



O LEAN SEIS SIGMA NA SUSTENTABILIDADE DAS EMPRESAS

LUÍS MIGUEL MOREIRA DUARTE

outubro de 2022

O LEAN SEIS SIGMA NA SUSTENTABILIDADE DAS EMPRESAS

Luís Miguel Moreira Duarte

1170988

2021/2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



O LEAN SEIS SIGMA NA SUSTENTABILIDADE DAS EMPRESAS

Luís Miguel Moreira Duarte

1170988

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor José Carlos Vieira de Sá, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto e coorientação do Professor Francisco José Gomes da Silva, Professor Coordenador com Agregação do Departamento de Engenharia Mecânica, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

2021/2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

Doutor António Gonçalves de Magalhães

Professor Coordenador, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior De Engenharia do Porto (ISEP)

Orientador

Mestre/Especialista José Carlos Vieira de Sá

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior De Engenharia do Porto (ISEP)

Coorientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Coordenador com Agregação, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)

Arguente

Doutor Manuel Rui Fernandes Azevedo Alves

Professor Coordenador, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Viana do Castelo (IPVC)

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador professor José Carlos Sá e coorientador professor Francisco Silva por toda o suporte, dedicação, compreensão e conhecimento transmitido nos momentos mais desafiantes da elaboração da presente dissertação.

Ao professor João Pinho e Eduardo Martins pela ajuda e contribuição de conhecimentos que suportaram esta dissertação.

À AJP Motos pela oportunidade de estágio e pela excelente receção e integração na organização.

A todos os membros da AJP com quem estabeleci contacto, e que de alguma forma contribuíram para a execução desta dissertação. Um agradecimento especial à Marisa, ao Eng. João e ao Eng. Paulo pela disponibilidade e dedicação que sempre demonstraram.

À minha família, um agradecimento enorme por todo o apoio, carinho, esforço e investimento em toda a minha educação e por todas as palavras de apoio incondicional.

PALAVRAS-CHAVE

Sustentabilidade; Lean Seis Sigma; Lean; Seis Sigma; DMAIC; Motociclos

RESUMO

O conceito de sustentabilidade empresarial está cada vez mais em voga, muito devido ao aumento do interesse público, das pressões regulatórias ou da responsabilidade social corporativa. Assim, atualmente, as organizações conduzem as suas atividades conscientemente de forma a melhorar a sua performance não só economicamente, mas também social e ambientalmente. Por outro lado, com a notória globalização dos mercados, a otimização dos processos nas empresas é altamente recomendada, isto é, com o aumento da exigência dos clientes, da constante variação dos padrões de consumo e da necessidade de inovação, muitas organizações recorrem a metodologias de *Problem Solving* de forma a melhorar continuamente os seus processos e, assim, aumentar a sua vantagem competitiva. O Lean Seis Sigma é uma metodologia que nos últimos anos tem vindo a ser associada ao conceito de sustentabilidade de uma forma integrada, isto porque é uma das principais estratégias de negócio utilizadas para melhorar o desempenho operacional. Assim sendo, através da implementação de uma metodologia Lean Seis Sigma Sustentável, as organizações procuram otimizar os seus processos de forma a garantir um equilíbrio entre a eficiência económica, a prudência ecológica e a equidade social.

No sentido de compreender o impacto do Lean Seis Sigma na sustentabilidade das empresas, o presente caso de estudo foi estruturado num ambiente industrial de desenvolvimento e produção de motociclos na AJP Motos. O ciclo de investigação aplicado foi o DMAIC, de forma a sistematizar e monitorizar de uma forma concreta e prática todas as questões essenciais para a obtenção de resultados. Ao longo das diferentes etapas do ciclo, o processo foi mapeado, analisado e detalhado recorrendo a ferramentas como o *Value Stream Mapping (VSM)*, *Quality Function Deployment (QFD)*, *PFMEA*, *Diagrama de Ishikawa*, entre outras. A investigação culminou com algumas sugestões de melhoria implementadas na organização, que permitiram a redução do Lead Time do produto em 11 dias e a redução dos tempos de pré-montagem de alguns dos componentes. Isto contribuiu para que a empresa passasse a produzir de uma forma mais organizada, célere e com menos desperdício, aumentando assim a eficiência e a produtividade de alguns dos seus processos.

KEYWORDS

Sustainability; Lean Six Sigma; Lean; Six Sigma; DMAIC; Motorcycles

ABSTRACT

The concept of corporate sustainability is increasingly in vogue, largely due to increased public interest, regulatory pressures, or corporate social responsibility.

As a result, firms are now conducting operations conscientiously in order to improve their performance not only economically, but also socially and environmentally. On the other hand, with the well-known globalization of markets, it is highly recommended that companies optimize their processes; that is, with the rise in customer demand, the constant variation in consumption patterns, and the need for innovation, many organizations are increasingly turning to problem-solving methodologies in order to continuously improve their processes and thus increase their competitive advantage. Lean Six Sigma is a methodology that in recent years has been associated with the concept of sustainability in an integrated manner, as it is one of the main business strategies used to improve operational performance. Therefore, through the implementation of a Sustainable Lean Six Sigma methodology, organizations seek to optimize their processes to ensure a balance between economic efficiency, ecological prudence and social equity.

This case study was developed in an industrial environment of motorcycle development and manufacturing at AJP Motos in order to understand the impact of Lean Six Sigma on the company's sustainability. The research cycle applied was the DMAIC cycle, in order to systematize and monitor in a concrete and practical way all the essential issues for obtaining results. Through the different stages of the cycle, the process was mapped, analyzed and detailed using tools such as *Value Stream Mapping (VSM)*, *Quality Function Deployment (QFD)*, *PFMEA*, *Ishikawa Diagram*, among others. The investigation culminated with some improvement suggestions that were implemented in the organization, which allowed the reduction of the product's Lead Time by 11 days and the reduction of pre-assembly times of some of the components. This contributed to the company's production in a more organized, faster and less wasteful way, thus increasing the efficiency and productivity of some of its processes.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AHP	<i>Analytic - Hierarchy Process</i>
CTQ	<i>Critical to Quality</i>
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyse, Improve and Control</i>
DPMO	<i>Defects Per Million Opportunities</i>
DOE	<i>Design of Experiments</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LSS	Lean Seis Sigma
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
PFMEA	<i>Process of Failure Mode and Effect Analysis</i>
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
SIPOC	<i>Supplier, Input, Process, Output, Customer</i>
SIPOCR	<i>Supplier, Input, Process, Output, Customer, Requirement</i>
SPC	<i>Statistical Process Control</i>
TBL	<i>Triple Bottom Line</i>
TOPSIS	<i>Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
VOB	<i>Voice of Business</i>
VOC	<i>Voice of Customer</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Flow Time</i>	Tempo de processamento de um determinado subproduto ou peça integrante do produto final, ou seja, tempo desde o início ao fim de uma operação
------------------	---

<i>Tempo de Ciclo</i>	Tempo total de produção de uma peça ou produto
-----------------------	--

<i>TaktTime</i>	Tempo de produção do produto de forma a garantir a procura do cliente
-----------------	---

<i>Tempo de Changeover</i>	Tempo relativo às atividades de mudança, ajuste e preparação do equipamento para o fabrico de um novo lote ou produto. Inclui também as atividades realizadas durante o processamento (ex: ajustes, mudanças de ferramenta, etc.)
----------------------------	---

<i>Gabari</i>	Peça ou ferramenta de suporte a determinado tipo de processo
---------------	--

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Presença Mundial da AJP Motos (Apresentação Oficial AJP Motos).....	6
Figura 2 - Localização da AJP Motos (Apresentação Oficial AJP Motos)	7
Figura 3 - Três Níveis Lean (Ghosh, 2013)	12
Figura 4 - Estruturação da metodologia DMAIC.....	15
Figura 5 - Dados Escala <i>Likert</i> (Srinivasan et al., 2014).....	21
Figura 6 - Competitividade ao longo do tempo com uma gestão isolada do Lean ou Seis Sigma (Arnheiter & Maleyeff, 2005)	22
Figura 7 - Triple Bottom Line (TBL)	28
Figura 8 - Distribuição dos estudos relativos ao Lean, Seis Sigma e Sustentabilidade (Cherrafi et al., 2016)	30
Figura 9 - PR7.....	35
Figura 10 - Modelos AJP	35
Figura 11 - Diagrama de esparguete AJP	37
Figura 12 – Soldadura TIG	38
Figura 13 – Escapes INOX	38
Figura 14 - Suporte de Proteção de Câter	38
Figura 15 - Soldadura MIG-MAG	39
Figura 16 - Suporte Pousa-Pés, Escapes (Ferro), Quadros, Descansos, Suportes de Bateria e Traseiras ...	39
Figura 17 - Casquilhos.....	40
Figura 18 - Torno CNC.....	40
Figura 19 – Operador em atividade - Dobragem.....	40
Figura 20 - Dobragem	40
Figura 21 - Operador em atividade - Corte.....	41
Figura 22 - Corte a Disco.....	41
Figura 24 - Serra Elétrica	41
Figura 23 - Serra em Operação.....	41
Figura 25 - Balancé Mecânico.....	42
Figura 26 - Operador em atividade - Lixa Elétrica	42

Figura 27 - Lixa Elétrica.....	42
Figura 28 - Zona de Rebarbagem.....	43
Figura 29 - Fresadora CNC.....	43
Figura 30 - Operador em atividade - Fresadora CNC.....	43
Figura 32 - Pré-Montagem.....	44
Figura 31 - Pré-Montagem das Rodas.....	44
Figura 34 – Zona de Montagem.....	44
Figura 33 – Operador em atividade - Montagem.....	44
Figura 35 - Controlo e Diagnóstico.....	45
Figura 36 - Ficha Técnica de Inspeção Final.....	45
Figura 37 - Embalamento.....	45
Figura 38 - Armazém Montagem e Pré-Montagem.....	46
Figura 39 - Armazém Metalomecânica.....	46
Figura 40 - Escritório de Desenvolvimento e Controlo da Produção.....	46
Figura 41 – Escritório Comercial, Técnico e Financeiro.....	46
Figura 42 - Banco de Ensaios.....	47
Figura 43 - Oficina.....	47
Figura 44 - Requisitos Técnicos do Produto.....	53
Figura 45 - Tempo de Ciclo x TaktTime Fluxo Produtivo 1.....	60
Figura 46 - Tempo de Ciclo x TaktTime Fluxo Produtivo 2.....	60
Figura 47 - Tempo de Ciclo x TaktTime Fluxo Produtivo 3.....	61
Figura 48 - Tempo de Ciclo x TaktTime Fluxo Produtivo 4.....	61
Figura 49 - Tempo de Ciclo x TaktTime Fluxo Produtivo 5.....	62
Figura 50 - Diagrama de Ishikawa - Tempo Ciclo Pré-Montagem > TaktTime.....	63
Figura 51 - Propostas de Melhoria.....	64
Figura 52 - 5S Posto de Montagem.....	70
Figura 53 - Cartão Kanban Produção - Guarda-Lamas de Trás.....	71
Figura 54 - Sistema Kanban Produção - Corte > Soldadura TIG.....	72
Figura 55 - Sistema Kanban Produção - Soldadura TIG > Pré-Montagem.....	72
Figura 56 - Sistema Kanban - Fresadora CNC > Pré-Montagem.....	73

Figura 57 - Sistema Kanban - Pré-montagem > Montagem	74
Figura 58 - Sistema Kanban - Pré-Montagem > Montagem	75
Figura 59 - Furação Caixas de Tablet	75
Figura 60 - Fabrico dos casquilhos a colocar no gabari	76
Figura 61 - Gabari Tablet	76
Figura 62 - Gabari Viseiras	77
Figura 63 - Aplicação Gabari Viseiras	77
Figura 64 - Viseira e respetivo Suporte Triangular	78
Figura 65 - Casquilhos e taco aplicados ao gabari para as Viseiras	78
Figura 66 - Haste de Proteções das Mãos de alumínio e plástico	79
Figura 67 - Localização dos furos a realizar nas Hastes	79
Figura 68 - Haste e respetivo gabari	79
Figura 69 - Haste em posição no gabari	79
Figura 70 - Processo de Furação Furo 1	80
Figura 71 - Gabari Haste e Haste	80
Figura 72 - Gabari e Haste agregados	80
Figura 73 - Processo de Furação Furo 2	81
Figura 74 - Quadro Kaizen Diário	83
Figura 75 - Agendamento de férias	84
Figura 76 - Ciclo de Melhoria	85
Figura 77 - Cartão Ciclo Melhoria	85
Figura 78 - Quadro <i>Kamishibai</i>	86

ÍNDICE DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1 - Nível Sigma dependendo do DPMO e percentual de qualidade dos produtos (Kosieradzka & Ciechańska, 2018a)	14
Tabela 2 - Atividades e Ferramentas para a Fase Define (Kosieradzka & Ciechańska, 2018b)	16
Tabela 3 - Atividades e Ferramentas para a Fase Measure (Purba et al., 2021)	16
Tabela 4 - Atividades e Ferramentas para a Fase Analyse (Ganguly, 2012a)	17
Tabela 5 - Atividades e Ferramentas para a Fase Improve (Kosieradzka & Ciechańska, 2018b)	18
Tabela 6 - Atividades e Ferramentas para a Fase Control (Kosieradzka & Ciechańska, 2018b)	19
Tabela 7 - Casos de Estudo: Lean Seis Sigma	24
Tabela 8 - Casos de estudo do impacto do Lean Seis Sigma na Sustentabilidade das empresas	31
Tabela 9 - Ferramentas e técnicas utilizadas na metodologia Lean Seis Sigma	51
Tabela 10 - Importância Requisitos Cliente (Modelo de <i>Kano</i>)	52
Tabela 11 - Correlação entre Requisitos do Cliente e Requisitos Técnicos do Produto	53
Tabela 12 - Posição relativamente aos requisitos do cliente face à concorrência	55
Tabela 13 - Avaliação Peso Absoluto e Peso Relativo - Requisitos do Cliente	56
Tabela 14 - Posição relativamente aos requisitos técnicos face à concorrência	56
Tabela 15 - Importância Técnica Absoluta e Relativa - Requisitos Técnicos	57
Tabela 16 - Recursos Disponíveis AJP	58
Tabela 17 - Informação para o cálculo do TaktTime	59
Tabela 18 - Causas e plano de melhoria - Diagrama de Ishikawa	63
Tabela 19 - PFMEA - Preparação do Tablet	64
Tabela 20 - Identificação de áreas de trabalho	65
Tabela 21 – Identificação de caixotes para a reciclagem do lixo produzido	66
Tabela 22 - Organização e identificação do material destinado à pré-montagem de vários dos componentes dos motociclos	66
Tabela 23 – Organização, desocupação de espaço e identificação de vários componentes para os motociclos	67
Tabela 24 - Organização, eliminação de material desnecessário e identificação de vários componentes para os motociclos	67

Tabela 25 - Organização, identificação e separação de vários componentes por modelos dos motociclos	68
Tabela 26 – Eliminação de material desnecessário, organização e identificação dos materiais existentes	68
Tabela 27 - 5S Posto Montagem	69
Gráfico 1 - Diagrama Pareto – Vendas AJP 2021	36

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Enquadramento	3
1.2	Objetivos	4
1.3	Metodologia	4
1.4	Estrutura da Dissertação	5
1.5	Apresentação da Empresa	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1	Filosofia Lean	11
2.2	Seis Sigma.....	13
2.2.1	DMAIC	15
2.2.1.1	Fase Define	15
2.2.1.2	Fase Measure	16
2.2.1.3	Fase Analyse.....	17
2.2.1.4	Fase Improve.....	18
2.2.1.5	Fase Control	19
2.2.2	Ferramentas e técnicas utilizadas no ciclo DMAIC.....	19
2.3	Lean Seis Sigma	21
2.4	Sustentabilidade	27
2.5	Lean Seis Sigma Sustentável	29
3	PROCESSO PRODUTIVO	35
3.1	Produto	35
		36

3.2	Processo Produtivo	36
3.2.1	Soldadura TIG	38
3.2.2	Soldadura MIG-MAG	39
3.2.3	Torno CNC	40
3.2.4	Dobragem.....	40
3.2.5	Corte.....	41
3.2.6	Serra Elétrica	41
3.2.7	Balancé	42
3.2.8	Lixadeira Elétrica	42
3.2.9	Zona de Rebarbagem	43
3.2.10	Fresadora CNC	43
3.2.11	Pré-Montagem.....	44
3.2.12	Montagem	44
3.2.13	Controlo e Diagnóstico	45
3.2.14	Embalamento	45
3.2.15	Armazéns	46
3.2.16	Escritórios	46
3.2.17	Oficina de manutenção e Banco de Ensaios.....	47
4	DESENVOLVIMENTO	51
4.1	Fase Define.....	52
4.1.1	Análise Matriz QFD.....	52
4.1.2	Análise cadeia produtiva	57
4.2	Fase Measure.....	59
4.3	Fase Analyse.....	62
4.3.1	Determinação da causa raiz do problema.....	62
4.3.2	Identificação de possíveis modos, efeitos e causas de falha.....	64
4.4	Fase Improve.....	64
4.4.1	A) Aplicação dos 5 S aos setores de Montagem e Pré-Montagem.....	65
4.4.2	B) Aplicação de um Sistema Kanban	70

4.4.3	C) Criação de um gabari para a furação das caixas de Tablet	75
4.4.4	D) Criação de um gabari para a furação das viseiras.....	77
4.4.5	E) Criação de um gabari para a furação das hastes das proteções de mãos.....	79
4.5	Fase Control	82
4.5.1	<i>Kaizen</i> Diário.....	82
4.5.2	Quadro Kamishibai	86
4.5.3	Análise e Validação das Soluções Apresentadas	88
5	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	91
5.1	Conclusões	91
5.2	Limitações e Propostas de trabalhos futuros	93
6	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	97
7	ANEXOS.....	107
7.1	Anexo A: Ferramentas Ciclo DMAIC.....	108
7.2	Anexo B: QFD AJP Motos	110
7.3	Anexo C: Fluxograma do Processo Produtivo	111
7.4	Anexo D – Value Stream Mapping (VSM) Contexto Atual	113
7.5	Anexo E – Informação Value Stream Mapping	115
	117
7.6	Anexo F – FMEA de Processo AJP Motos (Verde: Prioridade de Ação Baixa; Amarelo: Prioridade de Ação Média; Vermelho: Prioridade de Ação Alta)	127
	130
7.7	Anexo G – Value Stream Mapping (VSM): Melhorias	133
7.8	Anexo H – Cálculo Nº Kanbans: Pré-Montagem	135
7.9	Anexo I – Cálculo Nº Kanbans: Corte, Soldadura TIG, Fr esadora CNC.....	137
7.10	Anexo J – Cartões Kanban Corte > Soldadura TIG	139

7.11	Anexo K – Cartões Kanban Soldadura TIG > Pré-Montagem	141
7.12	Anexo L – Cartões Kanban Fresadora CNC > Pré-Montagem	143
7.13	Anexo M – Cartões Kanban Pré-Montagem > Montagem.....	145
7.14	Anexo N – Processo de Furação das Caixas de Tablet	147
7.15	Anexo O – Software CURA e Impressão 3D - Gabari Tablet	149
7.16	Anexo P – Desenho Técnico Gabari Tablet	151
7.17	Anexo Q – Software CURA e Impressão 3D - Gabari Viseiras	153
7.18	Anexo R – Desenho Técnico Gabari Viseiras	155
7.19	Anexo S – Processo de Furação das Viseiras.....	157
7.20	Anexo T – Localização das Hastes das Proteções de Mãos nos motociclos	159
7.21	Anexo U – Software CURA e Impressão 3D - Gabari Hastes Proteção de Mãos.....	161
7.22	Anexo V – Desenho Técnico Haste Proteção de Mãos	163
7.23	Anexo X – Value Stream Design (VSD)	165
7.24	Anexo Z – Agenda Reunião Kaizen Diário	167
7.25	Anexo AA - Mapa de Presenças Kaizen Diário	169
7.26	Anexo BB - Mapa de Férias Kaizen Diário	171
7.27	Anexo CC - Plano de Trabalhos Kaizen Diário	173
7.28	Anexo DD - Folha das Necessidades Kaizen Diário	175
7.29	Anexo EE - Indicador de Desempenho: Produtividade Kaizen Diário	177
7.30	Anexo FF - Avaliação Gráfica Produtividad	179
		181
7.31	Anexo GG - Indicador de Desempenho: Reclamações Kaizen Diário.....	182
7.32	Anexo HH - Avaliação Gráfica Reclamações.....	183
7.33	Anexo II - Cartões <i>Kamishibai</i> Verdes	185

7.34	Anexo JJ - Cartões <i>Kamishibai</i> Vermelho	186
7.35	Anexo KK – Dados WIP antes e após aplicação de um sistema Kanban	187

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia

1.4 Estrutura da Dissertação

1.5 Apresentação da Empresa

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Atualmente, é cada vez mais importante que as empresas trabalhem de forma proativa para se manterem competitivas e assim sobreviverem às constantes mudanças operadas no ambiente empresarial. Para isso, as organizações devem estar continuamente envolvidas no aumento da satisfação dos clientes, através de produtos de alta qualidade, maximizando os seus lucros através da eliminação de desperdícios que poderão estar presentes na cadeia de produção. Deste modo, cada vez mais as organizações recorrem a metodologias de Resolução de Problemas de forma a melhorar continuamente os seus processos e, assim, aumentarem a sua vantagem competitiva.

Por outro lado, o conceito de sustentabilidade tem vindo a ganhar força no mundo empresarial, muito por causa do aumento do interesse público, das pressões regulatórias ou da responsabilidade social corporativa. Nesse sentido, as empresas têm vindo a procurar conduzir as suas atividades conscientemente, de forma a desenvolverem os seus negócios de uma forma sustentável do ponto de vista económico, social e ambiental.

O Lean Seis Sigma, é uma filosofia de Resolução de Problemas, que incorpora de forma integrada duas metodologias, o Lean e o Seis Sigma, e que contribui para o aumento da eficiência dos processos, para a otimização dos recursos e para o aumento da satisfação dos clientes, melhorando assim os lucros e reduzindo os custos (Kharub et al., 2021).

O Seis Sigma é uma estratégia de negócio utilizada para melhorar os lucros das organizações, através da melhoria da eficácia e eficiência das operações realizadas para atender ou mesmo, exceder às necessidades e expectativas dos clientes (Gupta et al., 2016). A abordagem Lean é, de uma forma muito objetiva, uma filosofia que permite às organizações fazer mais com menos, oferecendo aos clientes exatamente o que pretendem, no tempo adequado e a um valor justo (Costa et al., 2018).

A presente dissertação é relativa ao desenvolvimento de um caso de estudo num ambiente industrial de desenvolvimento, produção e comercialização de motociclos e cujo objetivo é compreender o impacto do Lean Seis Sigma na sustentabilidade das empresas. Foram assim aplicadas filosofias como o Lean e o Seis Sigma, bem como a

sua integração e avaliados os impactos da sua implementação na sustentabilidade da empresa em questão, a AJP Motos.

A metodologia utilizada foi o ciclo DMAIC, visando a melhoria da qualidade dos produtos e processos na organização. Recorrendo ao ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*), serão apresentadas nesta dissertação todas as etapas percorridas.

1.2 Objetivos

A integração entre Lean Seis Sigma e Sustentabilidade tem vindo a ganhar destaque como um campo de estudo inovador, principalmente devido ao alinhamento da abordagem sistemática do Lean Seis Sigma com a necessidade de um modelo prático para a gestão e controlo da sustentabilidade nas organizações (de Freitas et al., 2017). Porém, a bibliografia existente relativamente a este campo de estudo é ainda escassa. Nesse sentido, o principal objetivo do presente caso de estudo é compreender o impacto do Lean Seis Sigma na sustentabilidade das organizações.

Associados ao desenvolvimento do caso de estudo estão os seguintes objetivos específicos:

- Análise e caracterização do processo de fabrico de motociclos
- Identificação de problemas e oportunidades de melhoria no processo produtivo
- Apresentação de soluções que se traduzam na melhoria da eficiência, qualidade do produto e redução de desperdícios
- Implementação das soluções com base no Lean Seis Sigma, recorrendo a ferramentas Lean e a ferramentas da qualidade, para obtenção de resultados na sustentabilidade da empresa, a nível económico, ambiental e social
- Análise da eficácia das soluções apresentadas, quantificando o proveito obtido

1.3 Metodologia

A metodologia adotada para a elaboração do presente caso de estudo teve início com uma revisão bibliográfica sobre as filosofias Lean e Seis Sigma, o Lean Seis Sigma, a sustentabilidade e a integração do Lean Seis Sigma com a Sustentabilidade. Através de livros e artigos científicos compreenderam-se os seguintes pontos:

- Contexto da aplicação
- Benefícios conseguidos com a aplicação de cada uma das filosofias de forma isolada, assim como, de uma forma integrada

De seguida, na unidade produtiva da AJP Motos, foi necessário proceder a uma análise do processo produtivo que iria ser alvo de estudo.

Tendo em conta o objetivo de avaliar o impacto do Lean Seis Sigma na sustentabilidade das empresas, o estudo baseou-se na abordagem pelo ciclo DMAIC, um modelo de melhoria de desempenho estruturado em cinco etapas. Assim sendo, na primeira etapa (*Define*) foi realizada a definição do problema e um planeamento e mapeamento do processo. Na segunda fase (*Measure*), através de um processo de recolha de dados foi realizada a medição do desempenho do fluxo produtivo. Após este levantamento de dados, numa terceira fase de análise (*Analyse*) o objetivo passou por proceder ao processamento da informação recolhida e ao diagnóstico das causas raiz dos problemas identificados nas fases anteriores. Isto, para que, numa quarta etapa (*Improve*) ações de melhoria pudessem ser implementadas de forma que as causas detetadas fossem mitigadas ou até mesmo eliminadas. Por último, na fase de controlo (*Control*), a ideia passou por monitorizar o processo e quantificar o impacto das medidas implementadas na sustentabilidade da empresa. Todos estes passos, foram efetuados com o intuito de compreender qual o impacto do Lean Seis Sigma na sustentabilidade de uma organização.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos: um primeiro capítulo introdutório, onde é feito um enquadramento ao tema da dissertação, são indicados os objetivos da investigação bem como a metodologia utilizada e onde é feita uma apresentação da empresa que irá ser objeto de estudo.

O segundo capítulo diz respeito à revisão bibliográfica composta por conceitos teóricos organizados de forma estruturada e encadeada que são essenciais para um bom entendimento do caso de estudo.

O terceiro capítulo diz respeito ao processo produtivo da organização alvo de investigação, aqui é apresentada informação detalhada dos processos inerentes à empresa.

O quarto capítulo apresenta o projeto de melhoria pela implementação da abordagem pelo ciclo DMAIC, composta pelas fases de *Define*, *Measure*, *Analyse*, *Improve* e *Control*.

Por último o quinto capítulo é composto pelas conclusões do caso de estudo e propostas de trabalhos futuros.

1.5 Apresentação da Empresa

A AJP Motos, é uma empresa portuguesa que, desde 1987, se dedica ao desenvolvimento, produção e comercialização de motociclos, sendo atualmente a única unidade produtiva nacional. Situada numa zona industrial do concelho de Lousada, a AJP foi fundada pelos irmãos António Pinto e Jorge Pinto, em Penafiel, inicialmente como uma oficina para modificação de motos.

Muito embora se trate de uma empresa de pequena dimensão, a AJP tem vindo a introduzir, ao longo dos anos da sua atividade, soluções e conceitos inovadores, inclusive a nível mundial.

Em 1990, a AJP Motos apresentou o seu primeiro modelo, Ariana 125, e no ano seguinte, estabeleceu uma parceria com a Petrogal (hoje Galp Energia), cujo principal resultado foi o desenvolvimento da AJP Galp 50, modelo com o qual venceram por cinco vezes consecutivas o Campeonato Nacional de Enduro.

No ano de 2001, com o lançamento da AJP PR4 125, a empresa iniciou a sua atividade exportadora, com as primeiras unidades a serem enviadas para vários países europeus como França, Alemanha e Inglaterra. Em 2007, expandiu os seus negócios para Espanha, Polónia, Itália e Grécia. Dois anos mais tarde, a Portugal Ventures, Sociedade de Capital de Risco tornou-se parceira do projeto com participação no capital social, o que proporcionou à AJP os recursos financeiros necessários para desenvolver ainda mais o seu plano de expansão de forma a afirmar-se definitivamente no plano internacional como uma referência no enduro-lazer. A partir daí até aos dias de hoje, a empresa foi introduzindo novos modelos, novas motorizações e atualizações a todos os seus produtos, consolidando a sua presença nos mercados onde historicamente tem uma forte presença e conquistando novos importantes mercados (de que são exemplo o Japão, Brasil, Israel e Austrália). Na Figura 1 é possível visualizar um mapa mundo representativo da presença da empresa a nível mundial, onde a taxa de exportação está compreendida entre os 80 e os 90%.



Figura 1 - Presença Mundial da AJP Motos (Apresentação Oficial AJP Motos)

As instalações da AJP Motos estão situadas numa zona industrial de Lousada, a cerca de 50 km do Porto (Figura 2). A área coberta é de 1900 m², distribuídos por uma área administrativa, de fabrico de componentes, armazém, linha de montagem e produto final. Existe igualmente uma área dedicada para desenvolvimento e prototipagem, onde os projetos dos novos modelos são desenvolvidos e testados.

Atualmente, a AJP produz e comercializa os modelos SPR 250, SPR 310, SPR 510 e PR7 e produz, em média, 500 motocicletas anualmente.



Figura 2 - Localização da AJP Motos
(Apresentação Oficial AJP Motos)

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Filosofia Lean

2.2 Seis Sigma

2.3 Lean Seis Sigma

2.4 Sustentabilidade

2.5 Lean Seis Sigma Sustentável

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Filosofia Lean

O Lean é uma filosofia utilizada para tornar as organizações mais competitivas no mercado, com o aumento da eficiência e diminuição dos custos, fornecendo produtos de alta qualidade em prazos de entrega mais curtos através da eliminação de ineficiências do processo e de etapas do mesmo que não acrescentam valor (Belekoukias et al., 2014).

Lean é um termo que ficou inicialmente conhecido por Womack, Jones & Roos (1990) no seu livro *“The machine that changed the world”* para descrever o Sistema de Produção Toyota (TPS). Este sistema surgiu da necessidade enfrentada pela indústria automóvel japonesa no período após a Segunda Guerra Mundial em melhorar e adaptar os seus processos de forma a acompanhar as exigências do mercado, bem como a própria concorrência (Taiichi Ohno, 1988). Perante a existência de resultados tão satisfatórios no setor automóvel, rapidamente esta metodologia se difundiu para outros setores de atividade, tais como o setor alimentar (Dora et al., 2013), farmacêutico (Jaiganesh et al., 2013), têxtil (C. Y. Lee, n.d.) ou químico (Ahmad et al., 2005).

Shah & Ward (2007) descrevem o Lean como uma filosofia com orientações filosóficas e práticas incorporadas em três níveis de pensamento: filosofia, princípios e ferramentas e técnicas (Ghosh, 2013). Como ilustrado na Figura 3, o nível mais alto é visto como o filosófico, onde o Lean se enquadra numa perspetiva de eliminação de desperdícios enquanto a satisfação do cliente continua assegurada ou até aumentada. De acordo com esta filosofia, Desperdício, ou *Muda* em Japonês, é qualquer coisa que aconteça ao produto e que não agregue valor do ponto de vista do cliente, portanto deve ser eliminada ou minimizada. De acordo com Taiichi Ohno (1988) existem 8 tipos de desperdício:

- Transporte de produtos/materiais
- Stocks elevados
- Movimento de colaboradores
- Paragens na produção
- Sobre produção
- Excesso de processamento
- Produtos não conformes
- Potencial Humano

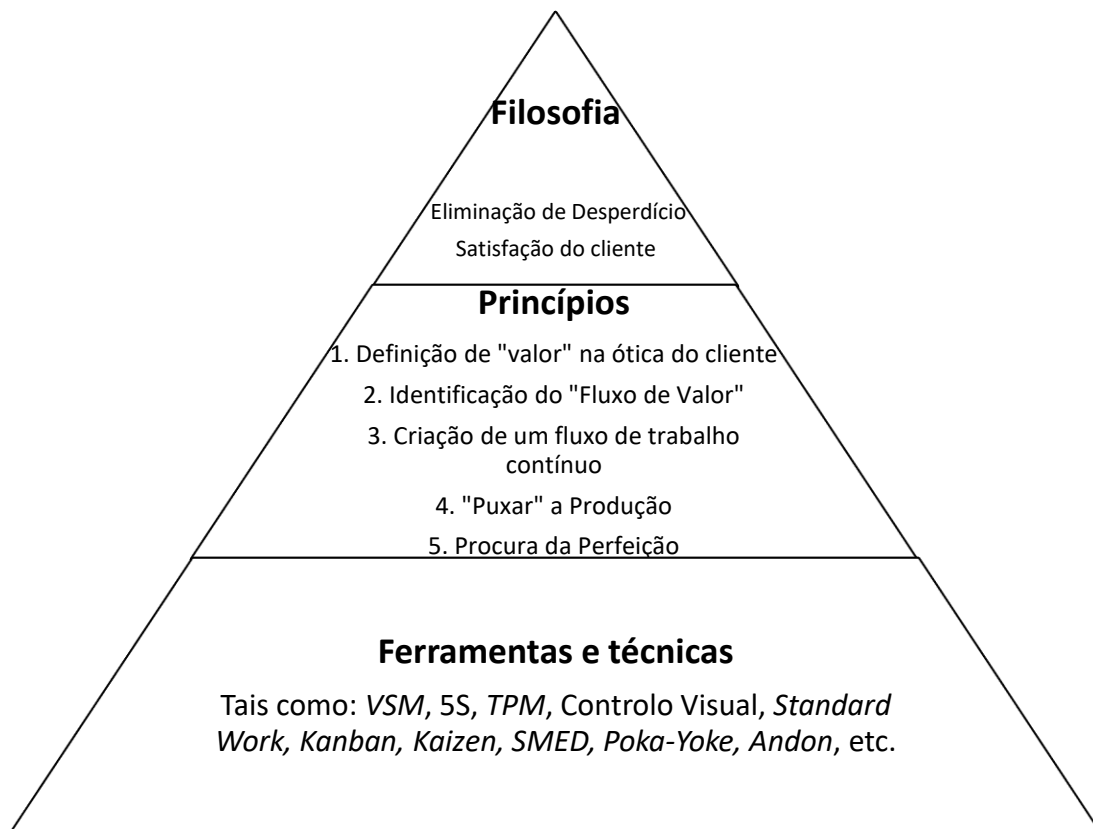


Figura 3 - Três Níveis Lean (Ghosh, 2013)

O segundo nível constitui alguns dos princípios específicos associados à filosofia Lean. J. P. Womack & Jones (1996) sugere a definição de “valor” na ótica do cliente, a identificação do “Fluxo de Valor”, o fluxo de trabalho contínuo, o sistema de produção “pull” e a procura da perfeição como os cinco princípios Lean. Estes fundamentos assentam na perspetiva de que é necessário saber identificar tudo o que justifica atenção, tempo e esforço dentro do processo produtivo, conhecer o seu fluxo de valor e, através de um sistema de produção “pull” onde cada sequência de trabalho só é desencadeada quando a que está imediatamente a seguir o permitir, criar um fluxo de trabalho contínuo, perspetivando sempre uma procura constante da perfeição, não existindo um término para o processo de redução de tempo, espaço, custos e erros.

O terceiro nível é visto de uma forma operacional, onde são agrupadas todas as ferramentas e técnicas que devem ser utilizadas de forma a se atingirem os objetivos associados aos princípios Lean. Por exemplo, práticas como o *Value Stream Mapping (VSM)*, *5S*, *Total Productive Maintenance (TPM)*, Controlo Visual e o *Standard Work* ajudam na eliminação de desperdícios, o *Kanban* e o sistema “pull” são responsáveis por alinhar a produção com a procura e técnicas como o *Kaizen*, o *SMED*, *Poka-Yoke* e *Andon* contribuem para a melhoria contínua dos processos e ambientes produtivos.

Rodrigues et al. (2020) descreve as ferramentas Lean como procedimentos que permitem às empresas obter benefícios a curto prazo, isto é, aponta como melhores ferramentas Lean aquelas que causam uma rápida melhoria nas habilidades de produção das empresas.

Contudo, para uma correta e bem-sucedida implementação desta filosofia dentro de uma organização é essencial que toda a estrutura hierárquica esteja integrada nesta linha de pensamento. Nesse sentido, o conceito de liderança Lean constitui um meticuloso sistema utilizado para uma implementação sustentável e de melhoria contínua nos processos das empresas onde quanto maior a interação entre a gestão e as áreas técnicas e operacionais mais satisfatórios serão os resultados obtidos (Bäckström & Ingelsson, 2015).

2.2 Seis Sigma

A filosofia Seis-Sigma surgiu no final da década de 1980 na sede do grupo Motorola, em resposta a problemas associados a várias reclamações durante o período de garantia dos produtos. Assim, surgiu a necessidade da empresa em aumentar a eficácia dos seus processos. O sucesso da implementação da filosofia seis sigma na organização não se compreendeu apenas com a redução de defeitos, mas também com o aumento da produtividade, da qualidade do serviço, da satisfação do cliente e com uma redução de custos (Antony, 2006; M. Harry & Schroeder, 2005; Henderson & Evans, 2000).

Inicialmente utilizada na indústria, por se tratar de um setor onde os processos são repetitivos e bem conhecidos, perante a existência de resultados tão satisfatórios, a filosofia foi rapidamente alargada a outras áreas de negócio de forma a reduzir a variabilidade e os defeitos nos processos (Kwak & Anbari, 2006; Mehrjerdi, 2011).

Assim, a filosofia Seis Sigma surge como uma iniciativa estratégica para aumentar a rentabilidade, a quota de mercado e melhorar a satisfação dos clientes assegurando a eficiência em todas as operações (M. J. Harry, 1997). Park, Lee & Chung (1999) acreditam que o Seis Sigma é um “novo paradigma estratégico de inovação em gestão para a sobrevivência das empresas no século 21”. Esta filosofia pode ser caracterizada de acordo com duas perspetivas: estatística e económica (Kwak & Anbari, 2006).

Do ponto de vista estatístico, a letra sigma é usada para medir a variabilidade de um determinado processo (Pyzdek & Keller, 2010), estando por isso diretamente relacionada com conceitos como defeitos por unidade, partes por milhão de defeituosos e probabilidades de falha (Sung H. Park, 2003). Assim, a filosofia seis-sigma é aplicada com a finalidade de redução da variabilidade de processos industriais para valores próximos de 6 sigma que, a longo prazo, representa 3.4 defeitos por milhão de oportunidades analisadas, com uma percentagem de qualidade de 99.99%, valor

considerado de excelência para grande parte dos processos (Antony & Banuelas, 2002; Breyfogle, 2003; Pande et al., 2000). A

Tabela 1 contém os valores de DPMO (*Defects Per Million Opportunities*) e percentagem de qualidade associados a cada nível sigma a longo prazo.

Tabela 1 - Nível Sigma dependendo do DPMO e percentual de qualidade dos produtos (Kosieradzka & Ciechańska, 2018a)

Indicador	Nível Sigma					
	1	2	3	4	5	6
<i>DPMO</i>	697 700	308 537	66 807	6210	233	3.4
Percentagem de produtos de qualidade (%)	30.9	69.2	93.3	99.4	99.98	99.99

De uma perspetiva económica, Seis Sigma é definido como uma estratégia de negócio implementada por organizações para melhorar a rentabilidade do negócio através do aumento da eficácia e eficiência das suas operações satisfazendo as necessidades e expectativas dos clientes (Gupta et al., 2016; Kwak & Anbari, 2006).

Dentro da filosofia Seis Sigma, uma das abordagens utilizadas a fim de melhorar processos, produtos e serviços é a metodologia *DMAIC* (Sá et al., 2022).

2.2.1 DMAIC

O *DMAIC* é a metodologia mais popular de apoio à estratégia Seis Sigma na melhoria de produtos e processos já existentes dentro de uma organização (Mehrjerdi, 2011). Utiliza um conjunto de ferramentas e técnicas de forma lógica, de forma a alcançar soluções sustentáveis que minimizam ou eliminam um determinado problema identificado, colocando a organização numa posição competitiva no mercado (Shankar, 2009). A metodologia é estruturada da seguinte forma (Rahman et al., 2017; Rana & Kaushik, 2018):

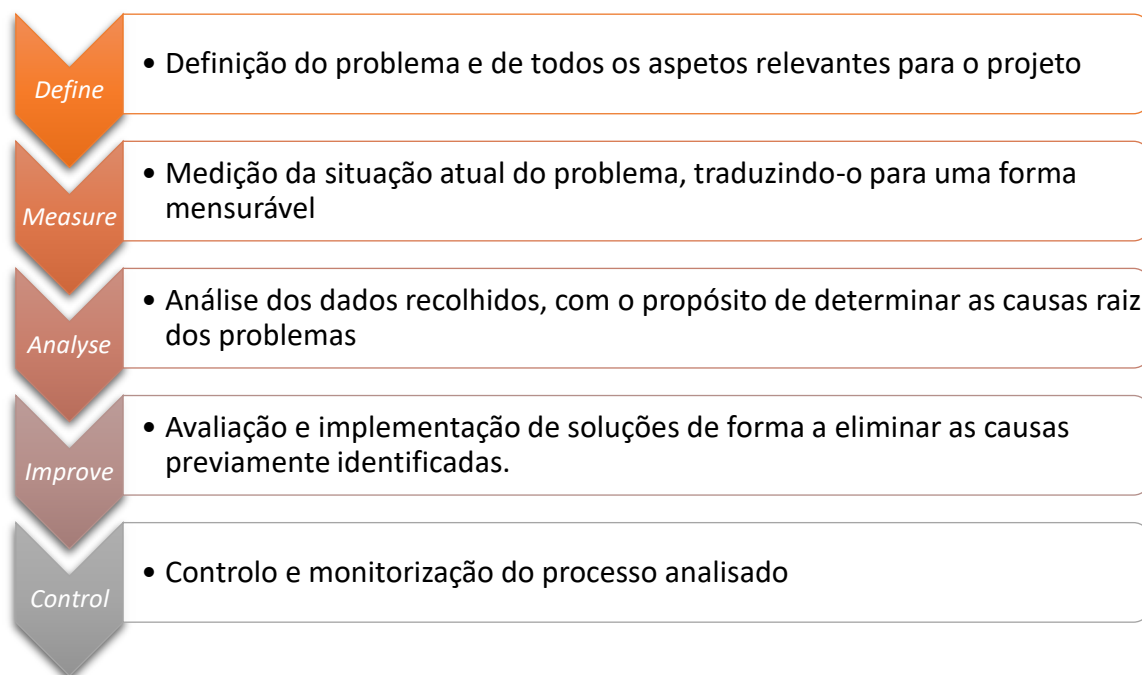


Figura 4 - Estruturação da metodologia DMAIC

2.2.1.1 Fase Define

Nesta fase do ciclo DMAIC, é definido o problema a ser resolvido, bem como o processo a ser analisado. A definição de objetivos e pontos críticos, da calendarização do projeto e o mapeamento do processo são algumas das questões que poderão ser levantadas nesta etapa inicial. Na Tabela 2 é possível sistematizar algumas atividades e ferramentas características desta etapa.

Tabela 2 - Atividades e Ferramentas para a Fase Define (Kosieradzka & Ciechańska, 2018b)

Atividades	Ferramentas
D – Fase <i>Define</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Identificação, análise e priorização dos requisitos dos clientes (Yang, 2008) • Definição do problema, objetivos e benefícios • Definição da equipa de projeto • Definição de recursos disponíveis e necessários • Planeamento do projeto • Mapeamento do processo 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Project charter</i> • Fluxograma do processo • Diagrama SIPOC • Análise de <i>stakeholders</i> • <i>CTQ (Critical to Quality)</i> • VSM • Gemba Walk • Gestão Visual • <i>Quality Function Deployment (QFD)</i>

2.2.1.2 Fase *Measure*

Nesta etapa, o foco está na recolha de dados para descrever a situação atual do processo providenciando informação para as fases seguintes de análise e melhoria. As atividades bem como ferramentas a utilizar nesta fase são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Atividades e Ferramentas para a Fase Measure (Purba et al., 2021)

Atividades	Ferramentas
M – Fase <i>Measure</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Definição de defeitos e oportunidades (ISIXSIGMA) • Mapeamento detalhado de cada área do processo • Desenvolvimento de um plano de recolha de dados • Validação do sistema de medição utilizado (instrumentos, tipo de medição, registo) • Coleta de dados • Determinação da capacidade do processo e nível sigma iniciais 	<ul style="list-style-type: none"> • Plano de recolha de dados • Diagrama de Pareto • Cartas de Controlo • Cálculo do nível sigma • <i>Benchmarking</i> • <i>Voice of the Customer (VOC)</i> • Cartas de Controlo • Histograma • VSM

2.2.1.3 Fase Analyse

Após a recolha de dados, o objetivo passa por diagnosticar as causas raiz dos problemas e ineficiências do processo. Uma variedade de métodos e ferramentas são usadas para identificar possíveis causas e confirmar a relação entre estas e o desempenho do processo. Esta relação é demonstrada, através de uma componente chave desta etapa: a análise estatística. Tal como para as fases anteriores, na Tabela 4 encontram-se algumas atividades e ferramentas a utilizar nesta etapa.

Tabela 4 - Atividades e Ferramentas para a Fase Analyse (Ganguly, 2012a)

Atividades	Ferramentas
A – Fase Analyse	
<ul style="list-style-type: none"> • Análise dos dados recolhidos • Identificação de atividades que acrescentam ou não valor ao processo • Identificação das fontes de variação • Determinação das causas raiz • Priorização de oportunidades de melhoria 	<ul style="list-style-type: none"> • Histograma • Diagrama de Pareto • Gráficos de dispersão • Análise de correlação entre variáveis (regressão) • Diagrama de Ishikawa • Análise Estatística • Teste de Hipóteses • <i>Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)</i> • <i>Brainstorming</i>

2.2.1.4 Fase Improve

Nesta etapa do ciclo, após estarem identificadas todas as fontes de variação no processo e as causas raiz para os problemas de desempenho, é necessário analisar e desenvolver soluções para eliminar essas mesmas causas. Assim, *softwares* de simulação, sessões de *brainstorming* ou análises de modos e efeitos de falha são muitas vezes ferramentas adotadas nesta fase do projeto. Analogamente às etapas anteriores, encontram-se na Tabela 5 as atividades e as ferramentas suscetíveis de utilização na etapa *Improve*.

Tabela 5 - Atividades e Ferramentas para a Fase Improve (Kosieradzka & Ciechańska, 2018b)

Atividades	Ferramentas
I – Fase Improve	
<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de soluções • Definição de tolerâncias operacionais • Avaliação dos modos de falha das possíveis soluções • Validação das potenciais melhorias através de estudos piloto • Corrigir e reavaliar soluções apresentadas 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Brainstorming</i> • <i>Design of Experiments (DOE)</i> • <i>5 S</i> • <i>Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)</i> • Software de simulação • Sistema Kanban • Diagrama de Gant • <i>Standard Work</i> • <i>VSM</i>

2.2.1.5 Fase Control

Na fase de controlo, é necessário implementar planos de controlo do processo de forma a assegurar que as ações de melhoria efetuadas anteriormente se mantêm após o projeto terminar. É nesta fase que se dá a conclusão do estudo, onde devem ser avaliados os benefícios e mais-valias retiradas através das medidas implementadas. As atividades e ferramentas associadas a esta etapa do projeto estão representadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Atividades e Ferramentas para a Fase Control (Kosieradzka & Ciechańska, 2018b)

Atividades	Ferramentas
C – Fase Control	
<ul style="list-style-type: none"> • Definição e validação do sistema de monitorização e controlo • Desenvolvimento de procedimentos padrão • Implementação do Controlo Estatístico de Processo • Determinação da Capacidade do Processo • Verificação de benefícios e crescimento de lucros • Conclusão do projeto 	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo Nível Sigma • Cartas de Controlo (por variáveis ou atributos) • Cálculos de redução de custos • Plano de controlo • Controlo Estatístico do Processo (SPC) • <i>Daily Kaizen</i> • Kamishibai

2.2.2 Ferramentas e técnicas utilizadas no ciclo DMAIC

Aos longos dos anos a filosofia Seis Sigma e o ciclo DMAIC têm vindo a ser utilizados em vários projetos, abrangendo diferentes áreas operacionais com a obtenção de resultados positivos. Para isso, foram várias as técnicas e ferramentas utilizadas de forma a assegurar uma análise e processamento adequado de dados, para poderem ser transformados em informação palpável e produtivamente viável (Doganaksoy et al., 2001). Assim, muitas ferramentas foram sendo associadas e adicionadas ao ciclo DMAIC. No Anexo A é possível esquematizar a utilização de algumas delas por parte de investigadores nas suas pesquisas, bem como os resultados das mesmas.

Como é possível visualizar o *DOE*, a *ANOVA*, o *8D Problem Solving*, o *Analytic - Hierarchy Process (AHP)*, a Escala de *Likert* ou a *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)* foram algumas das ferramentas que foram incluídas no ciclo de investigação ao longo dos anos.

O ***Design of Experiments (DOE)*** é definido como um ramo da estatística aplicada que trata do planeamento, condução, análise e interpretação de testes controlados para avaliar os fatores que afetam o valor de um parâmetro ou grupo de parâmetros (Cavazzuti, 2013). Em 2012, Ganguly obteve resultados satisfatórios na redução do tempo de ciclo de uma máquina de laminagem num processo da indústria de Alumínio (de 47 para 20 dias) tendo utilizado esta ferramenta na fase “*Improve*”.

A **análise de variância ou ANOVA** é um teste estatístico que foi desenvolvido por Ronald Fisher, em 1918 e que ajuda a descobrir se as diferenças entre grupos de dados são estatisticamente significativas ou não. É um teste onde são analisados os níveis de variância dentro dos grupos através de amostras retiradas de cada um deles (Archer et al., 1997). Srinivasan (2014) recorreu a esta técnica de forma a avaliar uma unidade produtiva de amortecedores, aumentando o seu nível sigma de 3.31 para 4.45.

O ***8D Problem Solving*** é uma abordagem de resolução de problemas, mais comumente utilizada pela indústria automóvel, mas igualmente aplicada com sucesso na saúde, finanças, retalho, etc. A metodologia 8D está dividida em 8 etapas e o seu objetivo passa por identificar, corrigir e eliminar problemas recorrentes, tornando-a útil na melhoria de produtos e processos (Dziuba et al., 2021). Em 2018, num estudo realizado a uma linha de produção de dispositivos de automação industrial, Kosieradzka & Ciechańska utilizaram esta ferramenta na fase “*Improve*” do ciclo *DMAIC* com resultados extremamente satisfatórios (Aumento do nível sigma de 3 para 6, do Cp de 1.91 para 3.79 e do Cpk de 1.88 para 3.34).

O ***Analytic - Hierarchy Process (AHP)*** é uma ferramenta que, em 2015, foi utilizada por Dachyar no seu projeto cujo objetivo era aumentar a produtividade numa empresa ligada à produção de joias, na Índia. A *AHP* foi operada de forma a priorizar o peso de alguns dos fatores que eram apontados como potenciadores da produtividade da empresa. No mesmo estudo, e consequentemente na mesma etapa do ciclo *DMAIC*, também o método ***TOPSIS*** foi aplicado. Este método consiste num apoio à decisão na escolha de várias alternativas tendo em vista a solução ideal (Ozturk & Batuk, 2011), neste caso visando a maximização da produtividade. No fim do estudo, os resultados revelaram-se extremamente satisfatório, com a produtividade a aumentar em 47%.

A **Escala Likert** ou **Escala de Likert** é um tipo de escala de resposta psicométrica usada habitualmente em questionários. Fornece cinco respostas possíveis para uma determinada afirmação ou pergunta e permite a avaliação de opiniões, percepções e comportamentos (Perry et al., 1999). Já anteriormente mencionado, Srinivasan (2014), na fase de análise no seu estudo de redução de defeitos numa etapa de pintura de uma unidade industrial de amortecedores, utilizou a escala de Likert de forma a, dentro de alguns fatores provenientes do diagrama de Ishikawa efetuado, obter os mais críticos para o processo. Efetuou um questionário a 50 pessoas, incluindo operadores da linha de pintura, responsáveis da qualidade e clientes internos e externos. Os resultados foram posteriormente analisados através de um gráfico de barras (Figura 5). Esta ferramenta auxiliou um resultado final relativo a um aumento do nível sigma de 3.31 para 4.45.

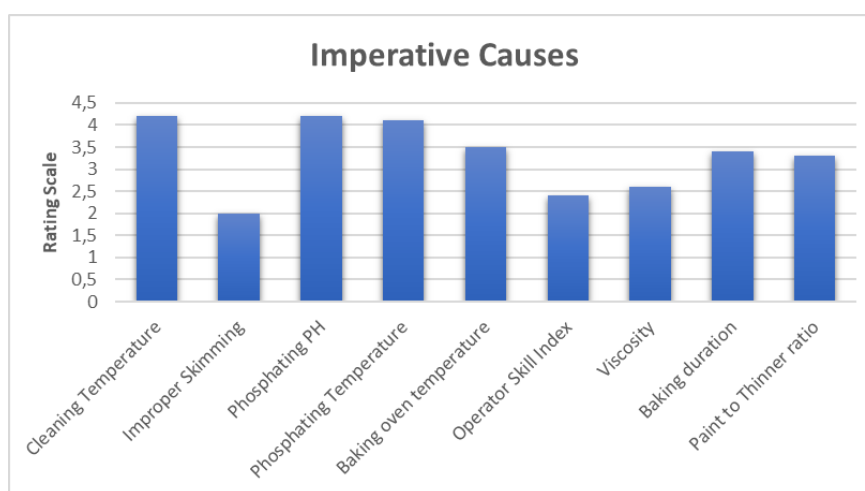


Figura 5 - Dados Escala Likert (Srinivasan et al., 2014)

2.3 Lean Seis Sigma

Lean Seis Sigma (LSS) é um conceito de gestão que combina as filosofias Lean e Seis Sigma e se foca na melhoria contínua da qualidade e na redução da variabilidade de processos numa organização. Este conceito foi introduzido pela primeira vez em 2002 por Michael George no seu livro *“Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed”* (George, 2002) e contribuiu para combater as críticas que persistiam relativamente ao Lean e ao Seis Sigma como filosofias independentes. À primeira era notada uma inaptidão para criar melhorias relativamente à qualidade do produto, enquanto à segunda se destacava uma incapacidade de contribuição no que à redução de custos e à aceleração do processo dizia respeito (George, 2002).

Arnheiter & Maleyeff (2005) referem mesmo que as empresas que praticam a gestão Lean ou Seis Sigma isoladamente podem atingir um ponto de saturação dos níveis de competitividade (Figura 6).

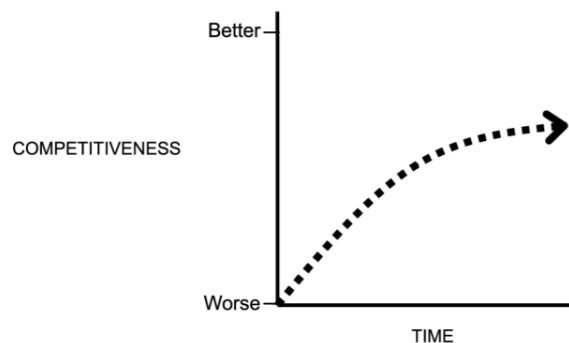


Figura 6 - Competitividade ao longo do tempo com uma gestão isolada do Lean ou Seis Sigma (Arnheiter & Maleyeff, 2005)

Enquanto o Lean se concentra mais na velocidade e na eliminação do desperdício (eficiência), o Seis Sigma enfatiza a eficácia através da melhoria do processo e da redução de defeitos e variabilidade (Sá et al., 2022).

Assim, o LSS surge como uma filosofia híbrida que incorpora os princípios da produção Lean com a iniciativa Seis Sigma de forma a aumentar a produtividade das empresas. Segundo George (2002), a aplicação desta metodologia, permite às organizações, em menos de dois anos, uma redução de 20% dos custos associados à sobreprodução e qualidade dos produtos. Isto, pois refere que muito do material necessário a um processo produtivo passa 95% do tempo à espera para ser utilizado. Assim, reduzindo este tempo de inatividade em 80%, o autor assinala que os benefícios económicos associados à rapidez de tempos de entrega e à diminuição dos níveis de stocks constituem uma parcela significativa no que à produtividade de uma empresa diz respeito.

Ao longo dos anos foram vários os setores de atividade onde o LSS apresentou resultados extremamente positivos. Albliwi (2015) no seu estudo relativo à aplicação do Lean Seis Sigma no setor industrial, destaca 10 principais benefícios desta metodologia:

- (1) Aumento de lucros e da economia financeira
- (2) Aumento da satisfação do cliente
- (3) Redução de custos
- (4) Redução dos tempos de ciclo
- (5) Melhoria das principais métricas de desempenho (*KPIs*)
- (6) Redução de defeitos
- (7) Redução do tempo de ociosidade da maquinaria
- (8) Redução de stocks
- (9) Melhoria da qualidade dos produtos
- (10) Aumento da capacidade de produção

Não somente no ambiente industrial, também na saúde se obtiveram resultados positivos. O hospital da Cruz Vermelha, localizado nos Países Baixos, recorreu ao LSS de forma a reduzir o valor que era gasto anualmente em colaboradores temporários, como operadores de manutenção, por exemplo. Este valor rondava o milhão de euros, quantia que a administração do hospital considerava excessivamente alta. Assim, com o auxílio do ciclo *DMAIC* embebido na metodologia do Lean Seis Sigma, operou algumas tomadas de decisão que resultaram, no final do projeto, numa redução de gastos na ordem dos 200 000 € (de Koning et al., 2006).

Para a implementação do Lean Seis Sigma no contexto organizacional, a metodologia *DMAIC* é considerada a mais eficaz. Isto, pois constitui uma abordagem disciplinada, simples e sistemática que aponta a uma rápida conclusão dos projetos onde é aplicada e onde é possível integrar os conceitos Lean e Seis Sigma (Snee, 2010; Thomas et al., 2009).

Na Tabela 7 são apresentadas algumas conclusões de alguns casos de estudo que abordam a implementação do Lean Seis Sigma com recurso à abordagem do ciclo *DMAIC*.

Tabela 7 - Casos de Estudo: Lean Seis Sigma

Autor/Ano	Setor	Título	Análise
(Ariyanto et al., 2021)	Indústria de motocicletas - Indonésia	<i>"Improving Work in Process Quality (Bias Cutting Process) by Using Poka-Yoke and Define Measure Analysis Improve and Control (DMAIC) Method in Leading Motorcycle Tire Manufacturing"</i>	No caso de estudo, foi utilizada a metodologia do DMAIC com o objetivo de reduzir a quantidade de sucata de nylon durante a produção de pneus de motocicletas. Foram definidos dois tipos de sucata evitável, onde se verificou uma diminuição de 26% na taxa de sucata de um dos tipos e uma diminuição de 68% no outro.
(Nandakumar et al., 2020)	Indústria Alimentar – Sul da Índia	<i>"Bottleneck Identification And Process Improvement By Lean Six Sigma DMAIC Methodology"</i>	Uma empresa de processamento de comida implementou o ciclo DMAIC no seu processo de embalagem. Desperdícios foram eliminados e num espaço temporal de produção de 20h a produção aumentou de 42 000 para 115 200 pacotes.
(Krishna Priya et al., 2020)	Indústria Automóvel (Índia)	<i>"Defect analysis and lean six sigma implementation experience in an automotive assembly line"</i>	Com o objetivo de otimizar uma linha de produção automóvel, um processo produtivo foi estudado em Oragadam, Índia utilizando o DMAIC. Como resultado, houve uma redução de 19 minutos despendidos em atividades não produtivas e uma redução de 37.2% na proporção de defeitos encontrados.

(Kharub et al., 2021)	Indústria alimentar - Sul da Índia	<i>"Profit enhancement for small, medium scale enterprises using Lean Six Sigma"</i>	O caso de estudo inclui a aplicação do DMAIC de forma a reduzir desperdícios e aumentar os lucros de uma organização. Verificou-se a redução do desperdício em 50% e consequente aumento de 7% no lucro financeiro da empresa.
(Ferreira et al., 2019)	Indústria madeireira	<i>"iLeanDMAIC—A methodology for implementing the lean tools"</i>	No caso de estudo foi utilizada a metodologia do DMAIC com o objetivo de aumentar a eficiência e produtividade de uma organização de produção de produtos de madeira. Nos resultados obtidos verificou-se uma redução de 22% (39 para 17 min.) em tempos de setup, o que permitiu tornar o sistema produtivo mais eficiente, reduzindo o <i>flow time</i> do produto.
(Barbosa et al., 2017)	Indústria automóvel (Portugal)	<i>"Solving quality problems in tyre production preparation process: a practical approach"</i>	Um estudo levado a cabo numa empresa de produção de pneus utilizou o DMAIC de forma a otimizar o processo de produção de um dos componentes dos pneus. O número de não conformidades foi reduzido, o que resultou num aumento de 41% na taxa de qualidade assim como no controlo e capacidade do processo.
(Pereira et al., 2019)	Indústria de moldes (Marinha Grande, Portugal)	<i>"Lean six sigma approach to improve the production process in the mould industry: A case study"</i>	No caso de estudo, a abordagem do DMAIC foi implementada com o objetivo de otimizar a produção. O valor do indicador de eficiência global, OEE, aumentou 20%.
(Marques & Matthé, 2017)	Indústria Metalomecânica (Sociedade Transformada de Alumínios, S.A. - Portugal)	<i>"Six Sigma DMAIC project to improve the performance of an aluminum die casting operation in Portugal"</i>	No caso de estudo a metodologia DMAIC foi aplicada numa empresa portuguesa, com o propósito de reduzir a taxa de rejeição de maçanetas de janelas devido a defeitos gerados no processo de fundição gravítica. A capacidade do processo aumentou de 2.3 para 3.1, o número médio de defeitos por maçaneta produzida reduziu de 1.47 para 0.36 e a taxa de maçanetas defeituosas diminuiu de 79 para 25%.

(Antunes et al., 2013)	Logística (Vendas) – Indústria automóvel	<i>"Using project six sigma and lean concepts in internal logistics"</i>	Caso de estudo em que foi implementada a metodologia do <i>DMAIC</i> a fim de reduzir o número de defeitos num processo logístico de fornecimento de matérias-primas para a indústria automóvel. Verificou-se a redução de 80.7% no indicador <i>DPMO</i> , valor muito superior ao objetivo inicialmente proposto: uma redução de 50%.
(K. L. Lee & Wei, 2010)	Produção de placas eletrónicas para computadores (China)	<i>"Reducing mold changing time by implementing Lean Six Sigma"</i>	No caso de estudo foi analisado um processo de produção de <i>PCB (Printed Circuit Board)</i> situado em Shenzhen, China e foi aplicado o <i>DMAIC</i> numa perspetiva de redução do tempo de mudança de molde numa estação de testagem. O tempo médio de troca do molde foi reduzido em 20 minutos, a taxa de utilização do posto de trabalho aumentou 25% e a empresa foi capaz de produzir 22 500 peças adicionais de <i>PCB</i> por dia após as melhorias.

2.4 Sustentabilidade

Atualmente, o mundo industrial apresenta uma elevada competitividade, as organizações enfrentam constantemente novos desafios e projetos que necessitam de uma rápida e assertiva gestão, obrigando-as a apresentarem novas linhas de pensamento para se diferenciarem dos demais concorrentes (Balaji et al., 2015). Assim, o sistema de produção das empresas está em constante mutação em busca da perfeição. Posto isto, forçadas pela legislação e pelo olhar cada vez mais atento dos consumidores as organizações encontram na sustentabilidade uma forma de se aproximarem dos clientes, tornando as suas políticas mais transparentes. Desta forma, mostram à sociedade em geral e, ao mercado em particular, o respeito e preocupação com os aspetos ambientais e sociais nas suas ações (Norman & Macdonald, 2004), isto porque o aspeto económico é um pilar que desde sempre foi algo prioritário dentro de uma organização.

O termo sustentabilidade, apesar de não ter uma definição específica, tornou-se popular após o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável em 1972, quando a Conferência das Nações Unidas (ONU) sobre o meio ambiente humano enfatizou que a proteção deste meio era um elemento crucial na agenda do desenvolvimento (Rogers et al., 2012). Depois disso, surgiram inúmeras definições salientando a sustentabilidade como um conceito com uma conotação altamente positiva combinando três pilares cruciais ao desenvolvimento: ambiental, social e económico (Gomes Silva et al., 2022). Pilares estes que formam o que é hoje o tripé da sustentabilidade.

Elkington (1994) desenvolveu um modelo de medição de performance organizacional focado na sustentabilidade, denominado *Triple Bottom Line (TBL)*. Este modelo tem como objetivo avaliar as organizações de uma forma abrangente, tendo em consideração indicadores financeiros, sociais e ambientais, assegurando um equilíbrio entre três critérios (Figura 7): Eficiência Económica, Prudência Ecológica e Equidade Social (de Freitas & Costa, 2017; Depken & Zeman, 2018; Tseng et al., 2019)

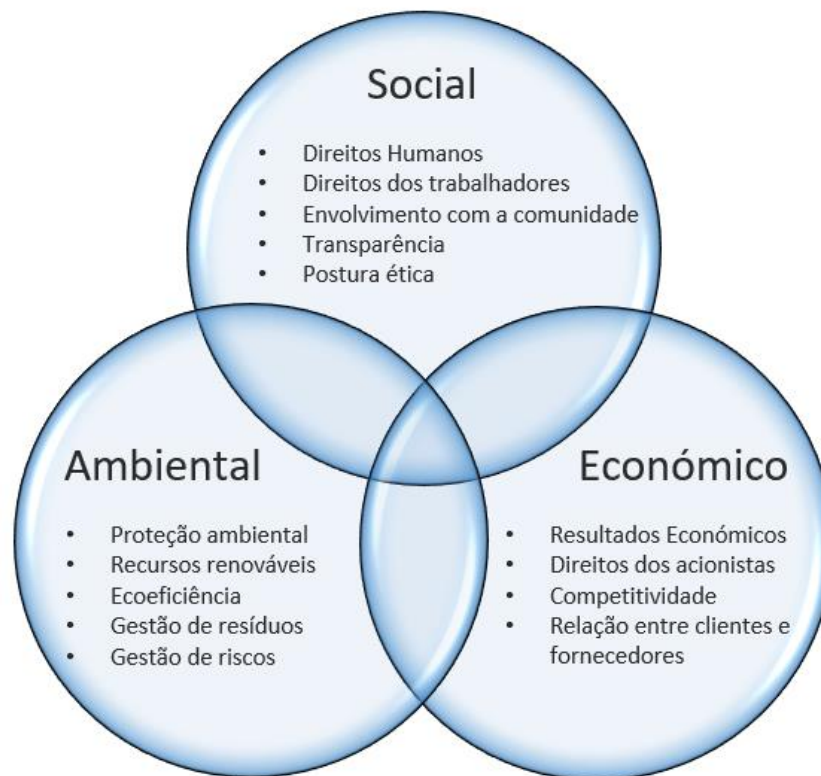


Figura 7 - Triple Bottom Line (TBL)

O pilar Social está essencialmente relacionado com o desenvolvimento do capital humano, como os direitos humanos, as leis de apoio às necessidades dos trabalhadores, o desenvolvimento de políticas de envolvimento com a comunidade, a transparência e a postura ética (Purvis et al., 2019).

O pilar Ambiental é baseado numa variedade de abordagens para a preservação ambiental, conservação de recursos naturais, ecoeficiência e gestão de resíduos e riscos (Silva & Gouveia, 2020).

O pilar Económico está preocupado com a produção, com a competitividade no mercado, a relação entre fornecedores e clientes, no fundo os fatores que despoletam resultados económico-financeiros (Gomes Silva et al., 2022).

Uma das principais barreiras para uma melhoria no desempenho das organizações relativamente às vertentes sociais e ambientais, prende-se com o facto de persistir a ideia de que o desempenho económico poderá ser influenciado negativamente por medidas implementadas a cada uma dessas vertentes (Florida, 1996; Found, 2009). Contudo, são vários os exemplos na literatura, que demonstram que os impactos nos custos e na satisfação dos clientes e colaboradores mitigam esse risco (Corbett & Klassen, 2006; Porter & van der Linde, 1995; Simboli et al., 2014).

2.5 Lean Seis Sigma Sustentável

Várias têm sido as abordagens de gestão que tentam apoiar as empresas na busca pelo poder competitivo e do sucesso económico (Dakov & Novkov, 2007). Durante a última década, é notória a tendência crescente na tentativa de integração dessas abordagens com questões ambientais e sociais, pelo que várias organizações por todo o globo assumem como principal objetivo assegurar o desenvolvimento dos seus negócios de uma forma sustentável, combinando os aspetos económicos, sociais e ambientais.

Nesse sentido, a possibilidade de integração da abordagem Lean Seis Sigma com a sustentabilidade das empresas tem sido alvo de crescente atenção. No entanto, Cherrafi et al. (2016) identificou no seu estudo relativo a esta integração que, apenas 5,6% dos 118 artigos analisados procuravam integrar o Lean, o Seis Sigma e a sustentabilidade, identificando uma supremacia da colaboração do Lean com a sustentabilidade das organizações (Figura 8). Este dado está diretamente relacionado ao facto de a filosofia Lean procurar constantemente a redução de desperdícios, o que assenta nos ideais de redução de utilização de recursos naturais ou diminuição da poluição da sustentabilidade ambiental. No entanto, ao longo dos anos vários autores têm vindo a realçar a necessidade de inclusão da abordagem Seis Sigma nesta sinergia (Banawi & Bilec, 2014; Garza-Reyes, 2015) de forma a introduzir na equação a análise à variabilidade do processo.

Assim o Lean Seis Sigma surge como uma abordagem de melhoria do desempenho de um sistema cuja implementação permite que uma empresa reduza a variação nos seus processos, o lead time de produção, os impactos ambientais, obtenha ganhos financeiros e aumente a satisfação dos seus colaboradores e clientes.

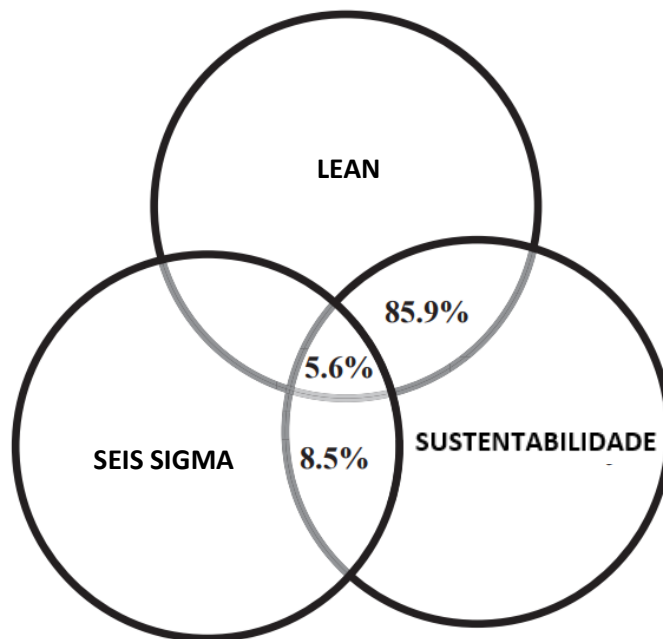


Figura 8 - Distribuição dos estudos relativos ao Lean, Seis Sigma e Sustentabilidade (Cherrafi et al., 2016)

No entanto, como já referido anteriormente, a bibliografia existente relativamente a esta temática é ainda escassa quando comparada com outros tópicos de análise. Porém, como é possível visualizar na Tabela 8, foi possível filtrar algumas investigações relativamente à questão do impacto do Lean Seis Sigma na sustentabilidade das empresas.

Tabela 8 - Casos de estudo do impacto do Lean Seis Sigma na Sustentabilidade das empresas

Autor	Descrição da investigação
(Powell et al., 2017)	Foram implementadas ferramentas LSS, como o VSM e o DMAIC numa organização norueguesa ligada à indústria alimentar onde a principal “matéria-prima” produzida era o leite. O estudo revelou-se extremamente útil, com a taxa de desperdício de leite a reduzir em aproximadamente 2% contribuindo assim para uma linha de produção mais sustentável do ponto de vista ambiental e económico.
Cherrafi et al. (2017)	Foi apresentada uma estrutura Green Lean Seis Sigma, denominada GL2S, que integra o Lean Seis Sigma e o pensamento verde de forma a alcançar a sustentabilidade económica, ambiental e social. A ideia foi explorar os possíveis benefícios dos conceitos Lean Seis Sigma e Green na redução de desperdícios, consumo de recursos naturais e melhoria da saúde e segurança no trabalho. A ferramenta foi implementada em 4 organizações de diferentes setores e contextos, tendo-se obtidos resultados extremamente positivos: uma redução entre 20 a 40% na utilização dos recursos e uma poupança financeira na ordem dos 7 a 12% sobre os custos dos recursos naturais (por exemplo, energia, água, combustível, etc.).
Calia et al. (2009)	Caso de estudo onde foi analisado o desempenho de um programa de prevenção de poluição numa corporação multinacional antes e depois da implementação do Seis Sigma. Os resultados demonstraram melhorias significativas no desempenho do programa em termos do número total de projetos concluídos (quase sete vezes mais) e da percentagem de poluição evitada (aumento de 62%).
Ruben et al. (2017)	Investigação onde o LSS foi utilizado com o objetivo de reduzir defeitos e impactos ambientais numa organização ligada à indústria automóvel em Tamilnadu, Índia. Ferramentas como o diagrama de Ishikawa, VSM, diagrama de Pareto ou diagrama SIPOC contribuíram para que no final do projeto, o DPMO diminuísse 62,5 %, o custo resultante da rejeição de produtos defeituosos diminuísse também substancialmente, permitindo à empresa uma poupança financeira de cerca de \$ 2 000, uma redução do consumo de energia em 25 %, do consumo de água em 12 % e do consumo de matéria-prima em 19%. Assim, o impacto ambiental reduziu em aproximadamente 21%.
Fatemi & Franchetti (2016)	Caso de estudo onde foi feita uma análise da produtividade, dos impactos ambientais e dos fatores sociais numa célula de fabrico numa organização através das ferramentas Lean e Seis Sigma. Foi aplicado o ciclo DMAIC e o resultado do estudo mostra uma melhoria económica de \$218.424 por ano, alterando o layout das máquinas; uma melhoria na iluminação da célula de fabrico permitiria uma redução do consumo de energia de 20.816 kWh e de 12.698 kg de emissões de CO2 anuais; a análise do desempenho social mostrou ainda que os operadores estariam dispostos a melhorar e a aprender sobre a sustentabilidade. Assim, a metodologia utilizada mostrou que ao aumentar a produtividade das células de fabrico, o consumo de energia das máquinas por unidade seria reduzido e a geração de resíduos diminuísse. Por outro lado, usando a ferramenta dos 5S, a movimentação de resíduos seria reduzida e a segurança e satisfação dos operadores aumentada.

Através desta investigação, é mais que notória a utilidade da abordagem Lean Seis Sigma na sustentabilidade das empresas, mitigando cada vez mais a ideia de que o desenvolvimento económico não pode ser acompanhado por um progresso do ponto de vista ambiental e social. Vários autores referem mesmo que o desenvolvimento económico de uma organização é o produto da implementação de melhorias ao nível ambiental e social na mesma (Ambec & Lanoie, 2008; Gimenez et al., 2012).

PROCESSO PRODUTIVO

3.1 Produto

3.2 Processo Produtivo

3 Processo Produtivo

Neste capítulo pretende-se descrever sumariamente os processos e elementos que fazem parte do processo produtivo global.

3.1 Produto

Como referido anteriormente, o presente caso de estudo foi desenvolvido num ambiente industrial de desenvolvimento e produção de motociclos. A AJP Motos produz 6 modelos de motociclos: SPR 125, SPR 240, SPR 250, SPR 310, SPR 510 e PR7 (Figura 10). De forma a analisar qual o melhor modelo alvo de investigação, foi efetuado um Diagrama de Pareto relativo às vendas do ano de 2021 (Gráfico 1), onde se percebeu que o modelo PR7 (Figura 9) compreendeu quase metade das vendas da organização. Neste sentido, foi este o modelo escolhido para a investigação.



Figura 9 - PR7



Figura 10 - Modelos AJP

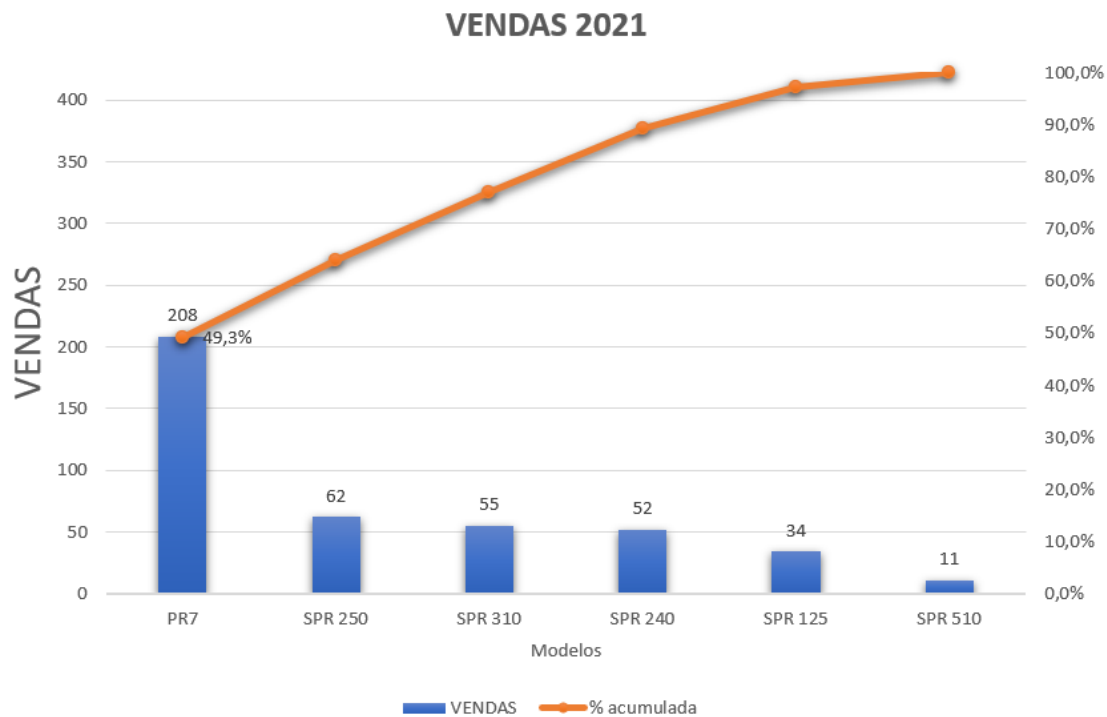


Gráfico 1 - Diagrama Pareto – Vendas AJP 2021

3.2 Processo Produtivo

O Processo Produtivo da AJP Motos encontra-se dividido em duas fases: uma de produção metalomecânica e outra de montagem e assemblagem de motocicletas.

A fase de produção de componentes encontra-se ramificada em dez áreas de trabalho:

- ✓ Soldadura TIG
- ✓ Soldadura MIG-MAG
- ✓ Torno CNC
- ✓ Dobragem
- ✓ Corte
- ✓ Serra Elétrica
- ✓ Balancé
- ✓ Lixadeira elétrica
- ✓ Rebarbagem
- ✓ Fresadora CNC

Na fase de montagem dos motociclos, destacam-se 4 áreas de trabalho:

- ✓ Pré-Montagem
- ✓ Montagem
- ✓ Controlo e Diagnóstico
- ✓ Embalamento

De realçar também a existência de **dois armazéns**, um relativo à área da metalomecânica e outro aos setores de montagem e pré-montagem; **dois escritórios**, um responsável pelo desenvolvimento e outro relativo a questões comerciais e financeiras; e ainda uma **oficina de manutenção** e um **banco de ensaios** dos motociclos. Na figura seguinte é possível esquematizar o layout da fábrica e, através de um Diagrama de Esparguete visualizar o fluxo do produto.

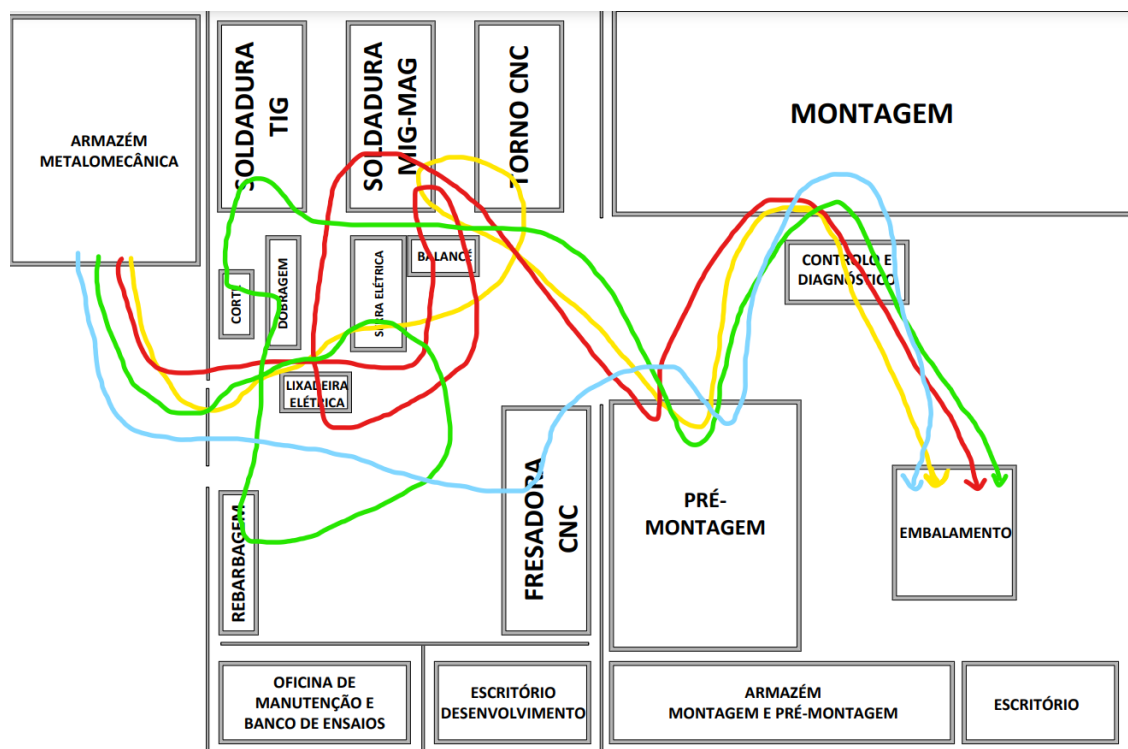


Figura 11 - Diagrama de esparguete AJP

3.2.1 Soldadura TIG

Nesta unidade de trabalho (Figura 12) é feita a soldadura a TIG dos escapes de inox (Figura 13) e dos suportes de proteção do cárter (Figura 14), componentes integrantes dos motociclos. Aqui chegam várias peças/componentes provenientes de outras áreas da fábrica que são soldadas de forma a fabricar os produtos finais.



Figura 12 – Soldadura TIG



Figura 13 – Escapes INOX



Figura 14 - Suporte de Proteção de Cárter

3.2.2 Soldadura MIG-MAG

Nesta unidade de trabalho (Figura 15) são fabricados os suportes pousa-pés, os escapes, os quadros, os descansos, os suportes de bateria e as traseiras dos motociclos (Figura 16). Estes componentes são essenciais para que os postos a jusante da cadeia produtiva funcionem.



Figura 15 - Soldadura MIG-MAG



Figura 16 - Suporte Pousa-Pés, Escapes (Ferro), Quadros, Descansos, Suportes de Bateria e Traseiras

3.2.3 Torno CNC

Neste setor (Figura 18), inúmeros componentes de revolução, tais como casquilhos (Figura 17), eixos, porcas, pinos, entre outros, são produzidos de forma a dar suporte aos setores de soldadura a MIG MAG, Pré-Montagem e Montagem.



Figura 17 - Casquilhos



Figura 18 - Torno CNC

3.2.4 Dobragem

Esta área de trabalho (Figura 20), é onde se realiza a dobragem de tubo. Este procedimento auxilia essencialmente a produção dos escapes no setor de soldadura a TIG. Aqui o operador programa a máquina nas dimensões requeridas para a dobragem do tubo e, posteriormente a máquina opera de forma automática (Figura 19).



Figura 19 – Operador em atividade - Dobragem



Figura 20 - Dobragem

3.2.5 Corte

Nesta unidade de trabalho (Figura 22) dá-se essencialmente o corte e acabamento dos tubos provenientes do setor de dobragem para o fabrico dos escapes. O operador, inicialmente com o auxílio de uma ferramenta de medida e de gabaris apropriados, prepara a máquina e de seguida realiza o corte do tubo de forma manual (Figura 21).



Figura 21 - Operador em atividade - Corte



Figura 22 - Corte a Disco

3.2.6 Serra Elétrica

Zona de trabalho (Figura 24) onde são cortados tubos e varões para posterior utilização na área de dobragem e torneamento de peças. O operador programa a máquina para a medida requerida de corte e esta realiza a operação ao longo de todo o tubo/varão inserido (Figura 23).



Figura 24 - Serra em Operação



Figura 23 - Serra Elétrica

3.2.7 Balancé

Máquina (Figura 25) onde é feita a estampagem de diversas peças, geralmente pequenas chapas ou patilhas que abastecem a área de soldadura a MIG-MAG.



Figura 25 - Balancé Mecânico

3.2.8 Lixadeira Elétrica

Setor de atividade onde com o recurso a uma lixadeira elétrica (Figura 27) é realizado o alisamento de alguns componentes (Figura 26).



Figura 26 - Operador em atividade -
Lixa Elétrica



Figura 27 - Lixa Elétrica

3.2.9 Zona de Rebarbagem

Nesta zona (Figura 28) é realizada a rebarbagem de determinados componentes numa furadora.



Figura 28 - Zona de Rebarbagem

3.2.10 Fresadora CNC

Área de trabalho (Figura 29) onde, com o recurso a uma fresadora CNC, são maquinadas Traves, Almas, Braços oscilantes, Bielas de Quadro e Conduatas dos motociclos. Na Figura 30 é possível visualizar o operador a efetuar uma troca de peça.



Figura 29 - Fresadora CNC



Figura 30 - Operador em atividade -
Fresadora CNC

3.2.11 Pré-Montagem

Zona onde são pré-montados alguns dos subconjuntos que integram o motociclo (Figura 32), tais como: o depósito de combustível, caixa de filtro de ar, radiadores, rodas (Figura 31), etc.



Figura 32 - Pré-Montagem das Rodas



Figura 31 - Pré-Montagem

3.2.12 Montagem

Área de trabalho onde é feita a assemblagem completa dos motociclos (Figura 34). Encontra-se subdividida em duas áreas de montagem, uma onde são montados os modelos SPR 125, SPR 240, SPR 250, SPR 310, SPR 510 e outra onde são montados os modelos PR7. Na Figura 33 é possível visualizar o operador a realizar a fixação de uma das traves ao quadro do motociclo.



Figura 34 – Operador em atividade -
Montagem

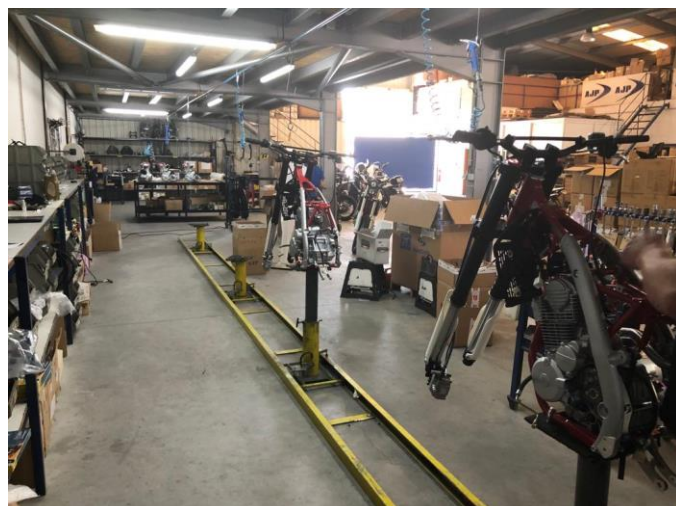


Figura 33 – Zona de Montagem

3.2.13 Controlo e Diagnóstico

Neste setor (Figura 35), é feito um controlo final ao motociclo, bem como a programação e validação de alguns parâmetros do mesmo (Figura 36).



Figura 35 - Controlo e Diagnóstico

Ficha Técnica Inspeção Final AJP PRT

IDENTIFICAÇÃO DO VEÍCULO: MODELO: AJP PRT GPRC BASE MAP: AJP PRT GPRC
 NÚMERO DE QUADRO: 10140260534 APC: 101.176.6.0203
 NÚMERO DE MOTOR: 116.022.93 COR: 101.176.6.0203

PARÂMETRO	VERIFICAÇÃO INICIAL	PADRÃO
Nível de óleo	OK	-
Nível de líquido de refrigeração	OK	-
Parâmetros velocímetro (KOSO)	OK	52 (inial) P.01 HIAC 10000 53 (comb.) 100

PARÂMETRO	VALOR	PADRÃO	OBS.
Temperatura de arranque	ENGINE_T 99°C	-	-
Tensão da Bateria Inicial (V)	BATT_V1 13,1V	12V - 14V	-
Temperatura	ENGINE_T 55°C	65 - 80°C	5-7°C
Temp. Ventoinhas On	ENGINE_T 49°C	± 80 °C	-
Temp. Ventoinhas Off	ENGINE_T 49°C	± 80 °C	-
Rebentim (RPM)	RPM 1250 RPM	1740 rpm	-
IDLE - Stepper	STEPPER 2.1	22 - 30	-
IDLE - Anêncio	SPARK_S 90.7°	± 10.5° - 11.5°	-
Sonda Lambda	LAMBDA_AAW 9.60 A/W	8.845 R: 874 mV	970 A/W
Tensão da Bateria Final (V)	BATT_V1 14.4V	14V - 15V	-

Erros no sistema: NA

Observações adicionais: - 7.75 em Zumbido - Sistema PS - 7.75 OK

VERIFICAÇÃO TÉCNICA - AJP MOTOS, SA

APROVADO: [assinatura] DATA: 10/02/2022

REJEITADO: [] ASSINATURA: [assinatura]

Figura 36 - Ficha Técnica de Inspeção Final

3.2.14 Embalamento

Nesta etapa do processo é efetuado, numa área reservada para tal efeito (Figura 37), o embalamento do produto.



Figura 37 - Embalamento

3.2.15 Armazéns

Existem ainda dois armazéns, um reservado à área da metalomecânica (Figura 39) e outro onde estão reunidos todos os componentes necessários ao abastecimento das áreas de Montagem e Pré-Montagem (Figura 38).



Figura 38 - Armazém Montagem e Pré-Montagem



Figura 39 - Armazém Metalomecânica

3.2.16 Escritórios

De notar a existência de 2 escritórios em que um está responsável pelo desenvolvimento e controlo da produção (Figura 40), enquanto o outro está encarregue das questões comerciais, técnicas e financeiras (Figura 41).



Figura 40 - Escritório de Desenvolvimento e Controlo da Produção



Figura 41 – Escritório Comercial, Técnico e Financeiro

3.2.17 Oficina de manutenção e Banco de Ensaios

A Oficina (Figura 43) é uma zona destinada à manutenção de motociclos e preparação/reparação de componentes dos mesmos. O banco de ensaios (Figura 42) é o local onde são efetuados os testes mecânicos e de desempenho aos motociclos.



Figura 42 - Banco de Ensaios

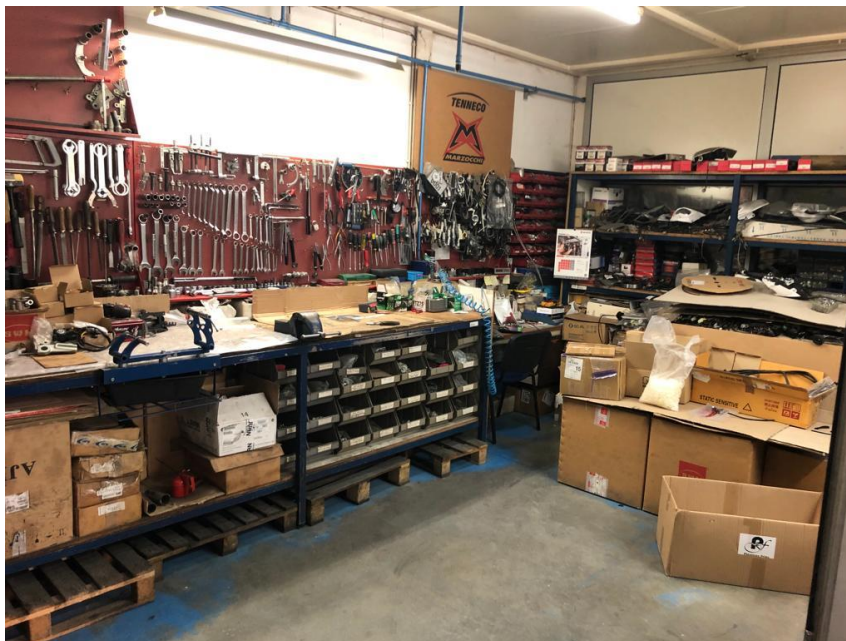


Figura 43 - Oficina

DESENVOLVIMENTO

4.1 FASE DEFINE

4.2 FASE MEASURE

4.3 FASE ANALYSE

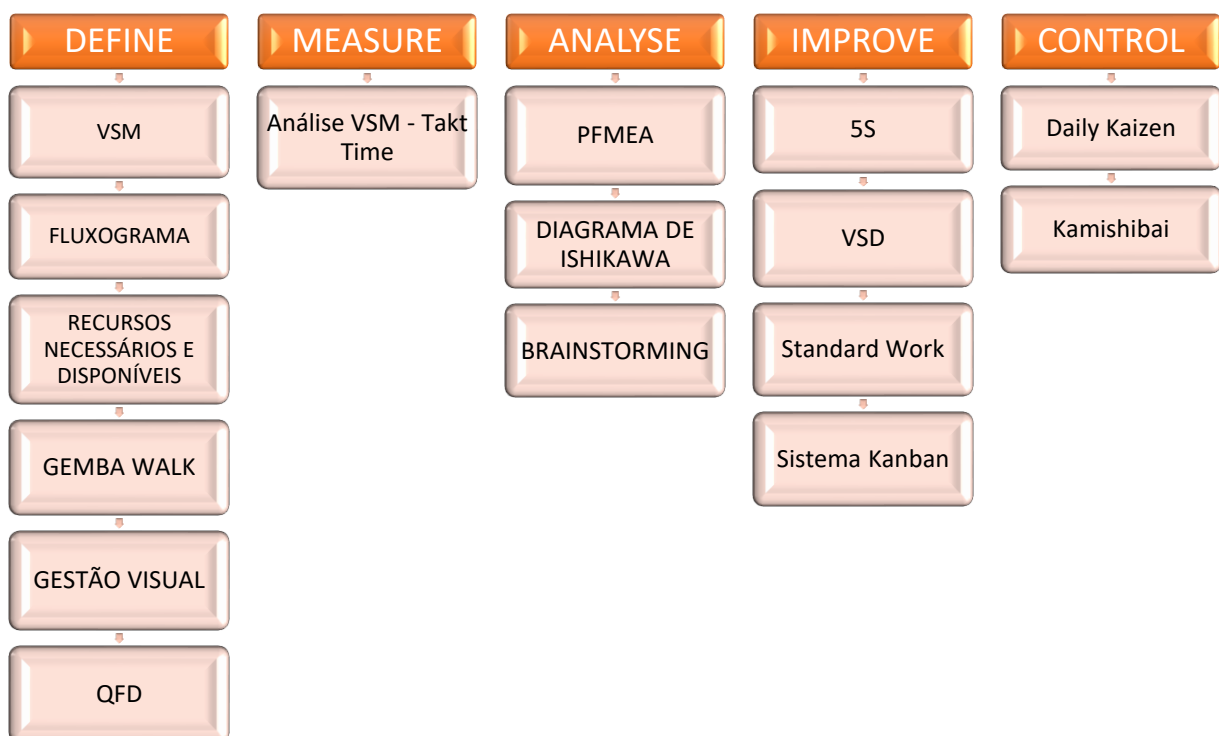
4.4 FASE IMPROVE

4.5 FASE CONTROL

4 DESENVOLVIMENTO

O presente caso de estudo aborda a aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma* na melhoria dos processos da AJP Motos. O desenvolvimento do projeto baseou-se na abordagem do DMAIC. Cada uma das etapas desta abordagem encontra-se detalhada neste capítulo e, na Tabela 9, destacam-se as ferramentas e técnicas utilizadas em cada uma das fases da abordagem.

Tabela 9 - Ferramentas e técnicas utilizadas na metodologia Lean Seis Sigma



4.1 Fase Define

Na primeira fase da metodologia – fase *Define* – de forma a compreender o produto e as suas necessidades perante o mercado existente foi elaborada uma matriz QFD. De seguida, um fluxograma foi desenvolvido para que, de uma forma esquemática e simples, a sequência operacional do desenvolvimento do motociclo fosse compreendida. Foi ainda realizado um levantamento dos recursos disponíveis na organização e elaborado um *Value Stream Mapping* a toda a cadeia produtiva.

4.1.1 Análise Matriz QFD

Decidiu-se iniciar a elaboração da matriz desenvolvida a partir dos requisitos do cliente, para isso cada um deles foi classificado de acordo com o *modelo de Kano*:

- **Requisitos Básicos ou Indispensáveis** (o cliente tem-nos como garantidos, pelo que o seu cumprimento não aumenta a sua satisfação): 1,2,9
- **Requisitos de Desempenho** (a satisfação do cliente é proporcional ao nível de cumprimentos dessa exigência): 3,6,7
- **Requisitos Estimulantes** (requisitos não esperados, pelo que a sua ausência não conduz à insatisfação do cliente): 4,5,8

A enumeração de cada um dos requisitos do cliente, bem como a sua classificação consoante o modelo anterior encontra-se representada na tabela seguinte:

Tabela 10 - Importância Requisitos Cliente (Modelo de Kano)

Requisito	Importância	Tipo de Requisito
Consumo	1	Requisitos Básicos ou Indispensáveis
Design	2	
Segurança	9	
Desempenho	3	Requisitos de Desempenho
Fiabilidade	6	
Conforto	7	
Flexibilidade de instalação de acessórios	4	Requisitos Estimulantes
Preço	5	
Manutenção	8	

De seguida, foram selecionados alguns Requisitos Técnicos do produto conforme é possível visualizar na Figura 44.

Importância	Requisitos Técnicos													
	Requisitos do Cliente													
	Peso do motociclo	Capacidade do Depósito	Consumo de Combustível	Suspensão			Motor		Travagem		Distância ao Solo		Acessibilidade à caixa de filtro de ar	
				Diâmetro das Bainhas	Curso Dianteiro	Curso Traseiro	Potência do Motor	Taxa de compressão do Motor	Distância ao Banco	Material do Quadro	Tamanho Disco Dianteiro	Tamanho Disco Traseiro		

Figura 44 - Requisitos Técnicos do Produto

Posteriormente de forma a correlacionar os dois tipos de requisitos ligados ao projeto, atribuiu-se uma valoração a cada tipo de relação (Tabela 11):

- Relação Forte: ●
- Relação Média: ○
- Relação Débil: △

Tabela 11 - Correlação entre Requisitos do Cliente e Requisitos Técnicos do Produto

Importância	Requisitos do Cliente	Requisitos Técnicos													
		Tipo de Característica													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Peso do motociclo	Capacidade do Depósito	Consumo de Combustível	Suspensão			Motor		Travagem		Distância ao Solo		Acessibilidade à caixa de filtro de ar	
					Diâmetro das Bainhas	Curso Dianteiro	Curso Traseiro	Potência do Motor	Taxa de compressão do Motor	Distância ao Banco	Material do Quadro	Tamanho Disco Dianteiro	Tamanho Disco Traseiro		
9	Segurança	1	○	○	●	●	●	▽	▽	●	●	●	●		●
3	Desempenho	2	●	○	○	○	○	●	●			○	○		
2	Design	3		○	▽					●	▽	▽	▽		●
6	Fiabilidade	4		●	▽	○	○	○		●	○	▽	▽		●
7	Conforto	5	▽							○					○
8	Manutenção	6	○				●	●	●	●					●
4	Flexibilidade de instalação de acessórios	7	○	▽		▽				○	○				○
1	Consumo	8	○	○	●				●	●		○	○		
5	Preço	9	▽	▽	○	●	●	●	●	●	●	○	○		●

Com o propósito de interpretar de uma forma mais simplificada a figura anterior, atribuiu-se um número (a amarelo) a cada linha horizontal.

A linha 1 refere-se à Segurança do motociclo. A este requisito foi-lhe atribuída uma relação forte com o diâmetro das bainhas e com o curso dianteiro e traseiro das

suspensões. Isto porque quanto maior cada um destes parâmetros melhor suspensão terá o motociclo, logo os níveis de segurança serão mais elevados. A distância ao solo e a distância ao banco também influenciam fortemente a segurança do motociclo na medida em que quanto maior estas distâncias, mais protegido o motociclo se encontra de fatores externos como partículas sólidas que possam causar danos quer à moto quer ao seu utilizador. O material do quadro tem igualmente uma importância robusta na segurança do motociclo no sentido de quanto maior a sua rigidez mais protegida está a moto de partículas sólidas externas. Por fim, o tamanho do disco dianteiro e traseiro influenciam a qualidade do sistema de travagem, logo estão diretamente relacionados à segurança do motociclo.

Na linha 2, relativa ao Desempenho do motociclo existem 3 requisitos técnicos que contribuem fortemente para o aumento do mesmo: o peso do motociclo, a taxa de compressão do motor e por sua vez a sua potência. Enquanto que o peso contribui de uma forma inversamente proporcional ao desempenho do motociclo, no motor, quanto maior a taxa de compressão da mistura ar/combustível maior será a potência do mesmo e melhor será a performance do motociclo.

Relativamente à linha 3 que diz respeito ao design do produto, a distância ao solo e ao banco afetam mais intensamente este requisito, na medida em que são distâncias de componentes facilmente identificáveis no motociclo.

Na linha 4, a fiabilidade foi o requisito analisado. Aqui, a capacidade do depósito e as distâncias ao solo e ao banco representam requisitos de relação direta à fiabilidade do produto. Isto porque, por um lado quanto maiores as distâncias acima referidas, a possibilidade de danos causados por partículas sólidas externas diminui o que aumenta a fiabilidade do veículo.

Relativamente ao Conforto (linha 5) não foram contabilizadas correlações fortes, no entanto, as distâncias ao banco e ao solo influenciam de forma moderada o conforto do motociclo.

A linha 6 refere-se ao requisito de manutenção do motociclo. Vários componentes do produto devem sofrer manutenções periódicas: a suspensão e o nível de óleo do motor devem ser regulados, o filtro do óleo deve ser substituído, atividades que influenciam o bom desempenho do motor e do sistema de suspensão. O filtro do ar deve também ele ser submetido a limpeza, pelo que uma melhor e mais fácil acessibilidade à caixa de filtro de ar facilita este processo. Neste sentido os requisitos anteriormente enumerados apresentam uma correlação forte para com a manutenção do motociclo.

Na linha 7, o peso do motociclo, as distâncias ao banco e ao solo, o material do quadro e a localização da caixa de filtro de ar correlacionam-se de forma mediana com a flexibilidade de instalação de acessórios na medida em que são partes integrantes do

motociclo em que as suas características podem influenciar a incorporação de determinado tipo de acessórios no mesmo.

Relativamente ao consumo (linha 8), a taxa de compressão do motor e, por sua vez a sua potência influenciam diretamente este requisito, uma vez que quanto maiores estes parâmetros, menor é o consumo de combustível do motor.

Na linha 9, referente ao preço do motociclo, os parâmetros da suspensão e do motor influenciam diretamente este requisito pois o preço de custo é diretamente proporcional à especificidade destes componentes. Relativamente às distâncias ao solo e ao banco, estas influenciam toda a ergonomia do motociclo pelo que, também estão diretamente correlacionadas ao preço do produto.

Após efetuar as correlações existentes entre requisitos do cliente e requisitos técnicos do produto procedeu-se a uma avaliação da posição relativamente aos requisitos técnicos face à concorrência. Para isso, definiram-se 2 produtos concorrentes, B e C, onde A é o produto alvo de estudo (PR7):

- A – PR7
- B – KTM 690 Enduro R
- C - Yamaha Ténéré 700

Assim numa escala em que 1 é o pior e 5 o melhor, foi feita a seguinte avaliação (Tabela 12):

Tabela 12 - Posição relativamente aos requisitos do cliente face à concorrência

	Posição relativamente aos requisitos face à concorrência				
	1	2	3	4	5
Segurança				A B C	
Desempenho			C	A	B
Design			A	B	C
Fiabilidade			A B C		
Conforto				A C	
Manutenção			A	C	B
Flexibilidade de instalação de acessórios				A	B C
Consumo				C	B
Preço			B	A	C

Posteriormente, de forma proceder-se a uma avaliação do peso absoluto e relativo de cada um dos requisitos do cliente, definiu-se qual a situação atual, qual o objetivo, qual a taxa de melhoria e qual o fator de venda de cada um deles. Os valores a considerar para os fatores de venda foram selecionados tem conta a seguinte nota:

- 1,5 – Requisitos que podem ser decisivos na obtenção de clientes
- 1,2 – Requisitos que podem ser importantes para o cliente comprar o produto
- 1,0 – Requisitos que não oferecem valor acrescentado à angariação de clientes

Na tabela seguinte é possível visualizar a avaliação efetuada.

Tabela 13 - Avaliação Peso Absoluto e Peso Relativo - Requisitos do Cliente

	Situação Atual	Objetivo	Taxa de Melhoria	Fator de Venda	Peso Absoluto	Peso Relativo
Segurança	4	4	1	1,5	13,5	19%
Desempenho	4	5	1,25	1,5	5,625	8%
Design	3	5	1,67	1,2	4	6%
Fiabilidade	4	4	1	1,5	9	13%
Conforto	4	4	1	1,2	8,4	12%
Manutenção	3	5	1,67	1,2	16	22%
Flexibilidade de instalação de acessórios	4	5	1,25	1,2	6	8%
Consumo	5	5	1	1,2	1,2	2%
Preço	4	5	1,25	1,2	7,5	11%

De seguida, seguindo a mesma linha de pensamento que a avaliação de concorrentes anterior, foi realizado um estudo da posição relativamente aos requisitos técnicos face à concorrência (Tabela 14).

Tabela 14 - Posição relativamente aos requisitos técnicos face à concorrência

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		▼	▲	▼	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	◇	▲	▲	▲
		Peso do motociclo	Capacidade do Depósito	Consumo de Combustível	Suspensão			Motor		Distância ao Banco	Material do Quadro	Travagem		Distância ao Solo	Acessibilidade à caixa de filtro de ar
					Diâmetro das Beíngas	Curso Dianteiro	Curso Traseiro	Potência do Motor	Taxa de compressão do Motor			Tamanho Disco Dianteiro	Tamanho Disco Traseiro		
Posição relativamente aos requisitos técnicos face à concorrência	Pior	1													
	2														
	3	C	B				C	C	C	C	C				C
	4	A	E	C	C	B	B	A	A	A	A	C	A	B	E
	Melhor	5	B	A	AB	AB	A	A	B	D	D	ABC	AB	C	A

Posteriormente através do cruzamento de dados do peso relativo de cada requisito do cliente e da correlação atribuída aos dois tipos de requisitos foram calculadas as importâncias técnicas absolutas e relativas, conforme é possível visualizar na Tabela 15. De realçar também o facto de se ter avaliado qual a dificuldade técnica de cada um dos requisitos, em que 1 é o mais fácil de executar e 5 o mais difícil.

Tabela 15 - Importância Técnica Absoluta e Relativa - Requisitos Técnicos

	Peso do motociclo	Capacidade do Depósito	Consumo de Combustível	Suspensão			Motor		Distância ao Banco	Material do Quadro	Travagem		Distância ao Solo	Acessibilidade à caixa de filtro de ar	Total	
				Diâmetro das Bainhas	Curso Dianteiro	Curso Traseiro	Potência do Motor	Taxa de compressão do Motor			Tamanho Disco Dianteiro	Tamanho Disco Traseiro				
Dificuldades Técnicas	3	4	3	4	4	4	3	3	3	5	4	4	3	3		
Importância Técnica Absoluta	2,5	2,4	0,8	3,4	5,3	5,3	4	4	4,9	2,4	2,5	2,49	4,9	2,9	Total	47,808
Importância Técnica Relativa	5%	5%	2%	7%	11%	11%	8%	8%	10%	5%	5%	5%	10%	6%	Total	100%

Por fim, foi feita uma análise aos resultados obtidos, tendo-se chegado à conclusão de que o curso da suspensão dianteira, o curso da suspensão traseira e as distâncias ao banco e ao solo são requisitos com especial importância no processo de fabrico do motociclo.

A visualização na íntegra da matriz QFD elaborada é possível recorrendo ao Anexo B.

4.1.2 Análise cadeia produtiva

Nesta etapa da fase do *Define*, elaborou-se um fluxograma (Anexo C) para, de uma forma esquemática e simples, se compreendesse a sequência operacional do desenvolvimento do motociclo. De seguida, realizou-se um levantamento dos recursos disponíveis na organização (Tabela 16) para que assim, fosse possível a compreensão do contexto operacional envolvido na mesma.

Tabela 16 - Recursos Disponíveis AJP

Área de Trabalho	Recursos	
	Operadores	Máquinas
Torno CNC	1	1
Soldadura TIG	1	-
Soldadura MIG-MAG	1	-
Balancé	1	1
Serra Elétrica	1	1
Dobragem	1	1
Fresadora CNC	1	2
Rebarbagem	1	1
Lixa Elétrica	1	1
Corte	1	1
Pré-Montagem	2	-
Montagem	2	-
Controlo e Diagnóstico	1	-
Embalamento	2	-

Posteriormente, para uma melhor entendimento, visualização e análise de todo o fluxo produtivo de uma forma mais pormenorizada, recorreu-se à ferramenta VSM (Anexo D). Para isso, o primeiro passo passou por perceber qual a procura média diária do produto bem como restantes dados necessários ao cálculo do *TaktTime* do produto (Tabela 17).

Seguidamente o fluxo produtivo foi percorrido para que em cada posto de trabalho fossem recolhidas informações como: atividade, stock final e intermédio (WIP), tempo de ciclo de cada posto de trabalho, tempo de *Changeover*, distância entre postos de trabalho (Anexo E), comunicação e periodicidade com os fornecedores, comunicação com os clientes e comunicação nas ordens de fabrico.

Para uma visualização mais veraz de todos os processos, ferramentas como o *Gemba Walk* ou a Gestão Visual mostraram-se fundamentais.

Tabela 17 - Informação para o cálculo do TaktTime

Tempo de Trabalho Laboral Diário	8 Horas
Tempo Diário de Pausas	20 Min.
Tempo Útil Diário	7,667 Horas
Procura Mensal	40 Motociclos
Dias Úteis de Trabalho/Mês	22 Dias
Procura Diária	1,818 Motociclos
Tempo de Trabalho Disponível/Mês	168,667 Horas
TaktTime	253 Min.

4.2 Fase Measure

Na Fase *Measure* da metodologia, foram analisados os tempos de ciclo de cada posto de trabalho inerente à empresa e comparados com o valor de *TaktTime* do produto. Para esta análise, atribuíram-se 5 fluxos de trabalho tendo em conta o VSM desenvolvido:

- Fluxo 1: Serra Elétrica > Torno CNC > Pré-Montagem > Montagem > Controlo e Diagnóstico > Embalamento
- Fluxo 2: Serra Elétrica > Torno CNC > Soldadura MIG-MAG > Pré-Montagem > Montagem > Controlo e Diagnóstico > Embalamento
- Fluxo 3: Balancé > Soldadura MIG-MAG > Lixa Elétrica > Soldadura MIG-MAG > Pré-Montagem > Montagem > Controlo e Diagnóstico > Embalamento
- Fluxo 4: Serra Elétrica > Rebarbagem > Dobragem > Corte > Soldadura TIG > Soldadura TIG (Pós Polimento) > Pré-Montagem > Montagem > Controlo e Diagnóstico > Embalamento
- Fluxo 5: Fresadora CNC > Pré-Montagem > Montagem > Controlo e Diagnóstico > Embalamento

Nas figuras seguintes encontram-se especificados cada um desses fluxos, assim como os gráficos representativos da análise Tempo de Ciclo x *TaktTime* de cada um deles.

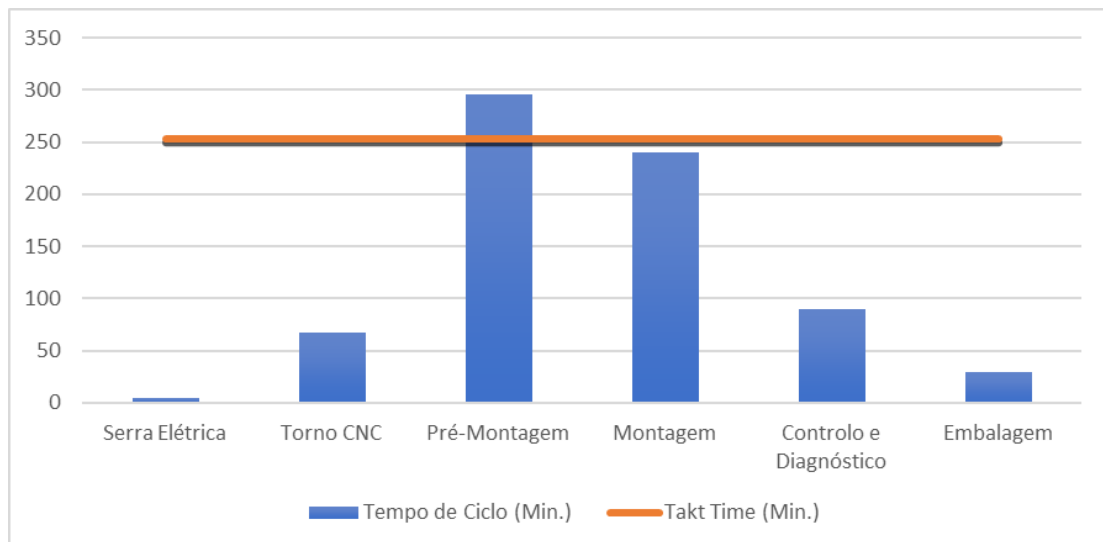


Figura 45 - Tempo de Ciclo x TaktTime Fluxo Produtivo 1

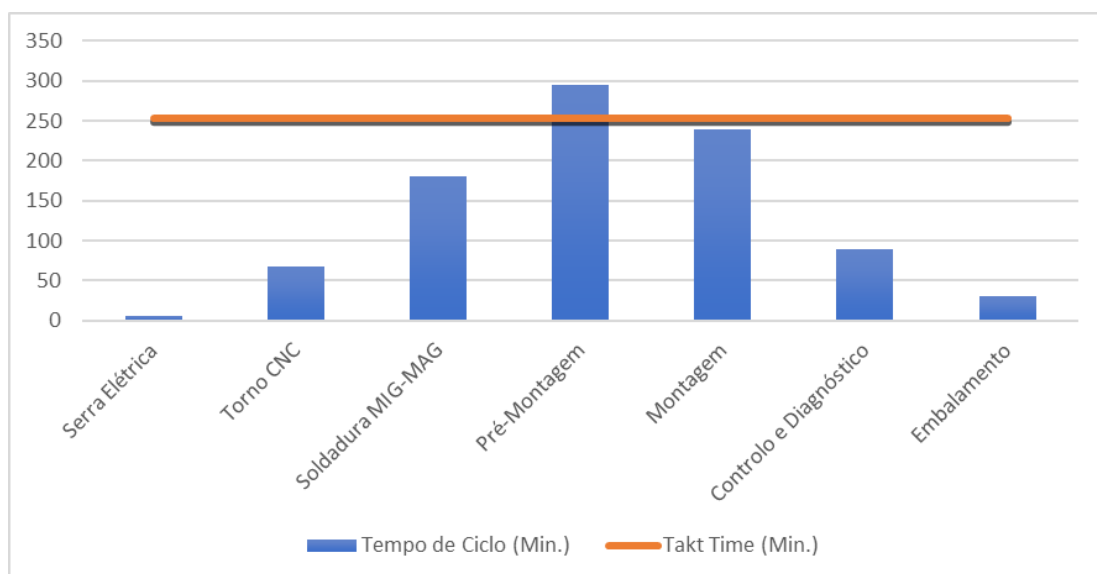


Figura 46 - Tempo de Ciclo x TaktTime Fluxo Produtivo 2

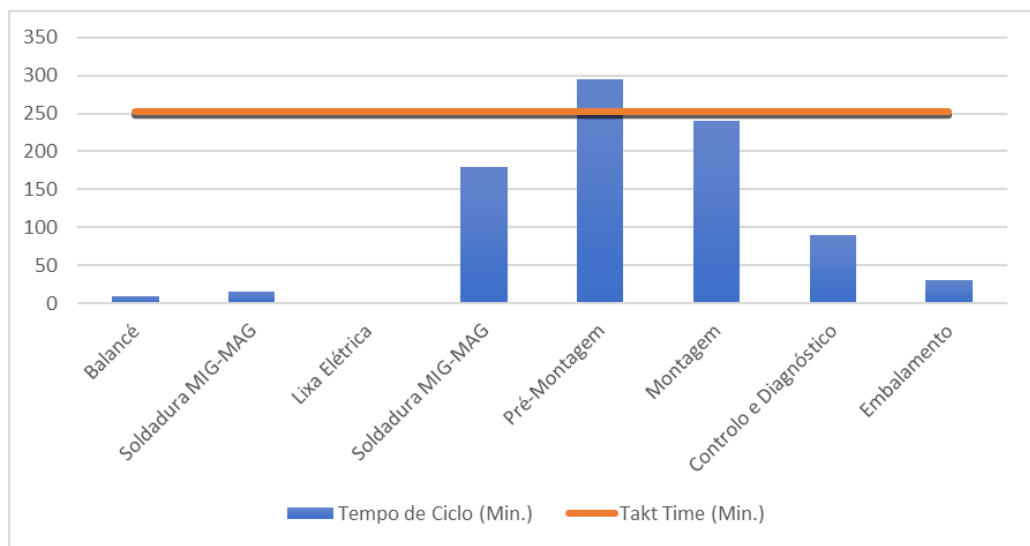


Figura 47 - Tempo de Ciclo x TaktTime Fluxo Produtivo 3

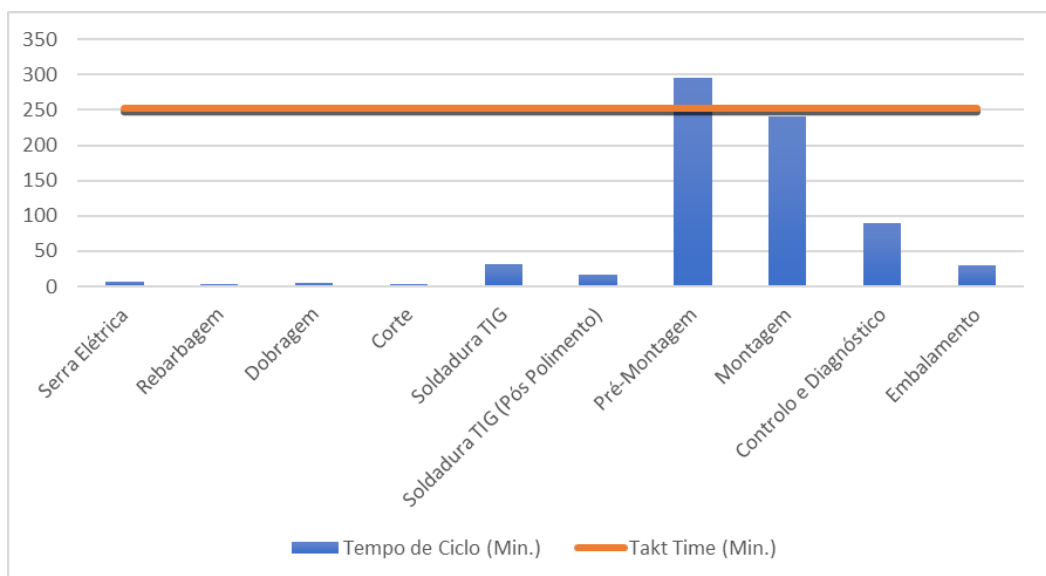


Figura 48 - Tempo de Ciclo x TaktTime Fluxo Produtivo 4

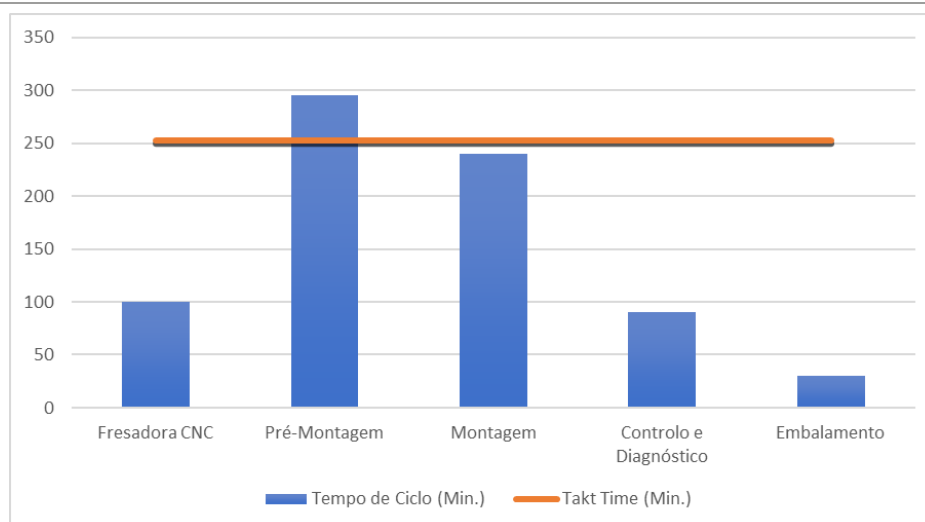


Figura 49 - Tempo de Ciclo x TaktTime Fluxo Produtivo 5

Através da análise dos gráficos elaborados, foi possível identificar que o único posto de trabalho onde o tempo de ciclo é superior ao *TaktTime* é a **Pré-Montagem**. De realçar também a proximidade dos respetivos tempos no setor da **Montagem**.

Desta forma, serão estes os dois principais setores de atividade a ser alvo de melhorias.

4.3 Fase Analyse

Esta fase teve como objetivo determinar as causas raiz do problema identificado na fase anterior assim como identificar etapas do processo onde possam ocorrer potenciais modos e efeitos de falha. Desta forma, nesta fase da abordagem do DMAIC recorreram-se às ferramentas Diagrama de *Ishikawa*, *Brainstorming* e *PFMEA*.

4.3.1 Determinação da causa raiz do problema

De forma a identificar as possíveis causas relativas ao elevado tempo de ciclo do posto de Pré-Montagem quando comparado ao valor do *TaktTime* do produto desenvolveu-se um Diagrama de *Ishikawa*, representado na Figura 50.

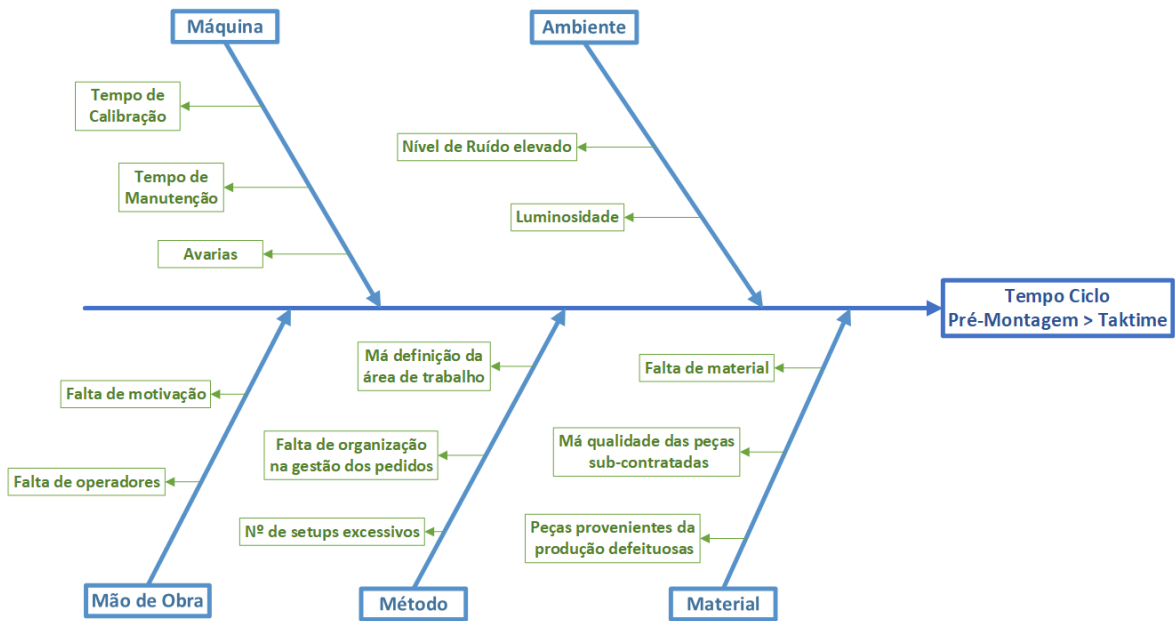


Figura 50 - Diagrama de Ishikawa - Tempo Ciclo Pré-Montagem > TaktTime

Ao desenvolvimento deste diagrama seguiu-se novamente uma sessão de *brainstorming*, onde foram lançadas várias causas possíveis para o elevado tempo de ciclo da Pré-Montagem. Verificou-se que algumas estavam relacionadas com a má definição da área de trabalho, falta de organização na gestão dos pedidos, peças provenientes da produção defeituosas e nº de setups excessivos. Nesse sentido foram desenvolvidos planos de melhoria visando a mitigação destes fatores (Tabela 18).

Tabela 18 - Causas e plano de melhoria - Diagrama de Ishikawa

Causa	Estudo de melhoria
Má definição da área de trabalho	Aplicação da metodologia 5S
Falta de organização na gestão dos pedidos	
Peças provenientes da produção defeituosas	Análise PFMEA
Nº Setups Excessivos	Estudo de melhorias e simplificação de processos

4.3.2 Identificação de possíveis modos, efeitos e causas de falha

Algumas das causas identificadas no Diagrama de *Ishikawa* da Figura 50 estão relacionadas com processos a montante do posto de Pré-Montagem. Nesse sentido recorreu-se à ferramenta PFMEA (Anexo F) de forma a analisar e compreender possíveis falhas existentes em todos os processos inerentes à produção do produto, tanto a montante como a jusante da Pré-Montagem. Para isso, foram recolhidos alguns potenciais modos e efeitos de falha para cada um dos processos.

Por fim foi efetuada a sua priorização, com base nos graus de severidade, ocorrência e deteção atribuídos a cada um deles. Conforme é possível visualizar na Tabela 19 foi atribuída uma prioridade de ação de nível alto à atividade de Preparação dos Tablets no setor de Pré-Montagem.

Tabela 19 - PFMEA - Preparação do Tablet

FMEA AJP MOTOS									
Descrição do Processo	Potencial Modo de Falha	Potencial Efeito de Falha	Gravidade	Potencial(is) Causa(s) Mecanismo(s) da(s) Falhas	Ocorrência	Controlos Atuais de Processo	Deteção	Prioridade de ação (AP)	Ações Recomendadas
Preparação do Tablet	Deformação / Furação defeituosa da Caixa do Tablet	Retrabalho / Peça para o lixo	8	Erro do Operador	6	Controlo Visual	6	A	Desenvolvimento de estrutura de apoio à furação

4.4 Fase Improve

Na fase *Improve* foram desenvolvidas propostas de melhoria para as causas críticas identificadas nas fases anteriores do ciclo DMAIC. As propostas de melhoria viáveis foram selecionadas para implementação nos setores de atividade para que foram planeadas.

Deste modo, serão então descritas as propostas de melhoria aplicadas no ambiente industrial da organização. Na figura seguinte é possível visualizar de uma forma esquemática todas elas.

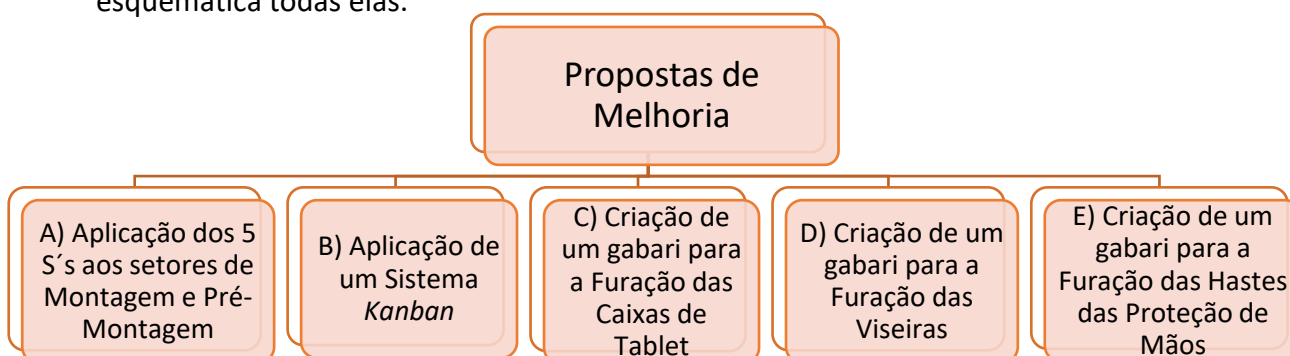


Figura 51 - Propostas de Melhoria

4.4.1 A) Aplicação dos 5 S aos setores de Montagem e Pré-Montagem

De forma a combater a má definição de trabalho e a falta de organização, foi aplicada a Metodologia 5S aos postos de Pré-Montagem e Montagem. Os principais objetivos desta aplicação centraram-se em eliminar desperdícios básicos de forma a (Instituto Kaizen, 2012):

- Procurar ou movimentar materiais;
- Corrigir erros ou defeitos;
- Eliminar tempos de espera e assim libertar tempo para tarefas úteis;
- Sistematizar as atividades de limpeza, arrumação e organização dos postos de trabalho;

Posto isto nas tabelas seguintes, são apresentadas de uma forma visual as alterações efetuadas no posto de Pré-Montagem, onde se identificaram e organizaram áreas de trabalho, equipamentos e itens constituintes dos motociclos.

Tabela 20 - Identificação de áreas de trabalho

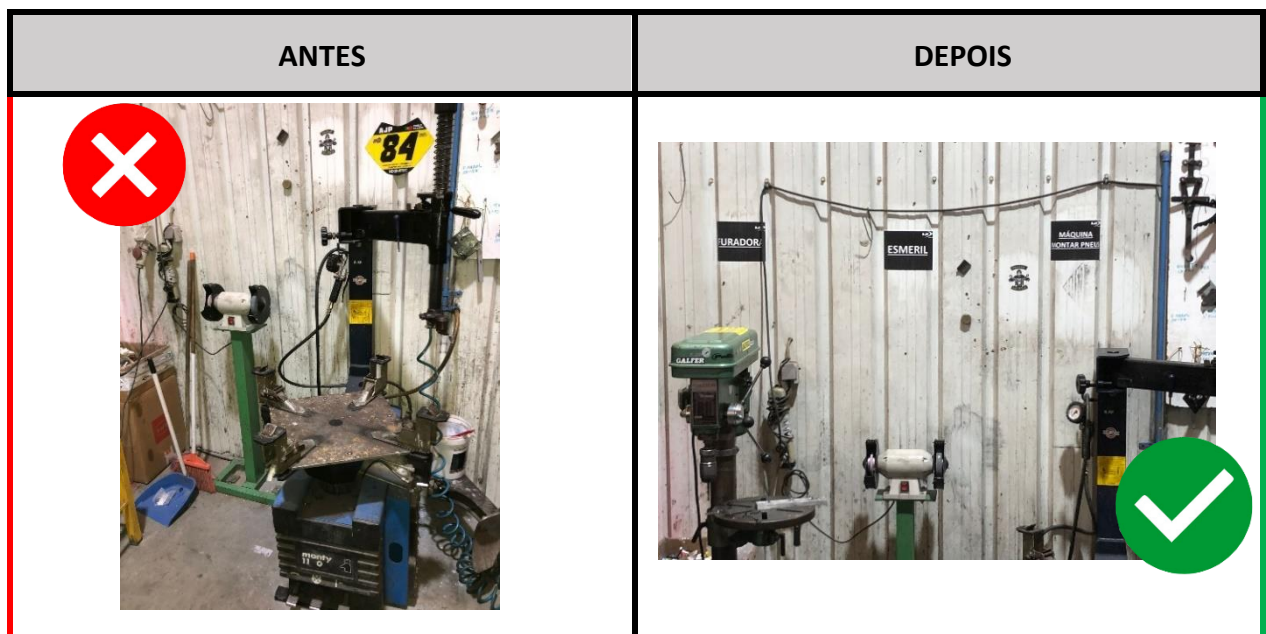


Tabela 21 – Identificação de caixotes para a reciclagem do lixo produzido



Tabela 22 - Organização e identificação do material destinado à pré-montagem de vários dos componentes dos motocicletas



Tabela 23 – Organização, desocupação de espaço e identificação de vários componentes para os motociclos

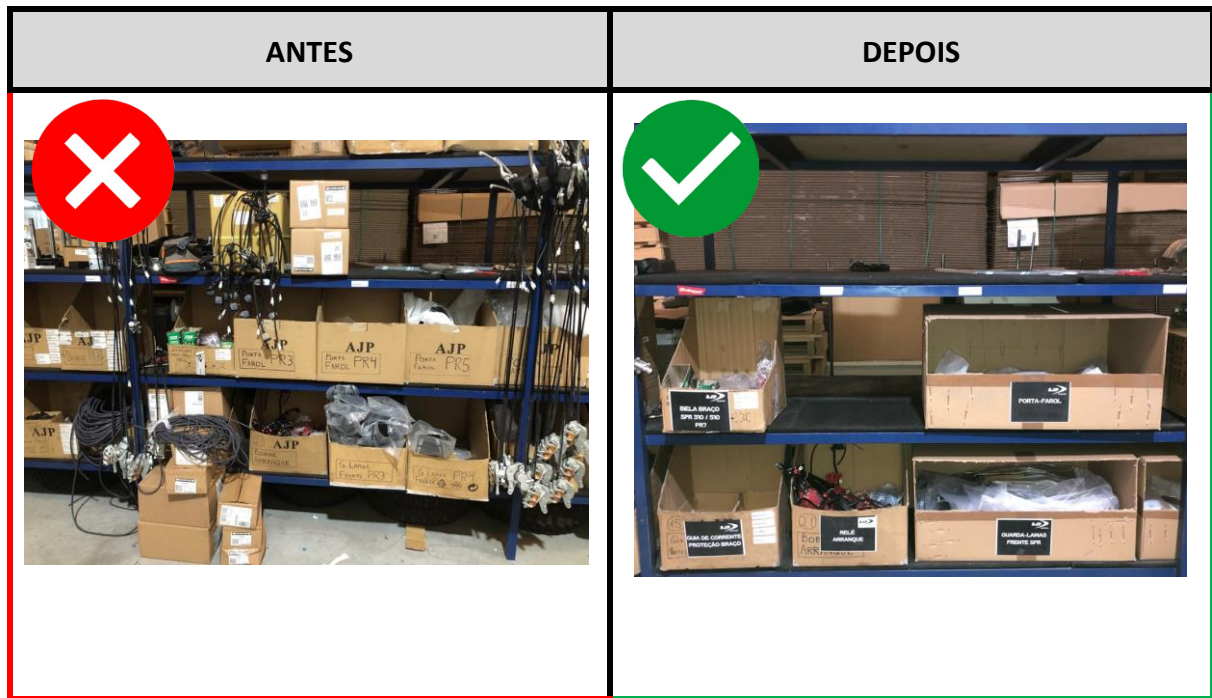


Tabela 24 - Organização, eliminação de material desnecessário e identificação de vários componentes para os motociclos



Tabela 25 - Organização, identificação e separação de vários componentes por modelos dos motociclos

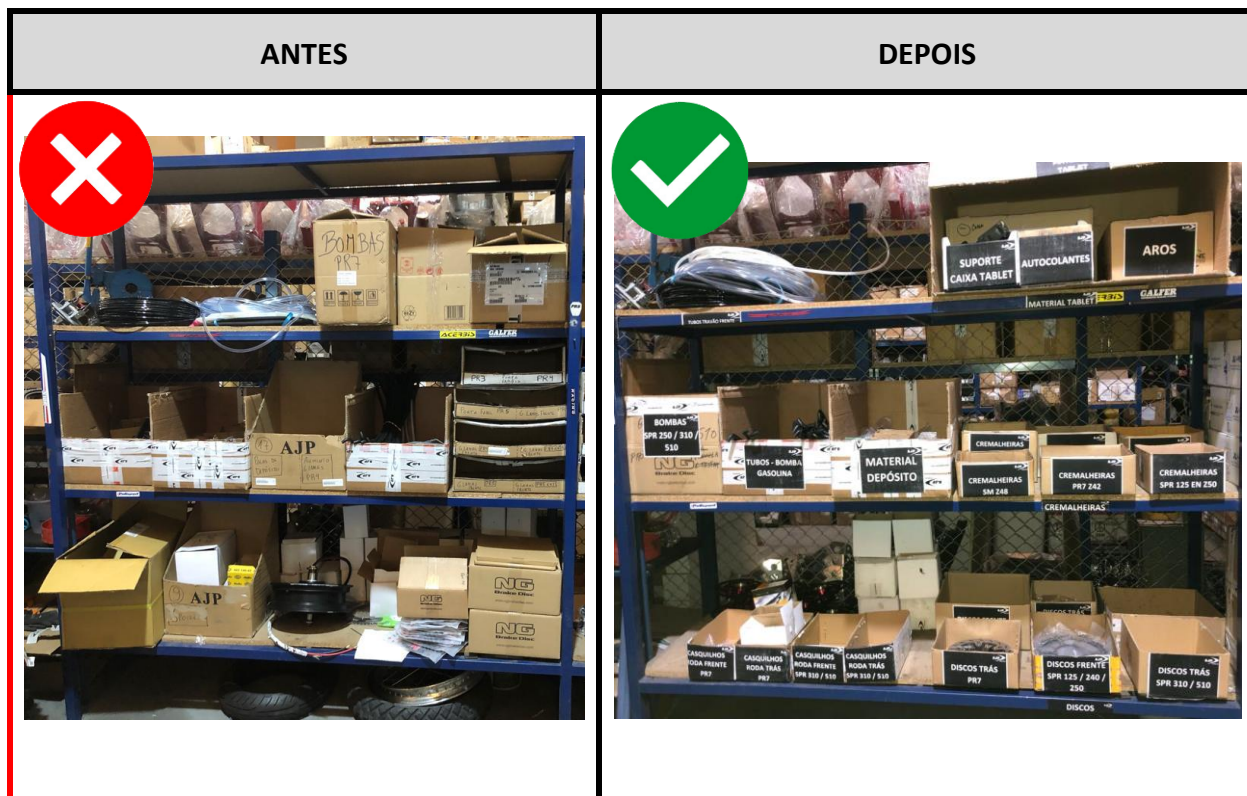
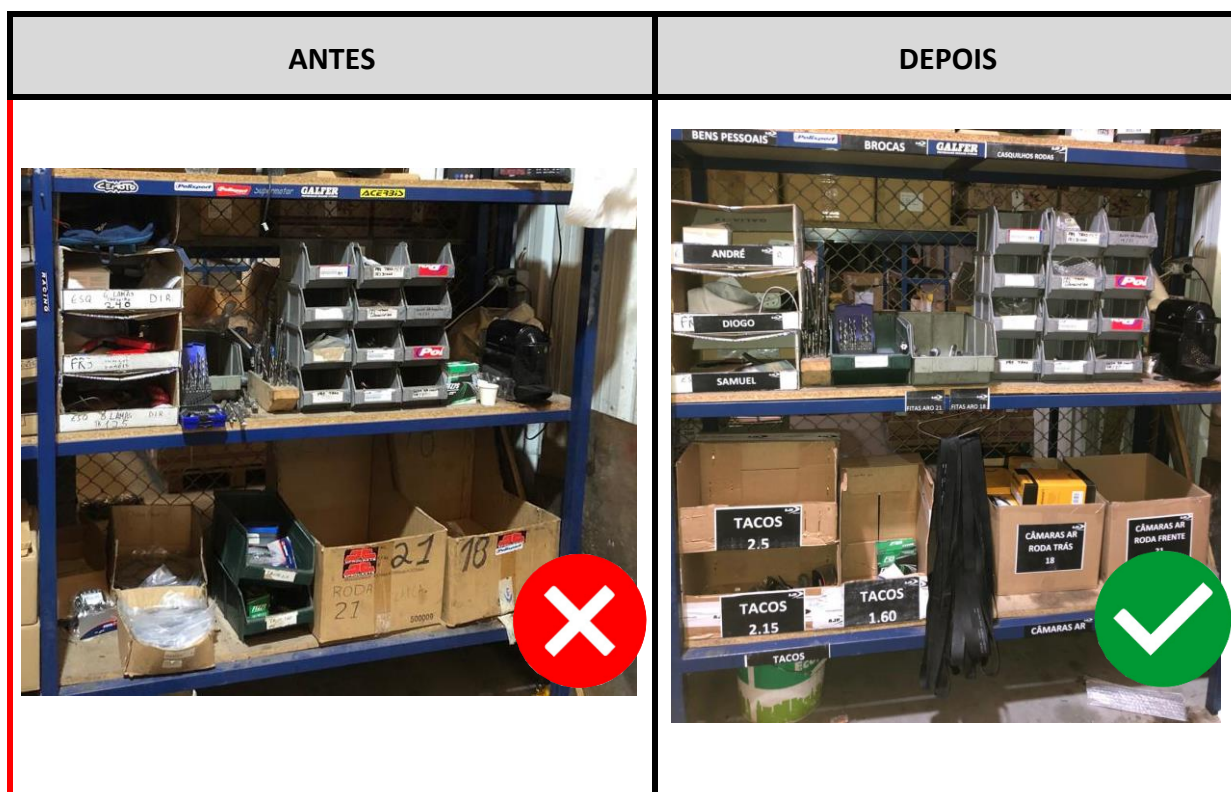


Tabela 26 – Eliminação de material desnecessário, organização e identificação dos materiais existentes



Na Tabela 27 são apresentadas as alterações efetuadas no posto de Montagem do modelo PR7, onde se organizou e identificou as zonas de componentes e subconjuntos. Na Figura 52 é possível visualizar de uma forma mais pormenorizada a separação e organização efetuada.

Tabela 27 - 5S Posto Montagem

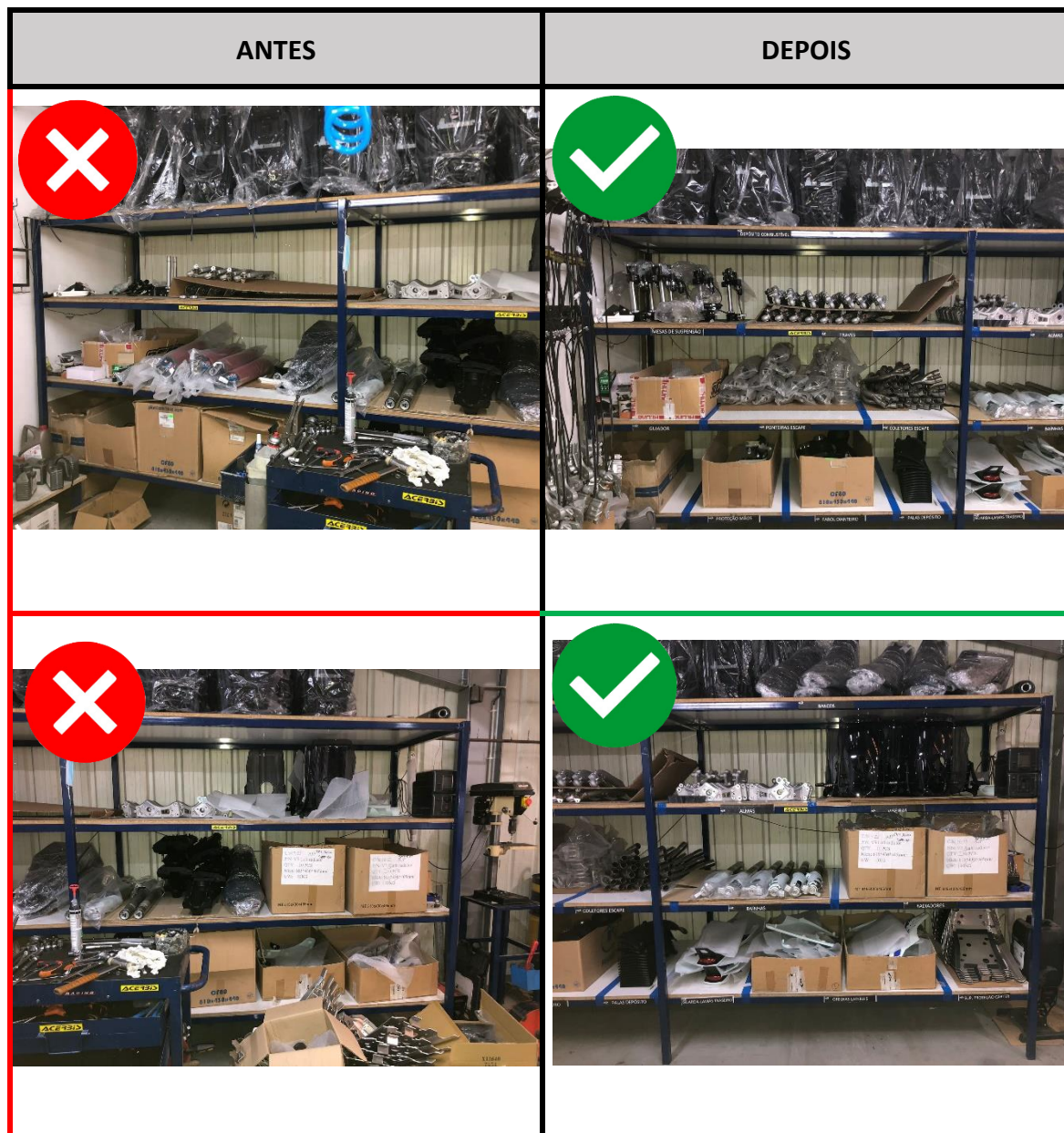




Figura 52 - 5S Posto de Montagem

De realçar que todas estas alterações foram pensadas e discutidas em concordância com os operadores de cada um dos postos de trabalho.

4.4.2 B) Aplicação de um Sistema Kanban

Tal como verificado através do desenvolvimento do VSM na fase do *Define*, ao longo da cadeia produtiva existem problemas relacionados com stocks elevados e de comunicação entre setores. Deste modo, nesta fase da metodologia elaborou-se novamente um VSM com possíveis melhorias ao longo da cadeia produtiva (Anexo G). Numa fase inicial de contacto entre fornecedor e receção de produtos, propôs-se a revisão de prazos de entrega, a reformulação de quantidades e intervalos de encomenda, bem como a definição de stock mínimos e de segurança, isto porque, sendo o processo mais a montante da cadeia de produção, sendo ineficaz compromete o bom funcionamento dos restantes setores de atividade.

Posteriormente identificou-se um tempo de *Changeover* elevado no posto do Torno CNC quando comparado aos restantes postos de trabalho. Este facto deve-se, essencialmente ao contexto atual da organização. Existe uma elevada falta de componentes o que provoca que nunca se façam grandes quantidades de um mesmo tipo de peça, nem se pratiquem ciclos de produção regularizados, isto é, o tempo de setup da máquina demora tanto quão diferente for a transição do tipo de peça a produzir devido à troca de ferramentas no porta-ferramentas.

Uma proposta de solução foi a realização de uma gestão de produção de componentes por intervalos de tempo, isto é, realizar uma calendarização adequada de produção tendo em conta os tipos de peças, onde num determinado período apenas se produziriam um determinado tipo de componentes e assim sucessivamente.

Outro dos problemas identificados prende-se com a existência de stocks elevados e problemas de comunicação entre postos de trabalho. Assim, foi proposta a aplicação de um sistema Kanban entre os vários setores de atividade. No entanto, devido ao contexto atual da empresa, apenas foi possível a implementação deste método de gestão de trabalho à transição dos seguintes setores:

- Corte > Soldadura TIG
- Fresadora CNC > Pré-Montagem
- Soldadura TIG > Pré-Montagem
- Pré-Montagem > Montagem

Neste sentido, procedeu-se à determinação do nº Kanbans de produção emitidos para circulação entre os setores acima referidos. Para isso, elaborou-se uma tabela para cada setor (Anexo H e I) onde se encontra especificado: a peça, a capacidade de cada contentor, o tempo de setup para cada peça, o lote de fabrico, o tempo de produção por cada lote de fabrico, o Lead Time, isto é, o tempo necessário para um contentor dar uma volta entre 2 postos de trabalho, a procura mensal e por fim o nº Kanban associado a cada componente. De notar que os valores introduzidos nesta contabilização tiveram em linha de conta a procura média atual da organização no que ao modelo PR7 diz respeito. Na Figura 53 é possível visualizar um dos cartões Kanban de Produção utilizados.

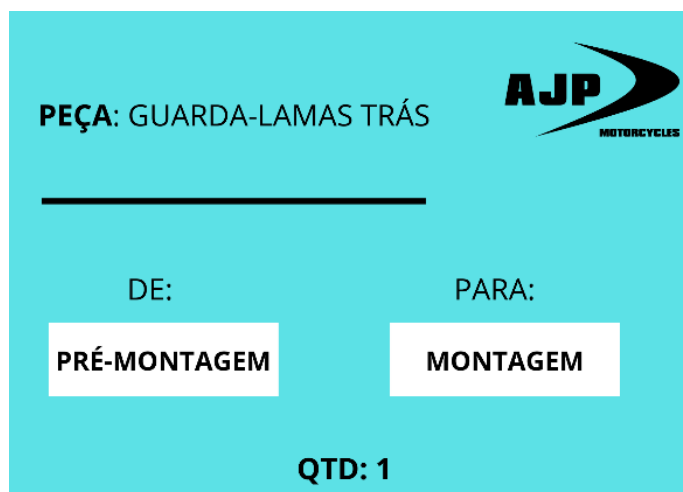


Figura 53 - Cartão Kanban Produção - Guarda-Lamas de Trás

Posto isto, procedeu-se à aplicação do sistema Kanban aos setores especificados anteriormente. Para cada tipo de peça, foram atribuídas caixas/contentores, onde se fixaram os cartões Kanban relativos a cada tipo de peça. Neste método de gestão de

trabalho, uma pessoa está responsável pela movimentação dos caixotes, isto é, sempre que abastecidos sofrem um movimento a jusante no fluxo produtivo e quando desocupados sofrem um deslocamento a montante no fluxo. Este mecanismo permitiu diminuir a quantidade de stocks elevados nos postos de trabalho visados, assim como facilitar a comunicação entre setores, aumentando a fluidez do produto.

Na figura seguinte é possível destacar os contentores relativos ao sistema Kanban do posto de Corte.



Figura 54 - Sistema Kanban Produção - Corte > Soldadura TIG

Relativamente ao setor de soldadura TIG, os cartões Kanban encontram-se representados na Figura 55.



Figura 55 - Sistema Kanban Produção - Soldadura TIG > Pré-Montagem

Para o setor de atividade onde opera a Fresadora CNC, foram utilizados os seguintes contentores (Figura 56).



Figura 56 - Sistema Kanban - Fresadora CNC > Pré-Montagem

Já na Pré-Montagem, onde a quantidade de componentes a transportar para o setor a jusante é mais elevada, os contentores encontram-se representados na Figura 57 e na Figura 58.

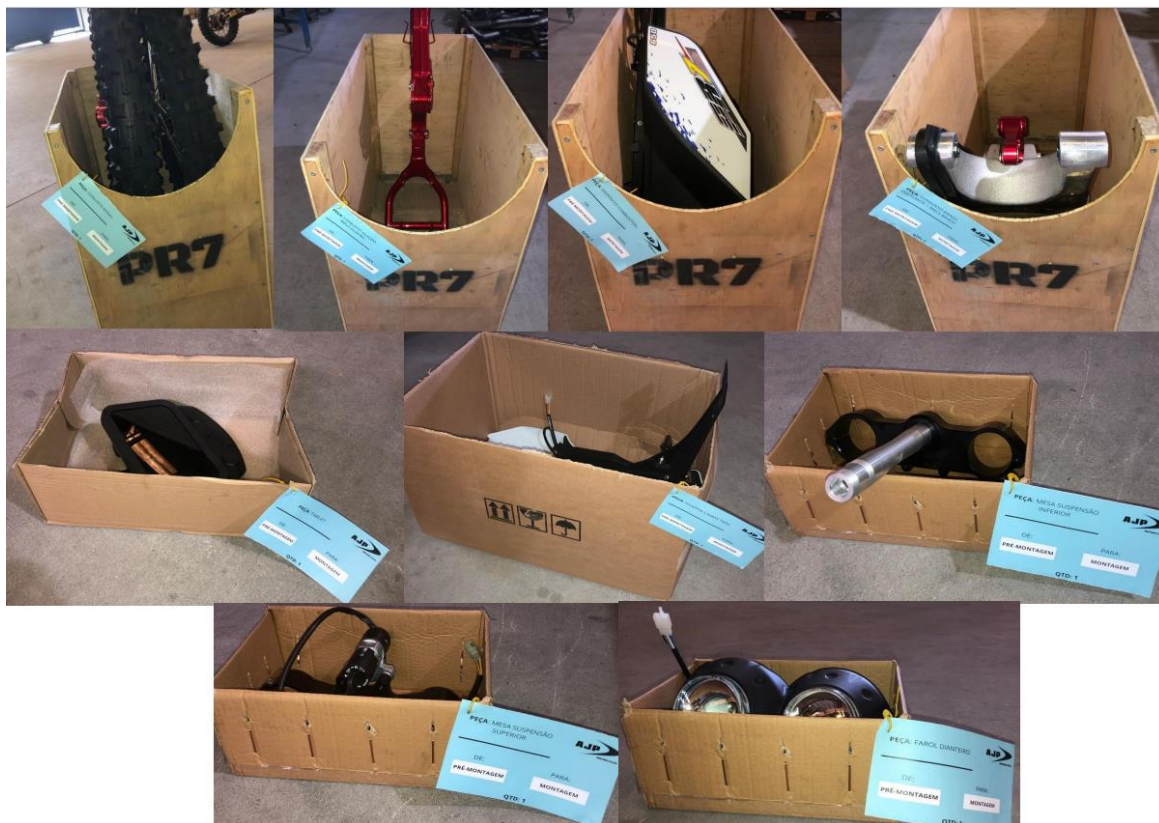


Figura 57 - Sistema Kanban - Pré-montagem > Montagem



Figura 58 - Sistema Kanban - Pré-Montagem > Montagem

Nos Anexos J, K, L e M é possível visualizar todos os cartões Kanban utilizados nos setores de Corte, Soldadura TIG, Fresadora CNC e Pré-Montagem, respetivamente.

4.4.3 C) Criação de um gabari para a furação das caixas de Tablet

O processo de pré-montagem dos Tablets dos motociclos PR7, inclui processos de furação (Anexo N) de forma a agregar à caixa do tablet um conversor de tensão e um carregador USB. Na figura seguinte é possível visualizar o antes e o após destes processos.

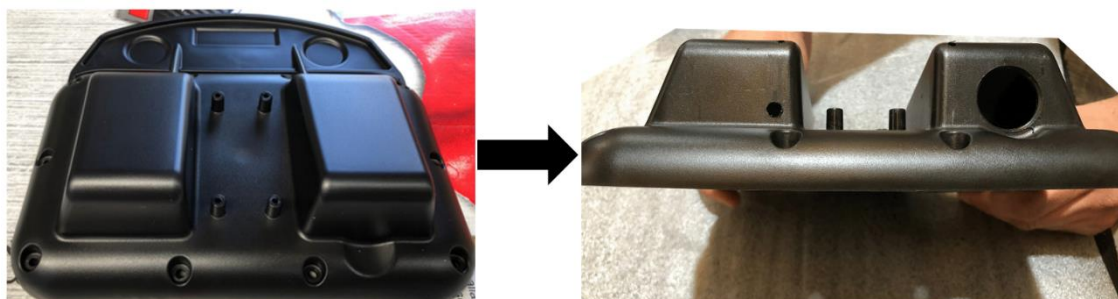


Figura 59 - Furação Caixas de Tablet

Com o intuito de resolver o problema identificado no PFMEA relativo à deformação/furação defeituosa da caixa dos tablets, e de reduzir os tempos de setup, facilitar e padronizar estes processos de furação foi desenvolvido um gabari (Figura 61) através do Fabrico Aditivo.

Numa primeira fase, recorrendo ao software Solidworks foi feita a conceção do gabari e, posteriormente recorrendo ao software CURA e a uma impressora 3D foi feita a sua impressão (Anexo O). O desenho técnico do gabari está presente no Anexo P.

Numa segunda fase, foi feito um dimensionamento dos furos e fabricados casquilhos em aço num Torno Manual (Figura 60) para cada um deles de forma a que, com as constantes passagens de broca o gabari não sofresse desgaste.



Figura 60 - Fabrico dos casquilhos a colocar no gabari



Figura 61 - Gabari Tablet

4.4.4 D) Criação de um gabari para a furação das viseiras

Uma das atividades de pré-montagem das viseiras dos motociclos inclui a sua furação em 4 pontos em cada uma das extremidades. De forma a tornar este processo mais padronizado, eficiente e célere, procedeu-se à elaboração de um gabari através de Fabrico Aditivo. Para este efeito concebeu-se a peça no software Solidworks e com recurso ao software CURA e a uma impressora 3D (Anexo Q) imprimiu-se a ferramenta. Nas figuras seguintes é possível destacar o gabari elaborado, assim como a aplicação do mesmo a uma das viseiras. No anexo R encontra-se o desenho técnico do gabari.



Figura 62 - Gabari Viseiras



Figura 63 - Aplicação Gabari Viseiras

No entanto, à viseira é aparafusado um suporte triangular proveniente de um fabricante externo com três furos passantes e um opaco (Figura 64). O gabari foi concebido para permitir a furação dos 4 furos, contudo os responsáveis da organização entenderam por bem, como o suporte é uma peça de fornecedor externo e pode nem sempre vir com as tolerâncias perfeitamente iguais, não utilizar o gabari para um dos furos. Posto isto, como é possível visualizar na Figura 65 foram concebidos casquilhos em aço nos furos sujeitos a furação (de forma a não desgastar o gabari com as sucessivas passagens de broca) e no furo inativo colocou-se um taco em nylon.



Figura 64 - Viseira e respetivo Suporte Triangular



Figura 65 - Casquilhos e taco aplicados ao gabari para as Viseiras

No Anexo S, é possível visualizar a aplicabilidade da ferramenta no processo de furação das viseiras.

4.4.5 E) Criação de um gabari para a furação das hastes das proteções de mãos

A empresa por uma questão de redução de custos, passou a produzir a Haste das Proteções de Mãos dos motociclos em plástico, substituindo assim a peça já existente em alumínio (Figura 66). Assim foram desenvolvidos dois gabaris de forma a realizar o acabamento da peça através de dois processos de furação. As localizações dos furos estão representadas na Figura 67. No Anexo T é possível visualizar a localização da Haste nos motociclos.



Figura 66 - Haste de Proteções das Mãos de alumínio e plástico



Figura 67 - Localização dos furos a realizar nas Hastes

Para o furo representado com o número 1 o gabari foi fabricado em aço com recurso ao processo de soldadura MIG-MAG e foi pensado de forma a garantir elevada funcionalidade, durabilidade e fixação da ferramenta e da peça. Na Figura 69 e na Figura 68 é possível visualizar a peça e o respetivo gabari. Já na Figura 70 está representado o processo de furação do Furo 1, já com o gabari e a peça devidamente fixados à mesa da Furadora Elétrica.



Figura 68 - Haste e respetivo gabari



Figura 69 - Haste em posição no gabari



Figura 70 - Processo de Furação Furo 1

Para o furo representado com o número 2, recorreu-se ao Fabrico Aditivo, onde primeiramente se começou pela conceção da peça no software Solidworks e impressão da mesma numa impressora 3D (utilizou-se o software CURA como intermediário (Anexo U)) e, posteriormente foram, tal como nos gabaris anteriores, produzidos casquilhos em aço para permitir a durabilidade da ferramenta. O desenho técnico do gabari encontra-se no Anexo V.

Nas figuras seguintes é possível visualizar o gabari produzido e a peça para o qual foi desenvolvido, assim como o processo de furação já com o gabari fixo à furadora e à peça.



Figura 71 - Gabari Haste e Haste



Figura 72 - Gabari e Haste agregados



Figura 73 - Processo de Furação Furo 2

Por fim, de forma a mapear o estado futuro da cadeia produtiva após as alterações efetuadas foi elaborado um Value Stream Design (VSD), onde é possível visualizar a implementação de uma cadeia produtiva mais fluída quer a nível de stocks intermédios, quer a nível de comunicação (Anexo X).

4.5 Fase Control

Nesta fase da metodologia, o objetivo passa essencialmente por controlar as sugestões de melhoria implementadas, de forma a garantir que não existem desvios no processo.

Desta forma, recorreu-se a duas ferramentas de gestão que se mostraram fundamentais no que à melhoria contínua e ao controlo das medidas implementadas diz respeito: Kaizen Diário e o Kamishibai. Foi ainda realizada uma análise e validação das soluções apresentadas.

4.5.1 *Kaizen* Diário

A prática do *Kaizen* Diário em todas as equipas tem como propósito mudar as mentalidades das pessoas envolvidas assim como eliminar as reações de resistência à mudança e ainda alterar comportamentos de forma a sustentar melhorias (Instituto Kaizen, 2012). Desta forma, o Kaizen Diário foi uma das ferramentas *Lean* adotada nesta fase, essencialmente para criar rotinas/métodos de trabalho, melhorar o fluxo de informação, alinhar a equipa com os objetivos diários, criando assim comprometimento dentro do grupo de trabalho, tornar as equipas de trabalho inerentes à empresa autónomas, capazes de manter e melhorar os seus processos e áreas de trabalho diariamente.

Para isso, foi desenvolvido um Quadro *Kaizen* Diário (Figura 74) subdivido em vários elementos fundamentais desde agendamentos diários, avaliação de indicadores de desempenho ou até mesmo ciclo de melhorias.

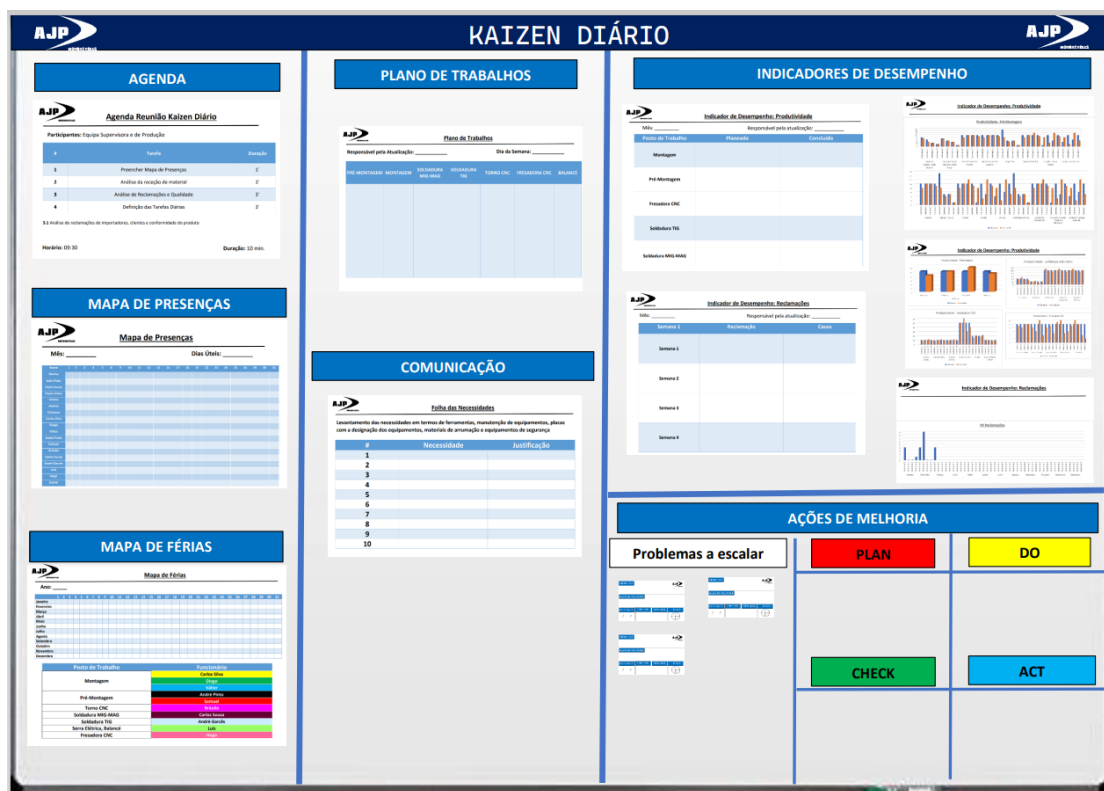


Figura 74 - Quadro Kaizen Diário

Este quadro pode ser ramificado em 4 grandes campos. Um primeiro espaço dedicado ao agendamento de reuniões diárias, folha de presenças e mapa de férias. Um outro espaço reservado à planificação de trabalhos e Comunicação entre equipas de trabalho, um terceiro compartimento onde são expostos indicadores de desempenho e a sua evolução e, por último uma zona destinada a sugestões de ações de melhoria.

No primeiro campo, as reuniões prendem-se essencialmente, com um pequeno diálogo diário entre a equipa supervisora e de produção, onde de forma inicial todos os participantes preenchem o mapa de presenças (Anexo AA), posteriormente é feita uma análise à receção de material e às reclamações de importadores/clientes e relativas à conformidade do produto e termina com a definição das tarefas diárias por setor. O *template* da folha de agendamento diário encontra-se no Anexo Z.

Inclui ainda um mapeamento de férias (Anexo BB) onde cada operador possui uma cor a ele destinada e deve colorir o quadro conforme os dias/semanas requeridos para férias. De realçar que, tal como é possível visualizar na Figura 75, os funcionários foram alocados numa tabela por postos de trabalho, para que na marcação de férias o setor de trabalho não fosse comprometido. Isto é, é definida uma ordem para o agendamento de períodos de férias, e quando chega a ordem de determinado operador, este sabe que não pode sobrepor a sua marcação a outro colega do mesmo posto de trabalho que possa comprometer o bom funcionamento da cadeia de produção.

Posto de Trabalho	Funcionário
Montagem	Carlos Silva
	Diogo
	Válter
Pré-Montagem	André Pinto
	Samuel
Torno CNC	Bráulio
Soldadura MIG-MAG	Carlos Sousa
Soldadura TIG	André Garcês
Serra Elétrica, Balancé	Luís
Fresadora CNC	Hugo

Figura 75 - Agendamento de férias

No segundo espaço abordado acima, criou-se uma folha de Planos de Trabalhos Diário (Anexo CC), onde todos os dias existe uma pessoa responsável por atualizar a lista de tarefas para cada posto de trabalho. Existe ainda uma folha reservada ao levantamento de necessidades em termos de ferramentas, manutenção de equipamentos, placas com a designação dos equipamentos, materiais de arrumação e segurança (Anexo DD), onde cada funcionário em caso de necessidade deve proceder ao seu preenchimento.

Com o intuito de envolver os colaboradores e aumentar a sua motivação, criou-se uma tabela de avaliação de produtividade para os setores de Montagem, Pré-Montagem, Maquinação CNC, Soldadura a TIG e Soldadura a MIG-MAG, onde é avaliado o que é planeado produzir e o que é efetivamente fabricado em cada setor de trabalho. Para além da tabela, elaborou-se um documento Excel de forma a afixar gráfica e intuitivamente a avaliação efetuada ao longo do ano, semanalmente. O *template* da tabela desenvolvida é possível visualizar no Anexo EE e os exemplos da avaliação gráfica anual encontram-se no Anexo FF.

Nesta avaliação de desempenho incluiu-se também uma avaliação às reclamações relativas ao controlo de qualidade. Para isso desenvolveu-se uma tabela para o preenchimento da reclamação e respetiva causa (Anexo GG) e um documento Excel para que de uma forma gráfica fosse possível acompanhar a evolução deste indicador (Anexo HH).

Por último, como é possível visualizar na Figura 76, com o intuito de promover a melhoria contínua e a produtividade dos processos, criou-se uma área destinada ao levantamento de sugestões de melhoria.

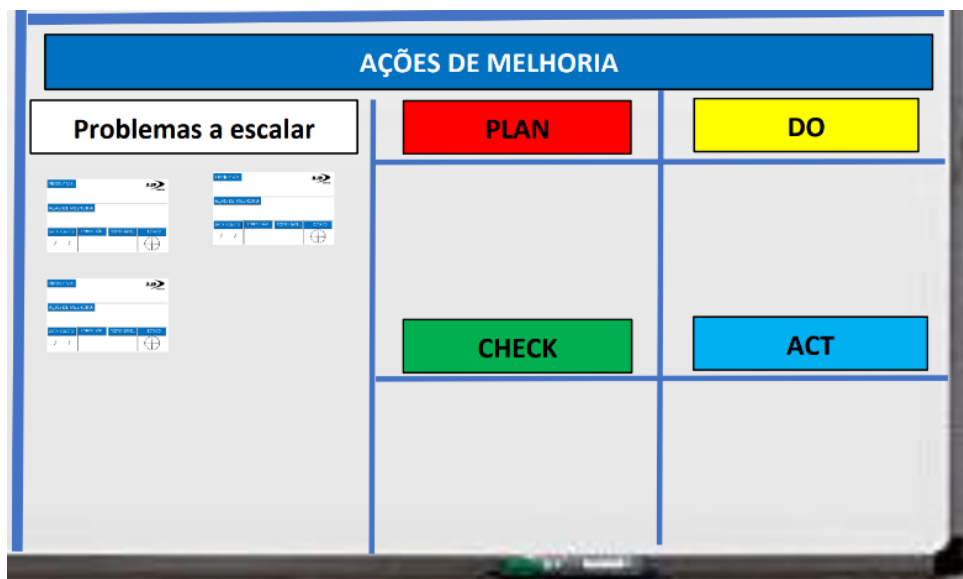


Figura 76 - Ciclo de Melhoria

Para isso, desenvolveram-se pequenos cartões (Figura 77), onde os operadores podem registar problemas identificados e a respetiva sugestão de melhoria. Este cartão consoante a sua evolução de implementação segue um movimento no ciclo PDCA. O estado dos mesmos vai sendo sucessivamente atualizado ao longo das etapas do ciclo consoante os desenvolvimentos efetuados.

PROBLEMA			
AÇÃO DE MELHORIA			
DATA REGISTO	CONCLUSÃO	RESPONSÁVEL	ESTADO
/ /			⊕

Figura 77 - Cartão Ciclo Melhoria

4.5.2 Quadro Kamishibai

De forma a manter, padronizar e controlar a aplicação efetuada ao nível dos 5S na área de Pré-Montagem, foi desenvolvido um quadro *Kamishibai* (Figura 78). Este quadro consiste essencialmente num agendamento de tarefas diárias, onde através de cartões *Kamishibai* é feito o acompanhamento da realização de tarefas predefinidas para cada dia. As tarefas definidas para incluir nos cartões *Kamishibai* foram as seguintes:

- Verificação do Plano de Produção Diário;
- Verificação da existência de falta de stocks de equipamentos/itens nos locais destinados;
- Área de trabalho limpa e organizada;
- Verificação da correta separação do lixo armazenado na área destinada para tal;
- Vazamento e troca de cada um dos caixotes do lixo armazenado;
- Verificação da correta localização de todos os equipamentos ou itens nos locais devidamente identificados;
- Verificação do correto funcionamento de todas as máquinas utilizadas no setor de trabalho;

QUADRO KAMISHIBAI				
SEGUNDA-FEIRA	TERÇA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA

Cada um dos cartões possui uma face a verde e outra a vermelho, isto para que de uma forma visual, simples e intuitiva seja feito o reconhecimento da realização da tarefa no dia em questão. Isto é, o quadro no início de cada semana encontra-se completamente a vermelho, e consoante a realização de cada uma das tarefas ao longo da semana, vai ficando a verde. No final da semana o quadro deve estar completamente preenchido por cartões a verde, isto significa que todas as tarefas planeadas foram realizadas. No Anexo II estão representados todos os cartões desenvolvidos a verde e no Anexo JJ é possível visualizar a outra face dos mesmos a vermelho.

4.5.3 Análise e Validação das Soluções Apresentadas

Neste subcapítulo, procurou-se demonstrar de forma quantitativa e qualitativa todas as soluções implementadas ao longo do ciclo de investigação do DMAIC. Desta forma, a tabela seguinte esquematiza essa mesma informação.

Soluções Implementadas	Ganhos Quantitativos	Ganhos Qualitativos
Implementação dos 5S9 nos setores de Montagem e Pré-Montagem	-	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminação de vários tipos de desperdício (materiais em excesso, tempo de procura, ocupação de espaço excessivo) - Aumento da eficiência dos processos - Criação de um ambiente agradável e prático
Aplicação de uma Sistema Kanban	Redução do Lead Time do produto em 11 dias	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição da quantidade de stocks intermédios (Anexo KK) - Aumento da fluidez do produto e da comunicação entre postos de trabalho
Criação de um gabari para a Furação das Caixas de Tablet	Redução de 3' no tempo de ciclo no processo de pré-montagem do Tablet	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminação dos problemas de deformação/furação defeituosa das Caixas de Tablet - Aumento da padronização, celeridade e praticidade do processo
Criação de um gabari para a Furação das Viseiras	Redução de 2' no tempo de ciclo no processo de pré-montagem das viseiras	Aumento da padronização, celeridade e praticidade do processo
Criação de um gabari para a Furação das Hastes das Proteção de Mãos	-	Aumento da padronização, celeridade e praticidade do processo

CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusões

5.2 Limitações e Propostas de Trabalhos Futuros

5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusões

O desenvolvimento do presente caso de estudo visou a avaliação e compreensão do impacto do Lean Seis Sigma na sustentabilidade das organizações. Para isso recorreu-se à abordagem do ciclo DMAIC, um modelo de melhoria de desempenho estruturado em cinco etapas, onde em cada uma delas foram aplicadas ferramentas e técnicas de forma a analisar, compreender e melhorar os processos da organização.

Numa primeira fase todos os processos e elementos inerentes ao processo produtivo global da empresa foram analisados e assimilados. Foi feita uma recolha de informação e de dados qualitativos e quantitativos, assim como de conteúdo fotográfico. Isto para que estivessem reunidas todas as condições para atuar da melhor forma nos problemas identificados ao longo da cadeia produtiva.

Deste modo, numa primeira fase do ciclo *DMAIC*, na fase do *Define*, através de uma matriz *Quality Function Deployment (QFD)* foi realizada uma análise ao produto e às suas necessidades perante o mercado em que se inseria; foi feito um levantamento dos recursos disponíveis na organização de forma a compreender o contexto operacional da organização; foi desenvolvido um *Value Stream Mapping (VSM)* com o intuito de entender, visualizar e analisar todo o fluxo produtivo de uma forma mais minuciosa. Para isso foram analisados dados como o stock final e intermédio (WIP), o tempo de ciclo de cada posto de trabalho, o tempo de *Changeover*, a distância entre postos de trabalho, a comunicação e periodicidade com os fornecedores, a comunicação com os clientes e nas ordens de fabrico. Para toda esta análise ferramentas como o *Gemba Walk* ou a Gestão Visual mostraram-se fundamentais.

Numa segunda etapa, cruzou-se informação e a relação Tempo de ciclo x *TaktTime* foi analisada para cada fluxo produtivo intrínseco à empresa. Através deste diagnóstico estipulou-se que os postos de trabalho a ser alvo de melhorias seriam os de Montagem e Pré-Montagem

Posto isto, numa terceira etapa da metodologia – *Analyse* – com o objetivo de determinar as causas raiz dos problemas identificados, bem como identificar possíveis modos, efeitos e causas de falhas nas várias etapas do processo utilizaram-se ferramentas como o Diagrama de *Ishikawa*, *Brainstorming* e o *PFMEA*.

Posteriormente numa quarta e quinta etapa do ciclo, foram desenvolvidas propostas de melhorias para as causas críticas identificadas nas fases anteriores da abordagem

do DMAIC e criados mecanismos de controlo para essas mesmas soluções apresentadas.

Foram cinco as medidas implementadas e prenderam-se com a implementação da metodologia 5S, aplicação de um sistema Kanban e a criação de três ferramentas de apoio aos processos.

A implementação dos 5S's nos setores de Montagem e Pré-Montagem permitiu o aumento da eficiência dos processos através da criação de um ambiente agradável e prático e da eliminação de vários tipos de desperdício relacionados com materiais em excesso, tempos de procura e ocupação de espaços excessiva.

A aplicação de um sistema Kanban a alguns setores do chão de fabrico permitiu, através de uma redução da quantidade de stocks intermédios, de um aumento da fluidez do produto e da comunicação entre postos de trabalho, uma redução de 11 dias no *Lead Time* do produto.

A criação de um gabari para a Furação das Caixas de Tablet permitiu eliminar os problemas de deformação/furação defeituosa das mesmas e uma redução de 3 minutos no tempo de ciclo do processo de pré-montagem do Tablet. Para além disso, permitiu o aumento da padronização, velocidade e praticidade do processo.

A elaboração de um gabari para a furação das viseiras resultou numa diminuição de 2 minutos no processo de pré-montagem das mesmas e tornou este processo mais padronizado, célere e prático.

O desenvolvimento de um gabari para a furação das hastes das Proteções de Mãos, possibilitou à empresa uma ferramenta de suporte a um componente em mudança de material de fabrico, permitindo o seu fácil acabamento através de um processo padronizado, célere e prático.

Posto isto, o uso da metodologia DMAIC e do Lean Seis Sigma teve um papel determinante na sustentabilidade da empresa, providenciando uma abordagem sistemática e disciplinada que promoveu o aumento da eficiência e da produtividade dos processos, um aumento da satisfação dos trabalhadores e ajudou a organização a produzir de forma mais organizada, célere e com menos desperdício.

5.2 Limitações e Propostas de trabalhos futuros

Ao longo desta investigação, várias foram as contrariedades e as limitações encontradas. É possível destacar como principal barreira a instabilidade nos períodos de entrega de material por parte dos fornecedores, algo que afeta significativamente a organização das ordens de trabalho intrínsecas a uma empresa. Posto isto, quer a análise de todos os processos quer a adoção de medidas evolutivas foram tópicos que tiveram de ser ajustados ao contexto atual da organização. Nesse sentido, algo que ficou por realizar foi a implementação de um carrinho de mão ao posto de montagem, onde todo o material necessário à montagem de um motociclo estaria reunido. Esta medida rentabilizaria os espaços disponíveis, resultando em ganhos significativos no que à procura de material diz respeito reduzindo o lead time do produto.

No que diz respeito ao desenvolvimento de trabalhos futuros, algo particular na AJP Motos é o facto de dentro de portas se efetuar um variado número de processos de fabrico. Assim, como primeira proposta sugere-se o estudo de tempos e custos de alguns processos de fabrico da organização, de forma a compreender a relação a nível financeiro e de conformidade em produzir de forma interna ou externa à organização.

Como segunda proposta de trabalho futuro, sugere-se a implementação de um sistema de movimentação automático ao setor de montagem onde cada operador passaria a efetuar apenas uma função específica ao invés da montagem total do motociclo. Isto tornaria o processo bastante mais sequencial e com uma maior rentabilização do tempo disponível.

Como terceira proposta, sugere-se o investimento num equipamento robotizado de elevação auxiliando os operadores no manuseamento dos motores dos motociclos. Visto que têm um peso considerável, esta medida melhoraria a qualidade do ambiente de trabalho dos trabalhadores, aumentando a motivação e satisfação na sua atividade.

Adicionalmente, de forma a aprofundar a questão de investigação deste caso de estudo, sugere-se a aplicação da metodologia do DMAIC agregada à filosofia Lean Seis Sigma a outro tipo de organizações em ambiente industrial e, essencialmente nos setores da saúde e dos serviços, onde atualmente se verificam diversos impasses nas tomadas de decisão e na execução de processos, o que inevitavelmente influencia a eficiência de todas as operações inerentes a estas áreas de atividade.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

6 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Ahmad, M., Dhafr, N., Benson, R., & Burgess, B. (2005). Model for establishing theoretical targets at the shop floor level in specialty chemicals manufacturing organizations. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 21(4–5), 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2004.11.016>
- Albliwi, S. A., Antony, J., & Lim, S. A. H. (2015). A systematic review of Lean Six Sigma for the manufacturing industry. *Business Process Management Journal*, 21(3), 665–691. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2014-0019>
- Ambec, S., & Lanoie, P. (2008). Does it pay to be green? A systematic overview. *Academy of Management Perspective*, 22(4), 45–62. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5465/AMP.2008.35590353>
- Antony, J. (2006). Six sigma for service processes. *Business Process Management Journal*, 12(2), 234–248. <https://doi.org/10.1108/14637150610657558>
- Antony, J., & Banuelas, R. (2002). Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. *Measuring Business Excellence*, 6(4), 20–27. <https://doi.org/10.1108/13683040210451679>
- Antunes, D. S. L., Sousa, S., & Nunes, E. P. (2013). *Using project six sigma and lean concepts in internal logistics*.
- Archer, G. E. B., Saltelli, A., & Sobol, I. M. (1997). Sensitivity measures, anova-like techniques and the use of bootstrap. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 58(2), 99–120. <https://doi.org/10.1080/00949659708811825>
- Ariyanto, B., Gajah Tunggal, P., -Indonesia, T., Sudarto, S., & Sofianti, T. D. (2021). *Improving Work in Process Quality (Bias Cutting Process) by Using Poka-Yoke and Define Measure Analysis Improve and Control (DMAIC) Method in Leading Motorcycle Tire Manufacturing*.
- Arnheiter, E. D., & Maleyeff, J. (2005). The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM Magazine*, 17(1), 5–18. <https://doi.org/10.1108/09544780510573020>
- Bäckström, I., & Ingelsson, P. (2015). Is there a relationship between lean leaders and healthy co-workers? *Quality Innovation Prosperity*, 19(2), 123–136. <https://doi.org/10.12776/QIP.V19I2.609>

- Balaji, M., Velmurugan, V., & Subashree, C. (2015). TADS: An assessment methodology for agile supply chains. *Journal of Applied Research and Technology*, 13(5), 504–509. <https://doi.org/10.1016/j.jart.2015.10.002>
- Banawi, A., & Bilec, M. M. (2014). A framework to improve construction processes: Integrating lean, green and six sigma. *International Journal of Construction Management*, 14(1), 45–55. <https://doi.org/10.1080/15623599.2013.875266>
- Barbosa, B., Pereira, M. T., Silva, F. J. G., & Campilho, R. D. S. G. (2017). Solving Quality Problems in Tyre Production Preparation Process: A Practical Approach. *Procedia Manufacturing*, 11, 1239–1246. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.250>
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, 52(18), 5346–5366. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.903348>
- ben Ruben, R., Vinodh, S., & Asokan, P. (2017). Implementation of Lean Six Sigma framework with environmental considerations in an Indian automotive component manufacturing firm: a case study. *Production Planning and Control*, 28(15), 1193–1211. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1357215>
- Breyfogle, F. W. (2003). *Implementing Six Sigma Smarter Solutions Using Statistical Methods Second Edition*. www.smartersolutions.com
- Calia, R. C., Guerrini, F. M., & de Castro, M. (2009). The impact of Six Sigma in the performance of a Pollution Prevention program. *Journal of Cleaner Production*, 17(15), 1303–1310. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.05.001>
- Cavazzuti, M. (2013). Chapter 2 - Design of Experiments. In *Optimization Methods: From Theory to Design*.
- Chabukswar, A. R., Jagdale, S. C., Kuchekar, B. S., Joshi, V. D., Deshmukh, G. R., Kothawade, H. S., Kuckekar, A. B., & Lokhande, P. D. (2011). Six sigma: Process of understanding the control and capability of ranitidine hydrochloride tablet. *Journal of Young Pharmacists*, 3(1), 15–25. <https://doi.org/10.4103/0975-1483.76415>
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A., & Benhida, K. (2016). The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model. *Journal of Cleaner Production*, 139, 828–846. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.101>
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Govindan, K., Garza-Reyes, J. A., Benhida, K., & Mokhlis, A. (2017). A framework for the integration of Green and Lean Six Sigma for superior sustainability performance. *International Journal of Production Research*, 55(15), 4481–4515. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1266406>

- Corbett, C. J., & Klassen, R. D. (2006). Extending the horizons: Environmental excellence as key to improving operations. *Manufacturing and Service Operations Management*, 8(1), 5–22. <https://doi.org/10.1287/msom.1060.0095>
- Costa, L. B. M., Godinho Filho, M., Fredendall, L. D., & Gómez Paredes, F. J. (2018). Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 82, pp. 122–133). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002>
- Dachyar, M., & Lukitaputri, A. A. (2015). Designing Jewellery Manufacturing Industry Productivity Improvement using DMAIC Method. In *Article in International Journal of Applied Engineering Research* (Vol. 4). <http://www.ripublication.com>
- Dakov, I., & Novkov, S. (2007). ASSESSMENT OF THE LEAN PRODUCTION EFFECT ON THE SUSTAINABLE INDUSTRIAL ENTERPRISE DEVELOPMENT. *Business: Theory and Practice*, VIII(4), 183–188. <http://www.btp.vgtu.lt>; <http://www.btp.vgtu.lt/en>
- de Freitas, J. G., & Costa, H. G. (2017). Impacts of Lean Six Sigma over organizational sustainability: A systematic literature review on Scopus base. In *International Journal of Lean Six Sigma* (Vol. 8, Issue 1, pp. 89–108). Emerald Group Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2015-0039>
- de Freitas, J. G., Costa, H. G., & Ferraz, F. T. (2017). Impacts of Lean Six Sigma over organizational sustainability: A survey study. *Journal of Cleaner Production*, 156, 262–275. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.054>
- de Koning, H., Verver, J. P. S., van den Heuvel, J., Bisgaard, S., & Does, R. J. M. M. (2006). Lean six sigma in healthcare. *Journal for Healthcare Quality: Official Publication of the National Association for Healthcare Quality*, 28(2), 4–11. <https://doi.org/10.1111/j.1945-1474.2006.tb00596.x>
- Depken, D., & Zeman, C. (2018). Small business challenges and the triple bottom line, TBL: Needs assessment in a Midwest State, U.S.A. *Technological Forecasting and Social Change*, 135, 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.032>
- Doganaksoy, N., Hahn, G. J., & Stanard, C. (2001). Statistical tools for six sigma. *Statistical Tools for Six Sigma. Quality Progress*, 34, 78–82. www.asq.org
- Dora, M., Kumar, M., van Goubergen, D., Molnar, A., & Gellynck, X. (2013). Operational performance and critical success factors of lean manufacturing in European food processing SMEs. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 31, Issue 2, pp. 156–164). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.002>
- Dziuba, S. T., Ingaldi, M., Kozina, A., & Hernes, M. (2021). S&G JOURNAL 8D REPORT AS THE PRODUCT IMPROVEMENT TOOL. *Revista S&G*, 16(2), 157–165. <https://doi.org/10.20985/1980-5160.2021.v16n2.1709>

- Elkington, J. (1994). *Towards the sustainable corporation: win-win-win business strategies for sustainable development*. Calif. Manag. Rev. 36 (2), 90-100.
- Fatemi, S., & Franchetti, M. J. (2016). An application of sustainable lean and green strategy with a Six Sigma approach on a manufacturing system. In *Int. J. Six Sigma and Competitive Advantage* (Vol. 10, Issue 1).
- Ferreira, C., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Lopes, M. P., Pereira, T., & Silva, F. J. G. (2019). iLeanDMAIC – A methodology for implementing the lean tools. *Procedia Manufacturing*, 41, 1095-1102. www.sciencedirect.com
- Florida, R. (1996). *Lean and Green: The move to environmentally conscious manufacturing* (Vol. 39). California Business Review. pp. 80-105.
- Found, P. A. (2009). *Lean and Low Environmental Impact Manufacturing*. www.emas.org.uk
- Ganguly, K. (2012a). IMPROVEMENT PROCESS FOR ROLLING MILL THROUGH THE DMAIC SIX SIGMA APPROACH. In *International Journal for Quality* (Vol. 6, Issue 3).
- Ganguly, K. (2012b). IMPROVEMENT PROCESS FOR ROLLING MILL THROUGH THE DMAIC SIX SIGMA APPROACH. In *International Journal for Quality* (Vol. 6, Issue 3).
- Garza-Reyes, J. A. (2015). Green lean and the need for Six Sigma. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6(3), 226–248. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2014-0010>
- George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma - Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. McGraw-Hill.
- Ghosh, M. (2013). Lean manufacturing performance in Indian manufacturing plants. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24(1), 113–122. <https://doi.org/10.1108/17410381311287517>
- Gimenez, C., Sierra, V., & Rodon, J. (2012). Sustainable operations: Their impact on the triple bottom line. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.035>
- Gomes Silva, F. J., Kirytopoulos, K., Pinto Ferreira, L., José Carlos, S., Santos, G., & Cancela Nogueira, M. C. (2022). The three pillars of sustainability and agile project management: How do they influence each other. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*. <https://doi.org/10.1002/csr.2287>
- Gupta, A., Sharma, P., Malik, S. C., Agarwal, N., & Jha, P. C. (2016). Productivity Improvement in the Chassis Preparation Stage of the Amplifier Production Process: A DMAIC Six Sigma Methodology. *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, 23(6). <https://doi.org/10.1142/S021853931640012X>
- Harry, M. J. (1997). *The Vision of Six Sigma*. Tri Star Publishing.

- Harry, M., & Schroeder, R. (2005). *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. Currency.
- Henderson, K. M., & Evans, J. R. (2000). Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company. *Benchmarking: An International Journal*, 7(4), 260–282. <https://doi.org/10.1108/14635770010378909>
- Instituto Kaizen. (2012). *Manual Kaizen Diário*.
- ISIXSIGMA - Six Sigma DMAIC Roadmap. (n.d.). ISixSigma-Editorial.
- Jaiganesh, V., Sudhahar, J. C., & Clement Sudhahar, J. (2013). Sketching Out the Hidden Lean Management Principles in the Pharmaceutical Manufacturing. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(2). www.ijsrp.org
- Kharub, M., Ruchitha, B., Hariharan, S., & Shanmukha Vamsi, N. (2021). Profit enhancement for small, medium scale enterprises using Lean Six Sigma. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.159>
- Kosieradzka, A., & Ciechańska, O. (2018a). Impact of enterprise maturity on the implementation of six sigma concept. *Management and Production Engineering Review*, 9(3), 59–70. <https://doi.org/10.24425/119535>
- Kosieradzka, A., & Ciechańska, O. (2018b). Impact of enterprise maturity on the implementation of six sigma concept. *Management and Production Engineering Review*, 9(3), 59–70. <https://doi.org/10.24425/119535>
- Krishna Priya, S., Jayakumar, V., & Suresh Kumar, S. (2020). Defect analysis and lean six sigma implementation experience in an automotive assembly line. *Materials Today: Proceedings*, 22, 948–958. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.139>
- Kwak, Y. H., & Anbari, F. T. (2006). Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Technovation*, 26(5–6), 708–715. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.10.003>
- Lee, C. Y. (n.d.). *Transferability of JIT/TQM to the Indian Textile Industry: Issues and Suggestions Based on Cultural Analysis*.
- Lee, K. L., & Wei, C. C. (2010). Reducing mold changing time by implementing Lean Six Sigma. *Quality and Reliability Engineering International*, 26(4), 387–395. <https://doi.org/10.1002/qre.1069>
- Marques, P. A. de A., & Matthé, R. (2017). Six Sigma DMAIC project to improve the performance of an aluminum die casting operation in Portugal. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 34(2), 307–330. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2015-0086>
- Mehrjerdi, Y. Z. (2011). Six-Sigma: Methodology, tools and its future. *Assembly Automation*, 31(1), 79–88. <https://doi.org/10.1108/01445151111104209>

- Nandakumar, N., Saleeshya, P. G., & Harikumar, P. (2020). Bottleneck Identification And Process Improvement By Lean Six Sigma DMAIC Methodology. In *Materials Today: Proceedings* (Vol. 24). www.sciencedirect.comwww.materialstoday.com/proceedings
- Norman, W., & Macdonald, C. (2004). *Getting to the bottom of "triple bottom line"* (2nd ed., Vol. 14). Business Ethics Quarterly.
- Ozturk, D., & Batuk, F. (2011). Technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) for spatial decision problems. In *Proceedings ISPRS* (Vol. 1, No. 4).
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma way*. McGraw-Hill Education.
- Park, S. H., & Asian Productivity Organization. (2003). *Six Sigma for quality and productivity promotion*. Asian Productivity Organization.
- Park, S. H., Lee, M. J., & Chung, M. Y. (1999). *Theory and Practice of Six Sigma*. Seoul: Publishing Division of Korean Standards Association. .
- Pereira, A. M. H., Silva, M. R., Domingues, M. A. G., & Sá, J. C. (2019). Lean six sigma approach to improve the production process in the mould industry: A case study. *Quality Innovation Prosperity*, 23(3), 103–121. <https://doi.org/10.12776/QIP.V23I3.1334>
- Perry, S. R., Cabrera, A. F., & Vogt, W. P. (1999). Career Maturity and College Student Persistence. *Journal of College Student Retention: Research, Theory & Practice*, 1(1), 41–58. <https://doi.org/10.2190/13ea-m98p-rcjx-ex8x>
- Porter, M. E., & van der Linde, C. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. In *Journal of Economic Perspectives* (Vol. 9, Issue 4).
- Powell, D., Lundebj, S., Chabada, L., & Dreyer, H. (2017). Lean Six Sigma and environmental sustainability: the case of a Norwegian dairy producer. *International Journal of Lean Six Sigma*, 8(1), 53–64. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2015-0024>
- Purba, H. H., Nindiani, A., Trimarjoko, A., Jaqin, C., Hasibuan, S., & Tampubolon, S. (2021). Increasing Sigma levels in productivity improvement and industrial sustainability with Six Sigma methods in manufacturing industry: A systematic literature review. In *Advances in Production Engineering And Management* (Vol. 16, Issue 3, pp. 307–325). Production Engineering Institute. <https://doi.org/10.14743/APEM2021.3.402>

- Purvis, B., Mao, Y., & Robinson, D. (2019). Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. *Sustainability Science*, 14, 681–695. <https://doi.org/10.1017/S0376892900011449>
- Pyzdek, Thomas., & Keller, P. A. (Paul A. (2010). *The Six Sigma handbook : a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels*. McGraw-Hill Companies.
- Rahman, A., Shaju, S. U. C., Sarkar, S. K., Hashem, M. Z., Hasan, S. M. K., Mandal, R., & Islam, U. (2017). A Case Study of Six Sigma Define-Measure-Analyze-Improve-Control (DMAIC) Methodology in Garment Sector. *Independent Journal of Management & Production*, 8(4), 1309. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v8i4.650>
- Rana, P., & Kaushik, P. (2018). Initiatives of six-sigma in an automotive ancillary unit: A case study. *Management Science Letters*, 8(6), 569–580. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2018.4.033>
- Rodrigues, J., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Jimenez, G., & Santos, G. (2020). A rapid improvement process through “quick-win” lean tools: A case study. *Systems*, 8(4), 1–19. <https://doi.org/10.3390/systems8040055>
- Rogers, P. P., Jalal, K. F., & Boyd, J. A. (2012). *An introduction to sustainable development*. Earthscan.
- Sá, J. C., Vaz, S., Carvalho, O., Lima, V., Morgado, L., Fonseca, L., Doiro, M., & Santos, G. (2022). A model of integration ISO 9001 with Lean six sigma and main benefits achieved. *Total Quality Management and Business Excellence*, 33(1–2), 218–242. <https://doi.org/10.1080/14783363.2020.1829969>
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785–805. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>
- Shankar, R. (2009). *Process Improvement Using Six Sigma*. Milwaukee USA: ASQ Quality Press.
- Silva, F. J. G., & Gouveia, R. M. (2020). *Cleaner production - toward a better future*.
- Simboli, A., Taddeo, R., & Morgante, A. (2014). Value and wastes in manufacturing. An overview and a new perspective based on eco-efficiency. *Administrative Sciences*, 4(3), 173–191. <https://doi.org/10.3390/admsci4030173>
- Snee, R. D. (2010). Lean Six Sigma – getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(1), 9–29. <https://doi.org/10.1108/20401461011033130>
- Srinivasan, K., Muthu, S., Prasad, N. K., & Satheesh, G. (2014). Reduction of paint line defects in shock absorber through Six Sigma DMAIC phases. *Procedia Engineering*, 97, 1755–1764. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.327>
- Taiichi Ohno. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*.

- Thomas, A., Barton, R., & Chuke-Okafor, C. (2009). Applying lean six sigma in a small engineering company - A model for change. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(1), 113–129. <https://doi.org/10.1108/17410380910925433>
- Tseng, M. L., Wu, K. J., Ma, L., Kuo, T. C., & Sai, F. (2019). A hierarchical framework for assessing corporate sustainability performance using a hybrid fuzzy synthetic method-DEMATEL. *Technological Forecasting and Social Change*, 144, 524–533. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.10.014>
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The Machine that changed the world: The story of Lean Production* (SIMON & SCHUSTER, Ed.).
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Notes on Continuous Process Improvement Lean Thinking Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster, Inc.
- Yang, K. (2008). *Design for Six Sigma: Roadmap to product development*, McGraw-Hill, 2nd Edition. <https://www.researchgate.net/publication/257924582>

ANEXOS

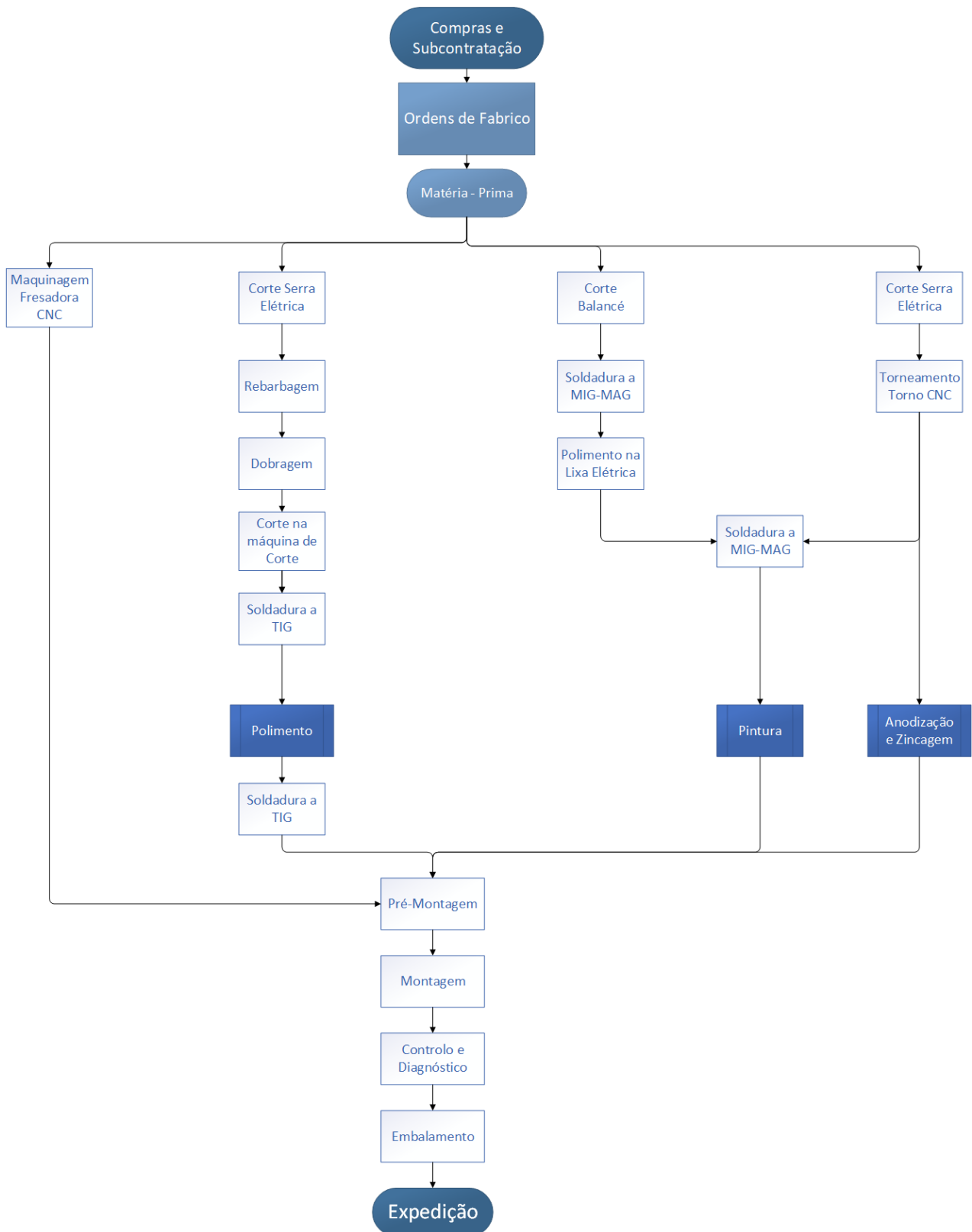
7 ANEXOS

7.1 Anexo A: Ferramentas Ciclo DMAIC

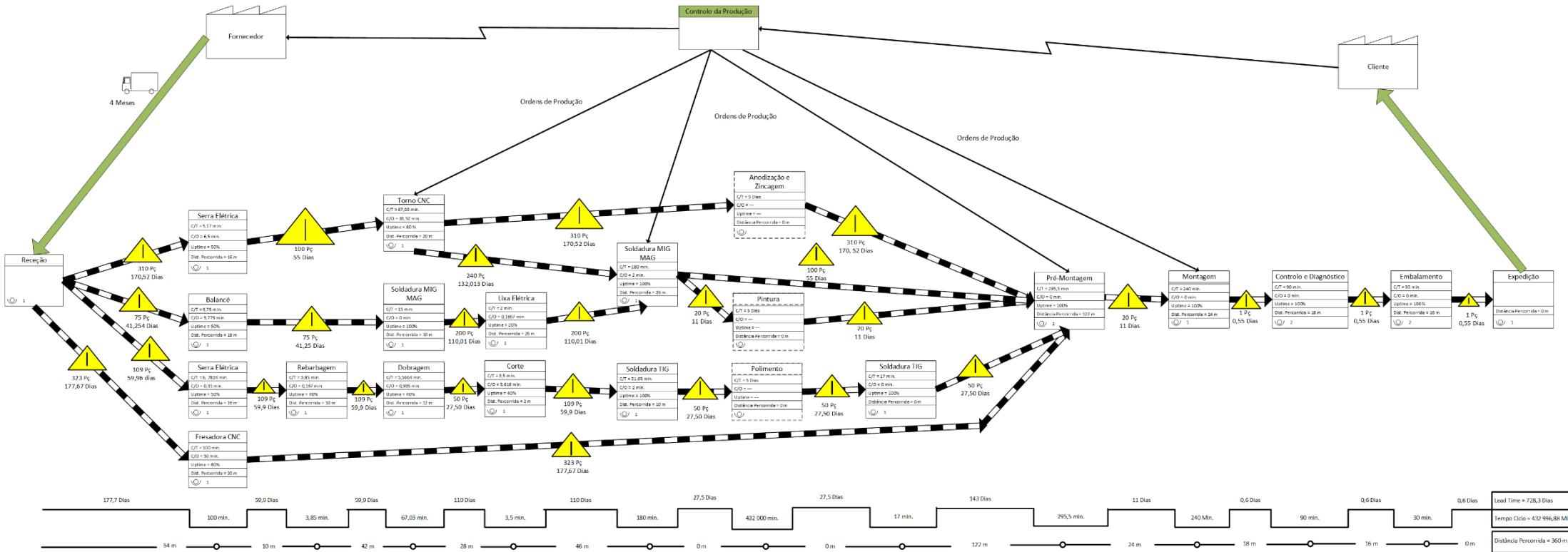
Referência e setor associado	Ferramentas utilizadas					Resultados
	<i>Define</i>	<i>Measure</i>	<i>Analyse</i>	<i>Improve</i>	<i>Control</i>	
(Ganguly, 2012) Indústria de Alumínio, Índia	- VOC - Diagrama SIPOC	- Diagrama de causa e efeito - Matriz de causa e efeito - FMEA - Brainstorming	- Diagrama de Dispersão - Regressão linear - ANOVA	- DOE	- Plano de controlo - Diagrama de Controlo - carta de médias e amplitudes	Redução do tempo de ciclo da Rolling Mill (máquina de laminagem) de 47 para 20 dias.
(Raman & Basavaraj, 2019) Produção de condensadores, Índia	- Diagrama SIPOC - Análise de CTQ - VOC e VOB - Fluxograma do Processo	- Brainstorming - Diagrama de causa e efeito	- Diagrama de Pareto	- FMEA	- Padronização	Aumento da qualidade e redução de custos na produção de condensadores.
(Kosieradzka & Ciechańska, 2018) Produção de dispositivos de automação industrial, Polónia	- SIPOCR	- Recolha de dados - Diagrama de Pareto	- Análise da capacidade do processo (Cp e Cpk e Pp e Ppk) - Matriz de causa e efeito	- 8D <i>Problem Solving</i>	- Análise da capacidade do processo (Cp e Cpk e Pp e Ppk) - Controlo estatístico do processo (cartas de controlo)	Aumento do nível sigma de 3 para 6, do Cp de 1,91 para 3,79 e do Cpk de 1,88 para 3,34.

<p>(Srinivasan et al., 2014)</p> <p>Produção de amortecedores, Índia</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Project charter - Diagrama de Pareto 	<ul style="list-style-type: none"> - Brainstorming - Análise Capacidade Processo 	<ul style="list-style-type: none"> - Diagrama de Ishikawa - Escala de Likert 	<ul style="list-style-type: none"> - ANOVA 	<ul style="list-style-type: none"> - Análise Capacidade Processo 	<p>Aumento do nível sigma de 3.31 para 4.45.</p>
<p>(Chabukswar et al., 2011)</p> <p>Indústria Farmacêutica, Índia</p>	<ul style="list-style-type: none"> - VOC - Fluxograma do processo 	<ul style="list-style-type: none"> - Recolha de dados 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificação de relações e causalidades de fatores relativos aos dados recolhidos 	<ul style="list-style-type: none"> - DOE 	<ul style="list-style-type: none"> - Plano de Controlo - Controlo Estatístico do Processo 	<p>Aumento do nível sigma de 1.5 para 4.0, redução da taxa de retrabalho em 50% e uma redução de custos de aproximadamente 9 a 9,5 milhões de rupias indianas / ano (o equivalente a 108 000 - 114 000 € / ano)</p>
<p>(Dachyar & Lukitaputri, 2015)</p> <p>Indústria da bijuteria, Indonésia</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Diagrama SIPOC 	<ul style="list-style-type: none"> - Histograma - Diagrama de Pareto 	<ul style="list-style-type: none"> - Brainstorming, - AHP (Analytic - Hierarchy Process) - TOPSIS - Árvore de decisão 	<ul style="list-style-type: none"> - Brainstoming 	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliação de Performance 	<p>Aumento da produtividade da produção de joias em 47%.</p>

7.3 Anexo C: Fluxograma do Processo Produtivo



7.4 Anexo D – Value Stream Mapping (VSM) Contexto Atual



7.5 Anexo E – Informação Value Stream Mapping

Serra Elétrica > Torno CNC > Pré-Montagem						
Componente	TORNO				Serra Elétrica	
	Tempo Setup (min.)	Tempo Operação (min.)	Nº Varões	Nº Peças	Tempo Setup (min.)	Tempo Operação (min.)
Eixo da roda da frente PR7 (1)	1,280682813	2,547	32	128	1	0,82
Tubo Respiro Deposito (1)	0,056516129	2,1667	9	310		
Torre Sup_ Acrílico - Tirantes suporte Carnagem Frontal (2)	0,857380952	4,95	9	210	1	1,0167
Pino Fecho Banco (1)	2,128148148	2,38	6	135		
Porca Ajuste Coluna de direção (1)	0,688461538	2,033	1,5	130		
Eixo da roda de trás PR7 (1)	1,522937427	1,3		171	1	0,35
Casquilhos Suporte de relés (2)	3,993595745	1,167	15	470		
Casquilho separador traves internas (1)	8,018301887	3,033	18	265		
Acessório do Espelho (1)	2,048462424	1,9334		165		
Casquilho suporte bobine ignição (1)	0,15	1		200		
Casquilho suporte conta km's (1)	0,15	1		200		
Casquilhos suporte das Opticas (2)	0,15	1		200		
Casquilho reforço Suportes Frontais (1)	0,15	1		200		
Casquilho guia Tablet GPS (1)	0,103448276	1		290		
Casquilho fixação Tablet GPS (1)	0,139534884	1		215		
Casquilho espaçador canhão ignição (2)	0,15	1		200		
Casquilho sonda Lambda M18x1.5 (1)	0,15	1		200		
Casquilho suporte ponteira GPR (1)	0,15	1		200		
Casquilho tampa de filtro de ar PR7 (1)	0,15	1		200		
Casquilho suporte regulador de corrente sup. (1)	0,15	1		200		
Perno sextavado bomba de gasolina PR7 (2)	0,15	1		200		
Casquilho suporte regulador de corrente inf. (1)	0,15	1		200		
Casquilho suporte centralina (2)	0,15	1		200		
Casquilho Injector (1)	0,15	1		200		
Veio do braço oscilante (1)	1,6	1		100	1	0,833333333
Suporte da válvula reguladora de pressão de gasolina (1)	0,15	1		200		
Veio da Coluna da direção PR7/PR5 (1)	1,6	1		100	1	0,833333333
SOMATÓRIO	26,13747022	39,5101	90,5	5489	5	3,853366667

Serra Elétrica > Torno CNC > Soldadura MIG-MAG								
Componente	TORNO CNC				Serra Elétrica		Soldadura MIG-MAG	
	Tempo Setup (min.)	Tempo Operação (min.)	Nº Varões	Nº Peças	Tempo Setup (min.)	Tempo Operação (min.)	Componente	Tempo operação (min.)
Pino Mola de descanso (1)	0,051420455	0,66	6	176			Traseiras	50
Coluna de Direcção (1)	2,833333333	10,46		72	1,5	1,3167	Quadros	70
Casquilhos Suporte frontal (3)	0,15	1		200			Descanso	5
Casquilho batente de direcção (2)	0,15	1		200			Suporte Pousa Pés	10
Casquilhos suporte radiador (2)	0,15	1		200			Suporte Bateria	5
Casquilho ligação quadro-trave interior (2)	0,352941176	1		85			Escape (Ferro)	40
Casquilho ligação quadro/trave interior Curto (1)	0,576923077	1		52				
Casquilhos suporte de motor (2)	2,154777778	3,52	6	90				
Casquilho protecção de carter (1)	0,15	1		200				
Casquilho tubo de berço Ø28x3 (2)	0,15	1		200				
Casquilhos Fixação à Trave Interna (2)	0,15	1		200				
Casquilho traseira Malas (1)	0,091875	1,883	6	240				
Casquilhos Fixação Depósito (4)	0,128755365	1		233				
Casquilho fixação chapa protecção catalizador (2)	0,15	1		200				
Casquilhos Reforço entre tubos (2)	0,15	1		200				
SOMATÓRIO	7,390026184	27,523	-	-	1,5	1,3167	-	180

Balancé > Lixa Elétrica > Soldadura MIG-MAG					
Componente	Balancé		Lixa Elétrica		Soldadura MIG-MAG
	Tempo Operação (min.)	Tempo Changeover (min.)	Tempo operação (min.)	Tempo setup	Tempo operação (min.)
Chapa Suporte batente direcção	0,116666667	0,033333333			
Chapas estamp. ligação tubos (Sup.)	0,116666667	0,033333333			
Chapa estamp. ligação tubos (Inf.)	0,116666667	0,033333333			
Chapa reforço quadro frente	0,116666667	0,033333333			
Chapas reforço berço meio	0,116666667	0,033333333			
Chapa suporte e Reforço (Batente de Direcção)	0,116666667	0,033333333			
Chapa reforço berço fundo	0,116666667	0,033333333			
Suporte P/ Fecho do Banco	0,116666667	0,033333333			
Chapa reforço berço lateral	0,116666667	0,033333333			
Chapa suporte e Reforço	0,116666667	0,033333333			
Patilha Encaixe do Banco	0,116666667	0,033333333			
Chapa Batente pedal Travão	0,116666667	0,033333333			
Chapa suporte de radiadores	0,116666667	0,033333333			
Patilha inf. Aperto à trave externa	0,116666667	0,033333333			
Chapa protecção de catalizador	0,116666667	0,033333333			
Conjunto chapas de berço	8	0,275	2	0,166666667	15
SOMATÓRIO	9,75	5,775 *	2	0,166666667	15

Serra Elétrica > Rebarbagem > Dobragem > Corte > Soldadura TIG									
Componente	Serra Elétrica		Rebarbagem	Dobragem		Corte		Soldadura TIG	Soldadura TIG Após Polimento
	Tempo operação (min.)	Tempo Changeover (min.)	Tempo operação (min.)	Tempo operação (min.)	Tempo changeover (min.)	Tempo operação (min.)	Tempo changeover (min.)	Tempo soldadura (min.)	Tempo soldadura (min.)
Curva Longa	2,5167	0,133333333	0,81667	1,833	0,385188889	1,5	3	3,333	
Curva Curta	0	0	0,65	1,4167	0,272222222	1	1,766	1	
Curva Central	3,3	0,166666667	0,5	2,3167	0,277777778	1	0,85	-	
Tubo 55 mm	0,9667	0,009174312	1,8833	-	-	-	-	-	
SOMATÓRIO	6,7834	0,309174312	3,84997	5,5664	0,935188889	3,5	5,616	4,333	
Escape								12,366	17
Suporte Proteção Cáter								14,95	
SOMATÓRIO								27,316	17
								31,649	

Fresadora CNC - Pré-Montagem		
Componente	Fresadora CNC	
	Tempo operação (min.)	Tempo Changeover (min.)
Almas	30	10
Traves	30	10
Braços Oscilantes	30	10
Bielas de Quadro	5	10
Conduas PR7	5	10
SOMATÓRIO	100	50

Pré-Montagem	
Atividade / Componente	Tempo Operação (min.)
Quadro	25
Acabamento/Alteração Motores	20
Biela do braço	5
Braço oscilante	20
Mesa suspensão inferior	2
Mesa suspensão superior	5
Depósito	22,5
Traseira	5
Rodas	49
Colocar Autocolantes tampas laterais	8
Colocar Autocolantes guarda-lamas da frente	3
Montar Guarda - Lamas	4,5
Viseira	6,5
Caixas de filtro de ar	10
Preparação do Tablet	13
Faróis	15
Bancos	10
Preparação de radiadores	5
Conduto de Gasolina	7
Travões Traseiro e Dianteiro	30
Apertar parafusos, cortar plásticos, etc...	30
SOMATÓRIO	295,5

- **Armazém > Serra Elétrica (Torno)**

Componente	Quantidade	Quantidade/Mota	WIP
Eixo da Roda da Frente PR7	10 Varões = 128 eixos	1	WIP = 128
Tubo Respiro Deposito	9 Varões = 310 tubos	1	WIP = 310
Torre Sup_ Acrílico - Tirantes suporte Carnagem Frontal	9 Varões = 210 tirantes	2	WIP = 105
Porca Ajuste Coluna de direção	1,5 varões = 130 porcas	1	WIP=130
Eixo da roda de trás PR7	9 tubos = 171 eixos	1	WIP=171
Casquilhos Suporte de relés	15 varões = 470 casquilhos	2	WIP = 235
Casquilho separador traves internas	18 Varões = 265 casquilhos	1	WIP=265
Pino Mola Descanso	6 varões = 176 pinos	1	WIP=176
Casquilho traseira malas	6 varões = 240 casquilhos	1	WIP = 240
Casquilho tubo 40	6 Varões = 90 casquilhos	1	WIP = 90
Pino Fecho Banco	6 Varões = 135 pinos	1	WIP = 135
Acessório Espelho	6 Varões = 165 acessórios	1	WIP=165
Casquilho Depósito	6 varões = 233 casquilhos	1	WIP=233
Casquilho guia tablet	9 varões = 290 casquilhos	1	WIP=290
Casquilho fixação tablet	9 varões = 215 casquilhos	1	WIP=215
Casquilho ligação quadro-trave interior	6 Varões = 85 casquilhos	2	WIP = 42,5
Casquilho ligação quadro/trave interior Curto	3 Varões = 52 casquilhos	1	WIP = 52

- **Armazém > Balancé**

Componente	Quantidade	Quantidade/Mota	WIP
Chapa Suporte batente direção	75	1	WIP = 75
Chapas Estamp. ligação tubos (Sup.)	75	1	WIP = 75
Chapas Estamp. ligação tubos (Inf.)	75	1	WIP = 75
Chapa reforço quadro frente	75	1	WIP = 75
Chapas reforço berço meio	75	2	WIP = 37,5
Chapa suporte e Reforço (Batente de Direção)	75	1	WIP = 75
Chapas reforço berço fundo	75	2	WIP = 37,5
Suporte P/ Fecho do Banco	75	1	WIP = 75
Chapas reforço berço lateral	75	2	WIP = 37,5
Chapa suporte e Reforço	75	1	WIP = 75
Patilha Encaixe do Banco	75	2	WIP = 37,5
Chapa Batente pedal Travão	75	1	WIP = 75
Chapa suporte de radiadores	75	1	WIP = 75
Patilha Inf. Aperto à trave externa	75	2	WIP = 37,5
Chapa Proteção de catalisador	75	1	WIP = 75
Conjunto chapas de berço	75	1	WIP = 75

- **Armazém > Serra Elétrica (soldadura TIG)**

Fazem aproximadamente 50 curvas de 2 em 2 semanas

- ✓ **Tubo 35 mm: 5 tubos de cada vez**

1 tubo = 9 curvas longas + 9 curvas curtas

1 tubo = 9 motas

1 mota = 1 curva longa + 1 curva curta

1 mota = 0,111 tubos, saem 5 tubos, logo **WIP = $5/0,111 = 45$**

- ✓ **Tubo 45 mm: 9 tubos de cada vez**

1 tubo = 6 curvas centrais

1 mota = 1 curva central

1 tubo = 6 motas

1 mota = 0,1667 tubos, saem 9 tubos, logo **WIP = $9/0,1667 = 54$**

- ✓ **Tubo Ø 50 mm: 1 tubo de cada vez**

1 tubo = 109 tubos 55

1 mota = 1 tubo 55

1 tubo = 109 motas

1 mota = 0,0092 tubos Ø 50 mm, sai 1 tubo, logo **WIP = $1/0,0092 = 109$**

- **Armazém > Fresadora**

- ✓ **Traves: 156 traves (média de 3 em 3 meses)**

1 mota = 2 traves, saem 156 traves logo **WIP = $156/2 = 78$**

- ✓ **Almas: 193 almas (média de 4 em 4 meses)**

1 mota = 2 almas, saem 193 almas, logo **WIP = $193/2 = 96,5$**

- ✓ **Braços oscilantes: 136 braços (média de 3 em 3 meses)**

1 mota = 1 braço oscilante, saem 136 braços, logo **WIP = $136/1 = 136$**

- ✓ **Bielas de Quadro = 323 bielas (média de 12 meses)**

1 mota = 1 biela de quadro, saem 323 bielas, logo **WIP = $323/1 = 323$**

- ✓ **Conduas PR7: 65 conduas (média de 9 meses)**

1 mota = 1 condua, saem 65 conduas, logo **WIP = $65/1 = 65$**

- **Serra elétrica > Torno**

<u>Componente</u>	<u>Quantidade</u>	<u>Quantidade/Mota</u>	<u>WIP</u>
Eixos Roda Frente	100	1	WIP = 100
Eixos Roda Trás	100	1	WIP = 100
Tirantes	200	2	WIP = 100
Veios coluna direção	100	1	WIP = 100
Veios Braço Oscilante	100	1	WIP = 100
Colunas Direção	70	1	WIP = 70

- **Serra Elétrica > Rebarbagem**

<u>Componente</u>	<u>Quantidade</u>	<u>Quantidade/Mota</u>	<u>WIP</u>
Curvas Centrais	50	1	WIP = 50
Curvas (longa + curta)	50	2	WIP = 25
Tubos 55	109	1	WIP = 109

- **Rebarbagem > Dobragem**

<u>Componente</u>	<u>Quantidade</u>	<u>Quantidade/Mota</u>	<u>WIP</u>
Curvas Centrais	50	1	WIP = 50
Curvas (longa + curta)	50	2	WIP = 25
Tubos 55	109	1	WIP = 109

- **Balancé > Soldadura MIG-MAG**

<u>Componente</u>	<u>Quantidade</u>	<u>Quantidade/Mota</u>	<u>WIP</u>
Chapa Suporte batente direção	75	1	WIP = 75
Chapas estamp. ligação tubos (Sup.)	75	1	WIP = 75
Chapas estamp. ligação tubos (Inf.)	75	1	WIP = 75
Chapa reforço quadro frente	75	1	WIP = 75
Chapas reforço berço meio	75	2	WIP = 37,5
Chapa suporte e Reforço (Batente de Direção)	75	1	WIP = 75
Chapas reforço berço fundo	75	2	WIP = 37,5
Suporte P/ Fecho do Banco	75	1	WIP = 75
Chapas reforço berço lateral	75	2	WIP = 37,5
Chapa suporte e Reforço	75	1	WIP = 75
Patilha Encaixe do Banco	75	2	WIP = 37,5
Chapa Batente pedal Travão	75	1	WIP = 75
Chapa suporte de radiadores	75	1	WIP = 75
Patilha inf. Aperto à trave externa	75	2	WIP = 37,5
Chapa protecção de catalisador	75	1	WIP = 75
Conjunto chapas de berço	75	1	WIP = 75

- **Dobragem > Corte**

<u>Componente</u>	<u>Quantidade</u>	<u>Quantidade/Mota</u>	<u>WIP</u>
Curvas Centrais	50	1	WIP = 50
Curvas Curtas	50	1	WIP = 50
Curvas Longas	50	1	WIP = 50

- **Soldadura MIG-MAG > Lixa Elétrica e Lixa Elétrica > Soldadura MIG-MAG**

<u>Componente</u>	<u>Quantidade</u>	<u>Quantidade/Mota</u>	<u>WIP</u>
Conjunto Chapa-Berço	200	1	WIP = 200

- **Corte > Soldadura TIG**

<u>Componente</u>	<u>Quantidade</u>	<u>Quantidade/Mota</u>	<u>WIP</u>
Curvas entrais	50	1	WIP = 50
Curvas Curtas	50	1	WIP = 50
Curvas Longas	50	1	WIP = 50
Uniões	50	1	WIP = 50
Tubos 55	109	1	WIP = 109
Sup. Prot. Carter	50	1	WIP = 50

- **Soldadura MIG-MAG > Pintura e Pintura > Pré-Montagem**

<u>Componente</u>	<u>Quantidade</u>	<u>Quantidade/Mota</u>	<u>WIP</u>
Quadros	20	1	WIP = 20

- **Soldadura MIG-MAG > Pré-Montagem**

<u>Componente</u>	<u>Quantidade</u>	<u>Quantidade/Mota</u>	<u>WIP</u>
Traseiras	40	1	WIP = 40
Descansos	100	1	WIP = 100
Sup. Pousa-Pés	100	2	WIP=50
Sup. Bateria	100	1	WIP =100
Escapes (Ferro)	40	1	WIP=40

- **Soldadura TIG > Polimento, Polimento > Soldadura TIG e Soldadura TIG > Pré-Montagem**

<u>Componente</u>	<u>Quantidade</u>	<u>Quantidade/Mota</u>	<u>WIP</u>
Escapes Inox	50	1	WIP = 50

- **Torno CNC > Anodização/Zincagem e**
Anodização/Zincagem > Pré-Montagem

Componente	Quantidade	Quantidade/Mota	WIP
Eixo da roda da frente PR7	128	1	WIP=128
Tubo Respiro Deposito	310	1	WIP=310
Torre Sup_ Acrílico - Tirantes suporte Carnagem Frontal	210	2	WIP=105
Pino Fecho Banco	135	1	WIP=135
Porca Ajuste Coluna de direção	130	1	WIP=130
Eixo da roda de trás PR7	171	1	WIP=171
Casquilhos Suporte de relés	470	2	WIP=235
Casquilho separador traves internas	265	1	WIP=265
Acessório do Espelho	165	1	WIP=165
Casquilho suporte bobine ignição	200	1	WIP=200
Casquilho suporte conta km's	200	1	WIP=200
Casquilhos suporte das Opticas	200	2	WIP=100
Casquilho reforço Suportes Frontais	200	1	WIP=200
Casquilho guia Tablet GPS	290	1	WIP=290
Casquilho fixação Tablet GPS	215	1	WIP=215
Casquilho espaçador canhão ignição	200	2	WIP=100

Casquilho sonda Lambda M18x1.5	200	1	WIP=200
Casquilho suporte ponteira GPR	200	1	WIP=200
Casquilho tampa de filtro de ar PR7	200	1	WIP=200
Casquilho suporte regulador de corrente sup.	200	1	WIP=200
Perno sextavado bomba de gasolina PR7	200	2	WIP=100
Casquilho suporte regulador de corrente inf.	200	1	WIP=200
Casquilho suporte centralina	200	2	WIP=100
Casquilho Injector	200	1	WIP=200
Veio do braço oscilante	100	1	WIP=100
Suporte da válvula reguladora de pressão de gasolina	200	1	WIP=200
Veio da Coluna da direção PR7/PR5	100	1	WIP=100

• **Torno CNC > Soldadura MIG-MAG**

<u>Componente</u>	<u>Quantidade</u>	<u>Quantidade/Mota</u>	<u>WIP</u>
Pino Mola de descanso	176	1	WIP = 176
Coluna de Direcção	72	1	WIP = 72
Casquilhos Suporte frontal	200	3	WIP = 66,67
Casquilho batente de direcção	200	2	WIP=100
Casquilhos suporte radiador	200	2	WIP= 100
Casquilho ligação quadro-trave interior	85	2	WIP=42,5
casquilho ligação quadro/trave interior Curto	52	1	WIP=52
Casquilhos suporte de motor	90	2	WIP=45
Casquilho protecção de carter	200	1	WIP=200
Casquilho tubo de berço Ø28x3	200	2	WIP=100
Casquilhos Fixação à Trave Interna	200	2	WIP=100
Casquilho traseira Malas	240	1	WIP=240
Casquilhos Fixação Depósito	233	4	WIP=58,25
Casquilho fixação chapa protecção catalizador	200	2	WIP=100
Casquilhos Reforço entre tubos	200	2	WIP=100

- **Fresadora CNC > Pré Montagem**

Componente	Quantidade	Quantidade/Mota	WIP
Traves	156	2	WIP = 178
Almas	193	2	WIP = 96,5
Braços oscilantes	136	1	WIP = 136
Braços oscilantes	323	1	WIP = 323
Conduas PR7	65	1	WIP = 65

- **Pré Montagem > Montagem**

Depende dos pedidos semanais, então vou assumir um valor de 20 unidades para cada subconjunto, o que dá um **WIP máximo igual a 20**.

- Quadro: saem 20
- Acabamento/Alteração Motores
- Biela do braço
- Braço oscilante
- Mesa suspensão inferior
- Mesa suspensão superior
- Depósito
- Rodas
- Colocar Autocolantes tampas laterais
- Colocar Autocolantes guarda-lamas da frente
- Montar Guarda-Lamas
- Viseira
- Caixas de filtro de ar
- Preparação do Tablet
- Faróis
- Bancos
- Preparação de radiadores
- Conduas de Gasolina
- Apertar parafusos, cortar plásticos, etc...

Distâncias Percorridas:

Armazém > Balance = 9 m Armazém > Fresadora CNC = 10 m Armazém > Serra elétrica = 8 m	54 m
Serra Elétrica > Rebarbagem = 5 m	10 m
Rebarbagem > Dobragem = 6 m Balance > Soldadura MIG MAG = 5 m Serra elétrica > Torno CNC = 10 m	42 m
Soldadura MIG MAG > Lixa Elétrica = 13 m Dobragem > Corte = 1 m	28 m
Lixa Elétrica > Soldadura MIG MAG = 13 m Corte > Soldadura TIG = 5 m Torno CNC > Soldadura MIG MAG = 5 m	46 m
Soldadura TIG > Polimento = 0 m Soldadura MIG-MAG > Pintura = 0 m Torno CNC > Anodização e Zincagem = 0 m	0 m
Polimento > Soldadura TIG = 0 m	0 m
Anodização/Zincagem > Pré-Montagem = 20 m Soldadura MIG MAG > Pré-Montagem = 9 m Pintura > Pré-Montagem = 3 m Soldadura TIG > Pré-Montagem = 22 m Fresadora CNC > Pré-Montagem = 7 m	122 m
Pré-Montagem > Montagem = 12 m	24 m
Montagem > Controlo e Diagnóstico = 9 m	18 m
Controlo e Diagnóstico > Embalamento = 8 m	16 m
TOTAL	360 m

7.6 Anexo F – FMEA de Processo AJP Motos (Verde: Prioridade de Ação Baixa; Amarelo: Prioridade de Ação Média; Vermelho: Prioridade de Ação Alta)

FMEA DE PROCESSO AJP MOTOS											
	Descrição do Processo	Potencial Modo de Falha	Potencial Efeito de Falha	Gravidade	Potencial(is) Causa(s) Mecanismo(s) da(s) Falhas	Ocorrência	Controlos Atuais de Processo	Deteção	Prioridade de ação (AP)	Ações Recomendadas	
Receção técnica de materiais	Receber materiais dos fornecedores	Não receção	Paragem de linha	8	Mau planeamento da encomenda ou encomenda não foi enviada dentro de um prazo mínimo	3	Controlo de Stocks ; Sistema MRP	2	B	-	
			Atraso do tempo de ciclo	7					B		
			Atrasos nas encomendas dos clientes	7					B		
	Falha nos procedimentos de entrada de material	Atraso do tempo de ciclo	Paragem de linha	8	Má gestão da entrada de material	4	Controlo de Stocks ; Sistema MRP	2	M	Formação ao operador ; Definição de procedimentos standardizados aquando da receção do material	
			Atraso do tempo de ciclo	7					M		
	Quantidade entregue inferior à encomendada	Paragem de linha	Paragem de linha	8	Capacidade limitada do fornecedor ; Fornecimento sem capacidade	3	Controlo de Stocks ; Sistema MRP	4	B	Identificação e seleção de fornecedores alternativos	
				Atraso na entrega do fornecedor					7		B
	Receção de material errado	Atraso na entrega do fornecedor	Atrasos nas encomendas dos clientes	Paragem de linha	8	Encomenda não enviada dentro de um prazo mínimo ajustável ao pedido do cliente	3	Controlo de Stocks ; Sistema MRP	3	B	-
				Atraso do tempo de ciclo	7					B	
				Atrasos nas encomendas dos clientes	7					B	
Receção de material errado		Atrasos nas encomendas dos clientes	Retrabalho	Paragem de linha	8	Material incorretamente identificado	2	Controlo de Stocks ; Sistema MRP	2	B	Formação ao operador
				Atraso do tempo de ciclo	7					B	
Abastecimento de linha	Abastecer componentes para montagem	Quantidade inferior à ordem de fabrico	Atraso do tempo de ciclo	7	Gestão / Leitura incorreta das ordens de fabrico	2	Procedimento de armazém e de receção	4	M	-	
			Atrasos nas encomendas dos clientes	7					B		
			Paragem de linha	8					B		
	Abastecimento de material errado	Atraso do tempo de ciclo	Retrabalho	7	Localizações incorretas (armazém)	4	Procedimento de armazém e de receção	4	M	-	
				5					B		
	Atraso no abastecimento	Atraso do tempo de ciclo	Gestão / Leitura incorreta das ordens de fabrico	7	2	2	Procedimento de armazém e de receção	3	B	-	
				7					B		
Serra Eléctrica	Efetuar o corte de tubo/varão nas dimensões desejadas	Corte com dimensões erradas	Peça para a sucata / Retrabalho	6	Programação de corte feita de forma inadequada	3	Controlo Visual	4	B	Melhor formação aos operadores ; Programa de controlo periódico do estado do equipamento	
			Quebra da ferramenta	7					B		
		Deficiente lubrificação da serra	Peça para a sucata / Correção	7	Problemas relacionados com o líquido lubrificador	2		3	B		
Torno CNC	Torneamento de peças de revolução satisfazendo as dimensões conforme as tolerâncias apresentadas nos desenhos técnicos	Quebra da ferramenta	Peça para a sucata	7	Seleção errada da ferramenta a utilizar	2	Controlo Visual	1	B	Melhor formação aos operadores ; Programa de controlo periódico do estado do equipamento ; Gestão das ferramentas danificadas	
					Má Fixação da Ferramenta	2			B		
		Peça com dimensões incorretas	Peça para a sucata / Retrabalho	6	Erro operador; Sistema lubrificação da máquina defeituoso	3		3	B		
						3			B		

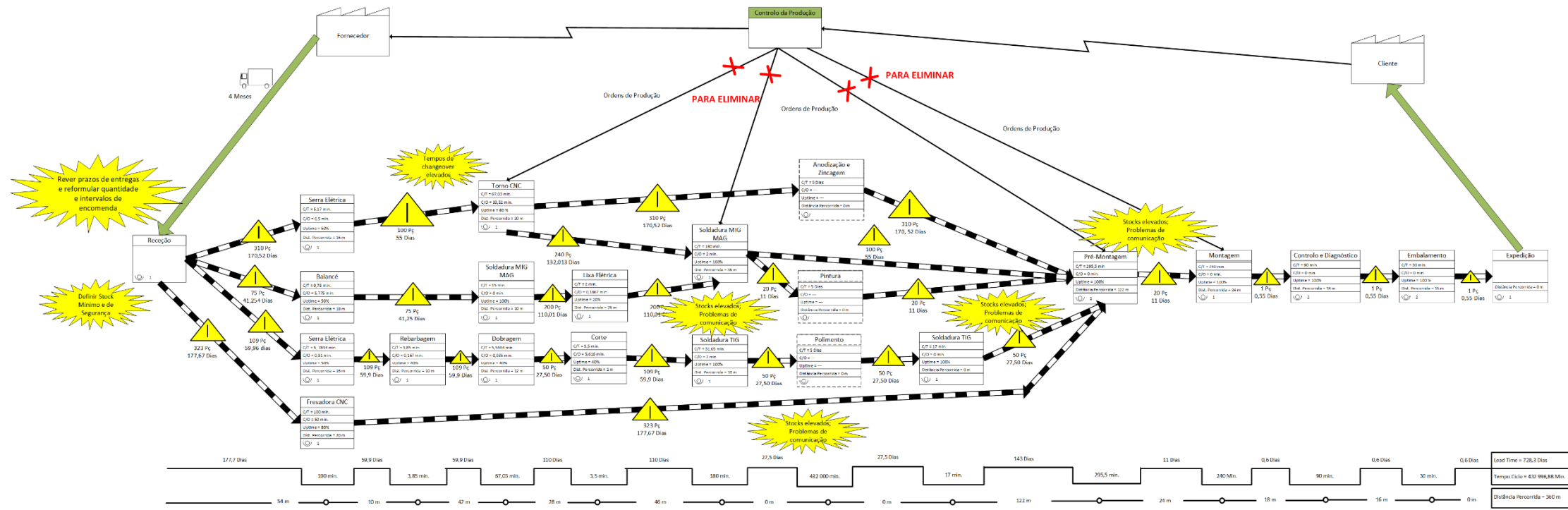
Soldadura MIG-MAG	Soldadura a MIG MAG de variados componentes constituintes do produto	Soldadura insuficiente	Produto não conforme	8	Erro do operador ; Incorreta Regulação do equipamento ; Tocha obstruída ; Incorreta Intensidade da Corrente ; Incorreta Regulação	3	Verificação do estado do equipamento ; Verificação da penetração da solda	5	M	-
		Soldadura inadequada	Poros	3	Erro do operador ; Incorreta Intensidade da Corrente	4	Verificação da Penetração da solda	5	B	
			Soldadura não conforme	4					B	
		Falta de soldadura	Produto não conforme	9	Erro do Operador ; Falta de Informação	1	Correta gestão das ordens de fabrico	2	B	
Balancé	Estampagem de peças	Peça deformada ou com imperfeições	Produto não conforme	9	Má afinação da máquina ; Escolha errada do gabarit ; Fixação do gabarit defeituosa	3	Controlo Visual	2	B	-
			Peça para a sucata							
Lixa Elétrica	Limpeza geral das peças	Marcas de lixagem	Aspetto não conforme	2	Disco incorreto	2	Controlo Visual	5	B	-
		Ausência de lixagem	Rebarbas	3	Esquecimento do operador	2			B	
Rebarbagem	Limpeza dos furos das peças	Ausência / Deficiência de rebarbagem dos furos	Rebarbas	3	Esquecimento do operador / Operações efetuada de forma defeituosa	2	Controlo Visual	5	B	-
Dobragem	Dobragem de tubo nas dimensões predefinidas	Peça com dimensões incorretas	Sucata / Retrabalho	6	Erro operador	3	Controlo Visual ; Recurso a ferramenta de medida	3	B	Melhor formação aos operadores ; Programa de controlo periódico do estado do equipamento
		Peça deformada ou com imperfeições								
Corte a disco	Corte de tubo nas dimensões predefinidas	Corte com dimensões erradas	Peça para a sucata ou Correção	7	Má medição	3	Controlo visual / Recurso a um paquímetro	4	B	Melhor formação aos operadores ; Programa de controlo periódico do estado do equipamento
					Deficiente colocação dos gabarits	3	Correta identificação dos gabarits a utilizar para cada tipo de peça		B	
		Defeitos criados na peça	Peça para a sucata	8	Ferramenta desgastada / cansaço do operador	3	Controlo Visual	3	B	
		Deficiente lubrificação do disco	Peça para a sucata / Correção	7	Problemas relacionados com o líquido lubrificador	2	Controlo Visual	4	B	
Soldadura TIG	Soldadura a TIG de variados componentes constituintes do produto	Soldadura insuficiente	Produto não conforme	8	Erro do operador ; Incorreta Regulação do equipamento ; Tocha obstruída ; Incorreta Intensidade da Corrente ; Incorreta Regulação	3	Verificação do estado do equipamento ; Verificação da penetração da solda	5	M	-
		Soldadura inadequada	Poros	3	Erro do operador ; Incorreta Intensidade da Corrente	4	Verificação da Penetração da solda	5	B	
			Soldadura não conforme	4					B	
		Falta de soldadura	Produto não conforme	9	Erro do Operador ; Falta de Informação	1	Correta gestão das ordens de fabrico	2	B	
Fresadora CNC	Maquinagem de peças satisfazendo as dimensões conforme as tolerâncias apresentadas nos desenhos técnicos	Superfícies rugosas		8	Velocidade de maquinagem elevada ; Ferramenta desgastada	1	Inspeção da linha de código na máquina CNC ; Troca de ferramenta	5	B	Formação ao operador
		Furos em posições incorretas	Furos desalinhados comprometem a montagem da peça	8	Peça mal fixada ; Ferramenta desgastada	3	Troca de ferramenta	2	B	
		Rosagem com profundidade incorreta	Impossibilidade de aperto e montagem a outros componentes	8	Peça mal fixada / Zero da peça não coincide com o do programa	3	Simulação do Zero peça	3	B	
		Rosagem com rosca defeituosa		8	Velocidade da rosca demasiado elevada	3	Diminuir velocidade de corte	3	B	

Pré-Montagem	Preparação do quadro	Limpeza dos furos e superfície do quadro inexistente	Impossibilidade de aplicação de outros componentes nos furos	8	Erro do Operador	3	Controlo Visual	5	M	-	
		Preparação defeituosa da biela e dos rolamentos do quadro	Impossibilita a correta montagem do quadro no setor da montagem	8		3		2	B		
	Acabamento / Alteração dos motores	Falta de preparação dos motores	Atraso do tempo de ciclo		7	Erro do Operador ; Falta de Informação	1	Controlo Visual	1		B
			Paragem de linha		8						B
		Preparação defeituosa dos motores	Retrabalho		5		2				B
			Paragem de linha		8						B
	Pré-montagem do braço oscilante	Ausência de colocação de rolamentos, casquilhos, esticadores de corrente, etc.	Atraso no tempo de ciclo		7	Erro do Operador ; Falta de componentes	2	Controlo Visual	1		B
			Retrabalho		5						B
			Suspensão traseira do motociclo deficiente		9						B
	Pré-montagem da suspensão dianteira	Preparação deficiente das mesas inferior e superior da suspensão dianteira da moto	Impossibilidade de montagem no setor de montagem		8	3	Controlo Visual	4	B		
			Retrabalho		5				B		
			Atraso do tempo de ciclo		7				B		
	Pré-Montagem do depósito	Preparação da bomba de gasolina defeituosa	Funcionamento do motociclo inadequado		9	Erro Operador ; Falta de Informação	3	Controlo Visual ; Testagem de funcionamento da bomba de gasolina	4		B
			Retrabalho		5						B
	Preparação da Traseira	Falta de limpeza dos furos	Compromete a montagem da peça		8	Erro do Operador	3	Controlo Visual	5		M
		Ausência de sinoblocos, casquilhos ou fecho de acento							1		B
	Pré-montagem das rodas	Montagem dos aros defeituosa	Retrabalho		5	Erro do Operador ; Falta de Informação	2	Controlo Visual	3		B
			Atraso no tempo de ciclo		7						B
		Afinação das rodas incorreta	Funcionamento do motociclo inadequado		9	1	1		B		
			Retrabalho		5				B		
		Ausência dos discos de travão, cremalheira na roda de trás, casquilhos e vedantes	Atraso do tempo de ciclo		7	1	2		B		
			Segurança do utilizador do motociclo comprometida		10				B		
	Aplicação defeituosa dos pneus e câmaras de ar	Retrabalho		5	1	1	B				
		Segurança do utilizador do motociclo comprometida		10			B				
	Montagem dos guarda-lamas traseiros	Má furação e aperto da rabeira	Compromete a montagem da peça		8	Erro Operador ; Falta de Informação ; Ferramenta utilizada desadequada	3	Controlo Visual	4		B
			Peça para o lixo		7						B
	Preparação da Viseira	Colocação dos suportes da viseira e piscas defeituosa	Retrabalho		5	Erro Operador ; Falta de informação	3	Controlo Visual	5		B
Preparação das caixas de filtro de ar	Preparação desadequada da caixa de filtro de ar do motociclo	Entrada de ar com impurezas para a mistura Ar-Combustível no motor do motociclo		9	3					Controlo Visual	5
		Retrabalho		5		B					
Preparação dos faróis	Furação para saída de água e cablagem defeituosa	Retrabalho		5	Erro Operador ; Falta de Informação ; Ferramenta utilizada desadequada	3	Controlo Visual	5	B		
		Peça para o lixo		7					M		
	Mau ajuste dos faróis e fixação das luzes	Sistema de luzes do motociclo inadequado		7	2	2			M		
		Engate da cablagem incorreto		9					M		
Preparação do Tablet	Deformação / Furação defeituosa da Caixa do Tablet	Retrabalho / Peça para o lixo		8	Erro do Operador	6	Controlo Visual	6	A		
Preparação do banco	Ausência de espuma e suporte do fecho do banco	Retrabalho		5					1	Controlo Visual	2
Preparação dos radiadores	Errada preparação dos radiadores	Retrabalho		5	Erro Operador ; Falta de informação	1	Controlo Visual	2	B		
		Paragem de linha		8					B		
		Atraso do tempo de ciclo		7					B		

Montagem	Montagem quadro	Fixação do quadro ao cavalete inadequada	Peça para sucata / Retrabalho	5	Erro do Operador ; Falta de Informação	1	Controlo Visual ; Confirmação de aperto	3	B	-
	Montagem motor	Deficiente fixação do motor ao quadro	Queda do motor	8				1	B	
	Montagem das almas	Deficiente fixação das almas ao quadro	Compromete a restante montagem do motociclo	8				1	B	
	Montagem travess	Deficiente montagem das travess às almas e ao quadro	Compromete a restante montagem do motociclo	8	Erro do Operador ; Subconjunto defeituoso proveniente da pré-montagem	1	Controlo Visual	2	B	-
		Aplicação e fixação dos pousa-pés efetuados de forma desadequada	Comodidade do utilizador do motociclo fica comprometida	6				1	B	
	Montagem Suspensão Traseira	Deficiente afinação do amortecedor traseiro	Sistema de suspensão do motociclo e consequente segurança do utilizador	9	Erro do Operador ; Falta de Informação	2	Controlo Visual	4	B	-
		Assemblagem do amortecedor traseiro às almas defeituosa	Restante montagem do motociclo comprometida	8				1	B	
		Aperto do braço oscilante insuficiente	Sistema de suspensão do motociclo e consequente segurança do utilizador	9	3	M				
		Defeituosa fixação e união das bielas do quadro e do braço	Segurança do motociclo comprometida	9	3	B				
			Retrabalho	5	2	B				
	Montagem Escape	Defeituosa aplicação e aperto do escape de inox	Retenção de gases no motor - Desempenho do motociclo afetado	8	Erro do Operador ; Falta de ferramenta adequada	2	Controlo Visual	3	B	-
		Não aplicação da chapa de proteção de escape	Calçado do utilizador do motociclo danificado	6				1	B	
		Aplicação incorreta da ponteira de escape	Maior libertação de ruído provocado pela	6				2	B	
	Montagem Suspensão	Aplicação e fixação das duas bainhas de forma desadequada	Suspensão Dianteira do motociclo comprometida	8	Erro do Operador / Falta de Informação	2	Controlo Visual	2	B	-
		Aplicação defeituosa da mesa superior e inferior	Retrabalho	5				2	B	
	Montagem travão	Aplicação do travão de forma Defeituosa fixação do suporte e fios do travão	Segurança do motociclo comprometida	10	Erro do Operador / Falta de Informação	2	Controlo Visual	2	B	-
		Desadequada afinação do travão	Retrabalho	5				4	B	
	Montagem Radiadores	Incorreta aplicação e fixação dos radiadores	Atraso tempo de ciclo	7	Erro Operador ; Falta de ferramenta adequada	3	Controlo Visual , Controlo de fuga de líquido	4	B	-
		Aplicação do tubo de respiro nos radiadores inexistente	Aumento da pressão do circuito de refrigeração - sistema de refrigeração do	8				1	B	
		Incorreta aplicação das grelhas dos radiadores	Ventilação dos radiadores defeituosa	8				2	B	
		Aperto insuficiente na fixação dos tubos radiador relativos ao sistema de refrigeração	Funcionamento do circuito de refrigeração inadequado	8				3	M	
		Esquecimento da aplicação do tubo do termostato	Retrabalho	5				2	B	
		Retrabalho	5	1				B		
	Montagem Guiador, Comandos e Interruptores	Incorreta aplicação e fixação do punho de aceleração e do suporte do comutador de arranque	Sistema de arranque e aceleração do motociclo comprometido	7	Erro do Operador / Falta de Informação	2	Controlo Visual	3	B	-
		Incorreta aplicação do travão no lado direito do guiador	Segurança do motociclo comprometida	10				B		
		Incorreta aplicação do comutador das luzes no lado esquerdo do guiador	Sistema de luzes do motociclo inoperacional	7				B		
		Deficiente aplicação e fixação do punho e manete de embraiagem no lado esquerdo do guiador	Funcionamento do motociclo defeituoso - sistema de mudança de velocidades comprometido	6				B		
		Ficha conta km não aplicada	Contabilização da distância percorrida pelo motociclo inexistente	5				1	B	
		Faróis aplicados de forma incorreta	Iluminação do motociclo defeituosa /	7				2	B	
		Incorreta aplicação das proteções de mãos	Danos físicos ao utilizador do motociclo	6				3	B	
	Inserção de cablagem	Ligação de fios da cablagem Conjunto de relés aplicado de forma incorreta	Sistema elétrico defeituoso - normal funcionamento do motociclo comprometido	8	Erro do Operador / Falta de Informação	3	Controlo Visual	6	M	-
	Montagem da traseira	Desadequada fixação da traseira	Retrabalho	5				2	B	
	Montagem das rodas	Desadequada aplicação e afinação da corrente de	Segurança e normal funcionamento do motociclo comprometidos	10	Erro do Operador ; Falta de ferramenta adequada	3	Controlo Visual	5	M	-
Aperto insuficiente do subconjunto das rodas aos velos		Retrabalho	7	4				B		
Montagem cârter	Incorreta fixação e afinação do cârter	Proteção do motor do motociclo	8	Erro do Operador	3	Controlo Visual	4	B	-	
		Retrabalho	5				4	B		

Controlo e Diagnóstico	Efetuar controlo de qualidade do produto	Falta de inspeção	Rejeição	8	Incumprimento da tarefa de inspeção	2	Formação de controlo de qualidade ; Inspeção Visual	3	B	-
			Retrabalho	5					B	
			Atraso nas encomendas dos clientes	7					B	
			Retrabalho no cliente	8					B	
	Incumprimento do plano de controlo	Rejeição	8	Desconhecimento / Não Leitura do plano de controlo de qualidade	2	Plano de controlo existente	3	B	-	
		Retrabalho	5					B		
		Atraso nas encomendas dos clientes	7					B		
		Retrabalho no cliente	8					B		
Embalamento do produto	Incorreto embalamento do motociclo	Reclamação do cliente	7	Erro do Operador ; Falta de Informação	2	3	Inspeção visual	B	-	
		Atraso nas encomendas dos clientes								
	Falta de proteção no embalamento do motociclo	Quebra de componentes / subconjuntos do motociclo	8		1			B		
	Identificação do motociclo inexistente / incorreta	Troca de pedidos dos clientes	7		B					

7.7 Anexo G – Value Stream Mapping (VSM): Melhorias



7.8 Anexo H – Cálculo Nº Kanbans: Pré-Montagem

Pré-Montagem								
Peça	Capacidade de um Contentor	Tempo Setup (min.)	Lote Fabrico	Tempo Produção/Lote Fabrico (min.)	Lead Time	Procura Mensal	Nº Kanbans	Nº Kanbans
Conjunto Quadro-Biela Quadro	1	0	1	25	0,02	40	1,91	2
Conjunto Braço Oscilante + Biela Braço	1	0	1	25	0,02	40	1,91	2
Mesas Suspensao Inferior	1	0	1	2	0,02	40	1,91	2
Mesas Suspensao Superior	1	0	1	5	0,02	40	1,91	2
Depositos	1	0	1	22,5	0,02	40	1,91	2
Conjuntos Rodas	1	0	1	49	0,02	40	1,91	2
Guarda-Lamas Frente	1	0	1	3	0,02	40	1,91	2
Guarda-Lamas Tras	1	0	1	4,5	0,02	40	1,91	2
Viseiras	1	0	1	6,5	0,02	40	1,91	2
Caixas Filtro de Ar	1	0	1	10	0,02	40	1,91	2
Tablets	1	0	1	13	0,02	40	1,91	2
Farois	1	0	1	15	0,02	40	1,91	2
Bancos	1	0	1	10	0,02	40	1,91	2
Conduas Gasolina	1	0	1	7	0,02	40	1,91	2
Conjuntos Radiadores	1	0	1	5	0,02	40	1,91	2
Conjunto Travões Traseiro e Dianteiro	1	0	1	30	0,02	40	1,91	2
Conjuntos Tampas Laterais	1	0	1	8	0,02	40	1,91	2

7.9 Anexo I – Cálculo Nº Kanbans: Corte, Soldadura TIG, Fresadora CNC

Corte > Soldadura TIG

Peça	Capacidade de um Contentor	Tempo Setup (min.)	Lote Fabrico	Tempo Produção/Lote Fabrico (min.)	Lead Time	Procura Mensal	Nº Kanbans	Nº Kanbans
Curvas Longas	2	7,5	9	10	0,05	40	5,41	6
Curvas Curtas	2	4,45	9	5	0,05	40	5,41	6
Curva Central	2	4,5	6	8	0,05	40	3,91	4
Tubo 55 mm	15	1	54	3	0,68	40	5,42	6





Soldadura TIG > Pré-Montagem

Peça	Capacidade de um Contentor	Tempo Setup (min.)	Lote Fabrico	Tempo Produção/Lote Fabrico (min.)	Lead Time	Procura Mensal	Nº Kanbans	Nº Kanbans
Escape	2	1	1	13	0,05	40	1,41	2
Suporte Proteção Cáster	2	1	1	15	0,05	40	1,41	2

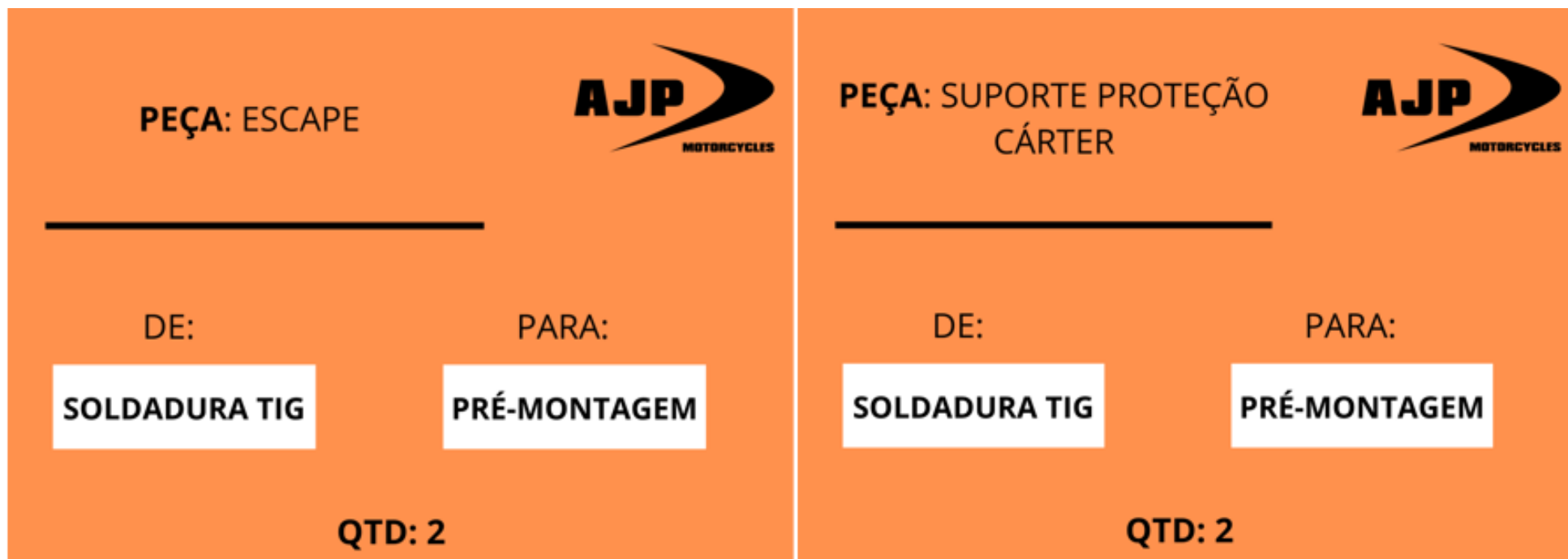
Fresadora CNC > Pré-Montagem

Peça	Capacidade de um Contentor	Tempo Setup (min.)	Lote Fabrico	Tempo Produção/Lote Fabrico (min.)	Lead Time	Procura Mensal	Nº Kanbans	Nº Kanbans
Almas - Conjunto	1	10	10	30	0,02	40	10,91	11
Traves - Conjunto	1	10	10	30	0,02	40	10,91	11
Braços Oscilantes	1	10	10	30	0,02	40	10,91	11
Bielas Quadro	1	10	10	5	0,02	40	10,91	11
Conduas PR7	1	10	10	5	0,02	40	10,91	11

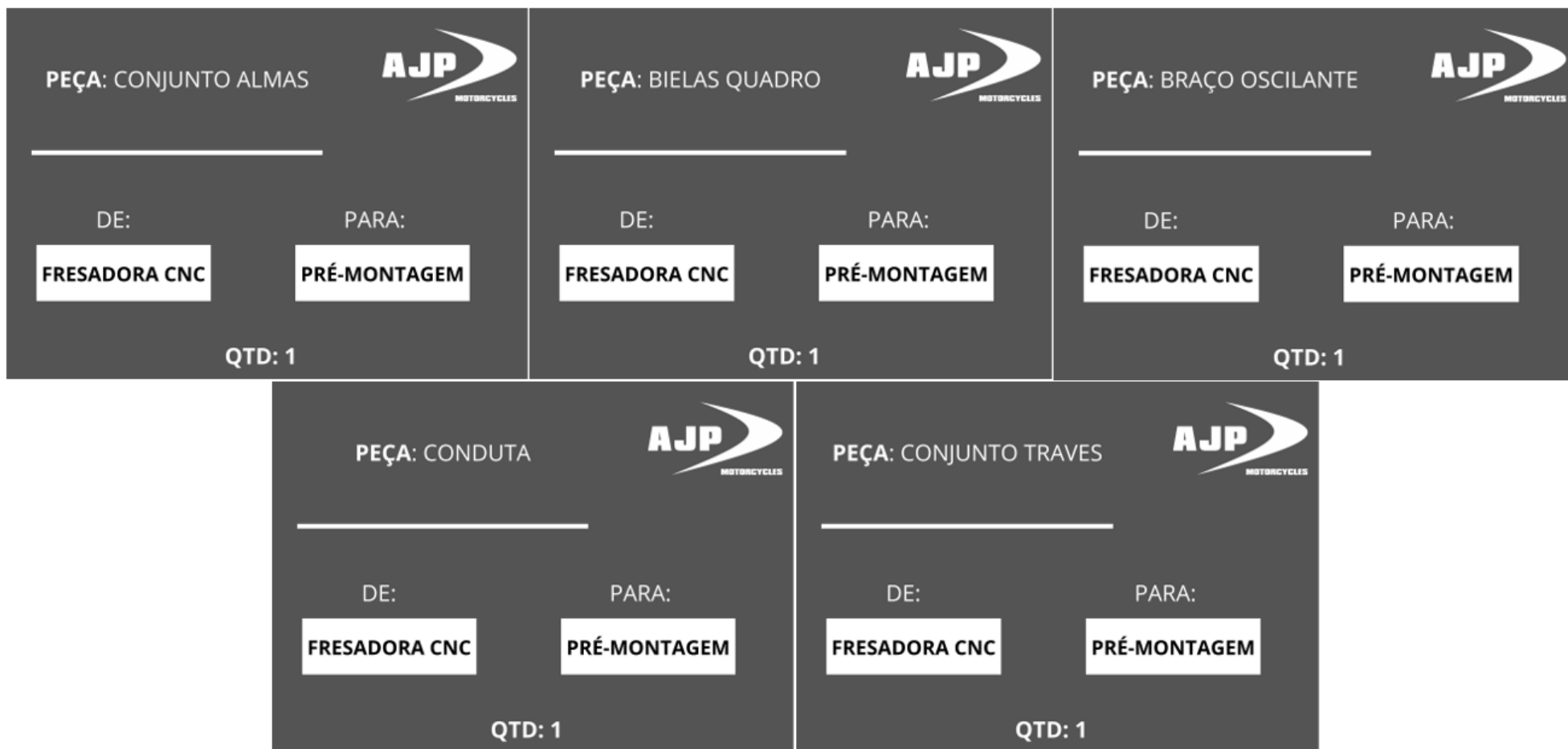
7.10 Anexo J – Cartões Kanban Corte > Soldadura TIG

<p>PEÇA: CURVA CENTRAL</p>  <hr/> <p>DE: CORTE PARA: SOLDADURA TIG</p> <p>QTD: 2</p>	<p>PEÇA: CURVA CURTA</p>  <hr/> <p>DE: CORTE PARA: SOLDADURA TIG</p> <p>QTD: 2</p>
<p>PEÇA: CURVA LONGA</p>  <hr/> <p>DE: CORTE PARA: SOLDADURA TIG</p> <p>QTD: 2</p>	<p>PEÇA: TUBO 55 MM</p>  <hr/> <p>DE: CORTE PARA: SOLDADURA TIG</p> <p>QTD: 15</p>

7.11 Anexo K – Cartões Kanban Soldadura TIG > Pré-Montagem



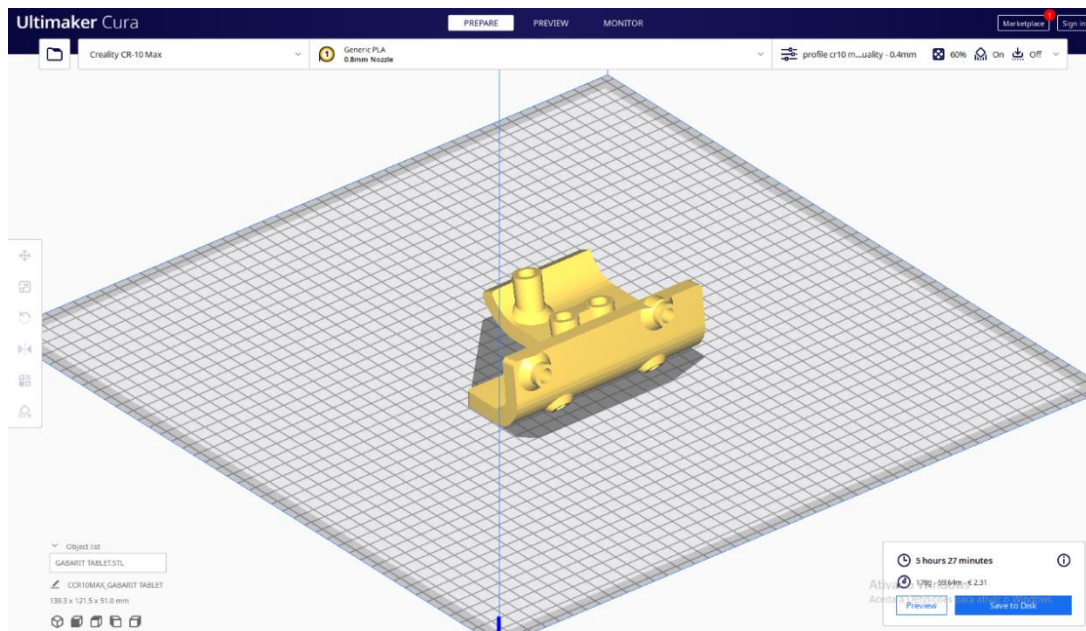
7.12 Anexo L – Cartões Kanban Fresadora CNC > Pré-Montagem



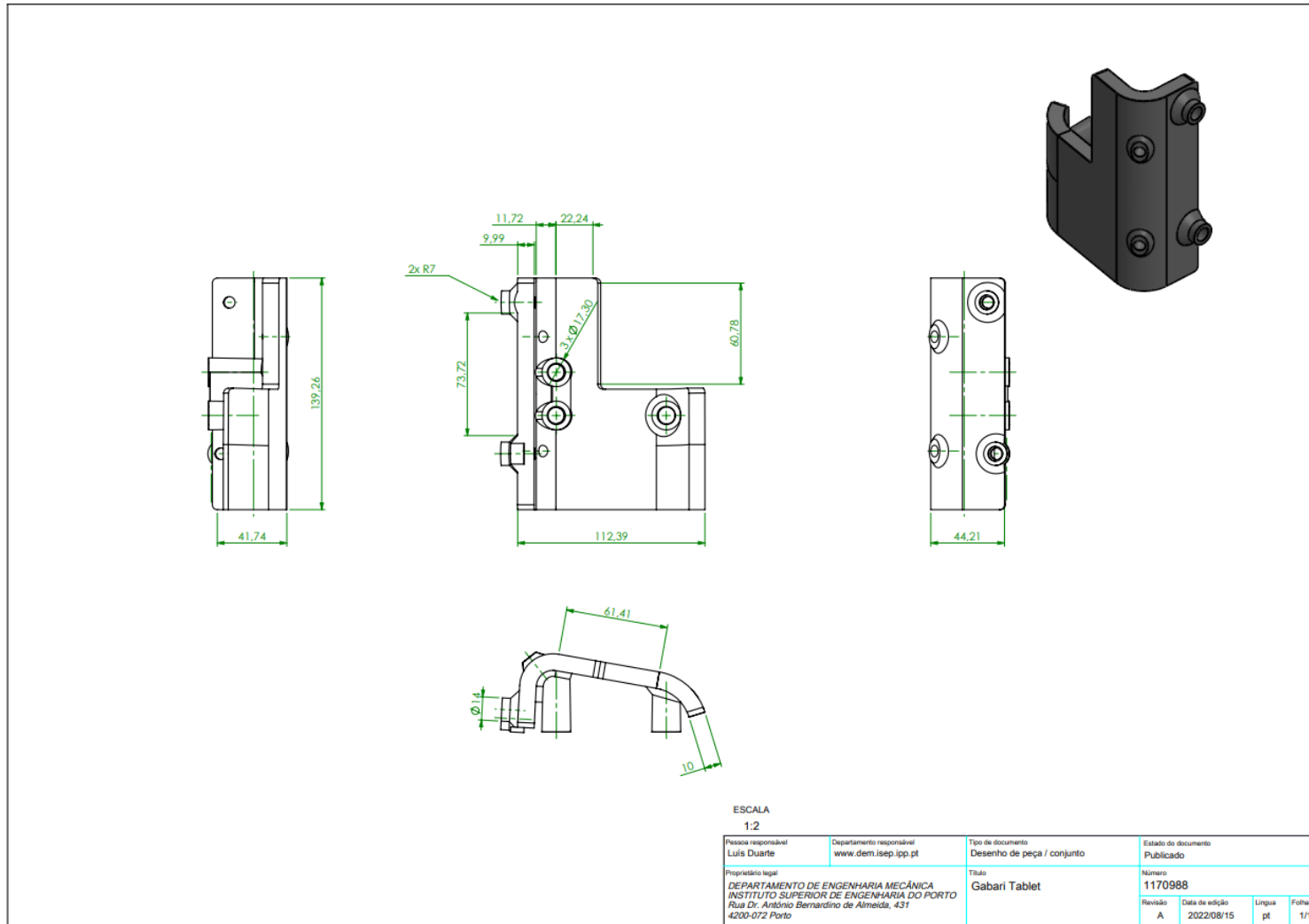
7.14 Anexo N – Processo de Furação das Caixas de Tablet



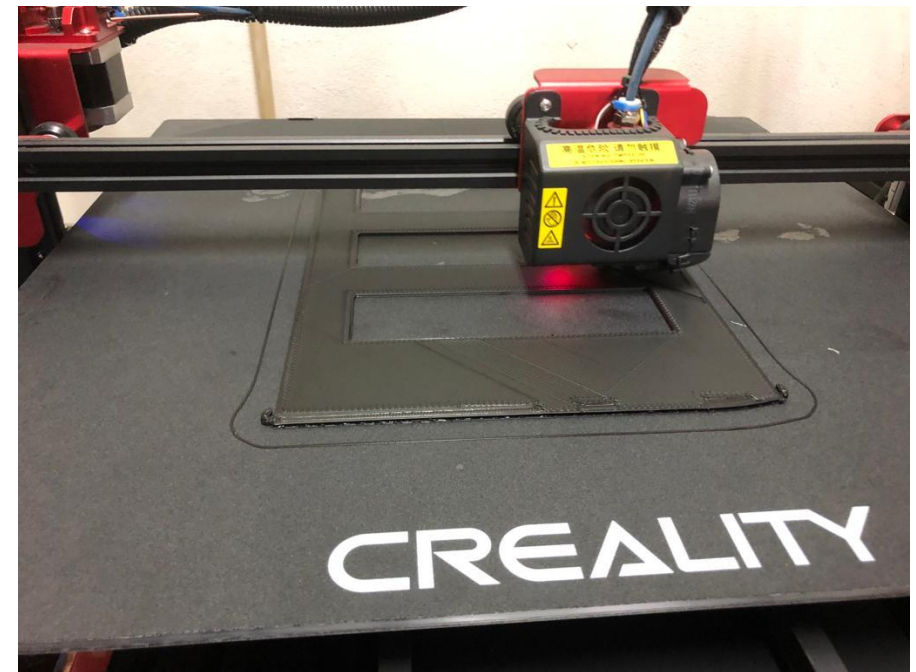
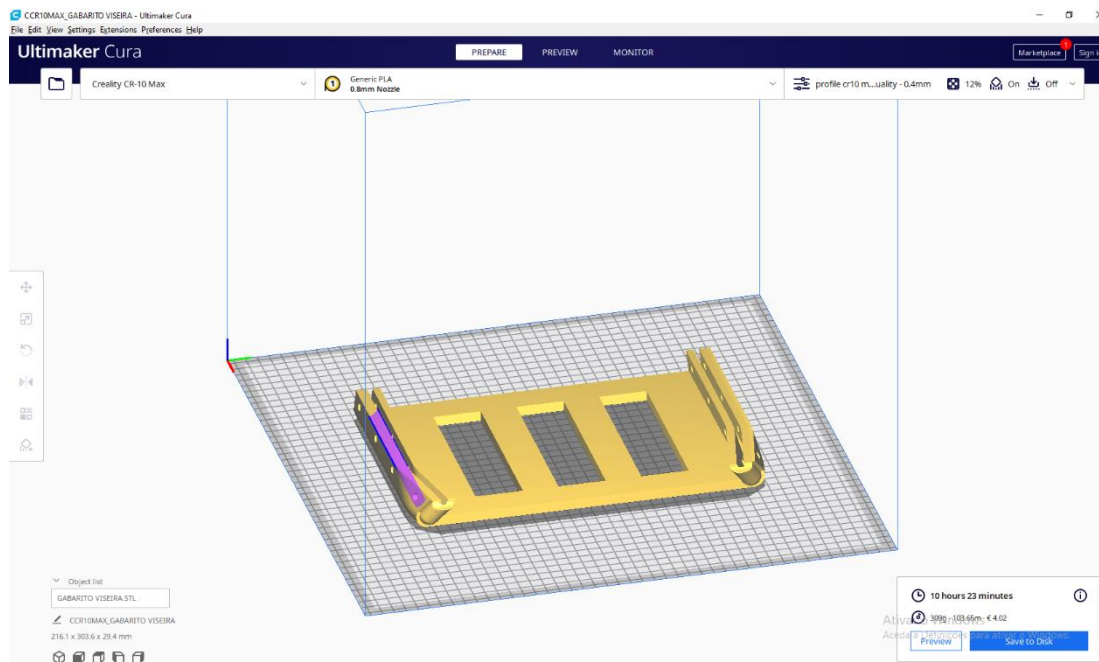
7.15 Anexo O – Software CURA e Impressão 3D - Gabari Tablet



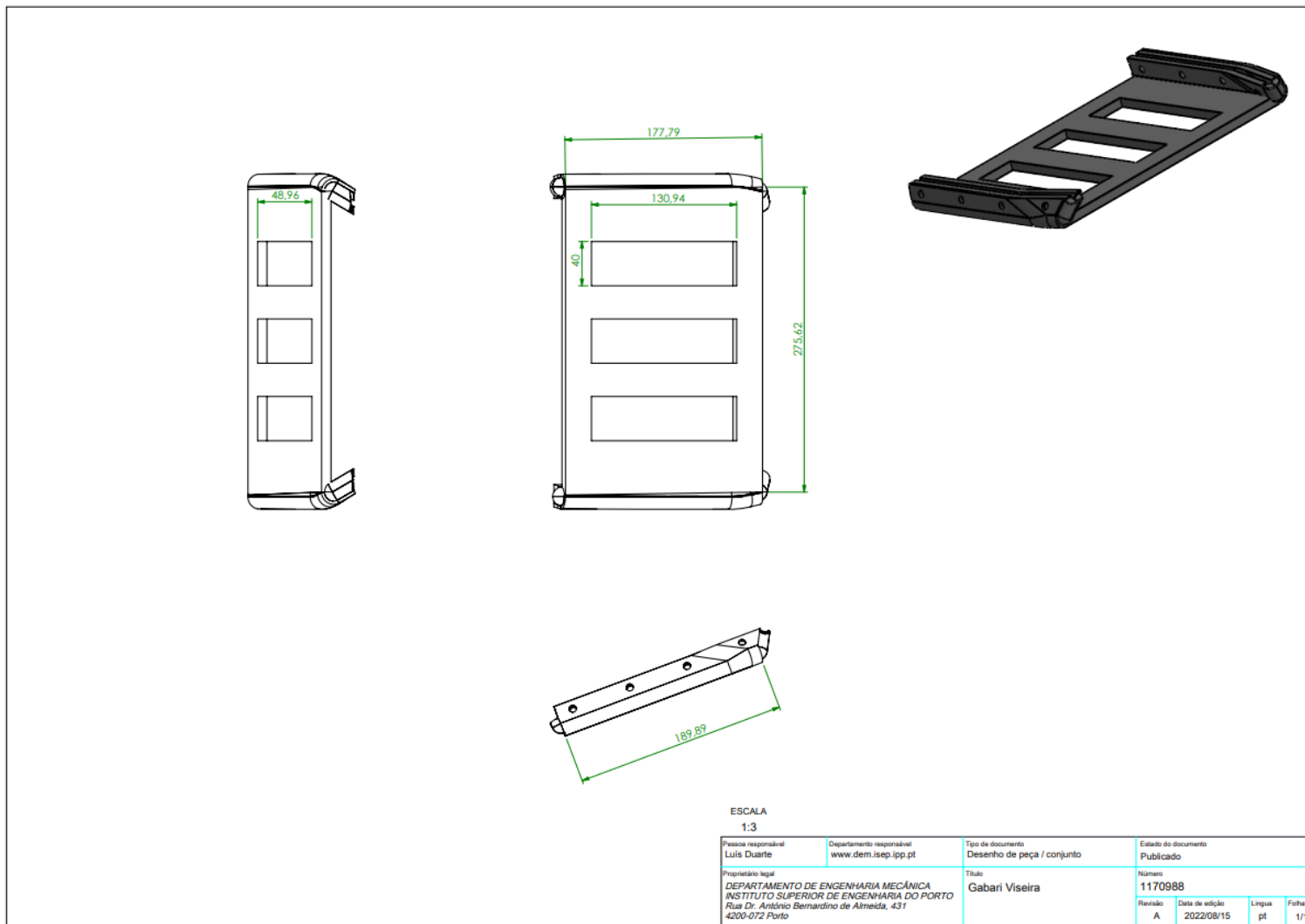
7.16 Anexo P – Desenho Técnico Gabari Tablet



7.17 Anexo Q – Software CURA e Impressão 3D - Gabari Viseiras



7.18 Anexo R – Desenho Técnico Gabari Viseiras



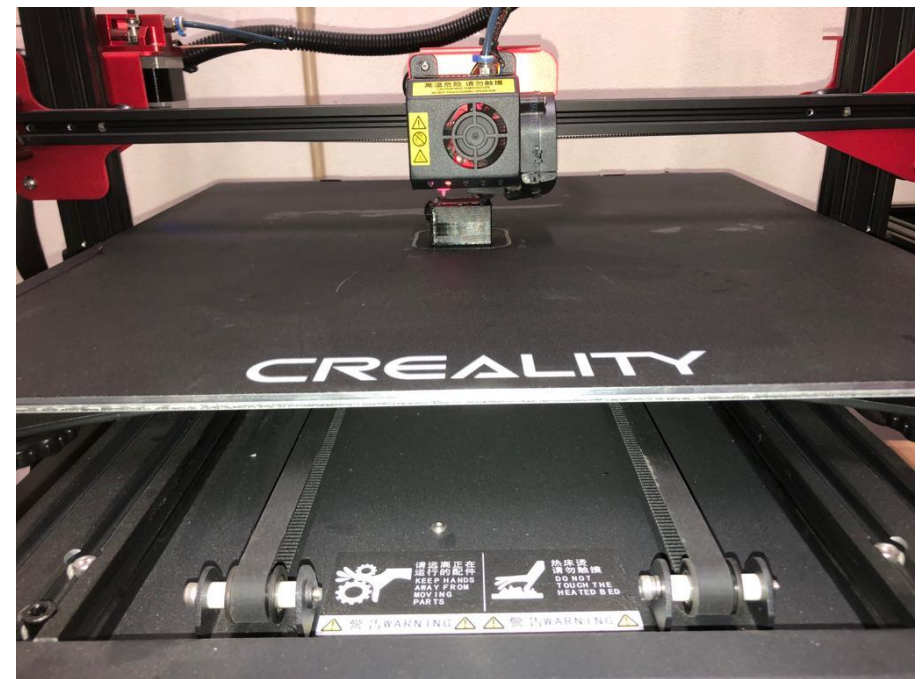
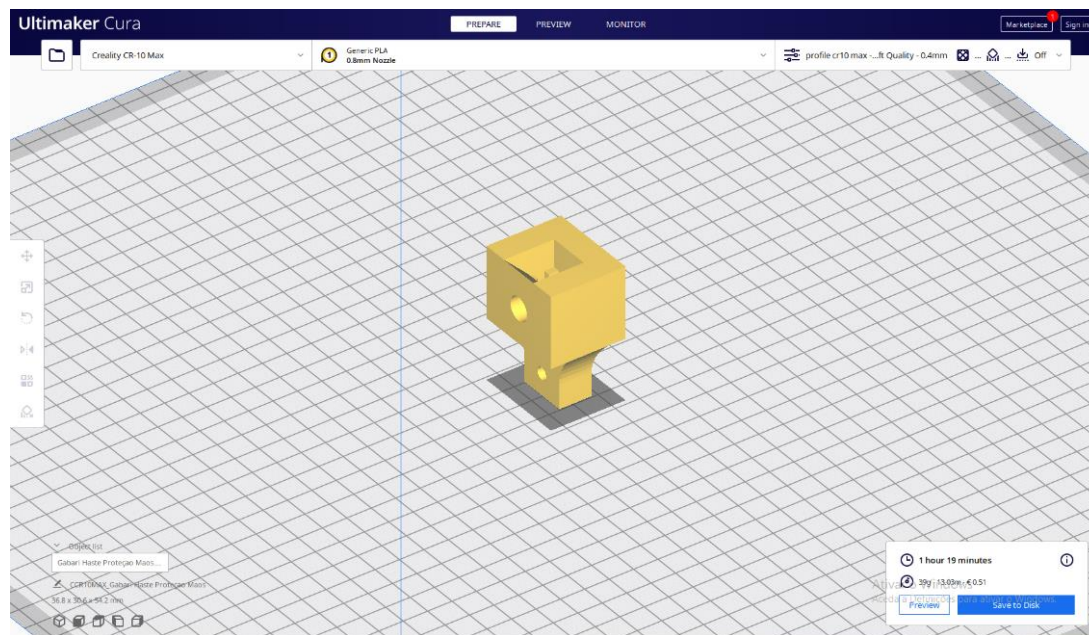
7.19 Anexo S – Processo de Furação das Viseiras



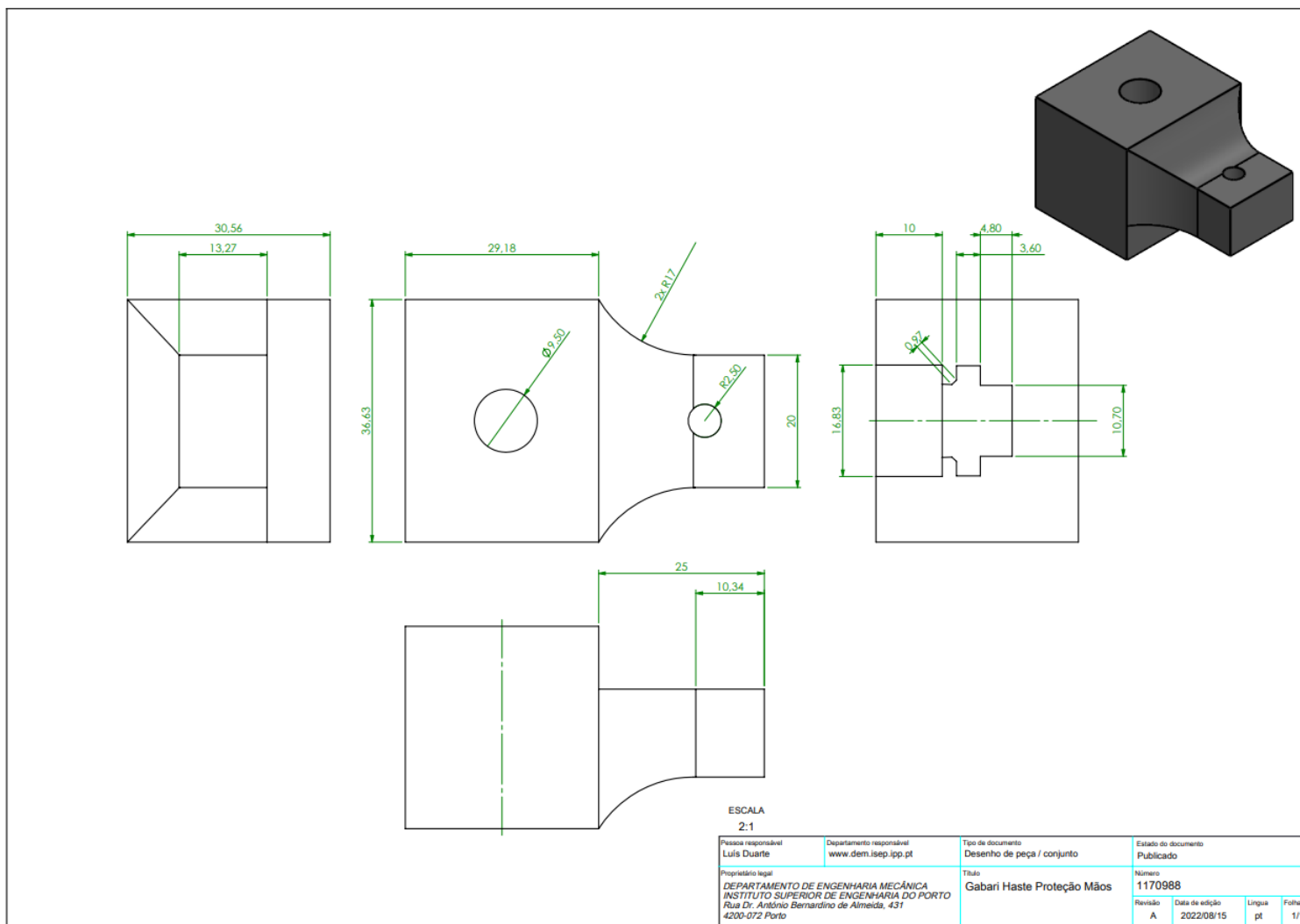
7.20 Anexo T – Localização das Hastes das Proteções de Mãos nos motociclos



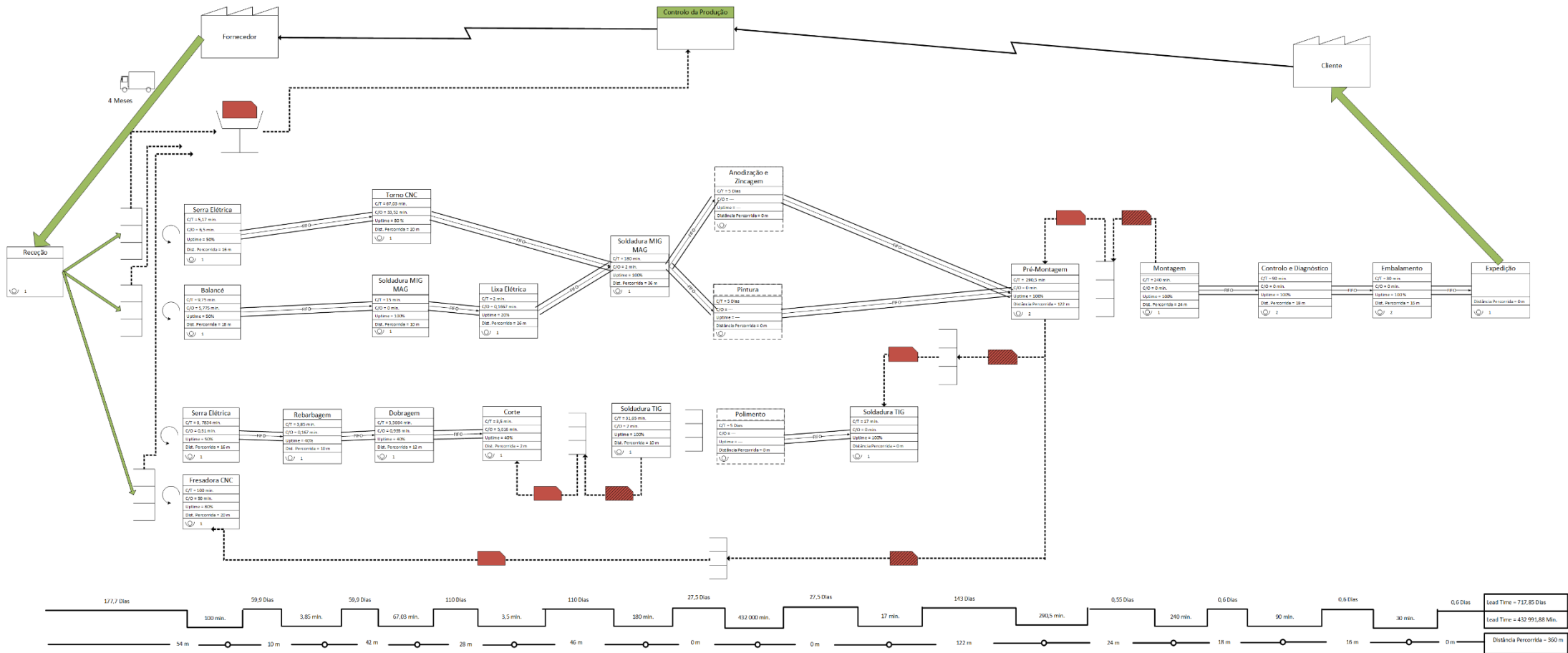
7.21 Anexo U – Software CURA e Impressão 3D - Gabari Hastes Proteção de Mãos



7.22 Anexo V – Desenho Técnico Haste Proteção de Mãos



7.23 Anexo X – Value Stream Design (VSD)



7.24 Anexo Z – Agenda Reunião Kaizen Diário



Agenda Reunião Kaizen Diário

Participantes: Equipa Supervisora e de Produção

#	Tarefa	Duração
1	Preencher Mapa de Presenças	1'
2	Análise da receção de material	3'
3	Análise de Reclamações e Qualidade	3'
4	Definição das Tarefas Diárias	3'

3.1 Análise de reclamações de importadores, clientes e conformidade do produto

Horário: 09:30

Duração: 10 min.

7.25 Anexo AA - Mapa de Presenças Kaizen Diário



Mapa de Presenças

Mês: _____

Dias Úteis: _____

Nome	1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31	
Marisa																								
João Pinto																								
Paulo Sousa																								
Paulo Cintra																								
Ariana																								
Helena																								
Cristiana																								
Carlos Silva																								
Díogo																								
Válter																								
André Pinto																								
Samuel																								
Bráulio																								
Carlos Sousa																								
André Garcês																								
Luís																								
Hugo																								
Daniel																								

7.26 Anexo BB - Mapa de Férias Kaizen Diário



Mapa de Férias

Ano: _____

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Janeiro																															
Fevereiro																															
Março																															
Abril																															
Mai																															
Junho																															
Julho																															
Agosto																															
Setembro																															
Outubro																															
Novembro																															
Dezembro																															

Posto de Trabalho	Funcionário
Montagem	Carlos Silva
	Diogo
	Válter
Pré-Montagem	André Pinto
	Samuel
Torno CNC	Bráulio
Soldadura MIG-MAG	Carlos Sousa
Soldadura TIG	André Garcês
Serra Elétrica, Balancé	Luís
Fresadora CNC	Hugo

7.27 Anexo CC - Plano de Trabalhos Kaizen Diário

**Plano de Trabalhos**

Responsável pela Atualização: _____

Dia da Semana: _____

PRÉ-MONTAGEM	MONTAGEM	SOLDADURA MIG-MAG	SOLDADURA TIG	TORNO CNC	FRESADORA CNC	BALANCÉ

7.28 Anexo DD - Folha das Necessidades Kaizen Diário



Folha das Necessidades

Levantamento das necessidades em termos de ferramentas, manutenção de equipamentos, placas com a designação dos equipamentos, materiais de arrumação e equipamentos de segurança

#	Necessidade	Justificação
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

7.29 Anexo EE - Indicador de Desempenho: Produtividade Kaizen Diário

**Indicador de Desempenho: Produtividade**

Mês: _____

Responsável pela atualização: _____

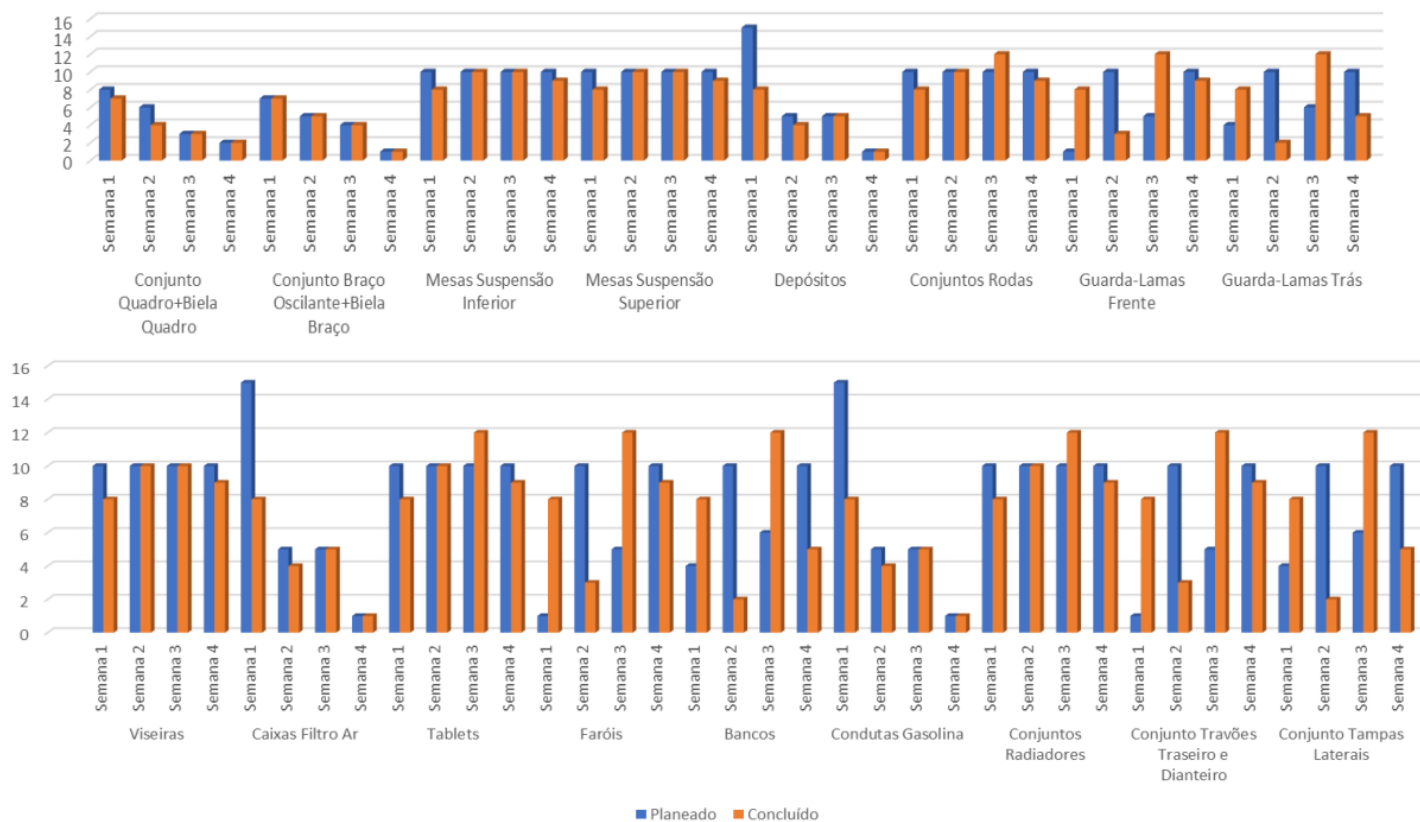
Posto de Trabalho	Planeado	Concluído
Montagem		
Pré-Montagem		
Fresadora CNC		
Soldadura TIG		
Soldadura MIG-MAG		

7.30 Anexo FF - Avaliação Gráfica Produtividade



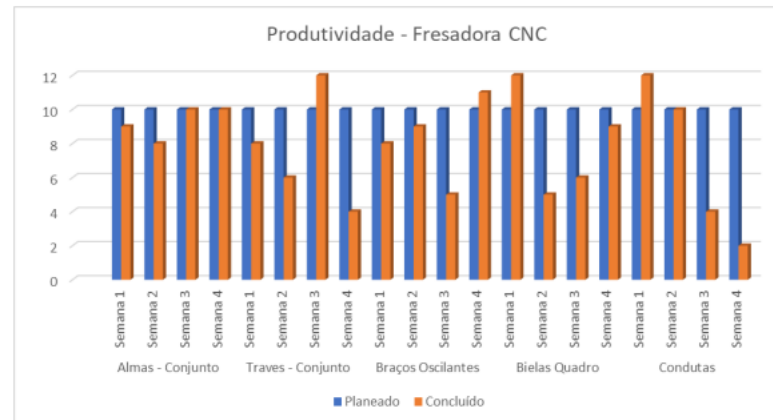
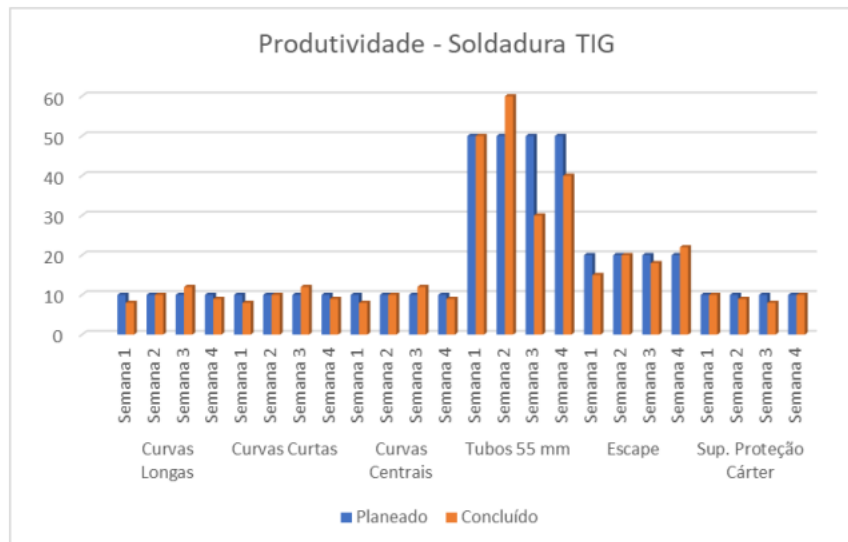
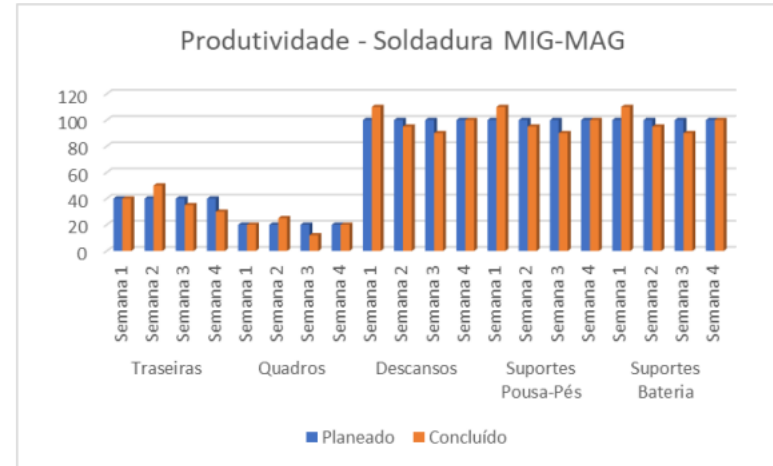
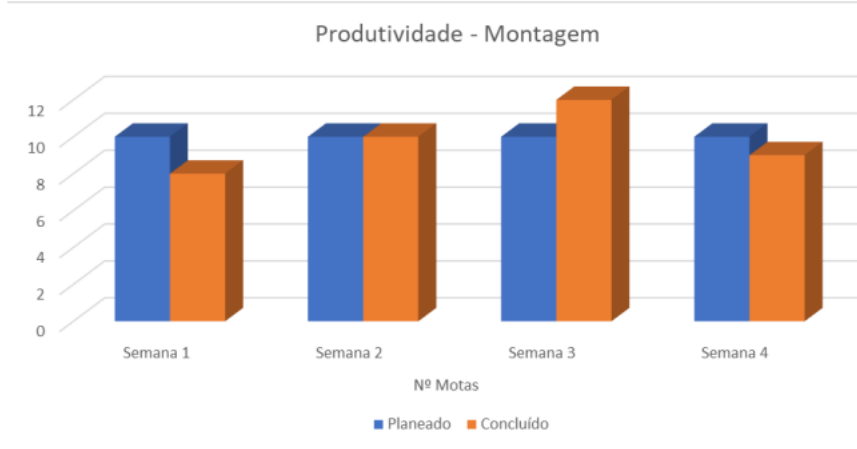
Indicador de Desempenho: Produtividade

Produtividade - Pré-Montagem





Indicador de Desempenho: Produtividade



7.31 Anexo GG - Indicador de Desempenho: Reclamações Kaizen Diário

**Indicador de Desempenho: Reclamações**

Mês: _____

Responsável pela atualização: _____

Semana 1	Reclamação	Causa
Semana 1		
Semana 2		
Semana 3		
Semana 4		

7.32 Anexo HH - Avaliação Gráfica Reclamações



Indicador de Desempenho: Reclamações



7.33 Anexo II - Cartões *Kamishibai* Verdes

7.34 Anexo JJ - Cartões *Kamishibai* Vermelho

7.35 Anexo KK – Dados WIP antes e após aplicação de um sistema Kanban

CORTE > SOLDADURA TIG	WIP antes KANBAN	WIP depois KANBAN
	<u>Curvas Longas</u> : WIP = 50/1=50 <u>Curvas Curtas</u> : WIP = 50/1=50 <u>Curva Central</u> : WIP = 50/1=50 <u>Tubo 55 mm</u> : WIP = 109/1=109	<u>Curvas Longas</u> : WIP = 9/1=9 <u>Curvas Curtas</u> : WIP = 9/1=9 <u>Curva Central</u> : WIP = 6/1=6 <u>Tubo 55 mm</u> : WIP = 54/1=54
LEAD TIME = 109/1.818 = 59,9 DIAS	LEAD TIME = 54/1.818 = 29,7 DIAS	
SOLDADURA TIG > PRÉ- MONTAGEM	WIP antes KANBAN	WIP depois KANBAN
	<u>Escape Inox</u> : WIP = 50/1 = 50 <u>Suporte Prot. Carter</u> : WIP = 50/1=50	<u>Escape Inox</u> : WIP = 1/1 = 1 <u>Suporte Prot. Carter</u> : WIP = 1/1 = 1
LEAD TIME = 50/1.818 = 27,5 DIAS	LEAD TIME = 1/1.818 = 0,55 DIAS	
FRESADORA CNC > PRÉ- MONTAGEM	WIP antes KANBAN	WIP depois KANBAN
	<u>Traves</u> : 156 traves, são precisas 2, WIP = 156/2 = 78 <u>Almas</u> : 193 almas, são precisas 2, WIP = 193/2 = 96,5 <u>Braços oscilantes</u> : 136 braços, é preciso 1, WIP = 136/1 = 136 <u>Bielas de Quadro</u> = 323 bielas, é preciso 1, WIP = 323/1 = 323 <u>Conduatas PR7</u> : 65 conduatas, é precisa 1, WIP = 65/1= 65	<u>Traves</u> : 20 traves, são precisas 2, WIP = 20/2 = 10 <u>Almas</u> : 20 Almas, são precisas 2, WIP = 20/2 = 10 <u>Braços Oscilantes</u> : 10 Braços, é preciso 1, WIP = 10/1 = 10 <u>Bielas de Quadro</u> = 10 Bielas, é preciso 1, WIP = 10/1 = 10 <u>Conduatas PR7</u> : 10 Conduatas, é preciso 1, WIP = 10/1 = 10
LEAD TIME = 323/1.818 = 177,67 DIAS	LEAD TIME = 10/1.818 = 5,5 DIAS	
PRÉ- MONTAGEM > MONTAGEM	WIP antes KANBAN	WIP depois KANBAN
	WIP = 20/1 = 20	WIP = 1/1 = 1
LEAD TIME = 20/1.818 = 11 DIAS	LEAD TIME = 1/1.818 = 0,55 DIAS	