comunicação entre o departamento da engenharia e o departamento da qualidade, traduzindo-se, assim, numa maior facilidade de planeamento por parte do departamento da qualidade relativamente às inspeções a realizar e requisição de equipamentos (laser para controlo aerodinâmico).

Posteriormente à aplicação das melhorias propostas, e tendo sido eliminados grande parte dos desperdícios identificados, na Secção 2 deve ser realizado, em trabalhos futuros, um estudo do processo de montagem do Pylon de forma a balancear os postos de trabalho. Esta medida permitiria obter menores tempos de entrega do Pylon ao cliente. No entanto, também teria resultados no processo dos CQ's que, por sua vez, teriam menores tempos de espera entre eles e menos variáveis, tornando-se este num processo mais fluído e com menores tempos de espera entre operações de diferentes departamentos.

Por fim, é necessário procurar que todas as melhorias implementadas se mantenham. Este é o principal desafio, sendo essencial promover uma cultura de aprendizagem e adaptabilidade, encorajando a partilha de boas práticas entre os membros da equipa, reconhecendo os sucessos alcançados, os esforços individuais e coletivos para manter a motivação e os bons resultados da equipa.

7 REFERÊNCIAS

- [1] A. Atak e S. Kingma, «Safety culture in an aircraft maintenance organisation: A view from the inside», *Saf. Sci.*, vol. 49, n.o 2, pp. 268–278, fev. 2011, doi: 10.1016/j.ssci.2010.08.007.
- [2] A. Moraes, A. M. Carvalho, e P. Sampaio, «Lean and Industry 4.0: A Review of the Relationship, Its Limitations, and the Path Ahead with Industry 5.0», *Machines*, vol. 11, n.o 4, p. 443, mar. 2023, doi: 10.3390/machines11040443.
- [3] P. Ayeni, T. Baines, H. Lightfoot, e P. Ball, «State-of-the-art of ‘Lean’ in the aviation maintenance, repair, and overhaul industry», *Proc. Inst. Mech. Eng. Part B J. Eng. Manuf.*, vol. 225, n.o 11, pp. 2108–2123, nov. 2011, doi: 10.1177/0954405411407122.
- [4] M. A. Habib, E. Asmatulu, e M. Rahman, «Applying Lean in Aerospace Manufacturing for Waste Reduction», dez. 2021.
- [5] Y. Qin, J. H. Zhang, F. T. S. Chan, S. H. Chung, B. Niu, e T. Qu, «A two-stage optimization approach for aircraft hangar maintenance planning and staff assignment problems under MRO outsourcing mode», *Comput. Ind. Eng.*, vol. 146, p. 106607, ago. 2020, doi: 10.1016/j.cie.2020.106607.
- [6] A. Korchagin, Y. Deniskin, I. Pocebneva, e O. Vasilyeva, «Lean Maintenance 4.0: implementation for aviation industry», *Transp. Res. Procedia*, vol. 63, pp. 1521–1533, jan. 2022, doi: 10.1016/j.trpro.2022.06.164.
- [7] R. D. Azka, «Quality Management Strategy for Indonesian Aircraft MRO Companies Based on Kano Model, QFD Matrix, and AHP», 2018, ISSN (2169-8767) (pp. 1544-1555).
- [8] I. Alomar e I. Yatskiv, «digitalization in aircraft maintenance processes», *Aviation*, vol. 27, n.o 2, pp. 86–94, mai. 2023, doi: 10.3846/aviation.2023.18923.
- [9] F. Ma, W. Cao, Y. Luo, e Y. Qiu, «The Review of Manufacturing Technology for Aircraft Structural Part», *Procedia CIRP*, vol. 56, pp. 594–598, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.10.117.

- [10] A. Bhattarai, S. Dhakal, Y. Gautam, N. Bhattarai, B. Jha, e U. Sharma, «Perception of safety culture in the Nepalese aviation industry: A factor analysis approach», *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.*, vol. 16, p. 100723, dez. 2022, doi: 10.1016/j.trip.2022.100723.
- [11] A. Hobbs e A. Williamson, «Associations between Errors and Contributing Factors in Aircraft Maintenance», *Hum. Factors J. Hum. Factors Ergon. Soc.*, vol. 45, n.o 2, pp. 186–201, jun. 2003, doi: 10.1518/hfes.45.2.186.27244.
- [12] D. C. Chandola, K. Jaiswal, S. Verma, e B. Singh, «Aviation MRO: A comprehensive review of factors affecting productivity of Aircraft Maintenance Organization», em 2022 *Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)*, Dubai, United Arab Emirates: IEEE, fev. 2022, pp. 1–7. doi: 10.1109/ASET53988.2022.9734808.
- [13] J. Aust, D. Pons, e A. Mitrovic, «Evaluation of Influence Factors on the Visual Inspection Performance of Aircraft Engine Blades», *Aerospace*, vol. 9, n.o 1, p. 18, dez. 2021, doi: 10.3390/aerospace9010018.
- [14] J. P. Womack e D. T. Jones, «Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation», *J. Oper. Res. Soc.*, vol. 48, n.o 11, pp. 1148–1148, dez. 1997, doi: 10.1038/sj.jors.2600967.
- [15] J. Bicheno e M. Holweg, *The Lean Toolbox*, 5th edition. A handbook for lean transformation. 2016, doi: 10.1016/j.ijproman.2014.06.004.
- [16] J. Liker e J. Morgan, «The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development», *Acad. Manag. Perspect.*, vol. 20, mai. 2006, doi: 10.5465/AMP.2006.20591002.
- [17] P. Masai, P. Parrend, e C. Zanni-Merk, «Towards a Formal Model of the Lean Enterprise», *Procedia Comput. Sci.*, vol. 60, pp. 226–235, 2015, doi: 10.1016/j.procs.2015.08.122.
- [18] S. P. Vendan e K. Sakthidhasan, «Reduction of Wastages in Motor Manufacturing Industry», vol. 4, n.o 5, 2010, doi: 10.1205/cherd.04351.
- [19] T. Ohno, *O Sistema Toyota de Producao Alem Da Producao*. Bookman, 1997, DOI: 10.18468/pracs.2020v13n1.p57-78.
- [20] A. Sanders, C. Elangeswaran, e J. Wulfsberg, «Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing», *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 9, n.o 3, p. 811, set. 2016, doi: 10.3926/jiem.1940.
- [21] A. Palange e P. Dhatrak, «Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing», *Mater. Today Proc.*, vol. 46, pp. 729–736, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.193.
- [22] R. Shah e P. Ward, «Defining and Developing Measures of Lean Production», *J. Oper. Manag.*, vol. 25, pp. 785–805, jun. 2007, doi: 10.1016/j.jom.2007.01.019.

- [23] M. Rother e J. Shook, *Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute, 1998, doi: 10.4236/ajibm.2018.85077.
- [24] H. Katayama, «Legend and Future Horizon of Lean Concept and Technology», *Procedia Manuf.*, vol. 11, pp. 1093–1101, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.227.
- [25] P. Arunagiri e A. Gnanavelbabu, «Identification of Major Lean Production Waste in Automobile Industries using Weighted Average Method», *Procedia Eng.*, vol. 97, pp. 2167–2175, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.460.
- [26] P. Hines e D. Taylor, *Going lean: a guide to implementation*. Cardiff, U.K.: Lean Enterprise Research Centre, 2000, doi: 10.4236/jssm.2014.75032.
- [27] D. Medyński et al., «Digital Standardization of Lean Manufacturing Tools According to Industry 4.0 Concept», *Appl. Sci.*, vol. 13, n.o 10, p. 6259, mai. 2023, doi: 10.3390/app13106259.
- [28] S. Sahoo e S. Yadav, «Lean implementation in small- and medium-sized enterprises: An empirical study of Indian manufacturing firms», *Benchmarking Int. J.*, vol. 25, n.o 4, pp. 1121–1147, mai. 2018, doi: 10.1108/BIJ-02-2017-0033.
- [29] M. Johansen, S. Karterud, G. Pedersen, T. Gude, e E. Falkum, «An investigation of the prototype validity of the borderline DSM-IV construct», *Acta Psychiatr. Scand.*, vol. 109, pp. 289–98, mai. 2004, doi: 10.1046/j.1600-0447.2003.00268.x.
- [30] E. Lodgaard, J. A. Ingvaldsen, I. Gamme, e S. Aschehoug, «Barriers to Lean Implementation: Perceptions of Top Managers, Middle Managers and Workers», *Procedia CIRP*, vol. 57, pp. 595–600, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.11.103.
- [31] J. Dinis-Carvalho, «The role of lean training in lean implementation», *Prod. Plan. Control*, vol. 32, pp. 1–2, mar. 2020, doi: 10.1080/09537287.2020.1742376.
- [32] P. Achanga, E. Shehab, R. Roy, e G. Nelder, «Critical success factors for lean implementation within SMEs», *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 17, n.o 4, pp. 460–471, jun. 2006, doi: 10.1108/17410380610662889.
- [33] G. A. Marodin e T. A. Saurin, «Implementing lean production systems: research areas and opportunities for future studies», *Int. J. Prod. Res.*, vol. 51, n.o 22, pp. 6663–6680, nov. 2013, doi: 10.1080/00207543.2013.826831.
- [34] T. H. Netland, «Critical success factors for implementing lean production: the effect of contingencies», *Int. J. Prod. Res.*, vol. 54, n.o 8, pp. 2433–2448, abr. 2016, doi: 10.1080/00207543.2015.1096976.

- [35] S. Arabi, M. S. Bajjou, A. Chafi, e M. El Hammoumi, «Evaluation of critical success factors (CSFs) to lean implementation in Moroccan SMEs: A survey study», em 2022 2nd International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology (IRASET), Meknes, Morocco: IEEE, mar. 2022, pp. 1–10. doi: 10.1109/IRASET52964.2022.9737950.
- [36] M. Ichimura, S. Arunachalam, e H. Jahankhani, «new training framework for lean manufacturing – an empirical study», 2007, doi:10.5585/exactaep.v12n1.4919.
- [37] S. J. Thanki e J. Thakkar, «Status of lean manufacturing practices in Indian industries and government initiatives: A pilot study», J. Manuf. Technol. Manag., vol. 25, n.o 5, pp. 655–675, mai. 2014, doi: 10.1108/JMTM-05-2012-0057.
- [38] R. Coetzee, L. Van Dyk, e K. R. Van Der Merwe, «Towards addressing respect for people during lean implementation», Int. J. Lean Six Sigma, vol. 10, n.o 3, pp. 830–854, ago. 2019, doi: 10.1108/IJLSS-07-2017-0081.
- [39] S. De Treville, J. Antonakis, e N. M. Edelson, «Can standard operating procedures be motivating? Reconciling process variability issues and behavioural outcomes¹», Total Qual. Manag. Bus. Excell., vol. 16, n.o 2, pp. 231–241, mar. 2005, doi: 10.1080/14783360500054236.
- [40] Z. Radnor, «Implementing Lean in Health Care: Making the link between the approach, readiness and sustainability», doi:10.1108/09526861311311418.
- [41] R. R. Fullerton e W. F. Wempe, «Lean manufacturing, non-financial performance measures, and financial performance», Int. J. Oper. Prod. Manag., vol. 29, n.o 3, pp. 214–240, fev. 2009, doi: 10.1108/01443570910938970.
- [42] S. Bhasin, «An appropriate change strategy for lean success», Manag. Decis., vol. 50, n.o 3, pp. 439–458, mar. 2012, doi: 10.1108/00251741211216223.
- [43] M. Tracey e J. Flinchbaugh, «HR's Role in the Lean Organizational Journey», WorldatWork J. Fourth Quart., jan. 2006, doi:10.1007/s10113-010-0153.
- [44] D. S. Veech, «A Person-Centered Approach to Sustaining a Lean Environment - Job Design for Self-Efficacy», Defense Technical Information Center, Fort Belvoir, VA, jan. 2004. doi: 10.21236/ADA435275.
- [45] D. Bamford, P. Forrester, B. Dehe, e R. G. Leese, «Partial and iterative Lean implementation: two case studies», Int. J. Oper. Prod. Manag., vol. 35, n.o 5, pp. 702–727, mai. 2015, doi: 10.1108/IJOPM-07-2013-0329.
- [46] L. Wilson, How to implement lean manufacturing. New York: McGraw-Hill, 2010, doi:10.1007/s10661-009-1117-0.

- [47] O. Omogbai e K. Salonitis, «The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach», *Procedia CIRP*, vol. 60, pp. 380–385, 2017, doi: 10.1016/j.procir.2017.01.057.
- [48] A. Realyvásquez-Vargas, K. Arredondo-Soto, T. Carrillo-Gutiérrez, e G. Ravelo, «Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle to Reduce the Defects in the Manufacturing Industry. A Case Study», *Appl. Sci.*, vol. 8, n.o 11, p. 2181, nov. 2018, doi: 10.3390/app8112181.
- [49] M. M. Shahriar, M. S. Parvez, M. A. Islam, e S. Talapatra, «Implementation of 5S in a plastic bag manufacturing industry: A case study», *Clean. Eng. Technol.*, vol. 8, p. 100488, jun. 2022, doi: 10.1016/j.clet.2022.100488.
- [50] A. Cierniak-Emerych e R. Golej, «Changes in safety of Working Conditions as a Result of Introducing 5S Practices», *IBIMA Bus. Rev.*, pp. 1–13, jul. 2020, doi: 10.5171/2020.141027.
- [51] J. S. Randhawa e I. S. Ahuja, «5S – a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions», *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 34, n.o 3, pp. 334–361, mar. 2017, doi: 10.1108/IJQRM-03-2015-0045.
- [52] C. Díaz e J. Rau, «Lean Manufacturing techniques to increase productivity and quality in a jean pants clothing company», em *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions"*, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2022. doi: 10.18687/LACCEI2022.1.1.513.
- [53] J. H. Ablanedo-Rosas, B. Alidaee, J. C. Moreno, e J. Urbina, «Quality improvement supported by the 5S, an empirical case study of Mexican organisations», *Int. J. Prod. Res.*, vol. 48, n.o 23, pp. 7063–7087, dez. 2010, doi: 10.1080/00207540903382865.
- [54] P. Reynders, M. Kumar, e P. Found, «'Lean on me': an integrative literature review on the middle management role in lean», *Total Qual. Manag. Bus. Excell.*, vol. 33, n.o 3–4, pp. 318–354, fev. 2022, doi: 10.1080/14783363.2020.1842729.
- [55] A. N. M. Rose, N. M. Z. N. Mohamed, M. Ab Rashid F. F., H. M. Noor, e A. Mohd, «Improving productivity through value stream mapping (VSM): A case study at electrical & electronic company», *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1532, n.o 1, p. 012005, jun. 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1532/1/012005.
- [56] M. A. Nash e S. R. Poling, *Mapping the total value stream: a comprehensive guide for production and transactional processes*. Boca Raton: CRC Press, 2008, doi: 10.1088/1757-899X/598/1/012082.

- [57] D. M. Lambert, J. R. Stock, e L. M. Ellram, *Fundamentals of logistics management*. em Irwin/McGraw-Hill series in marketing. Boston: Irwin/McGraw-Hill Boston, 1998, doi: 10.1016/B978-0-12-385202-1.00007-4.
- [58] N. Slack e A. Brandon-Jones, *Operations Management*. Pearson, 2019, doi: 10.4236/ojapps.2012.24B043.
- [59] E. Rauch, A. Damian, P. Holzner, e D. T. Matt, «Lean Hospitality - Application of Lean Management Methods in the Hotel Sector», *Procedia CIRP*, vol. 41, pp. 614–619, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.01.019.
- [60] E. M. Murman, «Innovation in aeronautics through Lean Engineering», em *Innovation in Aeronautics*, Elsevier, 2012, pp. 323–360. doi: 10.1533/9780857096098.3.323.
- [61] «Máquina de medição tridimensional de pórtico - ACCURA - ZEISS Industrial Metrology - tipo ponte / com múltiplos sensores». <https://www.directindustry.com/pt/prod/zeiss-industrial-metrology/product-5693-450470.html> (acedido 24 de julho de 2023).
- [62] «Financement des avions d'affaires Dassault Aviation | Global Jet Capital». <https://www.globaljetcapital.com/fr/financing-dassault-business-aircrafts> (acedido 24 de julho de 2023).
- [63] H.-M. Chang, C. Huang, e C.-C. Torng, «Lean Production Implement Model for Aerospace Manufacturing Suppliers», *Int. J. Innov. Manag. Technol.*, 2013, doi: 10.7763/IJIMT.2013.V4.400.
- [64] P. Garre, V. V. S. Nikhil Bharadwaj, P. Shiva Shashank, M. Harish, e M. Sai Dheeraj, «Applying lean in aerospace manufacturing», *Mater. Today Proc.*, vol. 4, n.o 8, pp. 8439–8446, 2017, doi: 10.1016/j.matpr.2017.07.189.
- [65] D. F. X. Mathaisel, «A lean architecture for transforming the aerospace maintenance, repair and overhaul (MRO) enterprise», *Int. J. Product. Perform. Manag.*, vol. 54, n.o 8, pp. 623–644, dez. 2005, doi: 10.1108/17410400510627499.

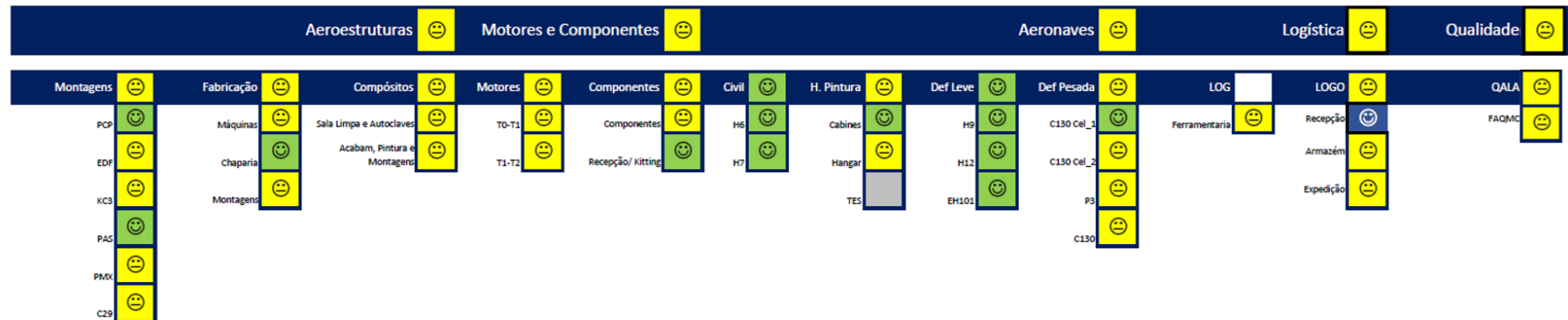
A

ANEXOS

Anexo A - Árvore 5S antes da aplicação da metodologia

Aeroestruturas			Motores e Componentes			Aeronaves			Logística	
Montagens	Fabricação	Compósitos	Motores	Componentes	Civil	H. Pintura	Def Leve	Def Pesada	LOG	LOGO
PCP	Máquinas	Sala Limpa e Autoclaves	T0-T1	Componentes	H6	Cabinas	H9	C130 Cel_1	Ferramentaria	Recepção
EDF	Chaparia	Acabam, Pintura e Montagens	T1-T2	Recepção/ Kitting	H7	Hangar	H12	C130 Cel_2		Armazém
KC3	Montagens					TES	EH101	P3		Expedição
PAG								C130		
PMX										
C29										

Anexo B - Árvore 5S depois da aplicação da metodologia



Anexo C - Check List para a avaliação 5S do princípio da utilização

Check List para a Avaliação do 5S										OGMA	
Item	Conceito	Objetivos	O que avaliar	Observações	Nota: 1	Nota: 2	Nota: 3	Nota: 4			
A - SENSO DE UTILIZAÇÃO											
A.1	Separar os itens necessários dos desnecessários, dando um destino àqueles que deixam de ser úteis para o ambiente de trabalho.	* Ganhar espaço; * Facilidade de acesso aos materiais e ferramentas; * Ter somente aquilo que é necessário; * Reaproveitamento de recursos; * Identificar e atuar sobre os 7 desperdícios (Defeitos, Excesso de produção ou Sobreprodução, Espera, Transporte, Movimentação, Processamento desnecessário, Stock)	* Existe na área somente aquilo que é necessário?	*Existe na área somente o que é necessário? O que não é necessário é descartado de forma correta (coleta seletiva e baixa de ativos com a descaracterização necessária)?	3 ou mais pontos com problema	2 pontos com problema	1 ponto com problema	Nenhum ponto com problema e existe iniciativas de melhoria e inovação na área.			
A.2			* Existe falta ou excesso de itens ou informações necessários para realização das atividades?	*Existe excesso ou falta de: Ferramentas / Equipamentos / Máquinas / Armários / Prateleiras / Equipamentos de apoio / Material de consumo e Kanban / Informações e instruções de trabalho (Roteiros, desenhos, Gestão à vista)	3 ou mais pontos com problema	2 pontos com problema	1 ponto com problema	Nenhum ponto com problema e existe iniciativas de melhoria e inovação na área.			

Anexo D - *Check List* para a avaliação 5S do princípio da ordenação

Check List para a Avaliação do 5S										OCMA ANÁLISE DE RISCO			
Item	Conceito	Objetivos	O que avaliar	Observações	Nota: 1	Nota: 2	Nota: 3	Nota: 4					
B - SENSO DE ORDENAÇÃO													
B.1	Ter um lugar para cada item e cada item no seu lugar, dispostos de acordo com a frequência de utilização, identificados de forma que qualquer pessoa possa facilmente localizá-los e sempre acessíveis para auxiliar as pessoas no seu trabalho.	* Facilitar ao máximo o acesso aos materiais; * Verificar de imediato se algum material foi retirado do seu local; * Facilitar a comunicação entre as pessoas; * Diminuição do cansaço físico por movimentos desnecessários; * Diminuição do stress por buscas mal sucedidas; * Favorecer o fluxo de materiais e a segurança; * Adequação aos requisitos de Segurança do Trabalho; * Identificar e atuar sobre os 7 desperdícios (Defeitos, Excesso de produção, Espera Transporte, Movimentação, Processamento desnecessário, Stock).	* O local de cada item está definido e identificado e cada item está em seu local definido quando não está sendo utilizado?	* Ferramentas / Equipamentos / Máquinas / Armários, bancadas, carros de apoio; Dispositivos de apoio / Material de consumo e Kanban / Informações necessárias às atividades. * Identificações conforme padrão; * A ordenação estabelecida facilita o controle de ferramentas para identificar falta de itens contribuindo assim para o programa FOE.	3 ou mais pontos com problema	2 pontos com problema	1 ponto com problema	Nenhum ponto com problema e existe iniciativas de melhoria e inovação na área.					
B.2			* Os itens Material avião estão ordenados de acordo com o fluxo de produção, facilitando o acesso e identificação de faltas?	* Entrada e saída de materiais / Peças em processo / Peças danificadas / Peças a aguardar inspeção / Peças acabadas / Peças para a próxima operação / Material para montagem / Informações do produto em cada posição / Materiais para retrabalhos, etc.									
B.3			* Materiais e dispositivos estão organizados?	* Itens distribuídos de acordo com a frequência de utilização/ Distribuição dos itens na área facilita a movimentação (não há concentração de itens num local e espaços vazios no outro) / Fluxo de materiais simples e com fluidez.									
B.4			* O layout facilita o fluxo de materiais e evita a movimentação?	* Os corredores estão desobstruídos; / Acesso livre aos extintores, bocas de incêndio, macas, botoeiras e saídas de emergência; * Existe evidência de ocorrência de um dos 7 desperdícios devido a não aplicação do senso de ordenação de forma correta?									

Anexo E - *Check List* para a avaliação 5S do princípio da limpeza

Check List para a Avaliação do 5S												
Item	Conceito	Objetivos	O que avaliar	Observações	Nota: 1	Nota: 2	Nota: 3	Nota: 4				
C - SENSO DE LIMPEZA												
C.1	Remover toda a sujeidade do local de trabalho, inspecionando e atacando as fontes dos problemas. A limpeza deve ser encarada como uma oportunidade de inspeção e de reconhecimento do ambiente.	* Prevenção de acidentes; * Área de trabalho limpa e conservada; * Bem-estar pessoal; * Adequação aos requisitos de Segurança do Trabalho * Identificar e atuar sobre os 7 desperdícios (Defeitos, Excesso de produção ou sobreprodução, Espera Transporte, Movimentação, Processamento desnecessário, Stock)	* As Instalações industriais estão limpas?	* Piso / Teto / Paredes / Estruturas metálicas / painéis elétricos / bocas de incêndio e extintores / tubulações e ventiladores estão limpos (livres de marcas de sujeidade, mofo, manchas removíveis, marcas diversas, resíduos de fabricação, etc.); * Portas e janelas (livres de poeira, sujeidade acumulada, marcas de mão, etc.);	3 ou mais pontos com problema	2 pontos s com problema	1 ponto com problema	Nenhum ponto: com problema e existe iniciativas de melhoria e inovação na área.				
C.2			* As Instalações Industriais estão conservadas?	* Piso / Paredes / Estruturas metálicas / tubulações / Janelas e Portas encontram-se em bom estado de conservação	3 ou mais pontos com problema	2 pontos s com problema	1 ponto com problema	Nenhum ponto: com problema e existe iniciativas de melhoria e inovação na área.				
C.3			* Itens e locais de trabalho limpos.	* Máquinas, bancadas, prateleiras, armários, ferramentas, gabaritos, carros de apoio, peças armazenadas na área, etc.	3 ou mais pontos com problema	2 pontos s com problema	1 ponto com problema	Nenhum ponto: com problema e existe iniciativas de melhoria e inovação na área.				
C.4			* Conservação e funcionamento dos itens.	*Máquinas, bancadas, prateleiras, armários, ferramentas, gabaritos, carros de apoio, aspiradores de pó, mangueiras, kits de luz, pontos de alimentação, lâmpadas, tomadas, etc. Os pontos de verificação são: Etiquetas de identificação (rasgadas, descoladas, sujas, desbotadas,etc) / Pintura conservada dos itens / Funcionamento adequado dos itens / Vazamento das máquinas / Bacias de contenção / Lubrificação adequada dos itens / Itens danificados ou com presença de ferrugem / Itens sem parafusos e com partes soltas / lâmpadas queimadas, aparelho de ar condicionado libertando odor ou fuligem e/ou equipamentos com ruído incomum.	3 ou mais pontos com problema	2 pontos s com problema	1 ponto com problema	Nenhum ponto: com problema e existe iniciativas de melhoria e inovação na área.				
C.5			As instalações industriais estão adequadas em relação aos itens de Segurança do Trabalho?	* Piso com ausência de buracos, rachaduras, infiltrações, etc; * Telhados sem caleiras, com buracos, placas soltas, etc; * Estruturas metálicas, tubulações e caleiras sem fugas e entupimentos ou outros danos; * Janelas e portas sem a existência de vidros quebrados e com funcionamento adequado, etc; * Sistema elétrico protegido, sem improvisações, fios soltos e fios descarnados; * As tomadas elétricas com proteção e lâmpadas em adequado estado de funcionamento, etc. * Faixas de circulação devidamente demarcadas e placas de sinalização em perfeito estado de conservação (não estando soltas, danificadas, desatualizadas, fora do padrão, apagadas, pintura danificada, etc); * Sinalização e faixas adequadas dos EPI's (Equipamentos de Proteção Individual) e equipamentos de segurança (máquinas, extintores, bocas de incêndio, macas, botoneiras, saídas de emergência, chuveiro, lava-olhos, etc); * A ponte rolante encontra-se em perfeito estado de conservação e com a sirene em funcionamento.	3 ou mais pontos com problema	2 pontos s com problema	1 ponto com problema	Nenhum ponto: com problema e existe iniciativas de melhoria e inovação na área.				

Anexo F - *Check List* para a avaliação 5S do princípio da padronização

Check List para a Avaliação do 5S							
Item	Conceito	Objetivos	O que avaliar	Observações	Nota: 1	Nota: 2	Nota: 3
D - SENSO DE PADRONIZAÇÃO							
D.1	É a garantia de um ambiente seguro e saudável, onde todos conhecem os procedimentos e rotinas para melhoria contínua de tudo e de todos.	* Condições de trabalhos adequadas. * Perpetuação dos resultados obtidos nos 3 primeiros sentidos; * Condições de higiene e segurança adequadas; * Conhecimento dos procedimentos e rotinas da área. * Identificar e atuar sobre os 7 desperdícios (Defeitos, Excesso de produção ou sobreprodução, Espera Transporte, Movimentação, Processamento desnecessário, Stock)	* As áreas de uso comum estão boas condições * Quadros de gestão e área de análise estão conforme padrão? * Cores de bancadas, piso, faixas de segurança e circulação estão conforme padrão?	* Limpeza, ordenação e conservação dos WC, Banheiros, Zonas de Pausa, Zonas para Fumadores, bebedouros, pias e demais áreas de uso comum; Padrão dos quadros de gestão, cores de bancadas, piso, faixas e sinalização de segurança estão em local correto, armários e dispositivos; * Área de análise existe e esta sendo utilizada corretamente?	3 ou mais pontos com problema	2 pontos com problema	1 ponto com problema
D.2			Os recipientes de produtos químicos estão devidamente identificados e armazenados?	* Os recipientes de produtos químicos estão devidamente identificados, armazenados e com controlo de condições de uso, conforme requisito local.	3 ou mais pontos com problema	2 pontos com problema	1 ponto com problema

Anexo G - *Check List* para a avaliação 5S do princípio da disciplina

Check List para a Avaliação do 5S								
Item	Conceito	Objetivos	O que avaliar	Observações	Nota: 1	Nota: 2	Nota: 3	Nota: 4
E - SENSO DE AUTO-DISCIPLINA								
E.1	É o cumprimento daquilo que foi estabelecido bem como das normas da empresa.	* Atingir os resultados propostos através da prática dos sentidos anteriores; * Mudança de atitude para melhoria; * Perpetuar a cultura de melhoria; * Perpetuar a cultura de Saúde, Segurança do Trabalho e Meio Ambiente * Identificar e atuar sobre os 7 desperdícios (Defeitos, Excesso de produção ou sobreprodução, Espera Transporte, Movimentação, Processamento desnecessário, Stock)	* Os procedimentos internos definidos pela empresa e pela área estão sendo cumpridos? * Quadros de controle estão atualizados conforme a frequência estabelecida (diálogo de performance, controle FOE, TPM, e demais existentes)	* Os procedimentos e rotinas definidos pela área para manutenção dos 4 Primeiros Sentidos estão a ser cumpridos; * Utilização de chapas para identificação dos utilizadores nos carros e armários de ferramentas; * Controle de empréstimo e conferência de ferramentas, dispositivos, etc; * Quadros de gestão visual estão no padrão estabelecido e estão atualizados; * Procedimentos do Programa FOE estão a ser cumpridos; * Cumprimento do Programa de coleta seletiva conforme requisito local. A separação dos resíduos está a ser realizada corretamente? * Condições ergonômicas de realização do trabalho está adequada. As rotinas do Programa comportamental e ambiente seguro estão a ser realizadas. * Controle de atualização de quadros (diálogo de performance, controles FOE, TPM e demais existentes).	3 ou mais pontos com problema	2 pontos com problema	1 ponto com problema	Nenhum ponto com problema e existe iniciativas de melhoria e inovação na área.
E.2			Os funcionários conhecem e utilizam os EPI's?	* Conhecimento e utilização dos EPI's necessários conforme Matriz de Perigos e Riscos.	3 ou mais pontos com problema	2 pontos com problema	1 ponto com problema	Nenhum ponto com problema e existe iniciativas de melhoria e inovação na área.
E.3			* Itens que não são responsabilidade do grupo estão sendo direcionados?	* Todos os itens identificados nas questões: (A2, C1, C2, C4, D1 e D2)	3 ou mais pontos com problema	2 pontos com problema	1 ponto com problema	Nenhum ponto com problema e existe iniciativas de melhoria e inovação na área.
E.4			Os colaboradores conhecem os 5 Sentidos e praticam com foco na eliminação de desperdício (Dimensão individual)	* Entrevista aos colaboradores de forma a verificar o nível do seu conhecimento sobre os conceitos de 5S e a apresentação dos últimos problemas e ações tomadas durante as rotinas diárias, semanais e mensais.	3 ou mais pontos com problema	2 pontos com problema	1 ponto com problema	Nenhum ponto com problema e existe iniciativas de melhoria e inovação na área.
E.5			* O grupo demonstra trabalho de forma colaborativa e atuam sobre os 7 Desperdícios utilizando os conceitos de 5S (Dimensão coletiva)	Entrevista aos colaboradores de forma a verificar o seu entendimento sobre a aplicação dos conceitos de 5S voltados à identificação e eliminação dos 7 Desperdícios.	3 ou mais pontos com problema	2 pontos com problema	1 ponto com problema	Nenhum ponto com problema e existe iniciativas de melhoria e inovação na área.

Anexo H - Formulário de pontuação da avaliação 5S

AVALIAÇÃO DOS 5S - FORMULÁRIO DE PONTUAÇÃO							
Diretoria:			Área/Grupo:				
Avaliação de Nivelamento: ()			Avaliadores:				
Auto-avaliação: ()			Avaliados:				
Horário: 1º () 2º () ADM ()			Data:			1	2
						3	4
A - PRINCÍPIO DE UTILIZAÇÃO							
A.1							
A.2							
B - PRINCÍPIO DE ORDENAÇÃO							
B.1							
B.2							
B.3							
B.4							
C - PRINCÍPIO DE LIMPEZA							
C.1							
C.2							
C.3							
C.4							
C.5							
D - PRINCÍPIO DE PADRONIZAÇÃO							
D.1							
D.2							
E - PRINCÍPIO DE DISCIPLINA							
E.1							
E.2							
E.3							
E.4							
E.5							
RESULTADO 5S GERAL							

	Deve ser Melhorado = 1
	Pode ser Melhorado = 2
	Bom = 3
	Muito Bom = 4



2023

DOMINGOS MANUEL FERREIRA
MOREIRA

5S na Indústria Aeronáutica: Desenvolvimento e Implementação de
uma Metodologia *Lean* Inovadora com foco nos Desperdícios