

# **Aumento da eficiência da linha de assemblagem na produção de elevadores**

*Sara da Silva Ferreira*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Professor Jonas Lima



**Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial**

2020-07-10

# Resumo

O presente projeto foi realizado no âmbito de uma dissertação de mestrado relativa ao curso de Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Porto. O estudo, desenvolvido em conjunto com o departamento de Engenharia de Processo, teve como objetivo melhorar a eficiência da linha de montagem mecânica das cabinas e do equipamento de caixa na produção de um elevador na empresa Schmitt-Elevadores.

O projeto surgiu da necessidade de incrementar a capacidade produtiva de 25 para 30 elevadores por semana de modo a responder ao aumento da procura do produto. Tornou-se imperativo arranjar soluções para reduzir ou eliminar os desperdícios, assim como balancear os vários postos de trabalho de forma a evitar locais com tempos de ciclo acima do *takt time*, através da implementação de uma filosofia *Lean*. Esta filosofia tem como objetivo aumentar o lucro e competitividade de uma indústria através da eliminação de desperdícios, redução do tempo de ciclo e do custo dos componentes. A ferramenta *Lean* que serviu como base a este projeto foi o método DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*).

A primeira fase, *Define*, correspondeu à análise teórica de todo o processo de montagem mecânica e dos desperdícios aí presentes. Foi possível compreender a situação atual das diversas células e identificar as principais oportunidades de melhoria. Para tal, foi fundamental a recolha dos testemunhos e opiniões dos funcionários dessa secção.

Na etapa seguinte, *Measure*, através do recurso a filmagens, foram levantados os tempos das tarefas, as quantidades e o percurso dos materiais de cada posto da secção relativa a este projeto.

A elaboração de um gráfico de balanceamento na etapa *Analyze* permitiu identificar os *bottlenecks* e estudar os fluxos de materiais ao longo da linha de montagem. Esta análise permitiu identificar possibilidades de melhoria e delinear o melhor modo de atuação.

Na fase seguinte, referente à etapa *Improve* do método DMAIC, estabeleceram-se prioridades relativamente às áreas de foco sendo avaliados os prós e os contras das soluções propostas. Foram selecionadas as que melhor se adequavam às situações tendo em consideração o esforço necessário de implementação tais como custos, dificuldades de implementação e a aplicabilidade. Foram elaboradas propostas de melhorias para o fluxo de embalagem, alteração do local de execução de tarefas, e modificação de *layout*, entre outras, cuja aplicação tivesse impacto na eficiência da secção em estudo.

Na última etapa, *Control*, foi realizada uma avaliação do impacto das soluções implementadas. Esta verificação foi espelhada nos gráficos de balanceamento e na diminuição dos desperdícios de cada posto de trabalho. Esta fase do projeto foi limitada pelas medidas de contenção pela pandemia de Covid-19, não tendo sido possível implementar todas as soluções pensadas nem retirado o *feedback* dos operadores após a implementação das melhorias. Como alternativa, foi elaborado um plano de ações futura que permita a implementação das restantes medidas sugeridas assim que as condicionantes o possibilitem.

# Abstract

## **Increasing the efficiency of an assembly line in the production of elevators**

This project was carried out as part of a master's dissertation of the Industrial Engineering and Management course at the University of Porto. The study was developed together with the Process Engineering department and aimed to improve the efficiency of the assembly line in the production of an elevator at the company Schmitt-Elevators.

The project arose from the need to increase the production capacity from 25 to 30 elevators per week, in order to respond to the increased demand for the product. It is imperative to develop solutions to reduce or eliminate waste, as well as balance the production line as a means to reduce the number of work cells with cycle times above takt time. This is done through the implementation of the Lean philosophy throughout the assembly line.

This philosophy aims to increase the profit and competitiveness of an industry through the elimination of waste, decrease in the cycle time and in the costs of components. The Lean tool that served as the basis for this project was the DMAIC method (Define, Measure, Analyze, Improve and Control).

The first phase, Define, corresponds to the theoretical analysis of the entire assembly line processes and the waste found there. It was possible to understand the current situation of the different cells and to identify the main improvement opportunities. To this end, it was essential to collect statements and opinions from employees in this section.

In the next step, Measure, all the times of the tasks, quantities and the route of materials of each cell were obtained through the use of video of the processes.

The elaboration of a balance graph in the Analyze step allowed for the identification of bottlenecks and the study of the material flows along the assembly line. This analysis enabled the identification of improvement opportunities and to define the best mode of action.

In the following phase, referring to the step Improve of the DMAIC method, the priorities regarding the focus areas were established and the pros and cons of the solutions were evaluated. The solutions that best suited the situations taking into account the necessary effort of implementation such as costs, difficulties in implementation and applicability were selected. Suggestions of improvements were made to the packaging flow, to the place of execution of tasks, and to the layout, among others, whose application had an impact on the efficiency of the section under study.

In the last step, Control, an impact evaluation of the implemented solutions was carried out. This verification was specified in the balance charts and in the reduction of waste in each workstation. This phase of the project was limited by the containment measures caused by Covid-19 pandemic, thus it was not possible to implement the solutions or receive feedback from workers, necessary in this control phase. As an alternative, an action plan was prepared to allow for the implementation of the suggested measures in the future, as soon as possible.

# Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer ao Eng.º Alexander Iken, ao Dr. Miguel Franco e ao Dr. Pascoal Pereira pela oportunidade de realizar este projeto na Schmitt-Elevadores, assim como pelo seu apoio e orientação.

Quero igualmente agradecer ao Eng.º Eládio Pires por todo o conhecimento que partilhou comigo, pela sua orientação, toda a ajuda e disponibilidade demonstradas. Ao Eng.º Tiago Resende por todo o apoio e orientação ao longo do projeto. Ao Sr. Fernando Carvalho pelas partilhas e ensinamentos e pelo seu bom exemplo de liderança. A toda a equipa da linha de montagem de cabinas e equipamento de caixa, em especial ao *team leader* Sérgio Martins pela constante disponibilidade para me apoiar.

Agradeço ainda ao Professor Jonas Lima, pelo apoio e orientação, bem como pela disponibilidade ao longo do projeto.

Por fim, um agradecimento especial à minha família e a todas as pessoas importantes da minha vida, em particular aos meus pais, que estão sempre ao meu lado e me fazem ser quem sou e chegar onde cheguei.



*"People who are crazy enough to think they can change the world, are the ones who do."*

Rob Siltanen

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Schmitt + Sohn Elevadores . . . . .	1
1.2	Enquadramento do Projeto . . . . .	2
1.3	Objetivos do projeto . . . . .	3
1.4	Método seguido no projeto . . . . .	3
1.5	Estrutura da dissertação . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Revisão de literatura</b>	<b>6</b>
2.1	Princípios de <i>Lean Manufacturing</i> . . . . .	6
2.1.1	Tipos de <i>muda</i> . . . . .	7
2.1.2	<i>Just in Time</i> . . . . .	8
2.2	Ferramentas <i>Lean</i> . . . . .	10
2.2.1	Balanceamento da linha de produção . . . . .	10
2.2.2	<i>Six Sigma</i> . . . . .	12
2.2.3	Metodologia 5S . . . . .	14
2.2.4	Ciclo PDCA . . . . .	15
2.2.5	Relatório A3 . . . . .	16
2.2.6	<i>Standard Work</i> . . . . .	17
2.2.7	<i>Key Performance Indicators</i> (KPI) . . . . .	17
2.2.8	<i>Visual Management</i> (VM) . . . . .	18
<b>3</b>	<b>Descrição da Situação Inicial</b>	<b>19</b>
3.1	Enquadramento geral do projeto . . . . .	19
3.1.1	Descrição geral do processo produtivo da Schmitt-Elevadores . . . . .	19
3.1.2	Filosofia de produção da Schmitt-Elevadores . . . . .	21
3.2	Descrição da secção de equipamento de caixa e cabinas . . . . .	23
3.3	Análise da secção onde decorre o projeto . . . . .	27
3.4	Projeto FAB – identificação dos problemas . . . . .	39
<b>4</b>	<b>Solução proposta</b>	<b>41</b>
4.1	Projeto FAB - resolução dos problemas . . . . .	41
4.2	Resolução dos <i>muda</i> individuais . . . . .	42
4.3	Gráficos finais teóricos . . . . .	50
4.4	Implementação . . . . .	51
<b>5</b>	<b>Conclusões e perspetivas de trabalho futuro</b>	<b>54</b>
<b>A</b>	<b>Relatório A3</b>	<b>59</b>
<b>B</b>	<b>Ferramentas método DMAIC</b>	<b>60</b>

<b>C</b>	<b>Instrução de trabalho</b>	<b>61</b>
<b>D</b>	<b>Fluxo do processo FAB</b>	<b>62</b>
<b>E</b>	<b>Template caça ao <i>muda</i></b>	<b>63</b>
<b>F</b>	<b>Template anotações célula das fixações</b>	<b>64</b>
<b>G</b>	<b>Fluxo atual de embalamento</b>	<b>65</b>
<b>H</b>	<b>Sugestão para novo fluxo de embalagem</b>	<b>66</b>
<b>I</b>	<b>Plano de implementação</b>	<b>67</b>

# Acrónimos e Siglas

DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>
DIS+	<i>Daily Improvement Schmitt</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FIFO	<i>First In, First Out</i>
JIT	<i>Just in time</i>
MTM	<i>Method time measurement</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PEP	Departamento de planeamento e produção
TQM	<i>Total quality management</i>
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
VM	<i>Visual Management</i>
VOC	<i>Voice of customer</i>

# Lista de Figuras

1	Etapas do processo produtivo . . . . .	2
2	Cronograma do projeto . . . . .	4
3	Tempo prévio de produção em cada departamento . . . . .	20
4	Planta da unidade fabril Schmitt 2 (Fonte: Schmitt, 2019) . . . . .	21
5	Níveis do projeto DIS+ . . . . .	21
6	Quadro DIS+ (Fonte: Schmitt, 2019) . . . . .	22
7	Sequenciador . . . . .	23
8	Estrutura da linha de produção . . . . .	24
9	Estrutura da célula de cabina . . . . .	25
10	Estrutura da célula de fundos e tetos . . . . .	26
11	Modelo utilizado para descrever e classificar as tarefas . . . . .	27
12	Quadro resumo das tarefas da célula das arcadas . . . . .	28
13	Tempo de fabrico de cada subconjunto nos diferentes postos de trabalho . . . . .	28
14	Tempo de valor acrescentado e <i>muda</i> em cada posto de trabalho . . . . .	29
15	Anotações de um operador . . . . .	30
16	Retificação do furo da arcada . . . . .	30
17	Mesa de ferramentas . . . . .	31
18	Palete bloqueada . . . . .	31
19	Carro de obra . . . . .	32
20	<i>Kommbox</i> de obra . . . . .	32
21	Zona <i>in</i> fixações . . . . .	32
22	Estante da <i>supply chain</i> . . . . .	33
23	Zona <i>in</i> arcadas . . . . .	33
24	Calços de espelho . . . . .	34
25	Elaboração de kits . . . . .	34
26	Célula de embalagem . . . . .	35
27	Gráfico de tempo de construção das paletes . . . . .	35
28	Fluxo de embalamento da palete 5 . . . . .	36
29	Montagem de obras especiais . . . . .	36
30	<i>Stock</i> de paletes . . . . .	37
31	Representação do <i>Layout</i> atual . . . . .	37
32	Zona <i>out</i> palete 4 e 5 . . . . .	38
33	Fundo e teto com chapa de segurança . . . . .	39
34	Eclisses embrulhadas em plástico . . . . .	39
35	Síntese do caça ao <i>muda</i> na secção das cabinas e fixações . . . . .	40
36	Colocação de uma tampa no furo da arcada . . . . .	42

37	Exemplo da aplicação do método 5S na organização de ferramentas . . . . .	43
38	Elaboração de um saco com 40 abraçadeiras . . . . .	44
39	Caixa de expedição de <i>kits</i> de fixação . . . . .	44
40	Caixa de armazenamento de <i>kits</i> de fixação . . . . .	45
41	Amarração do fundo e teto à palete no posto de embalagem . . . . .	46
42	Sugestão para fluxo embalagem . . . . .	47
43	Gráfico de tempo de produção por célula após alteração do fluxo de embalagem .	47
44	Tempo de preenchimento das embalagens pelas diferentes células . . . . .	48
45	Tempo de preenchimento das embalagens pelas diferentes células sem sobreposição	48
46	Mesa de trabalho com espaço para colocação de materiais . . . . .	49
47	Sugestão para novo <i>Layout</i> . . . . .	49
48	Gráfico de valor acrescentado e <i>muda</i> após implementação das melhorias . . . .	51
49	Quadro exemplo das soluções propostas e respetivos prós e contras . . . . .	51
50	Matriz esforço impacto das soluções propostas . . . . .	52
51	Organização das tábuas por tamanhos . . . . .	53
52	Tarefas de amarração e fotografia no posto de trabalho de fundos e tetos . . . . .	53

# Capítulo 1

## Introdução

O atual relatório descreve um projeto de melhoria da eficiência na área de montagem de uma linha de produção de elevadores. Este projeto foi realizado no âmbito de uma dissertação de mestrado relativa ao curso de Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Porto. O estudo foi desenvolvido na linha de montagem mecânica do equipamento de caixa e cabinas de elevadores na empresa Schmitt-Elevadores em conjunto com o departamento de Engenharia de Processo.

### 1.1 Schmitt + Sohn Elevadores

A Schmitt-Elevadores, constituída em 1963, é uma empresa portuguesa que se destaca pela customização dos seus elevadores e faz parte da empresa multinacional Schmitt+Sohn, fundada em Nuremberga, Alemanha, em 1861. Esta empresa de caráter familiar pertence à 6ª geração da família Schmitt e dedica-se à produção, montagem, serviço de manutenção e modernizações de ascensores, escadas e tapetes rolantes, home-lifts, plataformas para transporte de cargas e rampas niveladoras de cais. Os seus centros de produção localizam-se nas cidades de Kornburg, Alemanha, e no Porto, Portugal. Possui, ainda, delegações na Alemanha, Portugal, Áustria e República Checa.

Com o objetivo de prestar a maior qualidade ao cliente, a Schmitt-Elevadores é constituída por 1400 colaboradores e para além da unidade situada no Porto, dispõe de seis delegações: Braga, Castelo Branco, Coimbra, Faro, Lisboa e Porto. Com uma taxa de produção de 1400 elevadores por ano, tem um historial de mais de 80 000 elevadores vendidos.

A sede da Schmitt Elevadores, em Leça do Balio, está dividida em duas unidades: a Schmitt 1, com os serviços administrativos, gabinetes técnicos e a produção de componentes elétricos, e a Schmitt 2, constituída pela fábrica onde ocorre todo o processo produtivo de um elevador, desde a transformação mecânica da matéria prima, chapa metálica, até à montagem mecânica dos componentes de um elevador. Esta nave fabril corresponde ao local onde este projeto de dissertação foi realizado. As etapas do processo fabril realizadas nos diferentes departamentos estão representadas na Figura 1.

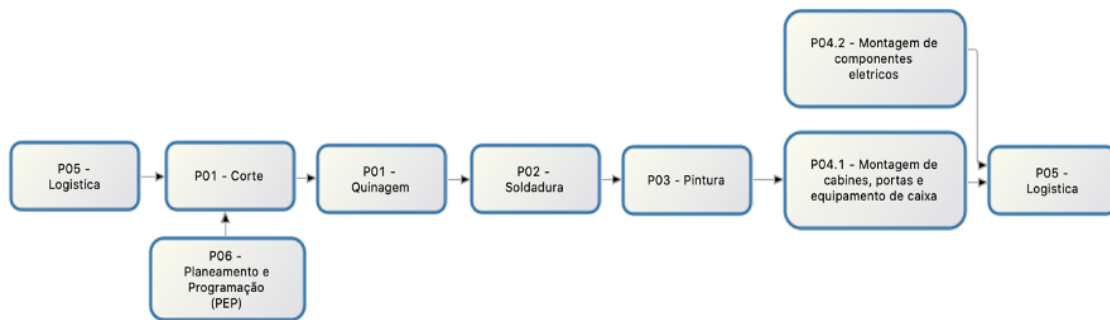


Figura 1: Etapas do processo produtivo

Este projeto foi realizado na secção de montagem de cabines e equipamento de caixa, correspondendo à assemblagem mecânica de vários componentes de um elevador.

## 1.2 Enquadramento do Projeto

A secção de montagem de cabines e equipamento de caixa é constituído por 7 postos de trabalho, cada qual com um operador responsável pela montagem das peças respetivas a esse posto. A equipa é constituída por um *team leader*, cuja função se centra na orientação dos colaboradores e resolução de não conformidades ou faltas de material que possam ocorrer durante a produção. O *team leader* recorre ao chefe de secção, que assegura o bom cumprimento e performance de toda a secção de modo a serem atingidos os objetivos da empresa. Por fim, os chefes de secção respondem ao encarregado geral encarregue da coordenação de toda a unidade fabril.

Este projeto decorre numa fase em que há a necessidade de incrementar a capacidade produtiva de 25 para 30 elevadores por semana de modo a acompanhar o aumento da procura do produto com a constante exigência dos consumidores. Para que a linha produtiva consiga dar resposta à procura terá de haver um aumento da eficiência mantendo a atual capacidade instalada da secção de montagem de cabines e equipamento de caixa. Acresce assim a exigência para encontrar soluções que permitam reduzir ou eliminar os desperdícios, assim como balancear os vários postos de trabalho de forma a evitar locais com tempos de ciclo acima do *takt time*, através da implementação de uma filosofia *Lean*.

A Schmitt Elevadores tem uma cultura de melhoria contínua que aplica há vários anos com o fim de alcançar objetivos cada vez mais ambiciosos. Os métodos e ferramentas *Lean* utilizados tiveram como base os princípios e ferramentas empregues pela empresa nas suas práticas de melhoria.

Em conjunto com este processo contínuo de melhoria, o projeto apresentado foi inserido em dois grandes planos a decorrer na empresa. Um deles, desenvolvido pelos chefes das várias secções do fabrico e pelo encarregado geral com a colaboração da engenharia de processo, consiste na identificação dos principais desperdícios de várias secções fabris observados no chão de fábrica, com posterior discussão e resolução dos mesmos. O segundo, desenvolvido pelo *team leader* e o chefe de secção da linha de produção respetiva, conjuntamente com o encarregado geral e o



departamento de engenharia de processo, tem como principal objetivo repensar no *layout* da linha de montagem mecânica de forma a torná-lo melhor e otimizá-lo.

### 1.3 Objetivos do projeto

Com o fim de aumentar a produtividade da linha de produção surge a necessidade de incrementar a eficiência da linha de montagem de cabinas e equipamento de caixa. Para alcançar este objetivo foram utilizadas metodologias *Lean* delineando-se as seguintes ações:

1. Balancear a linha de modo a distribuir de forma mais otimizada as tarefas pelos diversos postos;
2. Garantir que o tempo de ciclo de cada posto de trabalho é inferior ao *takt time*;
3. Organizar o processo de embalagem da linha;
4. Alterar *layout*, de forma a otimizar o espaço e o processo de produção;
5. Desenvolver ferramentas de controlo para assegurar a continuidade da execução das medidas de melhoria.

### 1.4 Método seguido no projeto

Foram realizadas reuniões semanais, de forma a alinhar a equipa quanto às ações a realizar e à execução das tarefas conforme o plano. Estas tiveram uma importância crucial, pois permitiram uma orientação e ajustamento constantes das ações a tomar durante o projeto, fundamentais para o sucesso do mesmo. Nestas reuniões foram abordados diversos tópicos, tais como, os sucessos e insucessos dessa semana, as suas implicações e respetivas lições tiradas. O cronograma inicialmente realizado era observado para ver o seu cumprimento e eram planeados os trabalhos a realizar na semana seguinte.

Primeiramente, como referido, foi planeado com os orientadores um cronograma de trabalho com as tarefas a executar ao longo da duração do projeto. Na Figura 2, em cada linha estão representadas as tarefas a realizar e em cada coluna o respetivo prazo de execução dessas tarefas, sendo que esse prazo é referente a semana do ano (e.g. 13 representa a semana de 23 a 27 de março de 2020). O projeto decorreu entre a semana 7 e 24 do ano de 2020 e durante estas 18 semanas foi executado, em paralelo, o projeto na empresa e a escrita da dissertação sobre o mesmo.

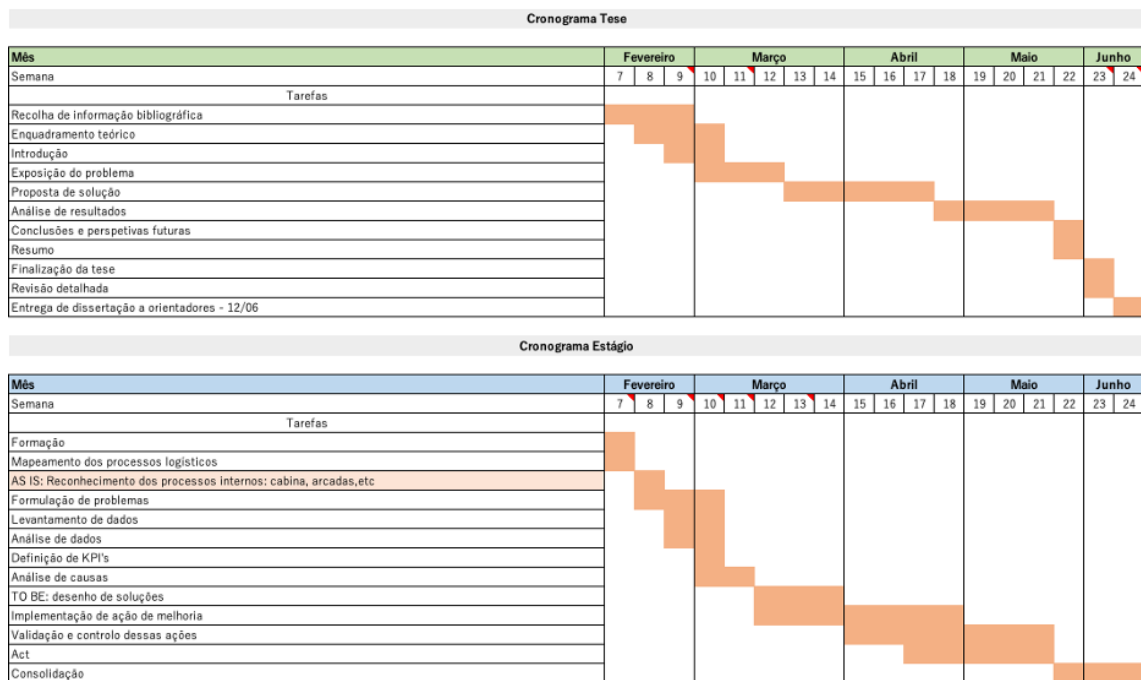


Figura 2: Cronograma do projeto

A primeira semana foi preenchida com formações sobre a empresa e os seus procedimentos e numa explicação global das várias secções da empresa com o objetivo de compreender os métodos de trabalho adotados na Schmitt Elevadores. Foi, também, elaborado um mapeamento dos processos logísticos de todo o processo e em particular da área de atuação deste projeto, de forma a ter uma visão geral do funcionamento do processo, desde a encomenda efetuada pelo cliente até à expedição da mesma.

Numa segunda fase é iniciada a etapa *Define* do método DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*). Esta é baseada numa análise teórica de todo o processo de montagem mecânica e dos desperdícios aí presentes. O objetivo é compreender a situação atual das diversas células e das tarefas realizadas, assim como, identificar as principais oportunidades de melhoria. Para tal, é fundamental recolher os testemunhos e as opiniões dos funcionários dessa secção. Após esse levantamento é possível ter um conhecimento aprofundado do que é realizado em cada posto de trabalho e delinear o foco de atuação.

A etapa seguinte, correspondente à fase *Measure* do método DMAIC, foi essencial pois foram recolhidos todos os dados relevantes para o projeto de forma a encontrar uma resposta adequada para o problema proposto. Nesta fase foram levantados os tempos das tarefas através de filmagens assim como as quantidades e o percurso dos materiais de cada posto da secção fabril onde ocorreu o projeto.

Após identificação dos tempos de cada tarefa, prosseguiu-se para a etapa *Analyse* do DMAIC, que consistiu na elaboração de um gráfico de balanceamento onde foram identificados os *bottle-necks* e analisados os fluxos de materiais ao longo da linha de montagem. Esta análise permitiu identificar algumas possibilidades de melhoria e definir o melhor modo de atuação para que seja

atingido o objetivo final: o aumento da produtividade da linha.

Em seguida a identificar quais as oportunidades de melhoria e onde atuar, foram modeladas algumas soluções viáveis. Nesta fase referente à etapa *Improve* do método DMAIC, estabeleceram-se prioridades relativas às áreas de foco e foram avaliados os prós e os contras das soluções propostas para selecionar as que melhor se adequavam às situações, relativamente à análise dos benefícios tendo em consideração o esforço necessário para implementar essa solução, tais como custos, dificuldades de implementação e a aplicabilidade.

Por fim, na etapa final do método DMAIC, *Control*, foi realizada uma avaliação dos efeitos das soluções implementadas. Esta verificação baseia-se na análise dos gráficos de balanceamento, na diminuição dos desperdícios de cada posto de trabalho e, também, no *feedback* dos trabalhadores do chão de fábrica relativamente ao efeito e cumprimento dessas melhorias.

O relatório A3 construído com base neste projeto, encontra-se no anexo A.

## 1.5 Estrutura da dissertação

O presente relatório, elaborado ao longo do projeto, encontra-se dividido em cinco capítulos.

No presente capítulo introduziu-se, com algum detalhe, a empresa e a secção onde decorreu este trabalho. Foram referidas as motivações e os resultados pretendidos com a realização deste projeto. Por fim, foram definidos os objetivos e a metodologia seguida.

No segundo capítulo é realizada uma análise teórica aos conceitos, métodos e ferramentas utilizados ao longo de todo o projeto para sustentar a definição do problema, assim como, da solução proposta.

No terceiro capítulo é realizada uma análise e descrição detalhada da situação inicial da linha de montagem de cabinas e equipamento de caixa e identificadas oportunidades de melhoria.

No quarto capítulo são descritas detalhadamente as soluções propostas para os problemas apresentados anteriormente e é avaliado o impacto das mesmas na eficiência da linha de produção.

No último capítulo são apresentadas as conclusões do projeto bem como um balanço do que foi realizado e as perspetivas de trabalho futuro.

## Capítulo 2

# Revisão de literatura

O presente capítulo tem como objetivos rever os conceitos e metodologias que servem de base teórica para a realização deste relatório, assim como, apresentar as ferramentas essenciais para o processo de melhoria contínua deste projeto. O estudo aprofundado dos tópicos abordados ao longo do projeto é essencial, visto que as pesquisas realizadas por outros autores sustentam a veracidade deste relatório. No caso desta dissertação, com o objetivo de aumentar a eficiência de uma linha de produção para que esta se torne mais produtiva, faz sentido aprofundar os conceitos *Lean* visto irem de encontro ao tema deste projeto.

Atualmente, as indústrias procuram cada vez mais recursos para melhorar a sua produtividade. Conhecer estas ferramentas que servem para otimizar os seus processos tornar-se essencial para atingir bons resultados e responder à procura (Rekha and al, 2017).

### 2.1 Princípios de *Lean Manufacturing*

A constante necessidade de ultrapassar os competidores, faz as empresas disputarem por fatores como qualidade, tempo de entrega ou custo de produção. Desta forma, as empresas que conseguem ser mais eficientes que as restantes do setor, têm a capacidade para atender uma maior procura (Dziki and Krenczyk, 2019) . A utilização de ferramentas de melhoria que ajudam a alcançar esse objetivo é fundamental, havendo a necessidade de aprofundar o conceito de *Lean Manufacturing*.

Existem cinco princípios essenciais onde assenta o conceito de *Lean Manufacturing* (Womack et al., 1990)

- **Identificar o Valor:** Conhecer quais as especificações do produto importantes para cliente e quanto é que este está disposto a pagar;
- **Identificar a Cadeia de Valor:** Caracterização das atividades em: acrescentam valor para o cliente, não acrescentam valor mas são fundamentais para o processo e não acrescentam qualquer valor, são consideradas desperdícios. Após as atividades serem definidas, os processos considerados desperdícios devem ser eliminados e apenas aqueles que acrescentam valor para o cliente devem ser considerados para a cadeia de valor;

- **Estabelecer o Fluxo Contínuo:** Definir um fluxo de produção organizado e constante de modo a evitar perdas de tempo, paragens ou deslocações;
- **Produção Pull :** Fabrico do produto apenas quando o cliente o pretender, evitando a acumulação de *stock* e desvalorização do mesmo devido ao excesso de quantidade para venda;
- **Obter a perfeição:** A melhoria contínua ou *kaizen* tem como base uma cultura de melhoria constante onde há uma procura incessante para atingir a perfeição do processo produtivo. Como é impossível um processo alcançar o estado de perfeição, a melhoria ocorre de uma forma constante nas condições atuais.

A filosofia *Lean manufacturing* é baseada na *performance* e é usada em indústrias para aumentar o seu lucro e competitividade através da eliminação de desperdícios, redução do tempo de ciclo e do custo dos componentes. Os princípios desta filosofia assentam na melhoria contínua dos processos e na eliminação dos sete desperdícios ou de atividades industriais que não acrescentem valor. Pode ser considerada uma metodologia de gestão do local de trabalho, pois ajuda a melhorar o ambiente de trabalho, a aproveitar as capacidades humanas e, ainda, a aumentar a produtividade. O princípio fundamental desta ideologia é priorizar um grande número de pequenas melhorias em vez de poucas melhorias em grande escala (Rekha and al, 2017).

### 2.1.1 Tipos de *muda*

Atualmente, as empresas em todo o mundo tentam implementar o sistema proposto pela *Toyota* para aumentar a velocidade do processo, reduzir os desperdícios e melhorar a qualidade. O termo Japonês para melhoria contínua é *kaizen* e é o processo de fazer pequenas melhorias e eliminar todos os desperdícios que aumentam custos e não acrescentam valor. A diminuição do tempo de produção devido à eliminação dos *muda* (desperdícios) leva a um aumento da qualidade a um preço menor (Jeffrey K. Liker, 2004) A *Toyota* identificou sete tipos de *muda*, atividades que não acrescentam valor para o cliente no processo de produção. Para além desses, Jeffrey K. Liker (2004) propôs um oitavo, como descrito abaixo :

1. **Sobreprodução:** Ocorre quando são produzidos produtos que não foram encomendados pelo cliente. Nesta situação é consumida maior quantidade de matérias primas e são gerados desperdícios como maior quantidade de produtos em inventário e seu transporte e excesso de mão de obra;
2. **Esperas:** Corresponde à paragem de um operador devido a algum atraso ou limitação de recursos. Esta espera poderá ocorrer devido a falta de material, avaria no equipamento ou longos tempos de *setup* da máquina;
3. **Transportes desnecessários:** Quaisquer movimentações de pessoas, informação, materiais, matéria prima e produtos. Um elevado número de transportes corresponde a gasto de tempo e recursos;

4. **Inventário:** Refere-se ao excesso de matéria prima, produto acabado ou produtos em processo. O inventário resulta em elevados custos de armazenamento, ocupação de espaço, elevado tempo de produção, atrasos, obsolescência e produtos danificados. Para além disso o excesso de inventário esconde problemas como desequilíbrios de produção, entregas atrasadas de fornecedores, defeitos, tempo de inatividade dos equipamentos e longos tempos de *setup*;
5. **Sobre processamento:** Execução de processos que, do ponto de vista do cliente, não acrescentam valor ao produto final. Processos ineficientes devido a uma ferramenta fraca ou ao *design* do produto, causando movimentos desnecessário e produzindo defeitos. É gerado desperdício quando se produz produtos de uma qualidade mais elevada que a necessária;
6. **Movimentação:** Todos os movimentos desnecessários realizados pelos operadores que não acrescentam valor ao produto final. Estas movimentação geralmente estão associadas a um mau fluxo de trabalho, local mal-organizado ou falta de um método de trabalho;
7. **Defeitos:** Produção de produtos sem qualidade, que não estão de acordo com os requisitos do cliente. Reparo ou retrabalho, sucata, produção de reposição e inspeção significam desperdício de tempo e esforço;
8. **Criatividade dos operadores não usada:** Perda de tempo, de ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem dos operadores por falta de abertura das empresas para estes se expressarem.

O aumento do rácio de valor acrescentado de trabalho é conseguido caso sejam considerados todos os movimentos que não adicionam valor e se, de seguida, forem eliminados. Este tem sido o objetivo mais importante do Sistema da *Toyota*, aumentar a eficiência da produção, eliminando constantemente o desperdício (Ohno, 1988).

### 2.1.2 *Just in Time*

A busca de qualidade dos produtos e de redução dos desperdícios são movidos pela necessidade de sobrevivência das empresas num mercado tão competitivo. Muitas empresas estão a adotar as estratégias *just-in-time* (JIT) e *lean manufacturing* para alcançar o balanço entre o custo e a qualidade e, conseqüentemente, fortificar a sua força competitiva (Jadhav et al., 2014). Tal como as definições já referidas, também os conceitos JIT e *lean manufacturing* têm origem na filosofia de gestão das operações no sistema de produção da *Toyota*. Esta abordagem foi desenvolvida com base em duas filosofias da cultura japonesa: eliminação dos desperdícios e respeito pelas pessoas (Cohen, 1987). A procura das empresas por ferramentas que melhorem os seus processos juntamente com o sucesso da *Toyota* ao aplicar estes sistemas de produção incentivou a que estes estejam a ser implementados em diversas empresas de produção por todo o mundo (Jadhav et al., 2014).

A ideia básica em que assenta a metodologia JIT é a de produzir bens apenas quando estes são necessários (Cohen, 1987) com o objetivo de reduzir o inventário ao mínimo possível (Lyu et al., 2020). A adoção do JIT implicará sempre a existência de algum *stock* para responder a eventuais atrasos, no entanto, em níveis inferiores quando comparados com o momento antes da sua implementação (Cohen, 1987). Nos sistemas de produção JIT, cada processo retira as peças necessárias de um processo anterior no momento necessário. Esta abordagem de gestão de problemas tem como objetivo melhorar a qualidade e facilitar a pontualidade no fornecimento, produção e distribuição. O JIT é baseado no 'conceito zero', que visa atingir zero defeitos, filas zero, divisão zero, inventários zero e assim por diante (Jadhav et al., 2014). Neste sistema os materiais são entregues na quantidade certa, no local certo e no tempo correspondente ao momento exato de utilização dos mesmos, o que cria vantagens como redução de inventário, criação de espaço na fábrica (Cohen, 1987), minimização do tempo de produção, aumento do nível de qualidade e de satisfação do cliente (Jadhav et al., 2014) e, conseqüentemente, um aumento da eficiência (Lyu et al., 2020). Baseado neste conceito de produzir exatamente a quantidade e o tipo de produto requerido, as empresas obtêm uma habilidade de se adaptarem a mudanças na procura (Gupta and Gupta, 1989).

### ***Kanban***

A produção JIT coordena o movimento dos materiais através do sistema de produção e da *supply chain* para atender às necessidades do cliente. O uso do *Kanban* é essencial para sinalizar ao processo anterior qual o material necessário (Cohen, 1987). A inclusão de um sistema *kanban* em conjunto com o JIT serve para fornecer um meio simples, mas eficaz, de controlar a produção do JIT. O sistema *kanban* não é mais do que um sistema de informação baseado em cartões. Esses cartões são o meio de comunicação na área de produção, sinalizam quando produzir e transferir peças. Neste tipo de sistema a produção é acionada pelo processo (Gupta and Gupta, 1989). Este sinal do *kanban* que ativa a produção vem, normalmente, do pedido do consumidor ou de uma programação de produção já planeada e o percurso desse sinal tem um fluxo no sentido contrário, passando por todos os postos de trabalho (Chan, 2001). O sistema *Kanban* tem um papel importante na transmissão de informação no ciclo do processo porque faz com que cada processo esteja de acordo com a mensagem do *kanban*, assegurando que são produzidos apenas os produtos necessários para aquele momento (Mao et al., 2014).

### ***Gemba***

*Gemba* refere-se ao local onde a ação real é executada. O uso efetivo do *Gemba* é o princípio de sair do escritório e caminhar pelo processo para compreender os operadores e ajudá-los a encontrar os principais problemas e como resolvê-los (Tyagi et al., 2015). O gestor deve passar a maioria do tempo no local onde a produção ocorre, de forma a compreender os processos e os problemas que aí ocorrem. Como foi referido por M. Imai (1997) a introdução de boas tarefas no *Gemba* reduz para metade a taxa de falha. O departamento de gestão deve remover os obstáculos para

obter um bom *Gemba* instalando nas pessoas um senso de orgulho e missão e alinhando toda a organização da sua missão, dado que o maior conhecimento dos problemas e das necessidades do chão de fábrica pertence às pessoas que realmente trabalham na produção. Os problemas devem ser resolvidos por eles, fazendo com que a resistência à mudança seja minimizada e os operadores sugiram melhorias no futuro. Uma vez que o problema está resolvido, o departamento de gestão deve assegurar que é estabelecida e revista a normalização do processo e que as pessoas são treinadas de forma a que o processo seja realizado conforme essa normalização, para prevenir que no futuro ocorram os mesmos problemas (Moore, 2007).

## TQM

Nas décadas recentes, o interesse por um sistema de gestão de qualidade (TQM) está a crescer como um sistema de gestão de referência e suporte estratégico para obter uma vantagem competitiva sustentável e permitir que as organizações obtenham melhor performance (Calvo-Mora et al., 2014). O sistema TQM é descrito como um sistema coletivo e interligado de qualidade com práticas associadas à *performance* organizacional (Valmohammadi and Roshanzamir, 2015). Este sistema pode ser definido como uma filosofia holística de gestão que ambiciona uma melhoria contínua em todas as funções de uma empresa e pode ser alcançada apenas se o conceito de qualidade total for utilizado desde a aquisição de recursos até ao serviço após venda do cliente (Valmohammadi and Roshanzamir, 2015). O TQM fornece um conjunto de práticas que enfatizam, entre outras coisas, a melhoria contínua, tais como, atendimento aos requisitos dos clientes, redução de retrabalho, pensamento a longo prazo, aumento do envolvimento e do trabalho em equipa dos operadores, redesenho dos processos, *benchmarking* competitivo, resolução dos problemas em equipa, medição constante dos resultados e relacionamento mais próximo com fornecedores. A utilização deste sistema com base na qualidade gera não só um preço competitivo, como também permite que a empresa possa cobrar um preço de venda superior pela sua diferenciação. (Agus and Hassan, 2011).

## 2.2 Ferramentas *Lean*

As indústrias investem cada vez mais em recursos para melhorar a sua produtividade. Neste sentido, são utilizadas ferramentas que permitem otimizar os processos e adequar melhor os resultados à procura (Rekha and al, 2017). Conhecer as ferramentas mais adequadas ao contexto e objetivos deste projeto é essencial.

### 2.2.1 Balanceamento da linha de produção

A definição do *takt time* e o balanceamento da linha de produção são dois dos pilares do sistema de *Lean Manufacturing* utilizados no sistema de produção da *Toyota*. O balanceamento da linha é uma técnica utilizada para assegurar que cada processo e operação tenha uma carga de trabalho em linha com os restantes postos e possa ser executada no *takt time* requerido (Moore,



2007). Se a carga de trabalho for distribuída de forma equilibrada pelos trabalhadores, o tempo de produtividade dos operadores vai aumentar (Rekha and al, 2017).

Como base para a compreensão e elaboração de um balanceamento, diversas métricas devem ser definidas:

**Cycle time:** Tempo necessário para completar um ciclo de uma operação. Se o tempo de ciclo de cada operação num processo completo puder ser reduzida para um tempo igual ao *takt time*, os produtos podem ser produzidos a um fluxo de produção contínuo (Womack et al., 1990).

**Throughput time:** Tempo necessário para o produto passar de conceito a concreto, de ordem a entrega ou de matéria prima a produto final entregue ao consumidor. Inclui o tempo de processamento e de espera.

**Processing time:** Tempo que o produto está efetivamente a ser trabalhado, quer seja *design* ou produção. Corresponde a uma porção do *throughput time* e *lead time*.

**Lead time:** Tempo total de espera de um cliente desde que fez a encomenda até receber o produto. Quando o sistema de produção e planeamento estão a funcionar a uma capacidade menor que a suportada pela produção, o *lead time* excede o *throughput time*. Por outro lado, quando a procura excede a capacidade do sistema, existe um tempo de espera adicional antes do começo do planeamento e produção e o *lead time* excede o *throughput time* (Womack et al., 1990).

**Takt time:** Taxa do fluxo dos produtos na linha de produção (Rekha and al, 2017). Corresponde ao tempo de produção disponível dividido pela taxa de procura dos clientes. Definido o ritmo de produção para alcançar a procura dos consumidores, é alcançada a base para qualquer sistema *lean* (Womack et al., 1990). Se as operações ou os processos individuais estiverem a operar a uma taxa mais rápida que a requerida pelo *takt time*, a quantidade de *work in progress* ou de inventário vai crescer, contribuindo para o aumento de desperdícios. Por outro lado, se o tempo individual das operações e dos processos não alcançar o valor de *takt time* então a procura não vai ser totalmente satisfeita. O objetivo é gerir todos os processos de forma a que estes vão de encontro ao valor exato do *takt time* (Moore, 2007).

A média da produção necessária para satisfazer a procura dos consumidores, pode ser calculada da seguinte forma (Lam et al., 2016):

$$Takt\ time = W/D \text{ (em segundos por item)} \quad (2.1)$$

D = Média diária de procura dos consumidores por item.

W = Tempo de trabalho disponível por dia, em segundos.

O balanceamento de uma linha de produção refere-se à atribuição de tarefas aos diferentes postos de trabalho de forma a otimizarem um determinado objetivo, como maximizar a utilização dos trabalhadores ou minimizarem o *cycle time*, sob determinadas restrições, tais como, sequência definida de produção ou disponibilidade de equipamentos ou operadores (Lingitz et al., 2019). Uma linha que não esteja balanceada pode causar desperdícios. Quer seja porque os operadores têm demasiada carga de trabalho, resultando numa maior possibilidade de errar quer seja porque outros operadores têm que esperar até que a tarefa anterior termine. O balanceamento da linha requer

que haja uma análise detalhada das operações realizadas (Moore, 2007) em termos do processo de produção e do *layout* e *cycle time* dos postos de trabalho. O gráfico do balanceamento da linha deve ser desenhado para descobrir os pontos *bottleneck* da linha. As ideias para melhorar a linha devem ser concebidas. Na próxima etapa, o posto de trabalho *bottleneck* é analisado para que seja o primeiro a ser melhorado. De seguida, as atividades de valor acrescentado e os desperdícios são identificados, os comentários dos operadores sobre as operações dos postos de trabalho são recolhidos, permitindo obter informações essenciais para melhorar o *layout* e os processos da linha de produção. Por fim, as alternativas de melhoria são projetadas e avaliadas de forma a otimizar os processos, eliminar ou reduzir os desperdícios e assim, aumentar a produtividade (Lam et al., 2016).

### 2.2.2 Six Sigma

Esta ferramenta usa os conceitos DMAIC para definir, medir, analisar, melhorar e controlar os principais processos e clientes. Desta forma é possível reduzir a variabilidade dos processos, obtendo resultados de maior qualidade e consistência com melhoria do desempenho operacional e financeiro. De uma forma mais teórica, *Six Sigma* é um termo estatístico que se caracteriza pela qualidade, definindo que um determinado produto ou processo apresenta menos de 3.4 defeitos por milhão. O método *Six Sigma* tornou-se uma metodologia importante para reduzir a variabilidade dos processos. Essa redução é essencial na estabilidade do processo, caso contrário, torna-se difícil avaliar o ponto de situação, o grau de evolução bem como tentar atingir um alvo que esteja em constante movimento. O *Six Sigma* exige, ainda, olhar para o "panorama geral" e entender o impacto que uma decisão numa parte do sistema terá em todas as outras partes. Esta abordagem segue uma determinada rota (Moore, 2007) baseada no ciclo DMAIC (Smętkowska and Mrugalska, 2018):

#### 1. Definir o objetivo e os seus requisitos:

- (a) Definir os recursos necessários e as responsabilidades;
- (b) Definir a estrutura organizacional favorável para atingir esses objetivos;
- (c) Identificar os elementos e definir uma data estimada final do projeto;
- (d) Obter suporte da administração.

O objetivo desta etapa é verificar se as ações definidas para resolver os problemas vão de encontro com os interesses da empresa e se existem recursos suficientes.

#### 2. Medir o processo atual:

- (a) Identificar dados válidos e confiáveis;
- (b) Confirmar se existem dados suficientes para medição;
- (c) Documentar a eficiência e desempenho atual;
- (d) Executar testes comparativos.

A etapa de medição tem como objetivo compilar toda a informação útil relativa aos processos a ser melhorados. Foca-se no conhecimento necessário para melhor compreender os processos da empresa, as expectativas dos clientes, as especificações dos fornecedores e para identificar possíveis locais onde o problema possa ocorrer.

3. Analisar os resultados das medições, determinar as causas de problemas no processo e possíveis soluções para esses problemas:
  - (a) Identificar as razões chave para os problemas;
  - (b) Identificar as diferenças entre a eficiência atual e a que se quer alcançar;
  - (c) Estimar os recursos necessários para atingir o objetivo;
  - (d) Identificar os possíveis obstáculos.

Na fase da análise são utilizados métodos e ferramentas que permitam encontrar as causas raízes, avaliar os riscos e analisar os dados obtidos. Nesta etapa é imprescindível definir a capacidade do processo, clarificar os objetivos à luz dos dados recolhidos e analisar a causa raiz que teve impacto na variabilidade do processo. Ao calcular a capacidade do processo, definida como o “*sigma*” do processo, consegue-se medir a sua capacidade para responder à procura e requisitos do consumidor.

4. Melhorar o processo, implementar mudanças para eliminar as não conformidade:
  - (a) Preparar a estrutura de divisão de trabalho;
  - (b) Desenvolver e testar possíveis soluções, selecionando a melhor;
  - (c) Desenhar um plano de implementação.

Nesta etapa, o objetivo é recolher toda a informação necessária para que seja criado e desenvolvido um plano de ação com o fim de melhorar o funcionamento da empresa, os seus aspetos financeiros e possíveis problemas com os consumidores. Possíveis soluções para o plano de ação devem ser apresentadas e realizadas.

5. Controlar as melhorias do processo e monitorizar os resultados continuamente:
  - (a) Normalizar o plano e monitorizar as melhorias do processo;
  - (b) Confirmar os procedimentos de melhoria.

A última etapa do ciclo DMAIC corresponde a confirmar se as mudanças implementadas na etapa anterior são suficientes e a verificar de forma contínua a qualidade dos processos de melhoria. Por fim, há um controlo do estado futuro do processo a fim de minimizar os desvios dos objetivos planeados.

Em cada uma das etapas do ciclo DMAIC são várias as ferramentas possíveis de utilizar para alcançar os objetivos pretendidos de cada fase, como demonstrado na Figura do Anexo B. A metodologia *Six Sigma* permite implementar métodos científicos na empresa de forma a obter o melhor

valor para os consumidores. A aplicação do DMAIC, um dos métodos de melhoria da qualidade usada no conceito *Six Sigma*, permite a redução de defeitos e variabilidade dos processos auxiliando as empresas a melhorar continuamente a sua eficiência e desempenho. Com esta prática, a empresa consegue responder às expectativas do mercado e ser competitiva em relação aos seus adversários (Ferreira et al., 2019).

### 2.2.3 Metodologia 5S

Atualmente, o mundo de negócios obriga as empresas a uma procura constante de novas oportunidades, a fim de dar resposta à procura dos clientes, e de serem mais competitivas. Proporcionar um ambiente de trabalho seguro e ergonómico é uma das tarefas básicas do empregador. O 5S é um dos métodos *Lean* baseado na melhoria contínua, que ajuda a aumentar a produtividade, reduzir desperdícios e, ao mesmo tempo, melhorar a qualidade. Esta ferramenta, cada vez mais utilizada em várias organizações, não é apenas uma boa prática, mas sim um instrumento significativo que fornece orientações para gerir a empresa. O método 5S é o processo de reorganização de toda a empresa, a fim de melhorar diferentes aspetos, principalmente a qualidade e a segurança no local de trabalho. É reconhecido como um desempenho fácil do sistema de melhoria, no entanto, para alcançá-lo, é necessária a colaboração de toda a equipa. Desta forma, antes de implementar o 5S na organização é imperativo que todos os funcionários entendam o significado deste método. Devem ser capazes de ponderar possíveis melhorias que ajudem na realização do seu trabalho diário e, ao mesmo tempo, entender de que forma as suas ações influenciarão todo o processo de produção. O principal objetivo do 5S é fazer e também sustentar, arrumar e disciplinar no local de trabalho (Ahram et al., 2020). A implementação contínua do método 5S em várias empresas revelou diversas vantagens, nomeadamente a melhoria da qualidade dos produtos e serviços, local de trabalho limpo e produtivo, melhoria da manutenção e segurança, redução de custos, aumento da eficiência dos processos, disciplina e maior compromisso no local de trabalho, maior sentido de responsabilidade e trabalho em equipa e maior confiança no equipamento. Por fim, redução de desperdícios, tais como, menor espaço para armazenamento e perda de tempo de trabalho, menor tempo de produção e configuração, entre outros (Veres et al., 2018). O termo "5Ss" deriva das palavras japoneses para 5 práticas que levam a uma área de trabalho limpa e prática: *seiri* (triagem), *seiton* (arrumação), *seiso* (limpeza), *seiketsu* (normalização), e *shitsuke* (disciplina). A ideia base assenta em eliminar os desperdícios e criar valor, o que requer um método sistemático e uma constante atenção aos detalhes. Estes termos são utilizados para que seja possível criar um espaço de trabalho adequado para um controlo visual e uma produção *lean*. As características principais da metodologia 5S são (Womack et al., 1990):

**Seiri:** Separar as ferramentas, peças e instruções necessárias dos materiais desnecessários, para que estes sejam eliminados;

**Seiton:** Organizar e identificar com precisão as peças e ferramentas para facilitar o uso das mesmas. Colocar tudo o que vai ser necessário nos próximos 30 dias de forma a que acesso seja fácil e usar quadros ou outras ferramentas para identificação (Moore, 2007);

**Seiso:** Conduzir uma política de limpeza. Limpar tudo. Limpar para inspeção. Inspeccionar para detetar. Detetar para corrigir (Moore, 2007);

**Seiketsu:** Criar meios para normalizar e inspecionar regularmente os “3Ss” já abordados, para que o espaço de trabalho seja mantido em perfeitas condições; A ideia principal é criar instruções detalhadas para a execução de todas as atividades correspondentes às três primeiras etapas do método 5S (Ahram et al., 2020);

**Shitsuke:** Desenvolver meios para que os quatro primeiros “Ss” se tornem um hábito.

A prática do método 5S é valorizado em empresas de produção e serviço e é universal para todas as empresas. O maior desafio desta metodologia é incorporar a prática do 5S no dia a dia de todos os trabalhadores (Veres et al., 2018). Este sistema é simples, perceptível e aumenta a eficácia das operações para um melhor ambiente de trabalho. Tais razões tornam este método facilmente aceite pelos trabalhadores (Ahram et al., 2020). Deste modo, o impacto positivo do método 5S na performance da empresa é evidente.

#### 2.2.4 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é uma metodologia prática utilizada como base do processo de melhoria contínua, visto que fornece uma estrutura para definir o plano de ação (SobekII. and Smalley, 2008). O ciclo relaciona-se com a criação de um fluxo contínuo de produção, resolução de problemas de superfície, elaboração de hipóteses de melhoria e avaliação de resultados. Para que a aprendizagem de uma organização seja eficaz, esta tem que verificar se a contramedida está a cumprir com o esperado e reduzir o inventário para criar ainda mais fluxo, o que trará novos problemas para a superfície, incentivando a adotarem uma abordagem sistemática para a solução de problemas (Jeffrey K. Liker, 2004) . O ciclo PDCA é uma abordagem iterativa sistemática de quatro fases para melhorar continuamente o processo. Ajuda a resolver os problemas com a implementação de soluções de forma metódica. A estrutura proposta consiste em 4 partes (Jia Yuik Chong and Perumal, 2020):

**Plan** (Planear): A primeira parte do ciclo corresponde a uma fase de pré implementação. Equivale a uma etapa de planeamento e identificação de problemas com o objetivo de definir quais os planos de ação de melhoria para o projeto.

**Do** (Fazer): Nesta fase de implementação vão ser executadas as ferramentas *lean* planeadas na etapa anterior num projeto piloto.

**Check** (Verificar): A terceira fase corresponde à avaliação; atua como um ponto de verificação para analisar os resultados obtidos e comparar com o objetivo planeado.

**Act** (Agir): Por último vem a fase de implementação para normalizar o resultado de sucesso obtido e criar documentação para referência futura de melhoria contínua noutras áreas.

O processo dinâmico do ciclo PDCA é utilizado devido à sua versatilidade em conduzir mudanças incrementais para a melhoria contínua dos sistemas, processos e operações das empresas (Prashar, 2017).

### 2.2.5 Relatório A3

O relatório A3 é uma ferramenta de comunicação usada com eficácia para organizar as ideias e resolver problemas. É o método preferencialmente utilizado pois ao descrever e apresentar a situação atual, facilita a criação de novas ideias e sugestões de melhorias para os problemas (Silva Filho and Calado, 2013). Esta metodologia permite mostrar a informação essencial de um problema específico representado numa folha de papel e compreendê-lo num curto período (Pereira et al., 2019). O uso do relatório A3 gera uma normalização da forma como é apresentada a solução do problema (Silva Filho and Calado, 2013). Sucintamente, o relatório A3 expõe os problemas, documenta a situação atual, sugere alternativas, recomenda soluções e apresenta uma análise custo-benefício. Toda a análise é apresentada numa folha de papel de tamanho 11" x 17", usando o máximo de figuras e gráficos possível. Esta ferramenta é a chave do processo para que se consiga eficientemente chegar a um consenso em decisões complexas (Jeffrey K. Liker, 2004). A sua utilização é essencial para que os desperdícios de um processo de produção sejam identificados (Pereira et al., 2019). O uso desta ferramenta é feito normalmente por empresas que utilizam a prática *lean* para melhorar os seus resultados. Permite que os executivos tomem decisões mais rapidamente, pois evidencia os principais resultados propostos para solucionar os problemas utilizando as etapas do ciclo PDCA (Silva Filho and Calado, 2013). O ciclo PDCA é a filosofia base do pensamento A3. A metodologia A3 é tanto sobre desenvolver boas soluções para os problemas como de efetivamente os resolver. Esta ferramenta estabelece uma estrutura concreta para implementar o ciclo PDCA. A sua flexibilidade permite a resolução de problemas de quase todo o tipo de situações. Para além do tema e do título, o relatório A3 tem como base as seguintes secções (SobekII. and Smalley, 2008):

- **Definição do problema:** Introduce o tema do documento ao leitor. Essencialmente o tema corresponde à descrição do documento;
- **Background:** Reporta informações base que são essenciais para compreender a dimensão e a importância do problema. Neste tópico os autores devem fazer referência aos objetivos da empresa.
- **Estado inicial e definição do problema:** Enquadramento da situação atual de forma simples para fácil entendimento do leitor. Descrição dos elementos críticos do sistema ou processo que produziram o problema.
- **Objetivos:** Definir um objetivo claro para a situação. Considerar como recolher os dados para mais tarde serem avaliados.
- **Análise da causa raiz do problema:** Continuar a investigação do estado inicial até que se encontre a causa raiz dos problemas identificados. A técnica mais comum é o método 5 *Why's*. O uso desta técnica consiste em questionar porquê cinco vezes em cada nível de causa.

- **Desenho de soluções:** Após a análise da causa raiz, são descobertas quais as principais causas dos problemas e há uma melhor compreensão do processo. Depois dessa análise é possível documentar quais as formas possíveis de melhorar o sistema.
- **Validação das soluções:** Esta secção destina-se a confirmar se as soluções tiveram efeito na resolução do problema. Corresponde à etapa *check* do ciclo PDCA, presente no relatório A3.
- **Lições aprendidas e ações futuras:** Nesta etapa, correspondente ao passo *Act* do ciclo PDCA, o objetivo é definir quais as mudanças que devem ser feitas para que o sistema sustente as melhorias implementadas e determinar outras melhorias que poderiam ser feitas.

O uso desta metodologia é crucial para sumarizar a evolução do projeto e facilmente visualizar se os objetivos estão a ser alcançados (Pereira et al., 2019). As equipas são desafiadas a identificar o motivo da ação, descrever o estado atual e a situação futura, realizar uma análise de falhas, encontrar soluções, realizar projetos piloto e desenvolver planos de conclusão e de monitorização contínua das melhorias (Reyes et al., 2012).

### 2.2.6 *Standard Work*

Para que o processo de produção seja normalizado, devem ser elaboradas folhas de trabalho para cada processo para que este seja claro e conciso. Existem três elementos fundamentais numa folha normalizada de trabalho: o tempo de ciclo, que corresponde à duração (minutos e segundos) em que uma peça deve ser fabricada, a sequência de trabalho no fluxo de produção e a quantidade *standard* de inventário, correspondente à quantidade mínima de peças necessárias para manter um fluxo contínuo do processo (Ohno, 1988).

### 2.2.7 *Key Performance Indicators (KPI)*

A gestão do desempenho é um fator importante para a empresa obter uma vantagem competitiva sobre seus concorrentes. De forma a manter uma vantagem competitiva no mercado é necessário que as empresas produzam produtos de qualidade, com uma elevada variedade e a um custo mais baixo. Esta é a base dos objetivos fundamentais de uma organização. As empresas recorrem a sistema de gestão de desempenho para acompanhar o cumprimento dos seus objetivos e metas. Torna-se necessário o conhecimento dos indicadores de desempenho (KPI) para medir, gerir e comparar o desempenho (Ishaq Bhatti and Awan, 2014). Os indicadores de desempenho podem incluir qualidade, custo, desempenho financeiro, flexibilidade, certeza na entrega, satisfação dos operários, satisfação do cliente, segurança, cuidado pelo meio ambiente ou comunidade, aprendizagem e crescimento (Ishaq Bhatti and Awan, 2014). Os principais indicadores de desempenho informam como é que a empresa opera continuamente em termos dos seus fatores críticos de sucesso. Com essa informação e com as ações postas em prática, é possível aumentar drasticamente o desempenho (David Parmenter Wiley, 2020). As medidas de desempenho são usadas não só para avaliar e controlar as operações gerais do processo como também para medir e comparar

o desempenho das diferentes organizações, dentro e fora das mesmas (Ishaq Bhatti and Awan, 2014). Os KPIs são instrumentos vitais de navegação usados para compreender se o negócio está numa viagem bem-sucedida ou se está no caminho errado. O conjunto certo de indicadores enaltece o desempenho e destaca as áreas que precisam de atenção. Sem os KPIs certos, a empresa navega às cegas (Marr, 2012).

### 2.2.8 *Visual Management (VM)*

Um dos pilares do sistema *lean* proposto pela *Toyota*, pressupõe que todas as pessoas envolvidas possam ver, e entender na íntegra, os diferentes aspetos do processo e seu *status* a qualquer momento. Tornar esse processo transparente permite o *feedback* imediato do *status* atual e indica onde pode ser necessário um ajuste para permitir que um processo atenda à procura do cliente (Taylor, 2007). As ferramentas visuais formam uma parte importante no processo de controlo das empresas *lean* e têm em comum 4 características: as informações apresentadas pelas ferramentas de VM servem para criar campos de informações no local de trabalho, a partir dos quais as pessoas podem extrair informações livremente; a necessidade de informação é determinada com antecedência para evitar falhas de informação; a exibição de informações é introduzida na interface direta entre o operador e o campo de produção; e a comunicação é simples e depende pouco ou nada de informações verbais ou textuais. Estas ferramentas podem ser classificadas de diversas formas atendendo às funções destas (Tezel et al., 2016):

1. Fornecimento de informações; Ex: Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), técnica que reúne todas as etapas do processo num único local e é usada para alertar e eliminar diferentes desperdícios (Rekha and al, 2017);
2. Sinalização; Ex: quadros Andon, definidos como dispositivos de controlo visual numa área de produção. Fornecem o *status* atual do sistema de produção e alertam os membros da equipa para problemas emergentes (Womack et al., 1990);
3. Limitação / controlo de resposta; Por exemplo os cartões visuais *Kanban*;
4. Ferramentas visuais de garantia de resposta; É o caso dos sistemas *poka-yoke*, que são sistemas eletromecânicos usados para alertar os operadores sobre erros de controlo total antes que eles se transformem em defeitos.

A estratégia da VM utiliza essencialmente ferramentas visuais para comunicar com eficácia com o elemento humano. Há várias implicações práticas no controlo visual do processo produtivo, são essas, a transparência do processo, isto é, a capacidade do processo de produção (ou suas partes) de comunicar com as pessoas; a disciplina, ou seja, adquirir o hábito de executar de forma sistematizada os procedimentos. A melhoria contínua, com o foco na inovação constante em toda a organização, facilitação do trabalho, de forma a diminuir o esforço físico e/ou mental das pessoas na realização das tarefas através da oferta de vários recursos visuais. A transferência da posse do processo para os operadores e a gestão baseada em factos, usando os factos e dados com base em estatísticas. (Tezel et al., 2016)(Taylor, 2007).



## Capítulo 3

# Descrição da Situação Inicial

No presente capítulo será feita uma descrição detalhada do processo produtivo realizado na Schmitt-Elevadores, contemplando a fase de transformação da chapa até à embalagem de todos os componentes. O foco de análise será a secção de cabinas e equipamento de caixa. Nesta secção são assemblados os painéis da cabina do elevador e os produtos necessários para o poço do elevador e que são estruturais para o mesmo se poder deslocar dentro da coluna do prédio ou da estrutura onde está inserido. É neste departamento que o projeto será desenvolvido. O objetivo deste capítulo será evidenciar as razões que fundamentam este projeto e explicar os problemas detetados a partir dos quais serão propostas soluções.

### 3.1 Enquadramento geral do projeto

O presente projeto surgiu da necessidade da empresa em aumentar o seu nível de produtividade de forma a responder à crescente procura do mercado e afirmar-se como um dos nomes mais competitivos da sua área. A análise e consequente melhoria dos processos inerentes à secção de equipamento de caixa e cabinas é crucial para aumentar a eficiência da linha de produção. Assim, será feita uma análise detalhada de todos os processos produtivos da empresa e em particular da secção onde o projeto é realizado. De seguida, será analisada a movimentação dos materiais na linha de produção em estudo de forma a saber qual o *in* e *out* dos respetivos materiais. Por fim, serão identificadas todas as possibilidades de melhoria de cada posto de trabalho da linha de equipamento de caixa e cabinas.

#### 3.1.1 Descrição geral do processo produtivo da Schmitt-Elevadores

Na Schmitt-Elevadores os processos de produção de um elevador são iniciados quando um cliente efetua o pedido de um produto com determinados parâmetros requeridos. Estes podem-se diferenciar no tipo de material do produto, na quantidade de pisos, no tamanho, tipo de porta, capacidade de carga, entre outros. Uma das características da Schmitt é a customização dos seus elevadores. O processo começa na Schmitt 1. Depois de concretizada a venda, os departamentos de engenharia mecânica e elétrica fazem ensaios do protótipo e desenvolvem uma lista de peças

de modo a que o fabrico consiga produzir de acordo com as características requisitadas pelo cliente. Esta unidade comporta ainda outros departamentos fundamentais para o funcionamento da empresa, tais como, departamento financeiro, administrativo, de recursos humanos, de compras, logístico, e de engenharias de processo, mecânica e elétrica. Após a lista de peças ser liberada, é emitida uma ordem de produção via o sistema ERP da empresa, a Microsoft Navision.

Após planeamento e emissão da ordem de produção, o processo passa para a nave fabril, a Schmitt 2, mais especificamente para a secção P06 de planeamento e produção (PEP). Aqui é realizado todo o plano de produção das obras – o sequenciador – que determina em que momento devem ser executados os diferentes processos. Ainda no PEP são programadas as sequências de corte da chapa para a máquina de laser e puncionadora, de forma a maximizar o aproveitamento de chapa minimizando o desperdício. No momento em que todo o planeamento está concluído, o produto está pronto para ser fabricado. Para que o prazo de entrega do produto final seja cumprido, é necessário que as várias secções tenham concluído cada obra atempadamente. Desta forma, o fluxo de produção é contínuo e não há atrasos na expedição. A Figura 3 demonstra a sequência do processo produtivo, assim como, quanto tempo antes da expedição é que cada departamento tem que terminar uma obra.

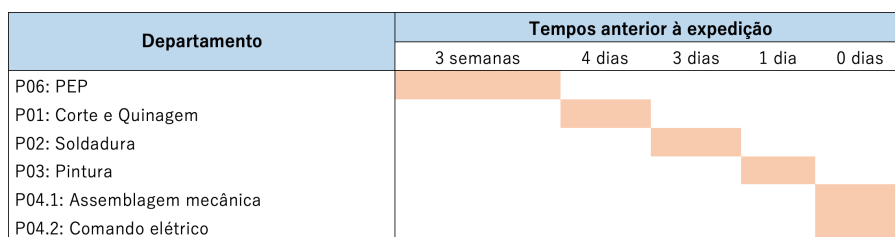


Figura 3: Tempo prévio de produção em cada departamento

O primeiro processo produtivo é a transformação mecânica da chapa (P01). Nesta secção a chapa é cortada por uma máquina de corte a laser ou numa puncionadora, de acordo com a ordem sequencial dada pelo PEP. De seguida, a chapa cortada segue para o processo de quinagem. Este centro de trabalho possui 4 máquinas quinadoras com dimensões e características distintas, que quinam de acordo com a sua dimensão e complexidade.

A secção seguinte é a de soldadura (P02), onde são soldados todos os materiais que necessitem deste tipo de processo. A soldadura das peças pode ser feita de forma manual ou semiautomática. Alguns componentes não necessitam de passar por este departamento, sendo de imediato pintados ou assemblados.

O próximo processo de produção é a pintura (P03). Esta secção é constituída por 3 etapas: a carga do material em ganchos no suporte do circuito de pintura, a pintura a pó num circuito de movimentação semiautomática com a supervisão de um operador, e a descarga dos materiais para os carros de obra que serão encaminhados para a secção seguinte.

Por fim, os materiais vindos das diversas secções são assemblados e embalados para expedição. É possível dividir esta secção de assemblagem mecânica (P04.1) em duas partes: uma, onde é feita a montagem de portas, e uma outra que corresponde à montagem de cabinas e equipamento

de caixa, secção onde este projeto está inserido. Os materiais embalados vindos desta secção e da secção de montagem de componentes elétricas (P04.2) localizado na Schmitt 1, são expedidos para a obra onde serão montados de forma definitiva.

Transversalmente à cadeia operativa, a Schmitt 2 dispõe ainda de dois departamentos com papéis de extrema importância para otimizar o seu desempenho e gerar melhores resultados. A secção de logística (P05) responsável por abastecer os postos de trabalho com todo o material necessário, e a secção de manutenção industrial (P07) com a função de manutenção preventiva e corretiva de todas as máquinas existentes nesta unidade fabril. De forma esquemática, a Figura 4 representa os diversos departamentos da unidade fabril e a localização dos mesmos.



Figura 4: Planta da unidade fabril Schmitt 2 (Fonte: Schmitt, 2019)

### 3.1.2 Filosofia de produção da Schmitt-Elevadores

#### Projeto DIS+

De acordo com a política de melhoria contínua assumida pela empresa, foi desenvolvido um projeto cujo “objetivo é transformar pessoas em equipas naturais, capazes de melhorar a sua área de trabalho diariamente, de uma forma autónoma” (Schmitt,2019). O projeto DIS+ (Daily Improvement Schmitt) assenta em quatro níveis representados na Figura 5.

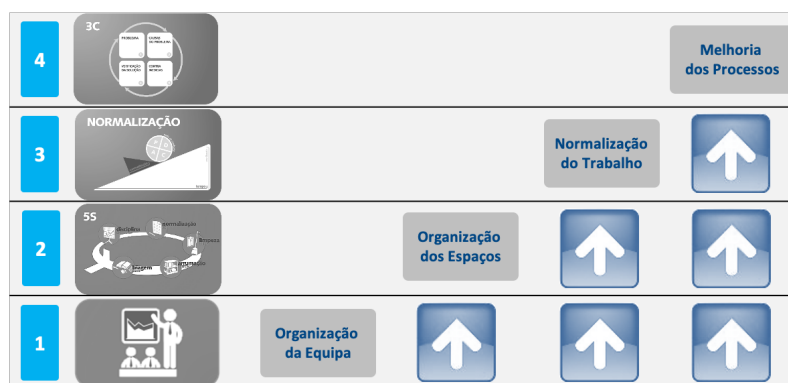


Figura 5: Níveis do projeto DIS+

1. **Organização da equipa:** Realizar “reuniões de equipa normalizadas de forma a tornar os problemas do dia-a-dia evidentes”(Schmitt,2019). Desta forma, em todos os departamentos são realizadas diariamente reuniões “Bom dia”. A reunião com a equipa tem como objetivo planear as tarefas diárias, acompanhar o cumprimento dos objetivos através dos indicadores

disponíveis e reportar todos os problemas e situações anômalas. Desta forma, é possível estruturar o trabalho, transmitir todas as informações importantes e manter a proximidade entre os membros da equipa. Como base para as reuniões diárias e orientação de todos os operadores existe um quadro DIS+ em cada secção, traduzido na Figura 6. Este contém toda a informação relevante, dividida em 4 vertentes: indicadores (KPI) que medem o desempenho de cada departamento, o ciclo PDCA de cada secção com as atividades que estão a ocorrer e o seu estado, uma matriz de competências referente à aptidão dos operadores para cada tipo de tarefa e um plano de trabalho adaptado à especificidade de cada departamento. Na secção onde este projeto ocorre, o plano de trabalho incide sobre a atividade a fazer em cada dia. De forma a orientar a evolução da obra é utilizada uma metodologia de etiquetas de cores que cada operador vai movendo no quadro e que é visível a todos. A etiqueta verde corresponde ao objetivo do dia de cada posto de trabalho e cada trabalhador tem uma etiqueta de forma a mostrar que obra realiza no momento. Terminada uma obra cada operador preenche os espaços no quadro com a data do dia em que finaliza essa obra. As etiquetas azuis são colocadas para indicar faltas de material e os post-its são usados para referir outro tipo de ocorrências ou exigências.

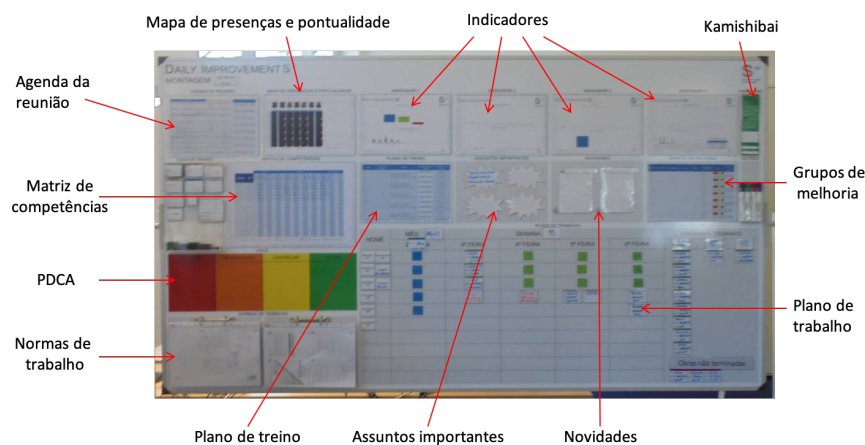


Figura 6: Quadro DIS+ (Fonte: Schmitt, 2019)

2. **Organização dos espaços:** “melhorar a organização das áreas de trabalho, tendo como objetivo a redução de desperdícios e consequentemente um aumento de qualidade, produtividade, organização e motivação dos colaboradores nas suas atividades diárias” (Schmitt, 2019). Esta fase aplica a ferramenta *lean 5S*, que tem como base os princípios de triagem, arrumação, limpeza, normalização e disciplina. Permitindo que apenas os materiais necessários estejam organizados à sua volta, conseguindo-se eliminar tempos de procura de materiais e de deslocações desnecessárias.
3. **Normalização do trabalho:** “dotar todas as equipas naturais de ferramentas de normalização, tendo como objetivo a redução da variabilidade dos processos e consequentemente

um aumento de qualidade, produtividade, polivalência e autonomia das mesmas” (Schmitt,2019). Este nível engloba todas as tarefas relativas a todos os departamentos. Desta forma, a Schmitt estabeleceu uma ferramenta *standard*, Instrução de Trabalho (IT), conforme representado na Figura do Anexo C. Estes documentos têm uma estrutura definida e visam descrever todos os passos necessários para realizar a tarefa em questão na IT. A figura referida ilustra uma IT de uma embalagem em que é descrita a lista de material e o procedimento a executar.

4. **Melhoria dos Processos:** “dotar todas as equipas naturais de ferramentas para resolução estruturada de problemas, com o objetivo de resolver de forma organizada e autónoma os problemas/oportunidades de melhoria existentes no seio das equipas naturais.” Neste último nível a empresa utiliza o relatório A3 como ferramenta de melhoria contínua para organizar as ideias e resolver problemas detetados.

### Sequenciador

A empresa dispõe de diversos ecrãs ao longo da unidade fabril com informação sobre o estado das obras em cada departamento, permitindo acompanhar em tempo real o estado de todos os processos produtivos. Se a obra naquele departamento estiver concluída o fundo apresentado é preto, se estiver atrasada o fundo é vermelho (sendo possível visualizar qual o atraso da obra, em dias), se o trabalho estiver avançado face ao previsto a célula é verde (apresentando-se o número de dias de avanço), conforme representado na Figura 7.



Figura 7: Sequenciador

## 3.2 Descrição da secção de equipamento de caixa e cabinas

Como base para este projeto foi utilizada a ferramenta *lean* DMAIC. Este tópico corresponde à primeira fase, *Define*, que equivale a uma descrição detalhada de todo o processo. O objetivo é conhecer a situação atual da secção onde o projeto é inserido e identificar os principais problemas aí encontrados. A partir de um conhecimento aprofundado de cada posto de trabalho será possível traçar o foco de atuação.

## Descrição geral

A secção de equipamento de caixa e cabinas, onde este projeto vai ser posto em prática, pertence a secção P04.1 de montagem mecânica. Surge, então, a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre as atividades realizadas neste setor para compreender quais os pontos fracos possíveis de melhorar. O bom funcionamento deste setor é fundamental visto ser o último processo da linha de produção, sendo necessário confirmar se todos os materiais estão conformes e nas condições exigidas pelos clientes. São diversos os tipos de produtos feitos nesta secção, tais como, monta cargas, escadas e tapetes rolantes e elevadores com variadas características. Contudo, existe um tipo de elevador *standard* (ISI 2040 Plat 4 630kg) que representa a maior percentagem de vendas e é nesse que o projeto se vai focar. Este elevador é caracterizado por transportar pessoas, ser feito em diversa chaparia e pesar menos de 1000 kg.

Esta secção é constituída por 7 postos de trabalho, representados na Figura 8, incluindo a zona de embalagem. Cada posto tem um operador, responsável por diversas tarefas. O começo de uma obra é igual para todos os postos de trabalho. Os operadores começam por ir ao plano de trabalho para perceberem qual a obra a realizar. De seguida, procuram as listas de peças de obra, que se encontram espalhados por diversos postos. Estas contêm os desenhos técnicos e as especificações de todas as peças para que os operadores tenham as informações necessárias para passarem para a prática. De seguida os operadores vão buscar todos os materiais necessários. Estes podem estar na *kommbox* (carro trazido pela logística do armazém P05.1.1 da Schmitt 1), na zona *in* do próprio posto de trabalho (corresponde ao *stock* de peças muito consumidas nesse posto) ou ainda no carro de obra (contém diversas peças vindas da pintura). Os materiais mais pequenos como parafuso estão na estante *supply chain*. Todos estes locais estarão descritos em mais detalhe no subtópico seguinte.

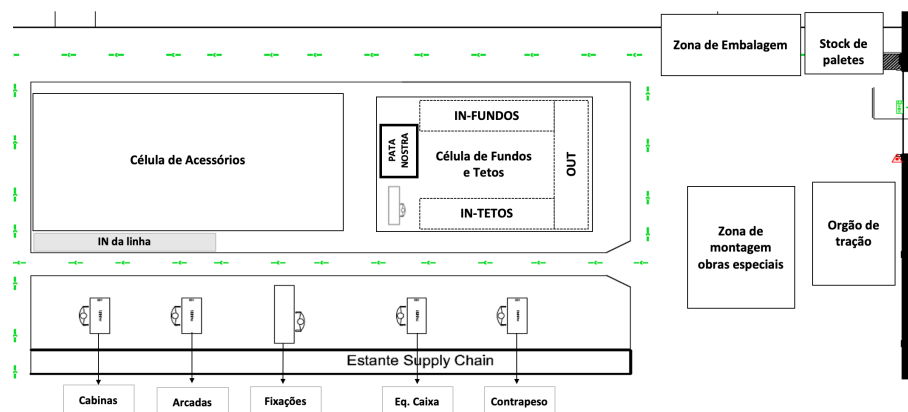


Figura 8: Estrutura da linha de produção

## Célula de cabina

Esta célula dedica-se à montagem dos painéis da cabina. Todos os painéis são isolados com um material anti sonorização para os proteger das vibrações e o encaixe entre os painéis da mesma

lateral é testado para confirmar se os painéis estão conformes. Todos os materiais que o operador necessita encontram-se na zona *in* desta célula, uma área atrás da mesa de trabalho. Essa zona é delimitada por várias linhas quadradas onde estão os carros com os painéis das várias obras. Ainda neste posto, os rodapés, provenientes também da zona *in* desta célula, são marcados de acordo com as dimensões da cabina. Por fim, os painéis e os rodapés são colocados na embalagem 4 que se encontra na zona *out*, lateral à mesa de trabalho e paralela ao corredor, conforme a Figura 9, onde será posteriormente transportada para os restantes postos que tenham peças para colocar naquela embalagem.

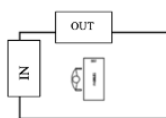


Figura 9: Estrutura da célula de cabina

### **Célula de arcadas**

Nesta célula é realizada a montagem da arcada superior e inferior do elevador. As arcadas provenientes da secção de pintura, são colocadas numa área entre a célula das arcadas e a das fixações, onde são medidas e de seguida, na mesa de trabalho são trabalhadas segundo as indicações do papel de obra. Todos os materiais necessários para o procedimento são recolhidos da *kommbox* e do carro de obra. Quando o serviço fica completo a arcada inferior é depositada na paleta 1 e a arcada superior na paleta 4.

### **Célula de fixações**

Nesta célula as cadeiras de fixação de guias são montadas e a quantidade usada na sua produção difere mediante as características do elevador estando, por isso, discriminadas na lista de peças do papel de obra. O material necessário para montagem destas peças está na zona *in* deste posto de trabalho e no carro de obra, respetivamente. O carro de obra tem ainda os materiais necessários para a montagem da cadeira de fixação guia, da cadeira de prumo e da calha para a máquina. Neste posto são também montadas as rampas completas, cujo material se encontra na estante do *supply chain*, e construída uma caixa com os materiais de fixação necessários juntamente com as eclisses que estão na zona *in* desta célula. Terminada a montagem, os materiais seguem rumos diferentes. Desta forma, os diferentes materiais montados nesta célula são embalados nas paletes 1, 4 e 5, dependendo das peças requeridas em cada paleta.

### **Célula de equipamento de caixa**

Na célula de equipamento de Caixa processa-se a montagem do *Add-on*, do Chassi, da Consola de suspensão, da Roda tensora e dos Escantilhões. Os materiais necessários para a montagem destas peças estão distribuídos entre a *kommbox*, o carro de obra e a estante lateral. Depois de

prontos, os escantilhões e a roda tensora são colocados na paleta 1, o *Add-on* na paleta 4 e as restantes peças, a consola de suspensão e o chassi, são dispostos na paleta 5. O operador deste posto é igualmente responsável por fazer *kits* de acessórios e por armazenar na embalagem 5 as caixas com cabos e as caixas com materiais que retira do carro de obra e da *kommbox*.

### Célula de contrapeso

Este posto de trabalho, como o nome indica, é responsável pela montagem de material de contrapeso. Aqui são montados os prumos, a travessa superior e as proteções do contrapeso. Os materiais são recolhidos nos carros de obra e na *kommbox*. São também elaborados *kits* compostos por peças existentes na estante lateral e que são colocados na paleta 5 com as restantes peças, com excepção dos prumos que são armazenados na parte superior da paleta 4.

### Célula de fundos e tetos

Esta célula, representada na Figura 10, é composta por 3 etapas: A eletrificação do teto, que corresponde à colocação das iluminações LED vindas na *kommbox* num caixilho e posterior encaixe no teto. A etapa seguinte corresponde à colocação do revestimento. Nesta fase é verificado se o fundo necessita de revestimento, após ler a lista de peças da obra. Se for necessário, o revestimento pode estar no armazém vertical para rolos de revestimento ou na *kommbox*. E, por fim, a montagem, referente à união do fundo e o teto com uma chapa de segurança de modo a evitar que o fundo toque no teto. Esta montagem é feita num carro que posteriormente é encaminhado para a zona de embalagem. Depois de embalado, o conjunto constitui a paleta 3.

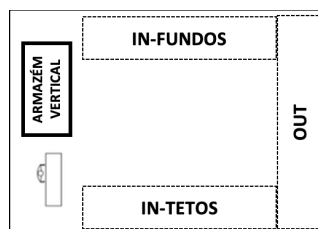


Figura 10: Estrutura da célula de fundos e tetos

### Célula de embalagem

Todos os materiais já dispostos nas respectivas caixas chegam a este posto para serem embalados. A embalagem é revestida por tábuas e plástico a toda a volta de modo a proteger os materiais de possíveis líquidos ou impactos no transporte e é colocada na porta onde fica disponível para ser expedida.

### Registo fotográfico

Simultaneamente, e para controlo da qualidade, é feito um registo fotográfico às peças e processos dos vários postos de trabalho para se confirmar que estão conforme o requerido.



### 3.3 Análise da secção onde decorre o projeto

A etapa seguinte, corresponde à fase *Measure e Analyse* do método DMAIC. Primeiramente, a etapa *Measure* equivale à recolha de todos os dados relevantes. Após identificação dos tempos de cada tarefa, segue-se para a etapa *Analyse* que corresponde à elaboração de um gráfico de balanceamento onde foram identificados os *bottleneck* e analisados os fluxos de materiais ao longo da linha de montagem. Esta análise permitiu identificar algumas possibilidades de melhoria e analisar em detalhe a situação atual da secção onde este projeto incide de forma a aumentar a produtividade da linha.

A primeira etapa foi filmar todas as atividades dos operadores correspondentes a uma obra. De seguida os vídeos foram analisados e cada tarefa foi descrita. Para cada tarefa foi medido o tempo sendo posteriormente avaliado como valor acrescentado ou *muda*. Como *muda* foram consideradas as atividades que não acrescentaram valor ao processo e ao cliente, ou seja, todas as tarefas consideradas desperdícios. O próximo passo foi identificar qual o tipo de *muda* em cada tarefa. Como demonstrado na Figura 11, existem 8 tipos de desperdícios considerados como principais pela empresa:

1. Movimentação no posto de trabalho;
2. Movimentações de materiais dentro do próprio posto de trabalho;
3. Movimentação para procura de informação;
4. Parametrização de instrumentos ou máquinas;
5. Movimentação de materiais entre postos de trabalho;
6. Tempo consumido a fazer controlo de material;
7. Tempo de espera por material ou informação;
8. Tempo e/ou movimentações para registo de informação.

Descrição do processo	VA	MUDA	Tipo de muda							
			Movimento	Movimento	Movimentação	Movimento	Transporte	Controlo	Espera	Registos
			Movimento	Materials	informação	parameterização				informáticos

Figura 11: Modelo utilizado para descrever e classificar as tarefas

Depois de detalhadas todas as tarefas de todas as peças, foi feito um quadro resumo de cada posto de trabalho. A Figura 12 é um exemplo de um quadro correspondente à célula das arca-das, onde são identificados os tempos de valor acrescentado e *muda* das peças produzidas naquele

posto, assim como, os seus principais desperdícios. Esta apresentação permite uma melhor visualização e análise dos dados.

2. Arcadas			
Peça	VA	Muda	Total
Arcada superior	00:04:42	00:07:10	00:11:52
	40%	60%	
Arcada inferior	0:16:55	0:15:04	00:31:59
	53%	47%	
	00:21:37	00:22:14	00:43:51
	49%	51%	

**Principais mudas**

Papeis de obra estão na banca ao lado

Deslocação para ir buscar materiais - kommbot e carro de obra

Prepara um saco com 40 braçadeiras ( de um saco com 100)

Espera para embalar

Poupa muito tempo se tiver ajuda a carregar a arcada

Retificação furo veio

Lima os furos da peça

Vai buscar as proteções laterais (x4 ao stock lateral, x2 a caixa)

Transporte da arcada para o caixote

Figura 12: Quadro resumo das tarefas da célula das arcadas

A apresentação dos dados em gráficos clarifica a visualização dos resultados e permite analisar o balanceamento dos postos de trabalho. O eixo dos xx corresponde aos postos de trabalho e o tempo de trabalho de cada um está representado no eixo dos yy. Como referência foi utilizada a linha do *takt time*. O *takt time* foi calculado considerando sete horas úteis por dia e um objetivo de 30 elevadores por semana. O resultado obtido é um *takt time* de 70 minutos, ou seja, a cada 1h e 10 minutos deve ser produzido um elevador para que a procura seja atendida e os prazos de entrega sejam cumpridos.

Foram elaborados dois gráficos. O primeiro, correspondente à Figura 13, é relativo ao tempo que determinado posto demora a fazer cada peça e o segundo, correspondente à Figura 14, refere-se à percentagem de *muda* vs. valor acrescentado de cada posto de trabalho.

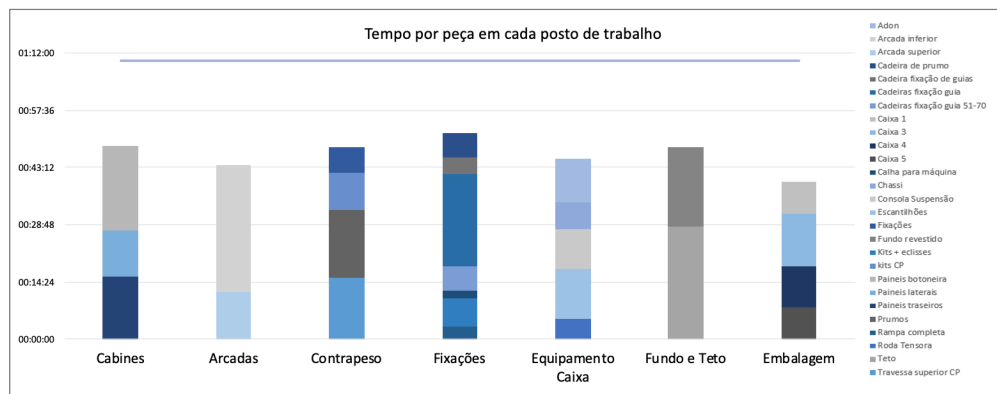


Figura 13: Tempo de fabrico de cada subconjunto nos diferentes postos de trabalho

Pela análise do gráfico da Figura 14, é possível verificar que todos os postos de trabalhos concluem as suas tarefas consideravelmente antes do tempo limite. Isto significa que há mão de obra excedente relativamente às tarefas a ser realizadas. Os elementos em excesso não são possíveis de retirar visto que este projeto só tem em consideração a produção de elevadores ISI que são os mais rápidos de produzir. Ainda que estes sejam fabricados em maior quantidade, é necessário ter em consideração que outro tipo de produtos aqui fabricados requerem mais tempo de produção, sendo necessário este número de trabalhadores.

No gráfico da Figura 14, vê-se representada a percentagem de tempos de *muda* e valor acrescentado, sendo possível verificar que o tempo gasto com desperdícios é aproximadamente igual ao tempo despendido em atividade com valor acrescentado. Ciente da importância deste facto e da sua implicação a nível de produtividade, tornou-se necessário identificar quais os principais *muda* nos diversos postos de trabalho de modo a reduzir ou eliminar a sua existência. Depois de conhecidos os principais problemas optou-se por dividi-los em categorias visto alguns dos *muda* serem comuns a todos os postos de trabalho.

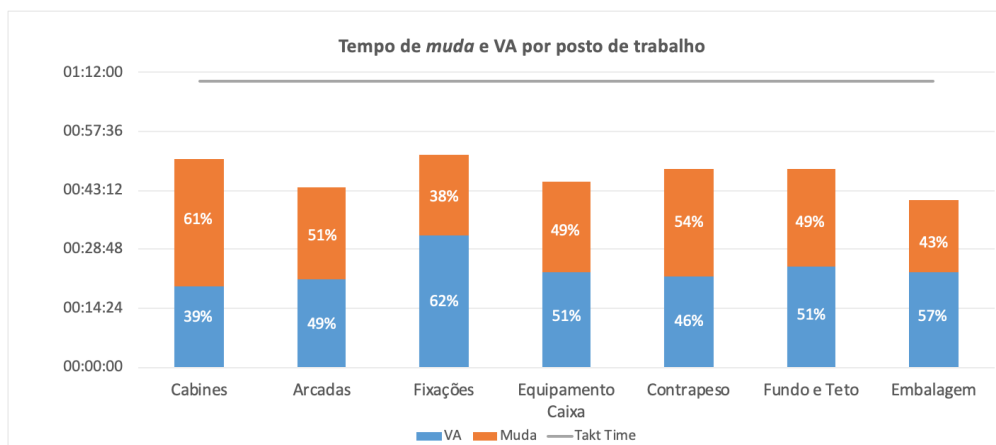


Figura 14: Tempo de valor acrescentado e *muda* em cada posto de trabalho

## Informação

Relativamente ao acesso a detalhes técnicos de cada obra são encontrados diversos *muda*. Antes de iniciar a sua atividade, os operadores têm de se deslocar ao posto de trabalho com os papéis de obra para obter as indicações sobre a obra a realizar. De seguida é despendido bastante tempo até encontrarem todos os dados relativos aos materiais e às quantidades a usar visto que a informação não se encontra organizada de acordo com o que cada posto de trabalho executa. Por último, e conforme ilustra a Figura 15, os trabalhadores sentem necessidade de tirar anotações pessoais. Esta situação demonstra a resistência à mudança a novas metodologias dos operadores uma vez que têm as ferramentas necessárias mas optam por métodos rudimentares por fazerem parte da rotina. Desta forma, o desafio passa por formar as pessoas para que se habituem à mudança e às novas metodologias.

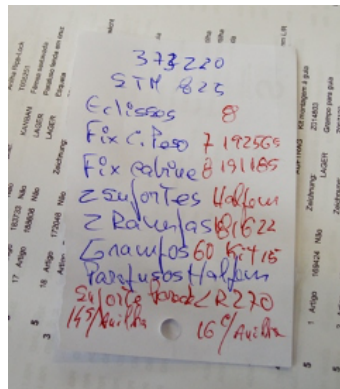


Figura 15: Anotações de um operador

### Retrabalho das peças

O retrabalho é necessário para corrigir defeitos que algumas peças possam trazer de postos anteriores. A dimensão das peças é programada corretamente. No entanto, ao longo do processo produtivo há tarefas que alteram as medidas originais, obrigando os operadores a terem que as retificar. Concretamente, no posto de trabalho das arcadas, o operador gasta cerca de 10 minutos a retificar um furo, exemplificado na Figura 16, porque este fica com excesso de pintura no posto de trabalho anterior, diminuindo o seu diâmetro e fazendo com que o veio deixe de encaixar na peça.



Figura 16: Retificação do furo da arcada

### Desorganização das mesas de ferramentas

As ferramentas não se encontram em locais previamente definidos, tornando a sua procura morosa e pouco intuitiva. É um desperdício comum a vários postos de trabalho, já que todos os profissionais têm uma mesa, onde habitualmente colocam as ferramentas de uma forma aleatória, conforme a imagem da Figura 17, diferente da mesa de trabalho onde são assembled as peças.



Figura 17: Mesa de ferramentas

### Processo bloqueado

Ao longo do processo produtivo qualquer problema que surja ao operador necessita de ser reportado e resolvido pelo *team leader*, implicando consumo de tempo a ambos. Quando se trata de falta de material, esta implica com alguma frequência a paragem da obra. Na Figura 18 está demonstrada uma palete bloqueada por falta de material. Mesmo que esta falha tenha sido detetada previamente por algum dos postos anteriores, não existe uma comunicação automatizada eficaz que permita uma resolução mais atempada do problema.



Figura 18: Palete bloqueada

### Material desorganizado

Em inúmeros postos de trabalho o material não está organizado em FIFO e frequentemente encontra-se misturado com materiais de outros postos de trabalho, tornando a sua procura muito exaustiva. O material tem 3 formas de chegar ao posto de trabalho:

1. **Zona in da linha:** Por cada obra existe um carro, Figura 19, e uma *kommbox*, Figura 20, que contém os materiais de todos os postos de trabalho. O carro de obra, proveniente do posto de trabalho anterior (onde é feita a pintura), coloca os materiais de forma aleatória no carro após a pintura dos mesmos. Na *kommbox* os materiais vindos do armazém são também colocados aleatoriamente.



Figura 19: Carro de obra



Figura 20: *Kommbox* de obra

2. **Zona *in da célula*:** Quando o posto de trabalho produz peças semelhantes em grande quantidade, são colocadas várias dessas peças perto da mesa de trabalho, conforme demonstrado na Figura 21.

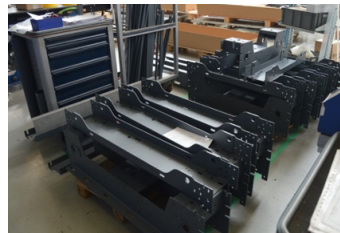


Figura 21: Zona *in* fixacoes

3. **Estante da *supply chain*:** Nesta zona ilustrada na Figura 22 estão materiais de pequena dimensão, necessários a todas as obras e postos de trabalho.

Figura 22: Estante da *supply chain*

Desta forma, é possível perceber que o facto do material não estar organizado por posto de trabalho implica um acréscimo substancial de trabalho ao operador. Para além disso, os operadores necessitam de se deslocar constantemente à estante da *supply chain* para trazer os materiais necessários para a mesa de trabalho. Ainda há a salientar que na zona *in* de cada célula os materiais são reunidos sem qualquer ordem o que não agiliza a sua utilização. De seguida são explicitadas algumas das situações detetadas. No caso do posto de trabalho das arcadas, visto que estas são colocadas em grande quantidade de forma aleatória, conforme demonstrado na Figura 23 o operador necessita de medir as arcadas até encontrar a correspondente à da obra em curso.

Figura 23: Zona *in* arcadas

Na célula das cabinas os carros com os painéis são colocados de forma aleatória na zona *in* desta célula, perto da mesa de trabalho. No entanto nesta célula são trabalhadas umas peças, os calços de espelho, que têm um tipo de pintura diferente da dos restantes materiais utilizados neste posto. Por essa razão não são alocadas em simultâneo com o restante material da semana. Consequentemente, o operador necessita de muito tempo até encontrar o número de obra gravado no calço correspondente à obra que está a executar no momento. A Figura 24 representa os vários calços de espelho aglomerados e sem qualquer organização

Para além disso, o trabalhador tem que encontrar dentro do material disponível, qual o carro com os painéis correspondentes à obra que tem em curso e selecionar o painel a utilizar em primeiro. O facto de não existir FIFO tanto na colocação do carro na zona *in* como da ordem dos painéis, faz o operador desperdiçar tempo útil nesta procura.

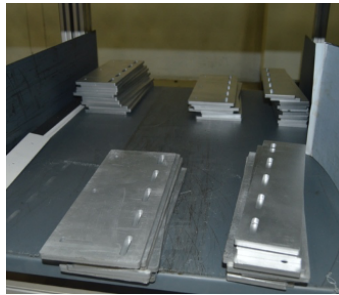


Figura 24: Calços de espelho

### **Produção de kits**

Os *kits* são constituídos pelos acessórios que são necessários em obra. Há uma célula de trabalho responsável por selecionar os acessórios, acondicioná-los em embalagens e colocados junto com as restantes peças, denominada célula dos acessórios. No entanto, na linha de produção em foco neste projeto, há postos de trabalho que necessitam de fazer diversos sacos de acessórios para dar continuidade ao trabalho, conforme representado na 25. Visto que esta função não corresponde às tarefas que acrescentam valor naquele posto de trabalho, a percentagem de desperdícios aumenta.



Figura 25: Elaboração de kits

### **Zona de Embalagem ineficiente**

O embalamento dos materiais, corresponde à célula representada na Figura 26, precede a expedição do produto e deve, idealmente, ser um processo rápido e sistematizado. Tal não se verifica devido à existência de diversos *muda* neste posto de trabalho. Verificam-se deslocamentos constantes do operador para aceder ao material a embalar. O processamento da embalagem não é automatizado, obrigando o operador a fazer o alinhamento manual das tábuas e a envolver toda a paleta com o plástico final. No embalamento da paleta 3, acresce ainda a necessidade de neste posto de embalagem se prender a balustrada em cima do teto, fotografar em conjunto com o número de obra e por fim amarrar o conjunto do fundo e teto à paleta.





Figura 26: Célula de embalagem

### Fluxo de embalagem descontínuo

Cada embalagem é constituída por diferentes tipos de peças vindas dos diversos postos de trabalho. A organização dessas embalagens é realizada de modo a tornar mais fácil e rápida a montagem em obra do elevador. É essencial utilizar a informação relativa à constituição de cada paleta para verificar se a disposição dos postos de trabalho assim como a respetiva atribuição de peças é a mais otimizada tendo em conta um fluxo de produção contínuo.

O gráfico de tempo de construção de uma paleta, apresentado na Figura 27, corresponde ao tempo total de execução de uma paleta desde a assemblagem das peças que a constituem até à sua embalagem. Pela análise do gráfico verificamos que todas as embalagens estão a ser construídas abaixo do *takt time*. Ainda assim, será importante estudar o percurso da paleta para verificar se o fluxo é contínuo, ou seja, o preenchimento dessas paletes tem continuidade no posto de trabalho seguinte (a jusante). Depois de detalhado o fluxo de carga das diversas paletes verificamos que o fluxo é contínuo em todas as paletes exceto numa, denominada paleta 5, conforme demonstrado na Figura 28.

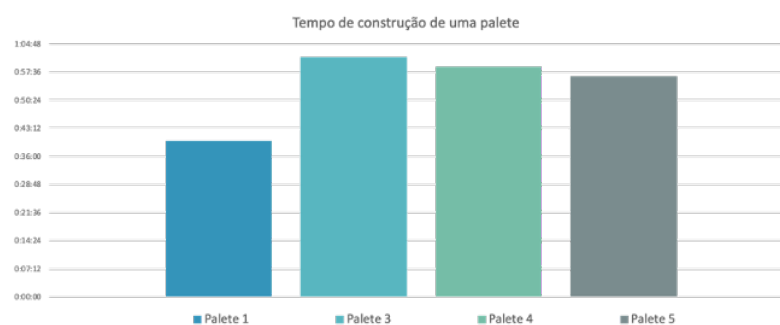


Figura 27: Gráfico de tempo de construção das paletes

A paleta 5 é constituída por 2 caixas e é alimentada pelos postos de trabalho das fixações, equipamento de caixa e contrapeso. Através do diagrama da Figura 28 é possível verificar que o fluxo não é contínuo pois a paleta após passar no contrapeso (5) tem que recuar para os postos do equipamento (4) e das fixações (3) para terminar o preenchimento da caixa 1 e de seguida avançar novamente para preencher a caixa 2. Este contrafluxo da embalagem provoca diversos *muda*, tais como, movimentos de materiais e transportes desnecessários.

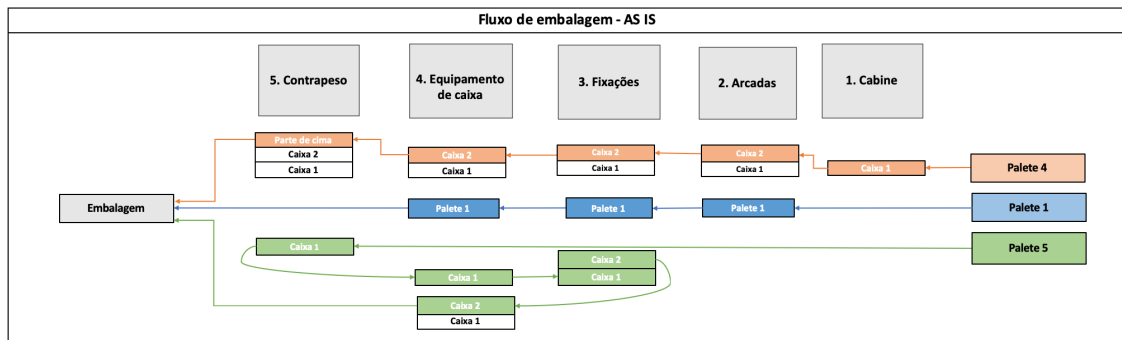


Figura 28: Fluxo de embalagem da paleta 5

### Mudança de layout

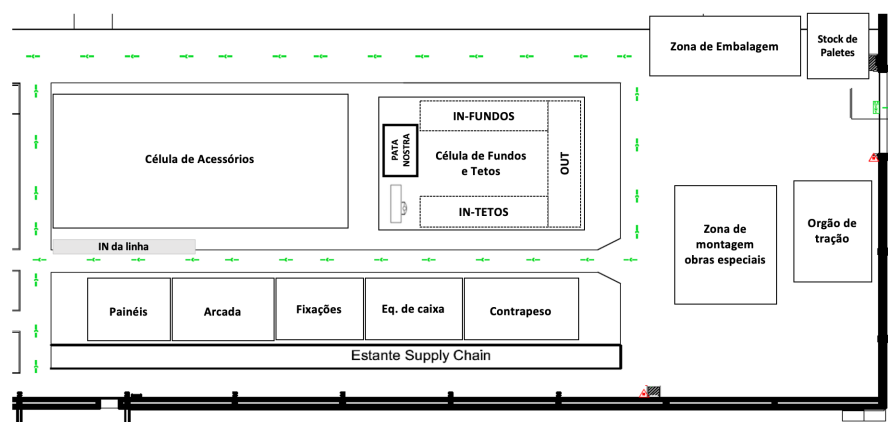
O projeto de mudança do *layout* desta secção já tinha sido iniciado pela equipa de gestão responsável aquando o começo do projeto neste relatório. A necessidade de adquirir uma estufa para a aplicação dos revestimentos nos fundos surgiu para dar resposta à limitação de executar esta tarefa apenas durante a ausência dos operadores na hora de almoço, visto os gases libertados pela tinta serem tóxico e o processo de cura da cola ser mais estável numa estufa. A equipa sentiu também a necessidade de ter zonas diferenciadas para fazer a montagem de caixas, para a montagem de obras especiais, representada na Figura 29, um espaço de armazenamento das paletes atualmente se encontra conforme a Figura 30 e uma zona para as paletes bloqueadas. Para melhor compreensão, o *layout* atual está representado na Figura 31.



Figura 29: Montagem de obras especiais



Figura 30: Stock de paletes

Figura 31: Representação do *Layout* atual

Apesar dos benefícios conseguidos com estas mudanças, ao longo deste projeto foi possível identificar outros défices relacionados com a organização do espaço. Os locais críticos identificados são a zona *in* e a zona *out* da linha onde se processa a execução da obra.

A permanência dos carros com o material que abastece a linha bem como as paletes onde são colocadas as peças prontas no final é imprescindível para o bom funcionamento da obra. No entanto foi possível depreender que a localização de ambos não é a mais eficiente.

Em cada obra são os operadores que se deslocam à zona *in*, trazem o carro com os materiais para o respetivo posto de trabalho, retiraram o material necessário e retornam com o carro ao local inicial.

Na zona *out* situam-se as paletes que servem todos os postos de trabalho. Habitualmente, as paletes 4 e 5 são colocadas numa zona central, entre a célula das fixações e a do equipamento de caixa, demonstrado na Figura 32. Repetidamente ao longo do dia, os operadores deslocam-se a esse local para armazenar os materiais. A paleta 1 está assente em cima de um carro que se desloca entre os postos de trabalho, permitindo o abastecimento do material *in loco*.

Adicionalmente a estes *muda* que obrigam os operadores a ausentar-se dos postos para obterem e reporem o material, há a registar outro foco de atenção. A estante da *supply chain* que serve de apoio a todos os postos de trabalho ao longo da linha de produção. Por se centralizar nela muito

material necessário para a produção das peças, regista-se um enorme consumo de tempo por parte dos operadores que necessitam de constantes peças nessa localização.



Figura 32: Zona out palete 4 e 5

### **Movimento de materiais**

Uma grande parte das peças produzidas nesta linha de produção são materiais pesados e o transporte destes não pode ser realizado pelo operador, sendo habitualmente necessário recorrer ao uso de uma ponte aérea para deslocar a carga até ao posto de trabalho. É um processo demorado visto ser necessário amarrar o material à ponte, transportá-lo lentamente para o local requerido e colocar a ponte em segurança no final. Tratando-se de um equipamento partilhado por vários postos de trabalho por vezes é necessário o operador parar a obra e esperar até que este esteja disponível para uso no seu posto de trabalho.

### **Trabalho "individualista"**

Numa linha de produção o trabalho em equipa tem larga vantagem a nível de produtividade. Um dos problemas percecionados foi que os postos de trabalho são “fechados” e cada operador trabalha individualmente na sua área ao invés de trabalharem em conjunto como equipa em toda a linha de produção.

### **Outros muda**

Durante a observação da linha de produção foram detetadas outras questões que não foram inseridas nas categorias anteriores dado se tratarem de situações particularizadas a determinados postos de trabalho.

É o caso do posto de trabalho de fundos e tetos. É a etapa que consiste em unir com uma chapa de segurança o fundo ao teto do elevador, representado na Figura 33. É uma tarefa delicada e morosa pois a fixação tem que cumprir uma distância de segurança que não danifique a tinta e torna-se necessário recorrer à ponte aérea pela distância que existe entre os topos a aproximar.

No posto das fixações foi detetado que o trabalhador investe muito tempo no seu turno a tirar o plástico que envolve as peças eclisses, peças utilizadas em grande quantidade em cada obra. Na Figura 34 estão representadas as eclisses vindas do fornecedor, envolvidas em plástico.



Figura 33: Fundo e teto com chapa de segurança



Figura 34: Eclisses embrulhadas em plástico

### 3.4 Projeto FAB – identificação dos problemas

Paralelamente à procura individual dos *muda* em cada um dos postos de trabalho, foi realizada uma caça ao *muda* em conjunto com a equipa fabril. Esta atividade foi feita com os responsáveis de cada departamento da unidade fabril da Schmitt Elevadores. O primeiro passo consistiu em desenhar esquematicamente todo o processo de produção, incluindo para cada departamento quais os fornecedores e quais os clientes, de acordo com a Figura do Anexo D.

Depois de organizado o fluxo de materiais ao longo de toda a linha de produção, foram escolhidas as células com mais necessidade de mudança. Dentro da equipa mencionada, foram organizadas equipas de duas pessoas a quem foi atribuído o estudo de um posto de trabalho distinto do que pertencem. Depois de encaminhadas para o chão de fábrica, cada uma ficou responsável por cronometrar os tempos de valor acrescentado e não valor acrescentado e por desenhar um diagrama *spaghetti*, correspondente a todas as movimentações do operador. A folha tipo utilizada para registar todos esses dados encontra-se representada no Anexo E. No final, em forma de síntese, foi apresentado a toda a equipa a soma e as percentagens dos tempos de valor acrescentado e de desperdícios, assim como os principais *muda* encontrados em cada célula. A Figura 35 representa a síntese da caça ao *muda* nos postos de trabalho da secção em análise neste relatório.

Esta atividade complementar foi fundamental visto que a procura de problemas foi feita pelos próprios clientes do processo (VOC) permitindo uma outra perspetiva, fundamental para a melhoria do processo.

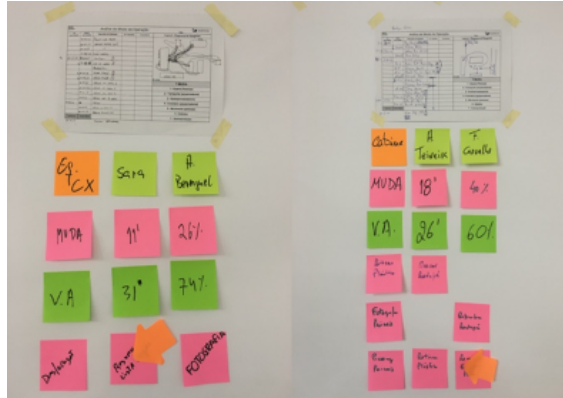


Figura 35: Síntese do caça ao *muda* na secção das cabinas e fixações

Relativamente à área em estudo neste projeto foram analisados dois dos seus postos de trabalho, as células equipamento de caixa e cabinas. As equipas identificaram vários *muda*, tais como, deslocações, tempo despendido a anotar informações e falta de máquina fotográfica na célula equipamento de caixa. Relativamente à célula das cabinas foram identificados diversos *muda*, nomeadamente, retirar plástico do painel, marcar rodapé, limar as rebarbas metálicas do rodapé. Foram igualmente identificados *muda* relativamente à falta de uma máquina fotográfica naquela célula e à qualidade da fotografia. Por fim, outro *muda* existente nessa célula refere-se ao *picking* dos painéis, ou seja, a ordem pela qual os painéis estão dispostos no carro de obra não é a mais otimizada para o operador, obrigando-o a perder muito tempo para encontrar o painel desejado.

## Capítulo 4

# Solução proposta

Após identificação e análise dos principais problemas encontrados na secção de cabinas e equipamento de caixa tornou-se essencial pensar em soluções para dar resposta aos mesmos. As opções propostas e descritas no presente capítulo, foram pensadas de modo sustentado, de forma a não comprometer outros postos de trabalho ou departamentos.

Este tópico corresponde às fases *Improve* e *Control* do DMAIC. Depois de identificar as oportunidades de melhoria e em que ponto do processo as aplicar, foram concebidas várias soluções possíveis. A primeira fase, *Improve*, corresponde a avaliar os prós e contras de cada uma das soluções pensadas. É feita uma análise esforço *versus* impacto de forma a perceber se as soluções são exequíveis e qual a sua prioridade de implementação. A última etapa, denominada *Control*, corresponde a uma avaliação do impacto das soluções implementadas. Esta verificação é feita através de variações nos gráficos de balanceamento e na diminuição dos desperdícios de cada posto de trabalho. Devido às medidas de contenção criadas pela pandemia de Covid-19, não foi possível medir resultados de todas as soluções pensadas nem recolher o *feedback* dos operadores, necessários nesta fase *Control*.

### 4.1 Projeto FAB - resolução dos problemas

No seguimento da caça ao *muda* descrito no tópico anterior, em conjunto com a equipa fabril foram discutidas e implementadas soluções para resolução dos problemas identificados. Uma particularidade decisiva deste projeto é o facto da resolução dos problemas ser discutida em equipa. Frequentemente, a solução para os problemas de um departamento passa pela ajuda de outro. O projeto baseou-se em reuniões semanais, abertas a toda a equipa, com discussão conjunta sobre os problemas e formas de melhoria contínua. Algumas questões abordadas nas reuniões foram resolvidas de imediato por se tratarem de problemas de rápida resolução. No caso do departamento onde este projeto está inserido, foi colocada uma máquina fotográfica no posto de trabalho das cabinas. Foram igualmente abordadas possibilidades de resolução de outros problemas. No caso do *picking* de painéis, dado que estes não vêm pela ordem de trabalho do operador, foram

equacionadas formas de eles serem reordenados corretamente nos processos anteriores. Para contornar o problema da anotação de informações em papel na célula das fixações, foi discutido com o PEP para que fosse providenciada informação de uma forma mais simplificada, intuitiva e por posto de trabalho. Este projeto encontra-se suspenso devido à situação de pandemia de Covid-19 e consequentes medidas de contenção impostas esperando-se dar continuidade à resolução destes problemas após o término da dissertação.

## 4.2 Resolução dos *muda* individuais

Na sequência dos *muda* identificados, são apresentadas neste tópico possibilidades de solução para melhoria da linha de produção em análise.

### Personalização da informação

De maneira a evitar as deslocções dos operadores ao posto de trabalho com os papéis de obra, na reunião 'bom dia' seriam entregues a todos operadores os papéis de todas as obras do dia, com as informações relevantes para cada um dos postos de trabalho.

Relativamente às anotações realizadas na célula das fixações, a sua eliminação seria faseada. O resultado final que se pretende é a eliminação completa das anotações, porém de momento o operador ainda sente necessidade de ter esse apoio. O Anexo F mostra o *template* que seria dado ao operador de forma a substituir as anotações feitas por ele. Cada folha, correspondente a um dia de trabalho, é dividida em 6 obras e cada uma tem como base as anotações habitualmente feitas pelo trabalhador. Desta forma, em vez de ter que escrever toda a página, o trabalhador teria apenas que acrescentar os tipos de peças e as quantidades.

### Eliminação do retrabalho

De forma a impedir que o trabalhador tenha que retificar a peça, foi fabricada uma tampa, representada na Figura 36. Esta peça ao ser colocada no departamento de pintura evita que se acumulem resíduos no furo e que seja necessário retificá-lo para colocar o veio.

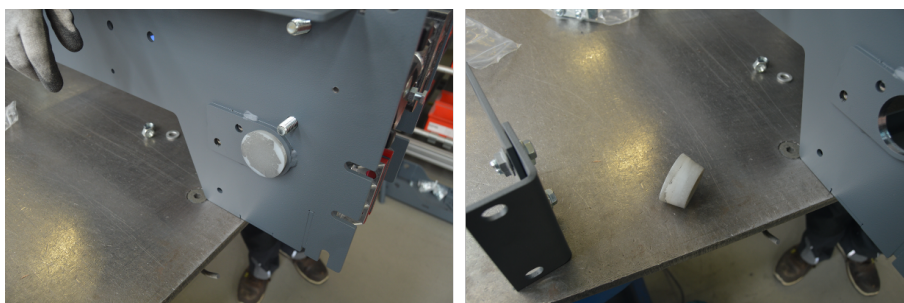


Figura 36: Colocação de uma tampa no furo da arcada



### Organização das mesas de ferramentas

A fim de organizar as mesas de ferramentas dos postos de trabalho é necessário aplicar a metodologia 5S. O primeiro passo seria separar as ferramentas necessárias das desnecessárias e eliminar as que não são utilizadas. De seguida colocar num local de fácil acesso, tudo o que vai ser necessário a curto prazo. O passo seguinte seria normalizar, ou seja, criar espaços apropriados para cada uma das ferramentas, conforme representado na Figura 37. Desta forma, o operador coloca as ferramentas sempre nos mesmos locais, criando-se um hábito ou rotina.

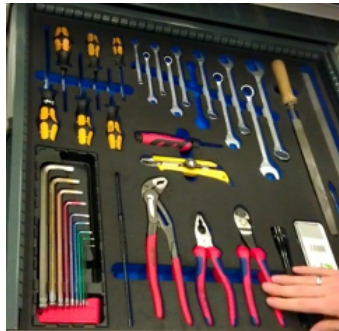


Figura 37: Exemplo da aplicação do método 5S na organização de ferramentas

### Automatização do processo

Para se construir uma comunicação eficaz ao longo de toda a linha de produção, deveria-se promover autonomia aos trabalhadores para darem baixa de materiais ou reportar problemas. Para tal seria necessário dotar todos os postos de trabalho com *tablets*, já utilizados noutras áreas da empresa, cujo acesso ao ERP lhes permitiria comunicar com os postos de trabalho dos restantes departamentos.

### Organização do material

No caso do posto de trabalho das arcadas, as arcadas deveriam vir no carro de obra. Seria uma forma de evitar a acumulação neste posto de trabalho e era poupado o tempo da procura da arcada correspondente à obra a executar.

Os calços de espelho, armazenados em grande quantidade na zona *in* da célula das cabinas, deveriam ser entregues em FIFO de forma a que o operador não necessitasse de procurar a peça pelo número de obra gravado. Ou seja, essas peças deviam ser colocadas na estante separada por divisórias por ordem das obras dessa semana.

Os carros com os painéis da cabina deveriam igualmente, ser distribuídos em FIFO na zona *in* deste posto de trabalho. O chão possui marcas indicativas da localização de cada carro e estes seriam colocados pela ordem de execução do operador de forma a evitar perdas de tempo na sua procura.

### Eliminação dos *kits*

Na célula das arcadas, é necessário amarrar à arcada um saco com 40 abraçadeiras. Esta bolsa é feita pelo operador a partir de outra já existente com 100 abraçadeiras, como representado na Figura 38. Para evitar esta etapa e eliminar este processo seria necessário, juntamente com o departamento de compras, negociar para que fossem comprados sacos com 40 abraçadeiras.



Figura 38: Elaboração de um saco com 40 abraçadeiras

Para evitar os desperdícios de tempo das células do equipamento de caixa e do contrapeso na produção de *kits*, estes passariam a ser feitos pela célula dos acessórios, cuja função é essa.

Os *kits* representados na Figura 39 são produzidos na célula dos acessórios e posteriormente armazenados numa caixa, Figura 40. Para cada obra, o operador do posto de trabalho das fixações necessita de selecionar da caixa onde se encontram armazenados os *kits*, os correspondentes à obra a executar, tirar uma fotografia, e de seguida colocá-los na caixa de cartão representada na Figura 39 que segue para a embalagem. O processo seria mais eficiente se na célula dos acessórios fosse tirada a fotografia e se os *kits* fossem colocados diretamente na caixa de cartão por obra em vez de se acumularem os *kits* de várias obras numa só caixa.



Figura 39: Caixa de expedição de *kits* de fixação



Figura 40: Caixa de armazenamento de *kits* de fixação

### **Eliminação desperdícios na zona de embalagem**

O processo de embalagem tem vários *muda* que devem ser eliminados pois a função deste posto é apenas proteger o conteúdo para não sofrer danos durante o transporte. Desta forma, foram pensadas algumas soluções para reduzir o tempo do embalamento. Para que o trabalhador não tenha necessidade de substituir os agramos da máquina, colocar-se-iam duas máquinas agramadoras. Como há necessidade de dois tipos de agramos, a operação seria mais rápida caso se trocasse a máquina em vez de trocar os agramos.

Para além disso, todas as tarefas relativas ao posto de trabalho dos fundos e tetos passariam a ser feitas nesse mesmo posto. A colocação das abraçadeiras para prender a balaustrada, assim como fotografar esse processo passaria a ser da responsabilidade do operador da célula dos fundos e tetos.

Com o objetivo de resolver a desorganização dos tamanhos das tábuas constituintes da embalagem, a construção de um móvel em que as tábuas estivessem organizadas pelos diferentes tamanhos tornaria a procura destas mais rápida e intuitiva.

A falta de rigor no posicionamento das tábuas bem como o desperdício de tempo causado pela falta de agilização do processo podem ser contornados com a colocação de uma mola de carpinteiro num dos lados da palete tornando o processo de colocação das tábuas mais fácil e rápido. Por fim, para evitar o transporte do conjunto do fundo e teto, a palete deveria ser colocada na mesa de trabalho dos fundos e tetos antes de se colocar o respetivo fundo e o teto. O conjunto seria trabalhado em cima da palete e no final seriam amarrados à mesma, como mostra a Figura 41 no posto da embalagem. Desta forma, a palete ao ir diretamente para a zona de embalagem eliminaria esses *muda*.

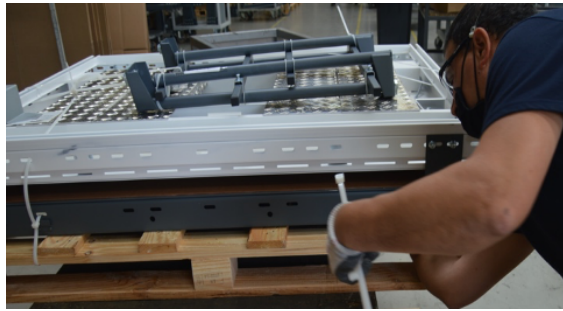


Figura 41: Amarração do fundo e teto à palete no posto de embalagem

### **Fluxo contínuo da embalagem**

No capítulo anterior, referimos que um dos grandes problemas relativamente ao fluxo de embalagem era o abastecimento da paleta 5. Como a paleta é constituída por duas caixas e as peças que as constituem são provenientes de vários postos de trabalho, a paleta tem que se deslocar contra o fluxo até estar completa. Para resolução desse problema os dois primeiros passos foram fundamentais. Primeiro foi necessário identificar todos os materiais constituintes das caixas de cada paleta, assim como, os materiais que cada posto de trabalho produz. Depois de identificados os materiais foi possível construir um diagrama, conforme indicado no Anexo G onde é possível identificar visualmente todo o processo. A melhor alternativa na resolução deste problema não poderia implicar grandes custos para a empresa e como tal, uma alteração que não exigisse grandes mudanças. Para além desta restrição, era necessário ter em atenção se as mudanças provenientes da solução proposta não implicariam que nenhum posto de trabalho estivesse acima ou perto do *takt time*. A solução proposta implica a mudança de sítio de 3 postos de trabalho e alteração das peças produzidas do posto de trabalho do contrapeso e do equipamento de caixa. Desta forma, o posto de trabalho do contrapeso recuaria para o local onde anteriormente era o posto das fixações, e os outros postos consequentemente avançariam.

Para permitir continuidade no fluxo da paleta 5 (sem comprometimento do fluxo das outras paletes), a montagem dos prumos do contrapeso, inicialmente produzidos pelo posto de trabalho dos contrapesos, passaria a ser da responsabilidade do posto de trabalho do equipamento de caixa. Esta mudança baseia-se no facto deste ser o último material colocado na paleta 4 e o posto de trabalho do equipamento de caixa ser, agora, o último posto da linha a abastecer esta paleta. A paleta 1 não sofreria alterações, visto que o seu fluxo de abastecimento não seria afetado. Relativamente à paleta 5, os *kits* produzidos no posto de trabalho do contrapeso e do equipamento de caixa passariam a ser da responsabilidade da célula de acessórios destinada a essas tarefas. Adicionalmente, o posto de trabalho do contrapeso ficaria responsável pela montagem das peças do posto de trabalho do equipamento de caixa que anteriormente abasteciam a caixa 1 da paleta 5. Desta forma, a célula do equipamento de caixa abasteceria unicamente a caixa 2 da paleta 5. A sugestão para o novo fluxo de embalagem está representado na Figura 42 e encontra-se em mais detalhe no Anexo H.

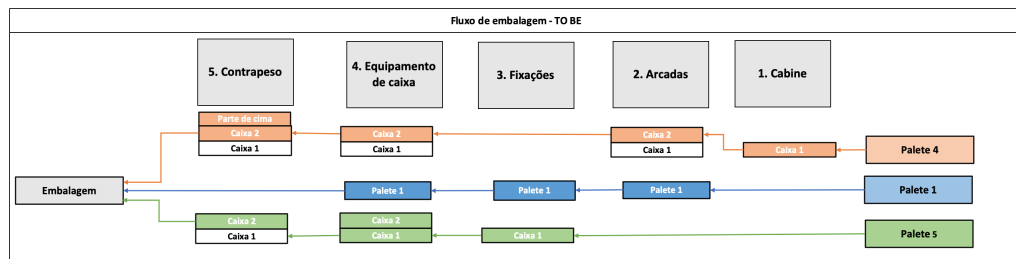


Figura 42: Sugestão para fluxo embalagem

Para verificar a aplicabilidade desta solução é necessário assegurar que a troca de peças produzidas pelos postos do contrapeso e do equipamento de caixa não comprometem o tempo total por obra, e que este fica abaixo do *takt time*. Como é possível observar no Figura 43, verifica-se que o tempo que cada posto de trabalho demora a concluir uma obra encontra-se abaixo do *takt time*.

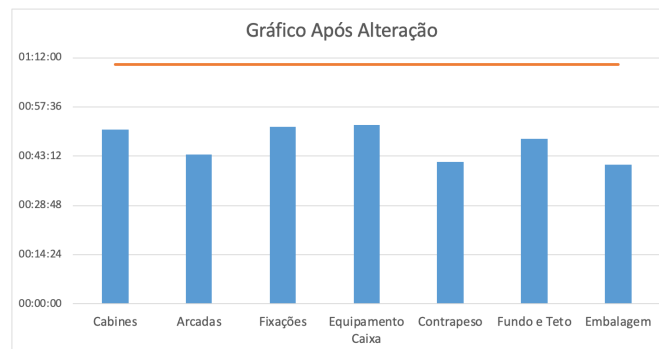


Figura 43: Gráfico de tempo de produção por célula após alteração do fluxo de embalagem

Comprovada a viabilidade desta solução e passando o fluxo de embalagem a ser contínuo surge uma nova questão relativa ao embalamento. O intuito fundamental era saber se a forma como é executado era a mais otimizada. A ordem de assemblagem dos materiais em cada posto de trabalho é da escolha do operador. Terminada a assemblagem, a peça pode ter dois destinos. Pode ser colocada de imediato na embalagem, que pode estar no próprio posto de trabalho ou pode estar noutro posto implicando a deslocação do operador, ou aguarda no chão ou em cima da mesa de trabalho à espera de ser embalada.

Como tal, foi necessário otimizar o ato de embalar e definir uma ordem de produção das peças de modo a que quando estas estivessem terminadas fossem de imediato colocadas na caixa. O primeiro passo consistiria em adquirir um tapete de rolos que disponibilizasse os diversos tipos de embalagens. Com esta nova organização seria necessário assegurar que as peças constituintes de cada embalagem estariam prontas a embalar mal o posto anterior tivesse embalado. Neste sentido, começou-se por definir o tempo que cada posto de trabalho demora a produzir as peças de cada embalagem. O esquema da Figura 44, com uma escala de tempo de 0 a 60 minutos, mostra quando é que cada posto de trabalho deve começar a produzir de forma a que todos os postos de trabalho embalem ao mesmo tempo.

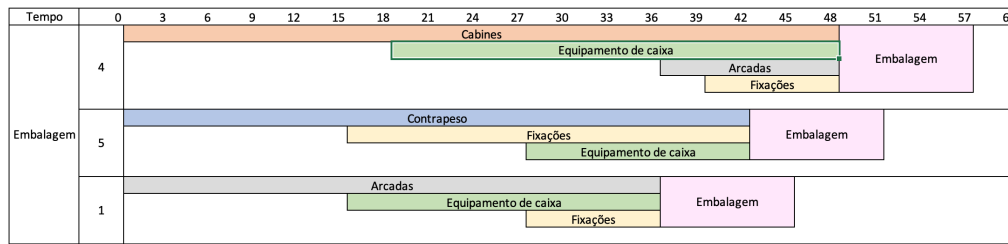


Figura 44: Tempo de preenchimento das embalagens pelas diferentes células

O maior desafio do esquema acima apresentado foi traduzir os tempos sem que o mesmo posto estivesse sobreposto ao longo da linha. Como o posto do equipamento de caixa e das fixações abastecem as 3 embalagens e são os *bottleneck* do sistema foi necessário testar a ordem temporal de enchimento das diversas embalagens. No diagrama representado na Figura 45 está explicitada a forma mais otimizada de produção em que o processo de embalagem se torna o mais rápido e eficiente possível.

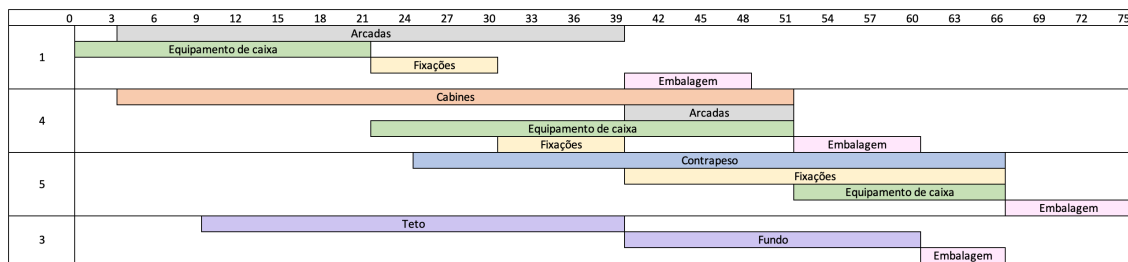


Figura 45: Tempo de preenchimento das embalagens pelas diferentes células sem sobreposição

### Organização do Layout

Relativamente à organização da área de produção, é necessário realizar algumas alterações para que o processo se torne mais dinâmico.

O problema da colagem dos revestimentos só poder ser realizada no período de ausência dos trabalhadores ficaria resolvido com a construção de uma cabina que isolasse o local e permitisse a colagem a qualquer hora do dia.

Como foi referido no tópico anterior, no sentido de dinamizar o embalamento seria adquirido um tapete de rolos, que se localizaria no corredor em frente aos postos de trabalho, representado na Figura 47. Com a mudança das embalagens para o tapete de rolos o espaço ocupado entre o posto das fixações e do equipamento de caixa ficaria livre. Reorganizar-se-ia o espaço. As células ficariam mais próximas e seria adicionada uma zona de montagem de caixas antes do tapete de rolos.

De forma a evitar as constantes deslocações dos operadores à estante da *supply chain*, as mesas deviam ser substituídas pelas que contêm uma banca com bordo de linha integrado para colocar os materiais e que já são utilizadas noutros departamentos, conforme representada na Figura 46. Com a utilização destas mesas, a estante da *supply chain* deixaria de ser necessária libertando o

seu espaço habitual. Essa zona seria otimizada ao ser utilizada como zona *in* da linha, ou seja, com a colocação dos carros de obra e *kommbox*. E com esta medida, facilitar-se-ia o acesso aos materiais evitando, uma vez mais, deslocações desnecessárias dos operadores em obra.



Figura 46: Mesa de trabalho com espaço para colocação de materiais

A zona de órgão de tração, local onde são cortados os cabos, passaria para a Schmitt 1. Este polo já possui uma zona idêntica o que permite a organização desta tarefa na cadeia de produção. Desta forma, todos os cabos são cortados no mesmo local e posteriormente enviados na *kommbox* de cada obra para a unidade fabril.

A célula de acessórios permaneceria no mesmo local porque como alimenta as secções de cabinas e equipamento de caixa e a secção das portas está estrategicamente situada no meio de ambas.

Os restantes espaços seriam ocupados com as zonas de embalagem, armazenamento de paletes, paletes bloqueadas e a zona de montagem de obras especiais, como ilustra a Figura 47. Com esta reestruturação dar-se-ia resposta à necessidade sentida pela equipa em ter estas zonas diferenciadas, como foi referido no capítulo anterior.

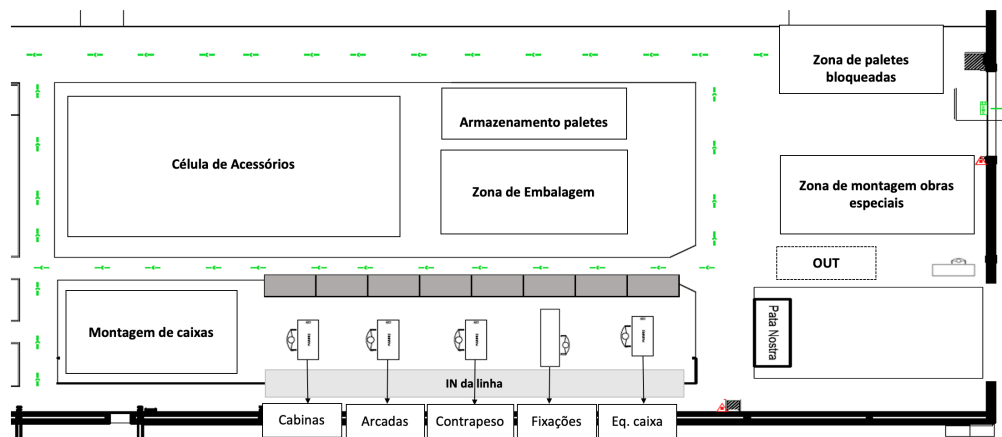


Figura 47: Sugestão para novo *Layout*

### **Transporte mais rápido dos materiais**

Este ponto, seria definido juntamente com a engenharia de segurança. Na maioria das vezes, para assegurar a segurança dos colaboradores, o transporte de peças pesadas tem que ser feito com recurso à ponte aérea. A alternativa ao uso desta ponte passaria por soluções que não pusessem em causa a segurança dos operadores como, por exemplo, a colocação dos materiais em paletes à altura da mesa de trabalho, onde o transporte poderia ser feito apenas a empurrar. Outra opção seria ponderar o uso de dois trabalhadores para transportar a peça, tornaria muito mais rápido este processo.

### **Trabalho em equipa**

Um dos campos a investir será a promoção do trabalho em equipa. Uma linha de produção em que seja fomentado este espírito consegue melhores resultados operacionais. É importante investir em formações dentro da empresa sobre os processos das linhas e a aplicabilidade destes em campo e envolver todos os operadores. É igualmente essencial fomentar o convívio em equipa fora do contexto de trabalho. Por fim, o *team leader* deverá incentivar que o trabalho seja feito obra a obra, ou seja, um operador que tenha terminado a sua tarefa deverá deslocar-se para outros postos necessários até a obra estar concluída em toda a linha.

### **Outros muda**

De forma a agilizar o processo de colocação da chapa de segurança entre o fundo e o teto, a sugestão seria colocar um calço entre eles com a altura desejada. O processo ficaria facilitado visto que o fundo e teto já estariam na altura necessária, sendo apenas necessário aparafusar as chapas.

Relativamente às eclisses envolvidas em plástico, seria necessário contratar com o fornecedor para que passassem a vir sem plástico. Para além de ser uma solução mais ecológica, diminuir-se-iam os custos associados ao plástico e o operador não despenderia tempo a retirar a cada peça.

## **4.3 Gráficos finais teóricos**

Em termos teóricos, com a implementação destas medidas são expectáveis os tempos de obra apresentados no gráfico da Figura 48. O resultado final esperado é uma diminuição do tempo de ciclo em todos os postos de trabalho e uma redução de 54 minutos e 38 segundos de tempo total em toda a linha. A aplicação das melhorias proporcionará uma diminuição da percentagem de *muda* em todos os postos de trabalho, havendo uma redução média de 11% dos *muda* em cada posto. A diminuição percentual dos *muda* varia entre os postos pelo facto de cada um ter diferentes níveis de desperdícios. Alguns destes desperdícios são inerentes ao processo de produção tornando mais difícil a sua eliminação.



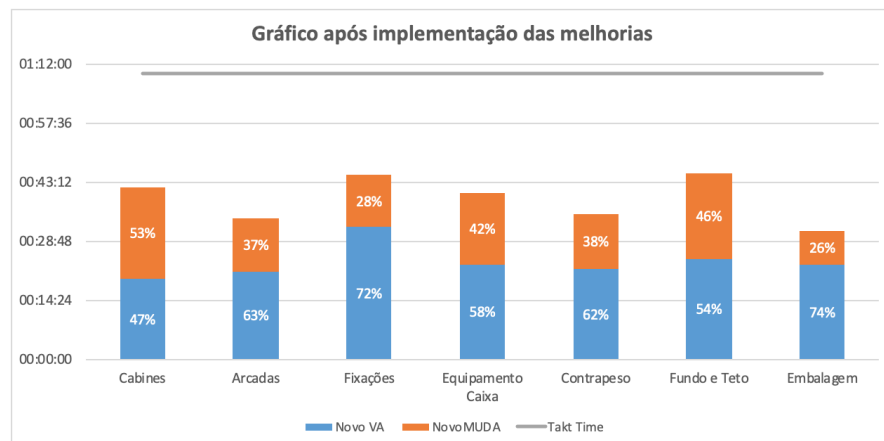


Figura 48: Gráfico de valor acrescentado e muda após implementação das melhorias

## 4.4 Implementação

O método de implementação adotado baseia-se na metodologia DMAIC. As primeiras fases, abordadas no capítulo anterior, correspondem à identificação dos principais muda e tempo dessas tarefas. Identificados os problemas, foram geradas propostas de soluções individualizadas sendo analisados os prós e os contras dessas medidas. Cada proposta de melhoria é identificada e numerada. A Figura 49 exemplifica o método utilizado para o posto de trabalho da embalagem.

Embalagem					
Principais mudas	Tempo	Soluções	Prós	Contras	Nº
Coloca as tábuas que vai utilizar em cima da caixa	00:00:30	Organizar o stock das tábuas	Rapidamente reconhece onde estão as tábuas	Construção de um móvel	33
Vai buscar a palete ao stock e coloca na mesa de trabalho com a transportadora	00:00:50	Colocar a palete por baixo do fundo e teto antes de começar a trabalhar	Apenas há um transporta do fundo e teto para a palete	O trabalho de fundos e tetos torna-se mais difícil	34
Puxa o fundo e teto para a palete e posiciona	00:00:15	Máquina fotográfica ou sistema de fotografia nesse posto	Ganho de tempo em deslocações	Custos	35
Vai buscar a máq. Fotográfica à secção ao lado	00:00:50	Utilização de agraços standard sem necessidade de trocar de tamanho	Não necessita de trocar	Menos personalizado	36
Troca os agraços da máquina	00:00:08	Organizar o stock de tábuas para ser rápido de ir buscar	Rapidamente reconhece onde estão as tábuas	Construção de um móvel	33
Troca as tábuas em cima da palete por tábuas maiores	00:00:50	Alguém deve fazer esse trabalho e colocar num móvel que tem os vários tamanhos de tábuas	Não tem que perder tempo a ir cortar	Aumento do stock	33
Vai cortar as tábuas	00:00:40	Substituir por caixas impermeáveis	Não tem que cortar	Custos ou outra pessoa tem que cortar	37
Corta o plástico	00:02:55	Colocar uma mola de carpinteiro num dos lados da palete	Mais eficiente	Custos	38
Posiciona as tabuas	00:01:10	Eliminação do processo de agrafar o plástico	Ganha tempo	Menos proteção	39
Agrafa o plástico	00:02:55				

Figura 49: Quadro exemplo das soluções propostas e respetivos prós e contras

Após o planeamento das soluções é fundamental priorizar a sua implementação. Nesse sentido foi realizada uma matriz esforço *versus* impacto, representada na Figura 50, que permitiu organizar as oportunidades de melhoria. Esta análise de benefícios, cujo impacto está relacionado com a redução do tempo de ciclo e dos custos, tem em consideração o esforço necessário para implementar cada solução. São calculados os custos, as dificuldades de implementação e sua aplicabilidade. As soluções que requerem pouco esforço e geram um elevado impacto, são consideradas obrigatórias e são as primeiras a serem implementadas. As que causam grande impacto, mas ao mesmo tempo necessitam de elevado esforço são consideradas projetos. As soluções de pouco esforço

e pouco impacto podem ser realizadas depois das outras estarem implementadas. Por fim, aquelas que requerem muito esforço e provocam pouco impacto, são consideradas desperdício de tempo e não devem ser consideradas.

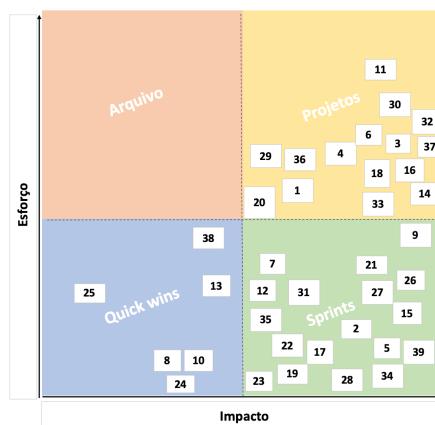


Figura 50: Matriz esforço impacto das soluções propostas

O passo que sucede a análise de benefícios é a implementação no chão de fábrica. Contudo, a pandemia de Covid-19 e consequentes medidas de contenção implementadas condicionaram a presença no *gemba*.

Para fazer face ao plano de contingência imposto, a unidade fabril optou por criar dois turnos de trabalho que permitissem manter a produção cumprindo todas as normas de segurança. O horário normal de trabalho da linha de produção é das 9h às 17h e foi dividido em dois períodos, entre as 7h às 13h e as 14h às 20h, com metade dos trabalhadores a laborar em cada. Toda a equipa cuja função não é no chão de fábrica ficaram em teletrabalho. Esta medida, embora necessária, alterou o normal funcionamento da linha de montagem. No caso da secção em análise, ficaram ativos no turno da manhã os postos de trabalho das cabinas, das fixações, do equipamento de caixa e do contrapeso. Estas unidades tentam fazer no seu turno todas as obras do dia deixando as embalagens abertas para que os postos de trabalho da tarde, nomeadamente as arcadas, os fundos e os tetos e embalagem terminem o seu preenchimento e as embalem. De um modo geral, por não estar presente a equipa completa, todas as secções sentem problemas em organizar-se e as obras têm que ficar bloqueadas por falta de material. Esta descoordenação para além de aumentar o tempo de desperdícios, leva a atrasos de entrega para o cliente.

A implicação do confinamento neste projeto foi relevante, pois impediu o gestor de se encontrar no local onde a produção ocorre e, consequentemente, de compreender os processos e detetar os problemas que ocorrem. A conceção das soluções sem ser em campo, faz com que seja perdida informação relativa à aplicabilidade. É de extrema importância o *feedback* dos operadores no que diz respeito ao impacto dessas melhorias. A estratégia utilizada para melhor contornar esta situação, foi fazer reuniões semanais em videochamadas e utilizar uma ferramenta de trabalho colaborativa, *open project*, para validar as soluções de implementação das melhorias. O uso do

*open project* permitiu que toda a equipa verificasse quais as tarefas, neste caso as soluções propostas, qual o responsável por cada uma e a sua data de conclusão. Quando as reuniões puderam ser presenciais, a equipa juntou-se com o *team leader* para delegar as várias soluções. O plano de implementação seguiu a matriz esforço impacto e tentaram-se encontrar soluções que criassem impacto, sem grande esforço, tendo em consideração que a época é excepcional e a linha de produção estava sujeita a maior pressão por estar a trabalhar a dois turnos e por ter atrasos nas entregas.

As melhorias selecionadas focaram-se no posto de trabalho da embalagem. Na prática, as tábuas de madeira que estavam desorganizadas, passaram a estar organizadas por tamanhos, como mostra, a Figura 51. Para além disso, a colocação das abraçadeiras para prender a balsustrada e a aquisição da foto, passou a ser feita no posto de fundos e tetos em vez de ser no posto de embalagem, conforme representado na Figura 52. Para tal, foi entregue uma máquina fotográfica neste posto para que o operador não tivesse que se deslocar constantemente aos outros postos para obter a máquina.



Figura 51: Organização das tábuas por tamanhos

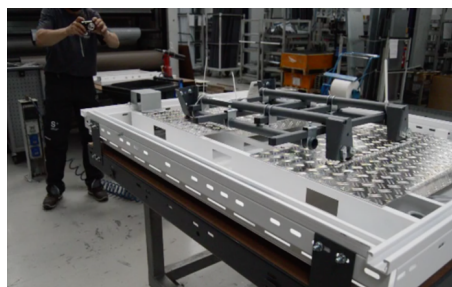


Figura 52: Tarefas de amarração e fotografia no posto de trabalho de fundos e tetos

## Capítulo 5

# Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Neste capítulo é apresentado um plano de implementação das soluções apresentadas previamente, é feito um balanço do que foi realizado e são consideradas perspectivas para um trabalho futuro.

O cronograma de estágio inicialmente planeado não foi totalmente cumprido. As restrições que impediram de ir à empresa e a destruturação causada pela pandemia, não permitiu que a fase de implementação, controlo e consolidação das soluções desenhadas fosse concluída. Como tal, a Figura do Anexo I representa o plano de implementação desenvolvido. Durante o mês de Junho pretende-se que a produção e a organização da empresa voltem à normalidade, tal como descrita no capítulo 3. Restabelecida a organização, durante o mês de Julho e Agosto, as soluções serão implementadas por todos aqueles que tenham influência direta na execução das mesmas. Os responsáveis acompanharão a implementação dessas soluções, verificando se estão conformes e intervindo quando necessário.

O objetivo deste projeto foi tornar os processos da secção de cabinas e equipamentos de caixa mais eficientes. Como tal, foi essencial olhar em detalhe para os problemas da linha para encontrar estratégias para os melhorar. Depois de medidos os tempos das várias tarefas dos postos de trabalho, foram elaborados gráficos que permitiram evidenciar a existência de inúmeros desperdícios passíveis de eliminação.

Foram aplicadas duas abordagens para a resolução dos problemas detetados na linha com o intuito de aumentar a eficiência da linha de produção. Uma, de carácter mais geral, permitiu avaliar a linha de uma forma mais global. Nesse âmbito foi proposto um novo fluxo de embalagem contínuo, de forma a evitar o recuo e avanço constante de uma das paletes. Foi ainda sugerida uma alteração no layout de forma a responder às necessidades sentidas pela equipa e combater problemas que tornavam o processo menos dinâmico. Esta alteração baseou-se em três grandes transformações: a mudança dos locais da zona *in* e *out* que otimizasse o processo de obtenção de material e colocação das peças na embalagem, a substituição de uma estante de materiais que é comum a todos os postos por mesas de trabalho individualizadas com capacidade para incluir esses

materiais e, por fim, o dimensionamento de zonas necessárias para o bom funcionamento da linha, tais como, uma zona de montagem de caixas, uma zona para colocação das paletes bloqueadas e um local onde possam ser montadas obras especiais.

Uma visão de caráter particular permitiu observar os postos de trabalho de forma individual. Esta análise permitiu que fossem detetados problemas relativamente a processos ou métodos usados nos vários postos. É o exemplo da retificação do furo das arcadas, das anotações que o operador do posto do equipamento de caixa sente necessidade de fazer ou mesmo a colocação dos materiais nos postos de trabalho não ser em FIFO. Para resolver os problemas identificados, as soluções foram pensadas em conjunto com a restante equipa fabril visto que muitas questões são provenientes de departamentos anteriores. A sugestão de melhoria para o problema da retificação do furo da arcada, causada pelo excesso de tinta, passa por aplicar uma tampa no departamento anterior, o de pintura. Da mesma forma para que o material seja colocado em FIFO é necessário criarem-se alterações na organização de outros departamentos.

Teoricamente, a implementação das soluções sugeridas provou ser benéfica com o aumento da eficiência da linha de produção. Com a impossibilidade de implementação prática de todas as sugestões de melhoria propostas, é esperada a sua aplicabilidade num futuro próximo, assim que as condições gerais o permitam.

Um novo projeto futuro a considerar seria o de automatizar o processo correspondente aos elevadores standard, visto estes deterem a maior percentagem de vendas. Este processo é feito de forma manual e depende muito de mão de obra humana. Seria interessante a criação de um *software* que incluísse nas variáveis os diferentes postos de trabalho e sua ordem, tipos de peças, tempo de produção, o tempo limite estipulado para cada obra e as restrições relativamente às peças que cada embalagem contém. O resultado final deste programa daria a distribuição mais otimizada das peças por posto de trabalho. O sistema de fotografia, cada vez mais recorrente na linha como forma de confirmação do que é feito, deveria ser mecanizado. Era necessário redefinir os processos ou peças que necessitam de registo fotográfico e de uma forma mais automatizada obter esse registo. A solução poderia passar por inserir um suporte fotográfico no tapete de rolos e disponibilizar ao operador um comando para registar a fotografia quando necessário.

A melhoria contínua, como o nome indica, é um processo continuado. Desta forma, o projeto descrito neste relatório deve ser feito regularmente porque surgem sempre novos problemas e novas maneiras de otimização dos processos.

Termino salientando a experiência enriquecedora vivenciada com este projeto. Foi possível enquadrar na prática os conhecimentos teóricos aprendidos e experienciar a realidade de um ambiente industrial. A possibilidade de realizar o projeto em conjunto com toda a equipa, fortaleceu o processo de aprendizagem, de envolvimento e motivação.

# Bibliografia

- Agus, A. and Hassan, Z. (2011). Enhancing production performance and customer performance through Total Quality Management (TQM): Strategies for competitive advantage. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 24:1650–1662.
- Ahram, T., Karwowski, W., Vergnano, A., and Leali, F. (2020). *Advances in Intelligent Systems and Computing 1131 Intelligent Human Systems Integration 2020*. Springer Nature Switzerland AG.
- Calvo-Mora, A., Ruiz-Moreno, C., Picón-Berjoyo, A., and Cauzo-Bottala, L. (2014). Mediation effect of TQM technical factors in excellence management systems. *Journal of Business Research*, 67(5):769–774.
- Chan, F. T. (2001). Effect of kanban size on just-in-time manufacturing systems. *Journal of Materials Processing Technology*, 116(2-3):146–160.
- Cohen, S. (1987). 6. Production Issues for the Supply Chain Supply Chain Requirements – A chain of Processes. pages 169–199.
- david parmenter Wiley (2020). *key performance indicator developing, implementing and using winning KPIs*. Author.
- Dziki, K. and Krenczyk, D. (2019). Mixed-model assembly line balancing problem with tasks assignment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 591(1).
- Ferreira, C., Sá, J., Ferreira, L., Lopes, M., Pereira, T., Ferreira, L., and Silva, F. (2019). iLeanD-MAIC – A methodology for implementing the lean tools. *Procedia Manufacturing*, 41:1095–1102.
- Gupta, Y. P. and Gupta, M. (1989). A system dynamics model of a JIT-kanban system. *Engineering Costs and Production Economics*, 18(2):117–130.
- Ishaq Bhatti, M. and Awan, H. M. (2014). The key performance indicators (KPIs) and their impact on overall organizational performance. *Quality and Quantity*, 48(6):3127–3143.
- Jadhav, J. R., Mantha, S. S., and Rane, S. B. (2014). Barriers for successful implementation of JIT: A manufacturer perspective. *International Journal of Procurement Management*, 7(3):316–342.
- Jeffrey K. Liker (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. Action Learning: Research and Practice.
- Jia Yuik Chong and Perumal, P. A. (2020). Conceptual Framework for Lean Manufacturing Implementation in SMEs with PDCA Approach.

- Lam, N. T., Toi, L. M., Tuyen, V. T. T., and Hien, D. N. (2016). Lean Line Balancing for an Electronics Assembly Line. *Procedia CIRP*, 40(1):437–442.
- Lingitz, L., Gallina, V., Kardos, C., Koltai, T., and Sihn, W. (2019). Balancing non-bottleneck stations using simple assembly line balancing models. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13):1432–1437.
- Lyu, Z., Lin, P., Guo, D., and Huang, G. Q. (2020). Towards Zero-Warehousing Smart Manufacturing from Zero-Inventory Just-In-Time production. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 64(January 2019):101932.
- Mao, F., Yang, H. B., and Xu, J. (2014). Determination of number of kanban for classis control system production lines. *Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, ICNSC 2014*, pages 480–483.
- Marr, B. (2012). *key performance indicators: The 75 measures every manager needs to know*. Choice Reviewsj.
- Moore, R. (2007). *Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools. What Tools? When?* Elsevier Inc.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System Beyond Large-Scale Production*. Diamond Inc.
- Pereira, J., Silva, F., Bastos, J., Ferreira, L., and Matias, J. (2019). Application of the A3 Methodology for the Improvement of an Assembly Line. *Procedia Manufacturing*, 38(2019):745–754.
- Prashar, A. (2017). Adopting PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle for energy optimization in energy-intensive SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 145:277–293.
- Rekha, R. S. and al, E. (2017). *Manufacturing Enhancement through Reduction of Cycle Time using Different Lean Techniques*. IOP Publishing Ltd.
- Reyes, J., Seerup, J., Sano, A., Hawkins, D., Gorospe, G., Mbogo, W., and Choe, T. (2012). A “Road Map” to Create a Standardized, Defect Free Hematopoietic Cell Transplant (HCT) Schedule Utilizing Lean Methodology – A3 Thinking. *Biology of Blood and Marrow Transplantation*, 18(2):S389.
- Silva Filho, O. S. and Calado, R. (2013). *Learning supply chain management by pbl with A3 report support*, volume 6. IFAC.
- Smętkowska, M. and Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 238:590–596.
- SobekII., D. K. and Smalley, A. (2008). *A3 Thinking, A critical Component of Toyota’s PDCA Management System*. Taylor and Francis.
- Tezel, A., Koskela, L., Tzortzopoulos, P., Tezel, A., Koskela, L., and Tzortzopoulos, P. (2016). Visual management in production management: a literature synthesis. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(6):766–799.
- Tyagi, S., Choudhary, A., Cai, X., and Yang, K. (2015). Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. *International Journal of Production Economics*, 160:202–212.

- Valmohammadi, C. and Roshanzamir, S. (2015). The guidelines of improvement: Relations among organizational culture, TQM and performance. *International Journal of Production Economics*, 164:167–178.
- Veres, C., Marian, L., Moica, S., and Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. In *Procedia Manufacturing*, volume 22, pages 900–905. Elsevier B.V.
- Womack, Jones, and Ross (1990). *The machine that changed the world*. Elsevier Inc.



# Anexo A

# Relatório A3


A3

**Projeto:** Produtividade Linha de montagem equipamento de caixa e cabines

**Departamento:** P04.1

**Data início:** 10/02/20

**Data prevista fim:** 10/06/20



### 1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Objetivo	Descrição
<b>Porquê e porque fazer?</b>	Aumentar a eficiência da linha de montagem de equipamento de caixa e cabines
<b>O que vamos fazer?</b>	Analisar desperdícios (principalmente movimentos, espera e transportes) e quais os seus efeitos
<b>Quando e quanto fazer?</b>	Para aumentar a produtividade diminuindo os desperdícios
<b>Onde e qual fazer?</b>	Área de montagem mecânica (P04.1)
<b>Quem e como fazer?</b>	São Ferraz e equipa P04
<b>Quanto e quanto fazer?</b>	30/02/20 - 10/06/20
<b>Como e quanto fazer?</b>	Utilizar ferramentas de melhoria Lean
<b>Quanto e quanto fazer?</b>	Tempo: mês-de-obra e materiais

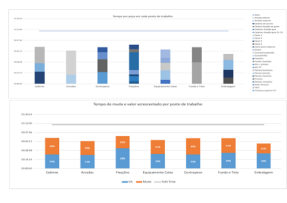
### 4. ANÁLISE DA CAUSA RAIZ DO PROBLEMA

1. Fluxo de embalagem não contínuo
2. Layout pouco eficiente
3. Dificuldade acesso informação
4. Posto de embalagem pouco eficiente
5. Material desorganizado
6. Retrabalho
7. Desorganização das mesas de trabalho
8. Processo bloqueado

### 7. PLANO DE AÇÕES

Item	Responsável	Estado	Requerido	Realizado
1. Definir a produção de kito à cabine de acesso	...	...	...	...
2. Mudar a ordem dos pontos de trabalho para que o fluxo de embalagem seja contínuo	...	...	...	...
3. Formação dos operadores a trabalhar como equipa para que com a sua ajuda o processo seja mais eficiente	...	...	...	...
4. Colocar todos os materiais da estante de supply chain utilizados na mesa de trabalho	...	...	...	...
5. Alisar a localização da zona in da linha para ser de mais rápido acesso	...	...	...	...
6. Alisar a sequência de trabalho de forma a que o abastecimento de peças seja feito ao mesmo tempo	...	...	...	...
7. Implementar método de organização dos materiais nos pontos anteriores de forma a chegar pela ordem de trabalho	...	...	...	...
8. Organizar as caixas com materiais por ponto de trabalho	...	...	...	...
9. Disponibilizar a informação técnica a todos os postos evitando duplicações	...	...	...	...
10. Personalizar os papéis de obra por ponto de trabalho de forma a simplificar a procura da mesma	...	...	...	...

### 2. ESTADO INICIAL



### 5. DESENHO DE SOLUÇÕES

**Processo**

- Definir a produção de kito à cabine de acesso
- Mudar a ordem dos pontos de trabalho para que o fluxo de embalagem seja contínuo
- Formação dos operadores a trabalhar como equipa para que com a sua ajuda o processo seja mais eficiente

**Layout**

- Colocar todos os materiais da estante de supply chain utilizados na mesa de trabalho
- Alisar a localização da zona in da linha para ser de mais rápido acesso
- Alisar a sequência de trabalho de forma a que o abastecimento de peças seja feito ao mesmo tempo

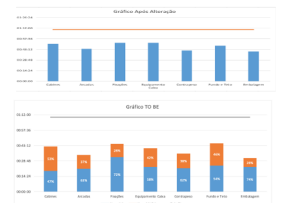
**Materiais**

- Implementar método de organização dos materiais nos pontos anteriores de forma a chegar pela ordem de trabalho
- Organizar as caixas com materiais por ponto de trabalho

**Informação**

- Disponibilizar a informação técnica a todos os postos evitando duplicações
- Personalizar os papéis de obra por ponto de trabalho de forma a simplificar a procura da mesma

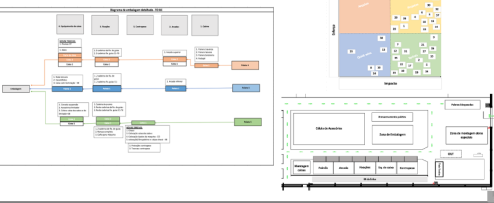
### 8. RESULTADOS OBTIDOS



### 3. OBJETIVOS

- Aumentar a eficiência da linha de montagem de equipamento de caixa e cabines
- Aumentar a produtividade de 5 para 6 elevadores por dia na linha de montagem de equipamento de caixa e cabine

### 6. VALIDAÇÃO DE SOLUÇÕES



### 9. LIÇÕES APRENDIDAS E AÇÕES FUTURAS

Responsável do projeto:

Equipa: P04.1

Aprovado por:

1

59

## Anexo B

# Ferramentas método DMAIC



# Anexo C

## Instrução de trabalho



### Instrução de Trabalho

IT07.141 / v1.0 Embalagem 1 - ISI2040-4 até 1000kg

#### 1. Objectivo

A presente instrução pretende normalizar o processo de embalagem do elevador ISI 2040-4 até 1000kg.

#### 4. Definições

Nada a assinalar.

#### 2. Âmbito

Válido para as embalagens segundo o critério acima descrito realizadas na Schmitt-Elevadores.

#### 5. Responsabilidades

A responsabilidade pela garantia do cumprimento da presente instrução é do departamento de Produção, secção montagem mecânica (P04.1).

#### 3. Documentos associados

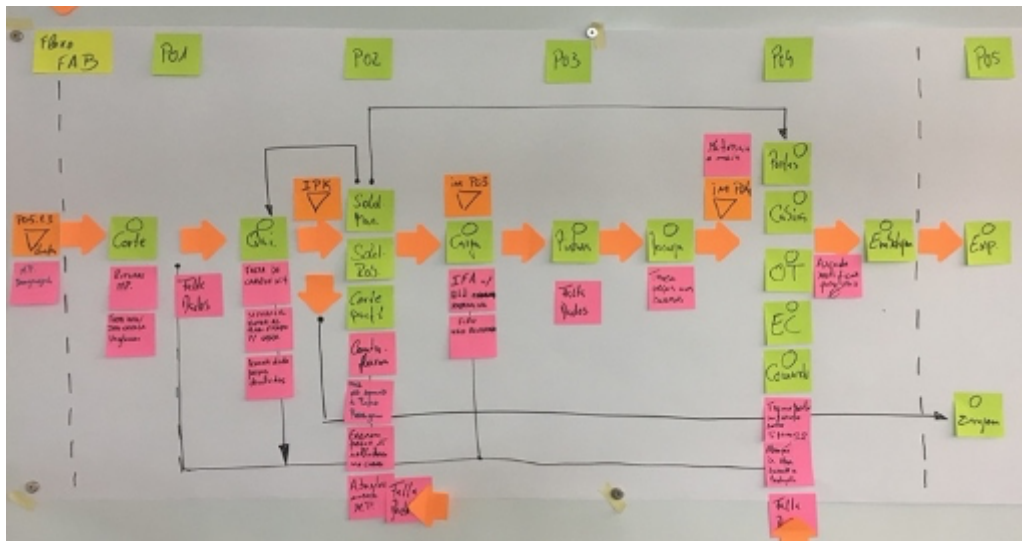
Nada a assinalar

#### 6. Modo operatório

Sequência de Operação	Imagem	Descrição da operação	Comentários
1		<ol style="list-style-type: none"><li>1. Cadeiras de Fixação contrapeso (X2)</li><li>2. Extensão da Cadeiras de Fixação contrapeso (X2), quando necessário</li><li>3. Cadeiras de Fixação Cabina (X2)</li><li>4. Entre Guias</li><li>5. Arcada Inferior</li><li>6. Amortecedores de contrapeso</li><li>7. Líquido limpeza + Desperdícios</li><li>8. Amortecedores de cabina</li><li>9. Eclisses</li><li>10. Roda tensora</li><li>11. Luz LED para poço</li><li>12. Panos de limpeza</li></ol>	Nível 1 Equipamento de Caixa

## Anexo D

# Fluxo do processo FAB



# Anexo E

## Template caça ao *muda*

Análise do Modo de Operação					
VA (acumulado)	MUDA (acumulado)	Descrição da Operação	VA / Operação	Comentários	Layout - Diagrama de Spaghetti
					<b>7 MUDA</b>
					1 - Espera (Pessoas)
					2 - Transporte (peças/material)
					3 - Sobreprocessamento
					4 - Inventário (peças/material)
					5 - Movimento (pessoas)
					6 - Defeitos
					7 - Sobreprodução
TOTAL VA	TOTAL MUDA				

## Anexo F

# Template anotações célula das fixações

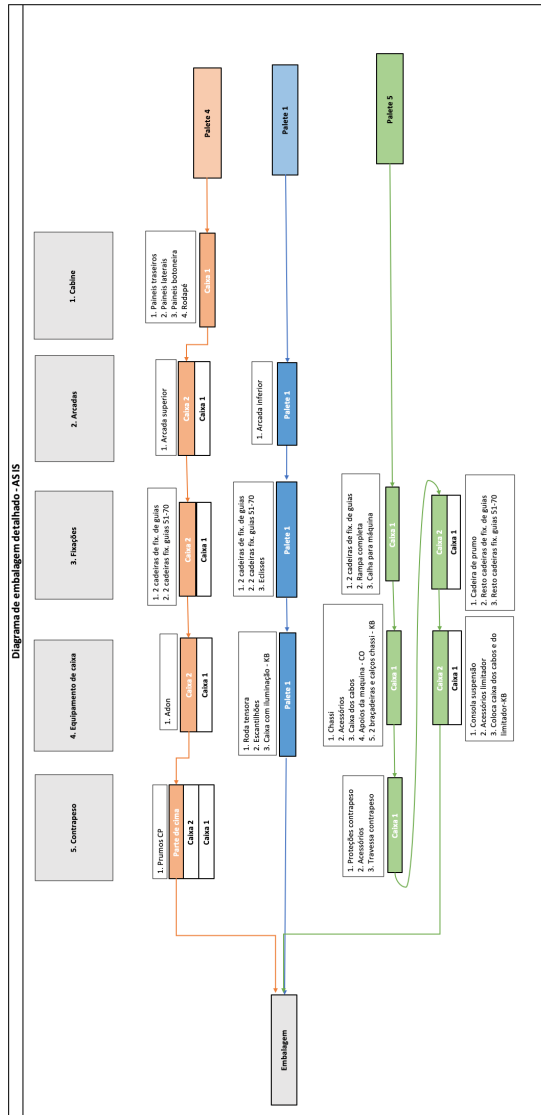


Data:

<p><b>Número de obra:</b></p> <p>Entreguias: Eclisses: Fixação Contrapeso: Fixação Cabine: Suportes: Rampas: Halfen: Buchas: Addon: Suporte Parede: Químicos: Calços: Adaptadores:</p>	<p><b>Número de obra:</b></p> <p>Entreguias: Eclisses: Fixação Contrapeso: Fixação Cabine: Suportes: Rampas: Halfen: Buchas: Addon: Suporte Parede: Químicos: Calços: Adaptadores:</p>
--	--

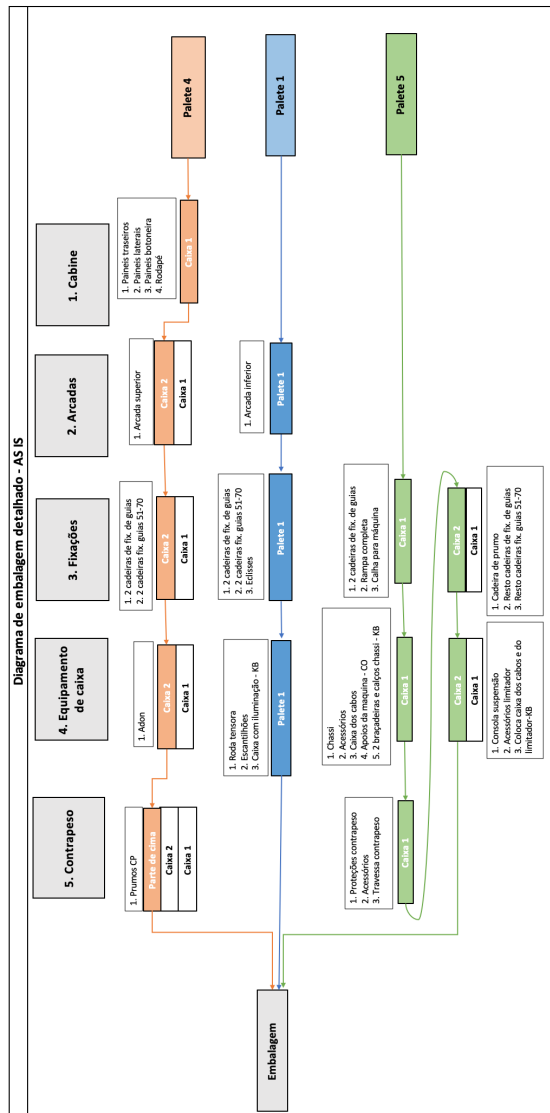
# Anexo G

## Fluxo atual de embalagem



# Anexo H

## Sugestão para novo fluxo de embalagem





# Anexo I

## Plano de implementação

Etapa	Posto de trabalho	Tarefas	Responsável	Cronograma		
				Julho	Agosto	Setembro
<b>Implementação das ações de melhoria</b>	Fundos e Tetos	Calço entre o fundo e teto				
	Embalagem	Duas máquinas sem troca de mangueira				
	Embalagem	Mola de carpinteiro para o posicionamento das tábuas				
	Embalagem	Projeto de caixa impermeável				
	Cabinas	O calço de espelho vir no carro de obra				
	Fixações	Papeis personalizados para anotação de materiais				
	Fixações	Retirar plástico envolvente das eclisses				
	Todos	Lista de peças de obra personalizadas para todas as células				
	Todos	Organizar as mesas de ferramentas	Chefe de fabrico			
	Todos	Organizar a zona in - <i>mudança layout</i>	Chefe de secção			
	Todos	Organizar a zona out - <i>tapete rolots</i>	Team Leader			
	Todos	Materiais na mesa de trabalho - mudança das mesas	Engenharia de processo			
	Todos	Tablets nos postos para reportarem os problemas	Operadores da secção			
	Cabinas	FIFO na zona in das cabinas	Equipa FAB			
	Arcadas	Organizar os carros dos painéis pela ordem de utilização				
	Arcadas	Organização das arcadas por tamanho				
	Arcadas	Comprar sacos com 40 abraçadeiras em vez de 100				
	Arcadas	Tampas nos furos com necessidade de retificação				
	Fixações	A célula de acessórios faz a caixa dos kits e tira foto				
	Equipamento caixa	Os kits são feitos na célula dos acessórios				
Contrapeso	Os kits são feitos na célula dos acessórios					
<b>Validação e controlo dessas ações</b>			Chefe de fabrico			
			Chefe de secção			
			Engenharia de processo			
<b>Act</b>			Chefe de fabrico			
			Chefe de secção			
			Engenharia de processo			
<b>Consolidação</b>			Engenharia de processo			