

Implementação de uma estratégia *Pull Flow*: Caso de estudo na indústria automóvel

Pedro Miguel Santos Câmara Lourenço

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. António Miguel Gomes



Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2018-07-02

*“The world we have created is a product of our thinking; it cannot be changed without
changing our thinking”
Albert Einstein*

Resumo

Devido à constante pressão para melhorar o nível de serviço, reduzir *lead times*, *stocks* e custos de mão de obra, as empresas do setor automóvel têm necessidade de redesenhar os seus processos, *layouts* e modelos de planeamento para fazer face a estes desafios e conseguir crescer num mercado global cada vez mais competitivo.

É neste contexto que surge a oportunidade de parceria entre o *Kaizen Institute Consulting Group* e a empresa onde o projeto de dissertação foi realizado, para desenho e implementação de uma estratégia *Pull Flow* com base na filosofia *Lean* e nas ferramentas de melhoria contínua e redução de desperdício do *Kaizen Business System*. O trabalho realizado caracteriza-se pela aplicação das metodologias *Total Flow Management* e *Kaizen Diário*.

A metodologia *Total Flow Management* foi utilizada para o desenho de células de produção, *layout* de áreas produtivas e gestão da cadeia de abastecimento de embalagens com base no sistema *Pull*, através da criação de fluxo na produção e na logística interna, sendo suportadas por ferramentas de estabilidade básica, como a Gestão Visual e a Normalização. Para a criação de fluxo na produção aplicaram-se as ferramentas Desenho de Linha e *Layout*, Bordo de Linha e *Standard Work* e SMED, enquanto que a criação de fluxo na logística interna foi alcançada através do desenho de Supermercados com reposição *kanban* e abastecimento das linhas produtivas com *Mizusumashi*.

No âmbito da gestão da mudança, para acompanhar e sustentar os vários projetos, aplicou-se a metodologia *Kaizen Diário*, com a organização das equipas naturais e criação de quadros e reuniões diárias de equipa, com o objetivo de melhorar a gestão das pessoas, analisar indicadores de *performance* e desenvolver melhorias de processos e soluções para problemas.

A ótica do *Total Flow Management* rompe com o atual paradigma de numerosas organizações onde o foco é a maximização da eficiência dos equipamentos de capital intensivo, e passa a ser o aumento da flexibilidade produtiva da empresa.

Ao longo desta dissertação será demonstrado o processo de transformação desta empresa, que se tornou mais ágil e competitiva, pronta a responder de forma eficaz a todas as exigências dos seus clientes.

Este projeto resultou em aumentos de produtividade médios superiores a 40% e reduções dos tempos médios de *setup* das prensas em mais de 50%. Outros benefícios resultantes deste projeto foram a libertação operadores, com um custo de mão de obra direta equivalente a mais de 109.000 €/ano, e a libertação de espaço em área produtiva valorizado em mais de 62.000 €.

Implementation of Pull Flow strategy: Case study in the automotive industry

Due to the constant pressure to improve the service level and reduce lead times, stocks and labor costs, automotive companies need to redesign their processes, layouts and planning models to meet these challenges and grow in an increasingly competitive global market.

It is in this context that the opportunity arises for a partnership between the Kaizen Institute Consulting Group and the company where the dissertation project was carried out, to design and implement a Pull Flow strategy based on the Lean philosophy and the tools for continuous improvement and reduction of waste described in the Kaizen Business System. The work carried out is characterized by the application of Total Flow Management and Daily Kaizen methodologies.

The Total Flow Management methodology was used for the design of production cells, layout of productive areas and management of the packaging supply chain based on the Pull system, through the creation of flow in the production areas and in the internal logistics, being supported by basic stability tools, such as Visual Management and Standardization. For the creation of production flow, Line and Layout Design, Border of Line, Standard Work and SMED tools were applied, while the creation of internal logistics flow was achieved through the design of Supermarkets with kanban replenishment and Mizusumashi to supply the production lines.

In order to follow up and sustain the various projects, the Daily Kaizen methodology was applied, with the organization of the natural teams and the creation of team boards and daily team meetings, with the objective of improving people management, analysis of performance indicators and development of process improvements and problem solutions.

The Total Flow Management approach breaks with the current paradigm of many organizations where the focus is on maximizing the efficiency of capital-intensive equipment and becomes to increase the company's production flexibility.

Throughout this dissertation, it will be demonstrated the transformation process of this company, which has become more agile and competitive, ready to respond effectively to all the requirements of its customers.

This project resulted in average productivity increases of more than 40% and reductions of the average press setup times by more than 50%. Other benefits resulting from this project were the release of operators, with a direct labor cost equivalent to more than 109.000 €/year, and the freed space in productive areas valued at more than 62.000 €.

Agradecimentos

Ao *Kaizen Institute*, em especial ao meu orientador David Tavares, pelo conhecimento, amizade e confiança demonstrada ao longo deste projeto, contribuindo para o meu crescimento pessoal e profissional. Ao meu líder de equipa, José Carlos Pires, por todo o conhecimento transmitido, e ao Filipe Rei, pelo indispensável apoio e amizade ao longo deste processo de integração no mundo profissional.

À empresa, na qual desenvolvi este projeto, em especial ao Diogo Lopes, pela disponibilidade e dedicação contínua.

Ao Professor António Miguel Gomes, pela incansável disponibilidade, apoio e paciência demonstrada em todos os momentos do projeto.

À minha namorada e amigos, pela paciência, genuína amizade e constante apoio ao longo de todo o meu percurso académico.

À minha família, especialmente aos meus pais por todo o conhecimento e valores que me transmitiram e por tornarem todo este percurso possível.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Kaizen Institute.....	1
1.2	Setor de componentes para indústria automóvel em Portugal.....	1
1.3	Enquadramento do projeto e motivação	3
1.4	Método seguido no projeto.....	3
1.5	Estrutura da dissertação	4
2	Enquadramento teórico	5
2.1	Lean Production.....	5
2.2	Kaizen Business System.....	7
2.3	Line and Layout Design.....	10
2.4	Bordo de Linha.....	11
2.5	Standard Work	12
2.6	Single Minute Exchange of Die	12
3	Apresentação da situação inicial.....	15
4	Desenho e implementação de soluções	18
4.1	Criação de fluxo na Produção.....	18
4.2	Criação de fluxo na Logística Interna.....	31
4.3	Kaizen Diário.....	36
5	Conclusão	39
5.1	Resultados globais do projeto.....	39
5.2	Perspetivas de trabalho futuro	40
	Referências	42
ANEXO A:	Agenda de reunião e elementos da equipa de Kaizen Diário	43
ANEXO B:	Plano de Produção e Plano de Manutenção Autónoma das três células da área de cravação.....	44
ANEXO C:	Matriz de Competências e Plano de Formação	45
ANEXO D:	Indicador de número de acidentes, reclamações e descrição das últimas ocorrências	46
ANEXO E:	Quadro PDCA, Ficha de Melhoria e Cartões de Melhoria e Manutenção	47
ANEXO F:	Indicadores de Disponibilidade, Rendimento e Qualidade das três células da área de cravação.....	48

Glossário

Bordo de Linha – Local próximo de uma linha produtiva onde se encontram os materiais necessários à operação executada na linha de forma organizada e acessível de forma a reduzir o desperdício.

FIFO - *first in first out*.

Gemba – Palavra japonesa utilizada na indústria para descrever o chão de fábrica onde se acrescenta valor.

Just-In-Time – Forma de descrever uma cadeia de valor, observada originalmente na Toyota, em que só se produz o que o cliente necessita no momento em que ele necessita, e que por consequência possui níveis de inventário muito baixos. Associado ao conceito de *Pull Flow*.

Kaizen – Palavra japonesa que significa Melhoria Contínua.

Kanban – Palavra japonesa que significa cartão, e que é habitualmente utilizado como meio de fluxo de informação (para originar uma ordem de produção por exemplo).

Lead time – Tempo que um determinado produto demora a percorrer a cadeia de valor desde a sua origem até ao cliente.

Lean – Significa magro, sem desperdício. Utilizado para descrever um sistema de produção *Lean Production*, associado ao conceito de *Just-In-Time*.

MRP – Material Requirement Planning é um sistema utilizado para planejar e sincronizar os processos produtivos. De acordo com previsões de procura, responde com as necessidades de matérias primas para a produção.

Muda – Palavra japonesa para desperdício.

OEE – *Overall Equipment Efficiency* é um indicador da eficiência de equipamentos que pode ser partido em três componentes (Disponibilidade, Rendimento e Qualidade).

Picking – Processo em que se procede à recolha de um ou mais materiais necessários numa linha de produção numa célula logística.

Pull Flow – Sistema de gestão da produção onde to o planeamento é puxado com base em ordens finais do cliente seguinte.

Shojinka – Célula capaz de operar com diferente número de colaboradores de acordo com o *takt time*.

Takt Time – tempo médio em que o cliente compra um determinado produto.

WIP (*Work In Process*) – material que se encontra entre processos ou a ser processado.

5S – Metodologia de organização do posto de trabalho com origem em cinco palavras japonesas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiketsu*, *Seisou* e *Shitsuke*. Significam triar, arrumar, limpar, normalizar e disciplinar respetivamente.

Índice de Figuras

Figura 1- Volume de negócios de fabricantes de componentes para a indústria automóvel em Portugal 2016, % do Total, retirado de (Deloitte 2018)	2
Figura 2 - Variação do volume anual de exportações do setor automóvel e de componentes em Portugal de 2012 a 2016, retirado de (Deloitte 2018)	2
Figura 3 - Variação anual do total do valor acrescentado bruto do setor automóvel e de componentes em Portugal de 2012 a 2016, retirado de (Deloitte 2018)	3
Figura 4 - Representação dos princípios do <i>Toyota Production System</i> , retirado de (Lean Enterprise Institute 2015)	6
Figura 5 - Representação do Kaizen Business System, retirado de (Kaizen Institute 2018b) ...	7
Figura 6 - Representação dos quatro pilares das ferramentas QCD, retirado de (Kaizen Institute 2018b).....	8
Figura 7 - Representação dos pilares do modelo <i>Total Flow Management</i> , retirado de (Kaizen Institute 2018b).....	9
Figura 8 - Representação de um <i>layout</i> funcional, retirado de (Coimbra 2013)	10
Figura 9 - Representação de uma linha de montagem (esquerda) e uma célula de produção (direita), retirado de (Coimbra 2013)	11
Figura 10 - Área de valor acrescentado e localização de bordo de linha, retirado de (Coimbra 2013).....	12
Figura 11 - Representação da situação inicial e aplicação das cinco etapas da implementação da metodologia SMED, adaptado de (Kaizen Institute 2018b).....	13
Figura 12 - Representação do efeito de implementação de SMED no tempo de setup e no tipo de operações, adaptado de (Kaizen Institute 2018b)	14
Figura 13 - Representação de processo de troca de referência com preparação prévia e operações em paralelo seguindo um caminho crítico, adaptado de (Kaizen Institute 2018b)..	14
Figura 14 - <i>Layout</i> inicial da fábrica	15
Figura 15 - <i>Value Stream Mapping</i> simplificado de um dos fluxos de materiais da empresa .	16
Figura 16 - Acumulação de <i>stock</i> no fim do processo de prensas	17
Figura 17 - Acumulação de <i>stock</i> no fim do processo de soldadura	17
Figura 18 - <i>Layout</i> inicial da célula TF	19
Figura 19 - <i>Layout</i> da célula TF com 2 operadores.....	20
Figura 20 - Gráfico <i>Yamazumi</i> para o balanceamento das operações da célula TF com 2 operadores.....	20
Figura 21 - <i>Layout</i> da célula TF com 3 operadores.....	21
Figura 22 - Gráfico <i>Yamazumi</i> para o balanceamento das operações da célula TF com 3 operadores.....	21
Figura 23 - <i>Layout</i> inicial da área de soldadura.....	22
Figura 24 - Exemplo de robot de soldadura MAG com duas mesas giratórias	23
Figura 25 - Esquema de comparação do Valor Acrescentado vs MUDA do operador da área de soldadura.....	23
Figura 26 - <i>Layout</i> desenhado para a área de soldadura.....	24
Figura 27 - Bordo de linha com contentor de rebites	24
Figura 28 - <i>Standard Work</i> dos supervisores de áreas produtivas.....	25
Figura 29 - Diagrama <i>Spaghetti</i> do processo de troca de referência na área de prensas.....	26
Figura 30 - Mapeamento das tarefas do processo de troca de ferramenta nas prensas de 500 e 800 toneladas	27
Figura 31 - Novo <i>standard work</i> para processo de troca de ferramenta na prensa de 500 toneladas	27
Figura 32 - <i>Checklist</i> de controlo do estado de preparação de ferramentas para troca nas prensas	28
Figura 33 - Utilização de guincho elétrico para puxar e centrar a ferramenta	29

Figura 34 - Preparação de ferramenta a entrar na prensa com recurso a braços de suporte.....	29
Figura 35 - Evolução do OEE e do tempo médio de <i>setup</i> da prensa de 500 toneladas ao longo do projeto.....	30
Figura 36 - Evolução do OEE e do tempo médio de <i>setup</i> da prensa de 800 toneladas ao longo do projeto.....	30
Figura 37 - Evolução do OEE e do tempo médio de <i>setup</i> da prensa de 1200 toneladas ao longo do projeto.....	31
Figura 38 - Fluxo de caixas de cartão desde entrega de fornecedor até ao local de consumo .	32
Figura 39 - Esquema de reaprovisionamento de supermercado em sistema <i>Pull</i> , retirado de (Kaizen Institute 2018b)	32
Figura 40 - Análise do consumo de embalagem de cartão e dimensionamento de supermercado.....	33
Figura 41 - <i>Layout</i> do supermercado de embalagem de cartão com célula de montagem de caixas	33
Figura 42 - Quadro <i>kanban</i> de embalagem de cartão.....	34
Figura 43 - Localização do supermercado de embalagem de cartão e pontos de abastecimento	34
Figura 44 - Ferramenta Excel para envio de encomenda de caixas de cartão a fornecedor.....	35
Figura 45 - Supermercado de embalagem em sistema <i>Pull</i>	35
Figura 46 - Representação das equipas naturais com o respetivo líder e <i>span of control</i>	36
Figura 47 - Reunião de <i>Kaizen</i> diário.....	37
Figura 48 - Evolução do número de ideias de melhoria lançadas pelas equipas entre as semanas 20 e 26.....	38

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Percentagem de tempo de perdas na área de prensas relativamente ao tempo de abertura	16
Tabela 2 - Situação Inicial da linha TF.....	18
Tabela 3 - Tempos de ciclo do operador das principais operações da linha TF.....	19
Tabela 4 - Balanceamento de tarefas para célula TF com 2 operadores	20
Tabela 5 - Balanceamento de tarefas para célula TF com 3 operadores	21
Tabela 6 - Comparação da situação inicial com as duas soluções desenhadas	22
Tabela 7 - Variação do OEE e do tempo médio de <i>setup</i> das prensas comparativamente com os valores iniciais.	39

1 Introdução

O trabalho apresentado é o resultado de um projeto realizado ao longo do quinto ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. O objetivo é apresentar o projeto desenvolvido com o *Kaizen Institute Consulting Group* numa empresa fornecedora de componentes para a indústria automóvel. Neste capítulo, é feita uma apresentação e contextualização do projeto em questão, sendo descritos os objetivos definidos e a metodologia adotada para consumação dos mesmos.

1.1 *Kaizen Institute*

O *Kaizen Institute Consulting Group* é uma empresa multinacional de consultoria operacional, fundada em 1985 por Masaaki Imai. Presente em mais de sessenta países, o *Kaizen Institute* foca-se no desenho e implementação de processos que permitem a prática da melhoria contínua de uma forma sustentada.

Esta filosofia de melhoria contínua ajuda os líderes a conquistar melhorias de resultados através do envolvimento e comprometimento de todos os colaboradores, aumento de produtividade e melhoria da qualidade nos produtos e/ou serviços (Kaizen Institute 2018a).

1.2 *Setor de componentes para indústria automóvel em Portugal*

O setor de componentes para automóveis é um pilar fundamental da economia portuguesa com uma forte vertente exportadora, na medida em que exporta cerca de 84% da sua produção e representa cerca de 15% das exportações portuguesas de bens transacionáveis (AICEP 2016, AFIA 2018).

De referir ainda que o volume de negócios deste setor é mais elevado na atividade elétrica e eletrónica (28%), seguida pela produção de chassis e pneus (12% e 9% respetivamente) (Deloitte 2018).

A Figura 1 representa a distribuição do volume total de negócio do setor pelas diversas atividades:

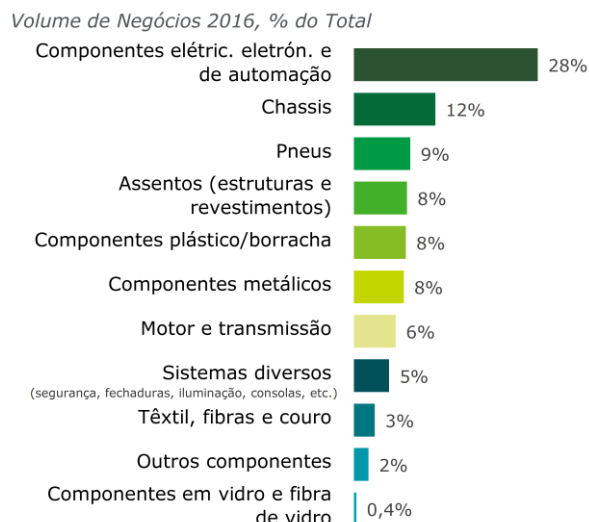


Figura 1- Volume de negócios de fabricantes de componentes para a indústria automóvel em Portugal 2016, % do Total, retirado de (Deloitte 2018)

Relativamente ao custo, Portugal apresenta-se como um dos países mais competitivo da Europa Ocidental, tendo como principais concorrentes os mercados do Norte de África e da Europa Oriental (AICEP 2016).

Segundo o estudo (Deloitte 2018), entre 2012 e 2016 o volume de exportações de componentes e acessórios automóveis cresceu a uma taxa de crescimento médio anual (TCMA) de 6,3%, representando 8.3 mil milhões de euros em 2016 (ver Figura 2). Durante o mesmo período, o total do valor acrescentado bruto associado ao setor cresceu a uma taxa média anual de 8,2%, representando 2.9 mil milhões de euros em 2016 (ver Figura 3).

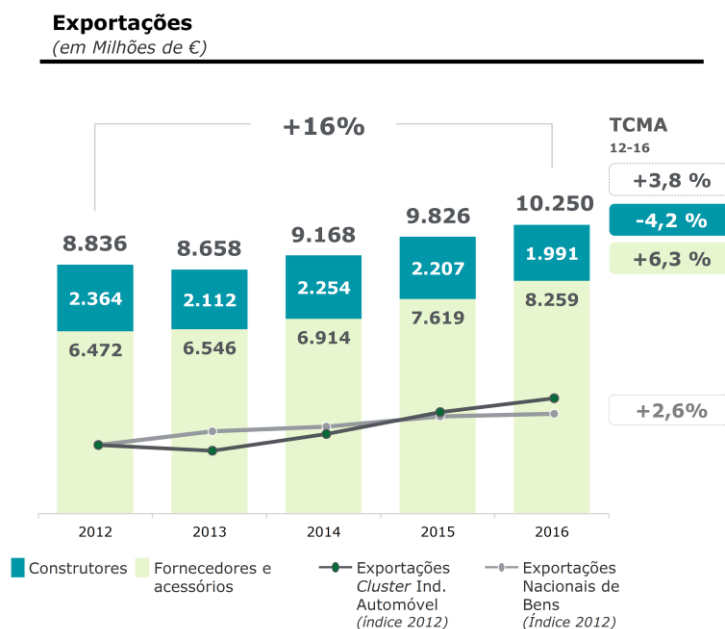


Figura 2 - Variação do volume anual de exportações do setor automóvel e de componentes em Portugal de 2012 a 2016, retirado de (Deloitte 2018)

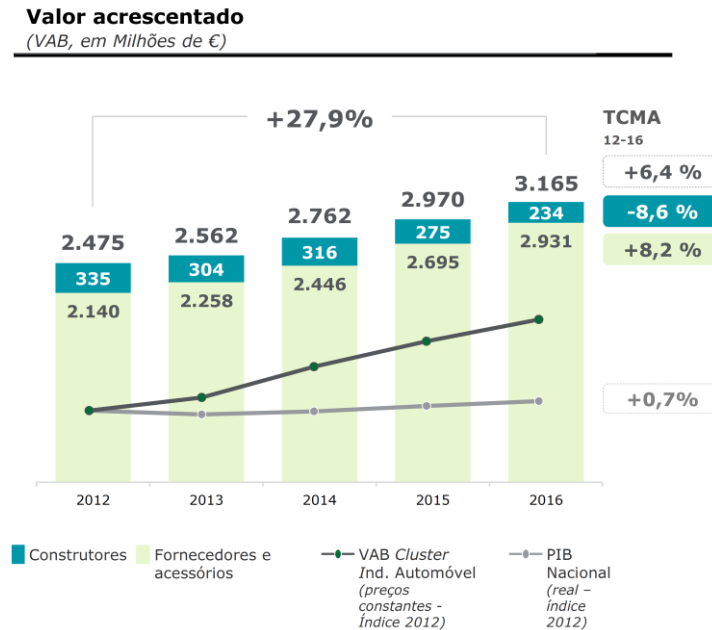


Figura 3 - Variação anual do total do valor acrescentado bruto do setor automóvel e de componentes em Portugal de 2012 a 2016, retirado de (Deloitte 2018)

Nos primeiros dois meses de 2018 as exportações de componentes automóveis atingiram os 1.400 milhões de euros, representando um aumento de 10% relativo ao período homólogo em 2017 (AFIA 2018).

Esta tendência de crescimento sustentado prevê-se que se mantenha nos próximos anos, representando um total de valor acrescentado bruto e exportações de 3.5 e 9.5 mil milhões de euros respetivamente, no ano de 2020 (Deloitte 2018).

1.3 Enquadramento do projeto e motivação

O âmbito do projeto é a análise do fluxo produtivo de uma empresa fornecedora de componentes metálicos e subconjuntos para a indústria automóvel, desde matéria-prima até produto acabado, de acordo com os diferentes processos produtivos.

A empresa possui uma unidade industrial em Portugal com cerca de 172 colaboradores e um volume de negócio que ronda os 25 milhões de euros, sendo que 55% corresponde ao mercado nacional.

O principal objetivo da empresa é a implementação de *Pull Flow*, que resultou nos seguintes objetivos deste projeto de dissertação de forma a criar fluxo na produção:

- Redução dos tempos de *setup* na área de prensas em 50%;
- Aumento de produtividade em 30% na área de robots de soldadura e na célula da referência TF;
- Implementação de uma Cultura de Melhoria Contínua.

1.4 Método seguido no projeto

Para atingir os objetivos propostos, foram utilizadas as seguintes ferramentas de criação de fluxo em contexto industrial apresentadas na metodologia *Lean*:

- *Line and Layout Design*;
- *Border of Line*;
- *Standard Work*;
- *Single Minute Exchange of Die*;
- *Low Cost Automation*.

As metodologias SMED e *Standard Work* foram aplicadas para reduzir os tempos de *setup* observados na área de prensagem, no início do projeto.

Foi desenhado um supermercado de embalagem em sistema *Pull* com reposição por *kanban* de forma a reduzir os tempos de paragem das linhas produtivas por falta de embalagem.

Com as soluções desenvolvidas, foi possível reduzir tempos de *setup*, e *stocks*, assim como a o número de operadores necessários para produzir ao ritmo do *takt time*.

Seguidamente foi implementado *Kaizen* Diário de forma a garantir envolvimento de todos os colaboradores e criar uma cultura de melhoria contínua, resultando numa melhoria sustentada dos resultados dos restantes projetos *Kaizen*.

O *Kaizen* Diário foi implementado no formato de piloto para a equipa de prensas com os seguintes objetivos:

- Implementação de reuniões diárias, com análise dos principais indicadores;
- Discussão de desvios e propostas de melhorias;
- Planeamento do turno de trabalho;

Todos os projetos foram realizados no *Gemba* e em diversos *workshops* com as equipas, supervisores e diretores.

1.5 Estrutura da dissertação

Os temas abordados estão estruturados da seguinte forma:

- Capítulo 1 – Introdução – apresentação do projeto, empresas envolvidas e análise do setor de fornecedores de componentes para a indústria automóvel em Portugal;
- Capítulo 2 – Enquadramento teórico – *Lean Production*, explicação em detalhe do *Kaizen Business System* aprofundando no modelo *Total Flow Management* e nas ferramentas *Line and Layout Design* e SMED;
- Capítulo 3 – Apresentação da situação inicial – Apresentação global da situação inicial da empresa e alguns dos principais problemas;
- Capítulo 4 – Desenho e implementação de soluções – Análise detalhada dos problemas encontrados, soluções propostas e respetiva implementação com análise dos resultados obtidos;
- Capítulo 5 – Conclusão – Apresentação dos resultados globais do projeto e sugestão de projetos futuros.

2 Enquadramento teórico

Num contexto de globalização e elevada competitividade no setor automóvel, é cada vez mais importante, a adaptação das empresas através da introdução de novas abordagens aos seus sistemas de produção, de forma a responder às necessidades e exigências dos clientes, nomeadamente tempos de entrega curtos e alta qualidade dos produtos. A abordagem escolhida para alcançar esses objetivos foi a adoção de uma filosofia de *Lean Production* e implementação de um sistema *Pull Flow*, práticas correntes em empresas *best in class* do setor automóvel.

Neste capítulo é feita uma introdução ao conceito de *Lean Production* e à forma como o *Kaizen Institute* implementa *Lean* nos seus clientes, tendo por base os principais pilares do *Kaizen Business System* e as ferramentas utilizadas na implementação de um sistema *Pull Flow* na produção.

2.1 *Lean Production*

O conceito *Lean Production* deriva do *Toyota Production System* (TPS) desenvolvido na década de 1950 na Toyota, no Japão, tendo como principal mentor o engenheiro Taiichi Ohno.

Os dois pilares do TPS são a produção *Just-In-Time* (JIT) e *Jidoka*. O primeiro pilar significa produzir apenas o que é necessário, na quantidade necessária e no momento certo. O segundo pilar corresponde à capacidade do equipamento produtivo de interromper a produção sempre que ocorre uma anomalia (Ohno 1988).

Os principais objetivos do TPS são:

- A melhoria contínua dos processos produtivos;
- O desenvolvimento das pessoas, baseado na confiança, no respeito mútuo e na cooperação;
- A redução de custos através da eliminação de desperdício e maximização do lucro;
- O desenvolvimento de *standards* de produção baseados na procura do mercado.

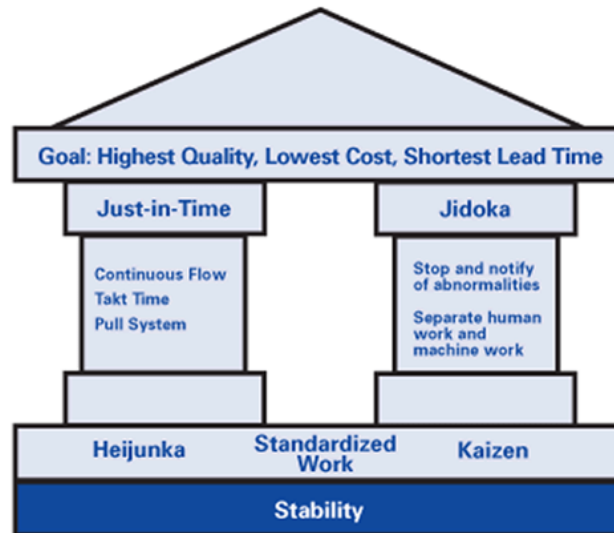


Figura 4 - Representação dos princípios do *Toyota Production System*, retirado de (Lean Enterprise Institute 2015)

Segundo (Womack and Jones 2010), a filosofia *Lean* contempla cinco princípios fundamentais:

- Criação de valor para o cliente;
- Mapeamento da cadeia de valor;
- Criação de fluxo;
- Produção *Pull*;
- Busca pela perfeição.

A implementação de uma filosofia *Lean* tem por base a contínua identificação e eliminação de desperdício (*muda* em japonês), podendo ser definido como qualquer atividade que não acrescenta valor ao produto ou serviço, na perspetiva do cliente (Ohno 1988).

São apresentados sete tipos de desperdício (também conhecidos como sete *muda*):

- Sobreprodução;
- Transporte de informação ou materiais;
- *Stock* de informação ou materiais;
- Movimento de pessoas;
- Espera de pessoas ou materiais;
- Excesso de processamento;
- Erros ou defeitos.

Ao longo do tempo foram desenvolvidas um conjunto de ferramentas e técnicas que podem ser aplicadas para reduzir esses desperdícios, como SMED, 5S, Gestão Visual, *Standard Work* e *Value Stream Mapping*.

2.2 Kaizen Business System

O Modelo KBS (*Kaizen Business System*) tem como objetivo a criação de valor a longo prazo para as empresas, tendo como base o respeito pelas pessoas, o crescimento, a qualidade, a eficiência de recursos e de fluxos e a excelência nas relações quer com clientes quer com fornecedores (Kaizen Institute 2018b).

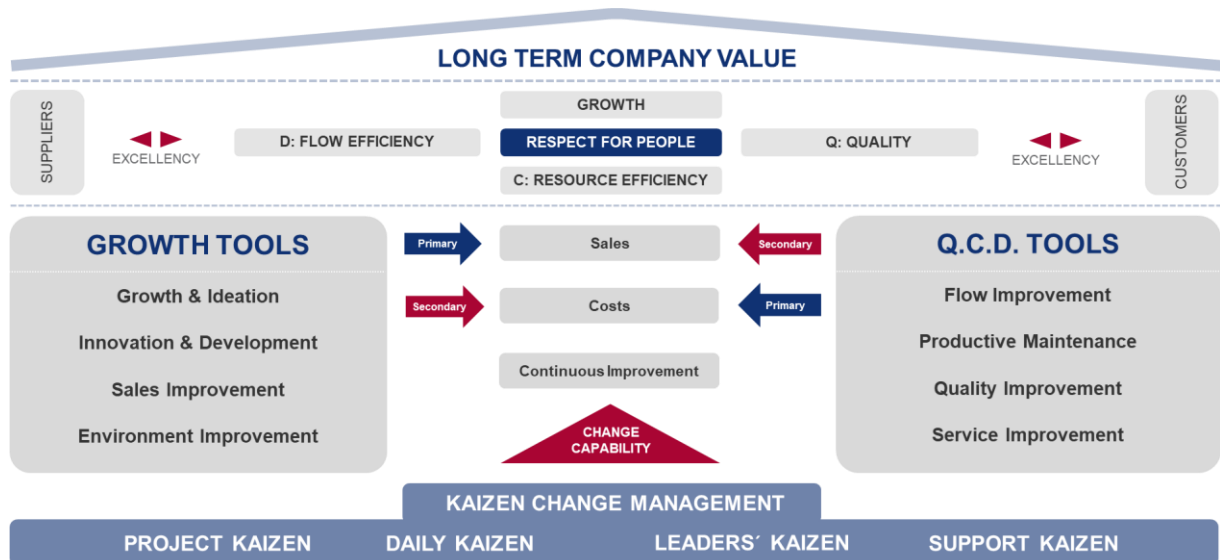


Figura 5 - Representação do Kaizen Business System, retirado de (Kaizen Institute 2018b)

Este modelo é sustentado por diversas ferramentas *Kaizen*:

- Ferramentas Q.C.D (*Quality/Cost/Delivery*):
 - *Quality* – Melhoria da qualidade do produto ou serviço oferecido;
 - *Cost* – Aumento da eficiência de recursos e produtividade ao longo do processo produtivo;
 - *Delivery* – Aumento da eficiência de fluxos, eliminação de desperdícios na cadeia de valor e diminuição de *lead time*.
- Ferramentas *Growth*:
 - *Growth & Ideation* – Criação de ideias disruptivas e implementação de um sistema de geração de ideias para novos produtos, serviços, modelos de negócio, entre outros, que realmente acrescentem valor para cliente;
 - *Innovation & Development* – Melhoria do processo de I&D na criação de novos produtos e serviços;
 - *Sales Improvement* – Definição de modelos de comercialização de produtos e serviços após o seu desenvolvimento e melhoria dos sistemas de *Salesforce*;
 - *Environment Improvement* – Definição de metodologias e desenvolvimento de soluções que permitam atingir os objetivos definidos pelas empresas e reduzir riscos ambientais.

A utilização destas ferramentas só é possível no contexto do sistema *Kaizen Change Management*, através dos quatro programas de mudança cultural:

- *Project Kaizen* - Trata-se de um modelo que serve de apoio aos outros modelos por ser responsável pela implementação de novos sistemas disruptivos e por garantir que sejam realizadas formações, auditorias e outras atividades que sustentam a melhoria contínua;

- *Daily Kaizen* - Trata-se de um modelo de melhoria para as equipas naturais do *Gemba* cujo principal objetivo é criar líderes de equipa que desenvolvam as suas equipas de maneira a tornarem-se autónomas, ou seja, capazes de manter e melhorar os seus processos numa base diária. Este modelo contribui assim para a criação de uma cultura de melhoria contínua;
- *Leaders' Kaizen* - Trata-se da aplicação do modelo de melhoria para a gestão de topo das empresas. Foca-se no desenvolvimento de comportamentos e processos de gestão, na definição de alvos estratégicos e no melhor desdobramento dos mesmos, de forma a obter melhores resultados de negócio;
- *Support Kaizen* - Trata-se de um modelo que se destina a colocar em prática melhorias em processos onde é necessário formar equipas multidisciplinares, com colaboradores de vários departamentos. O trabalho é organizado com carácter temporário e numa perspetiva de projeto, com um líder de projeto e uma equipa. Com este modelo resultam o desenho e implementação de soluções inovadoras com grande impacto na qualidade, nos custos e no serviço.

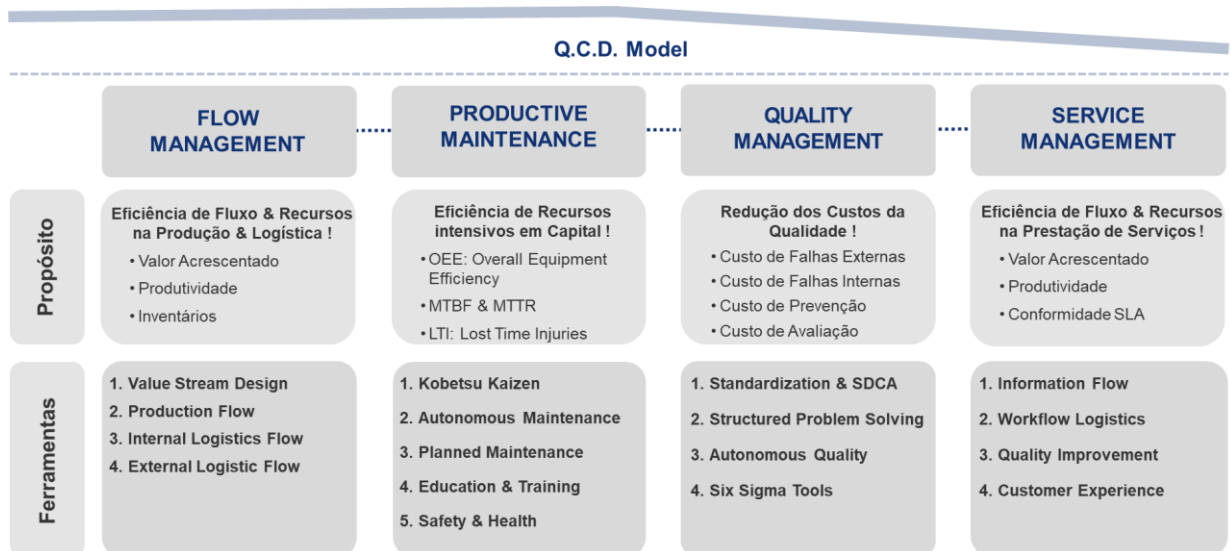


Figura 6 - Representação dos quatro pilares das ferramentas QCD, retirado de (Kaizen Institute 2018b)

No contexto das ferramentas QCD são apresentados quatro pilares fundamentais para a implementação do modelo de melhoria contínua:

- *Flow Management* – Foco na eficiência de fluxos ao longo da cadeia de valor, melhoria das atividades de valor acrescentado e redução de desperdício;
- *Productive Maintenance* – Foco na eficiência de recursos intensivos em capital, com implementação de metodologias TPM (*Total Productive Maintenance*) de forma a aumentar o OEE das linhas de produção;
- *Quality Management* – Foco na melhoria da qualidade e redução de não conformidades;
- *Service Management* – Aplicação das metodologias de aumento de eficiência de fluxos no contexto da área de prestação de serviços.



Figura 7 - Representação dos pilares do modelo *Total Flow Management*, retirado de (Kaizen Institute 2018b)

O *Total Flow Management* é um modelo que permite a implementação de *Pull Flow*, isto é, permite organizar toda a cadeia logística em termos de fluxos ótimos de material e informação, criando um sistema em que o fluxo responde às necessidades do cliente (Coimbra 2013).

A produção deve estar alinhada com as encomendas reais por parte do cliente final, contrariamente aos sistemas MRP, geralmente implementados, que são influenciados por previsões de vendas.

Este modelo atua nos três principais fluxos existentes, que são os Fluxos de Produção, os Fluxos de Logística Interna e os Fluxos de Logística Externa, assentes na eliminação de desperdício (*muda*), na maximização de tempo de valor acrescentado, redução de tamanhos de lote e *lead time* (Coimbra 2013).

O Fluxo na Produção permite a implementação do fluxo unitário ao longo do processo produtivo, minimização de desperdício de movimentos de operadores e flexibilidade na produção de tamanhos de lote reduzidos, aplicando as seguintes ferramentas:

- *Line and Layout Design* – Alteração de *layouts* e adaptação de equipamentos de forma a permitir a criação de fluxo unitário e aumentar a produtividade;
- *Border of Line* – Desenho da localização e contentorização de todos os materiais e componentes necessários na linha de produção;
- *Standard Work* – Normalização das melhores práticas para determinado processo, de forma a reduzir atividades que não acrescentam valor;
- *SMED (Single Minute Exchange of Die)* – Redução dos tempos de troca de referências e preparação das máquinas, reduzindo os tamanhos de lote e aumentando a flexibilidade da produção;
- *Low Cost Automation* – Implementação de pequenos automatismos com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e diminuir a dificuldade de algumas operações.

O Fluxo na Logística Interna descreve as movimentações de materiais e informação dentro da fábrica.

- *Supermercados* – Volumes controlados de materiais, que permitem o nivelamento dos *stocks* de acordo com uma determinada procura e tempo de reposição;
- *Mizusumashi* – Operador responsável pelas operações logísticas internas (transporte de materiais e informação ao longo da cadeia logística);
- *Sincronização (Kanban/Junjo)* – Criação de meios que permitam a coordenação entre logística e produção;

- Nivelamento – Define os planos de produção das máquinas e células evitando atrasos por falta de capacidade;
- Planeamento em *Pull* – Define as referências e quantidades a produzir, assim como a capacidade necessária para satisfazer a procura do cliente.

O Fluxo na Logística Externa descreve todas as operações de carga e descarga de materiais:

- *Warehouse Design* – Desenho de soluções de armazenamento de forma a minimizar desperdício;
- *Milk Run* – Criação de um fluxo eficiente nas operações de transporte externo;
- *Inbound e Sourcing* – Melhoria da eficiência dos processos de receção de materiais;
- *Outbound e Delivering* – Melhoria da eficiência dos processos de expedição dos produtos;
- *Total Pull Planning* – Implementação de sistema de planeamento *Pull* integrado com os pedidos reais do cliente.

2.3 Line and Layout Design

Segundo (Dillon and Shingo 1985), um processo corresponde uma sequência de operações, que podem ou não acrescentar valor, necessárias para a produção desde matéria-prima até produto final, e que incluem:

- Transporte;
- Transformação;
- Controlo de qualidade;
- Espera.

A implementação de desenho de *layout* e de linha tem como objetivo a eliminação de operações que não acrescentam valor e na criação de fluxo unitário entre as atividades de valor acrescentado (Coimbra 2013).

Na definição de um *layout* de produção encontramos diversos formatos distintos:

- *Layout* funcional – equipamentos ou operações são agrupados por tipo de funções e é necessário movimentar lotes de material entre as diversas áreas para fazer fluir o processo produtivo (ver Figura 8). A separação entre áreas produtivas aumenta o *lead time*, assim como a complexidade das operações logísticas;

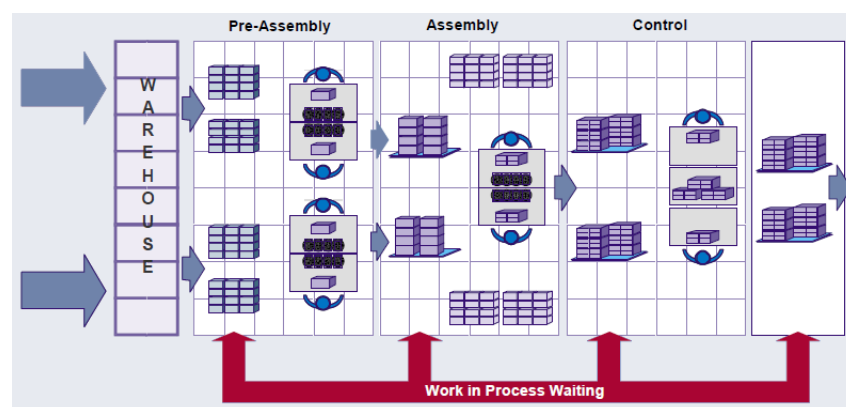


Figura 8 - Representação de um *layout* funcional, retirado de (Coimbra 2013)

- *Layout* de processo - equipamentos ou operações, são dispostos de acordo com o processo produtivo, tendo como objetivo o fluxo unitário e a eliminação de lotes.

São exemplos deste tipo de *layout* as linhas de montagem e as células de produção;

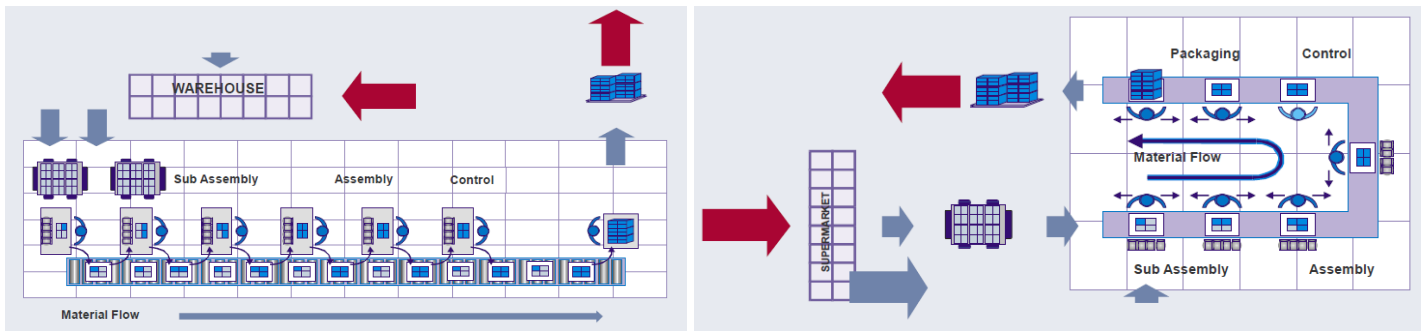


Figura 9 - Representação de uma linha de montagem (esquerda) e uma célula de produção (direita), retirado de (Coimbra 2013)

- *Layout* de projeto - produto permanece sempre na mesma localização e os equipamentos são movimentados.

2.3.1 Takt Time

Segundo (Jacobs and Chase 2017), o *takt time* (1) estabelece o ritmo de produção necessário para satisfazer a procura do cliente e pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ disponível\ de\ produção}{Procura\ do\ cliente} \quad (1)$$

De forma a dimensionar a linha, deve ser calculado o número mínimo teórico de operadores necessário para produzir ao ritmo do *takt time* através da equação (2):

$$N^o\ mínimo\ de\ operadores = \frac{\sum Tempo\ de\ operações}{Takt\ Time} \quad (2)$$

2.3.2 Eficiência de Balanceamento de Linha

Segundo (Jacobs and Chase 2017), a eficiência do balanceamento de uma linha pode ser calculada através da equação (3):

$$Eficiência = \frac{\sum Tempo\ de\ operações}{Número\ de\ operadores \times Tempo\ de\ Ciclo\ da\ linha} \quad (3)$$

2.4 Bordo de Linha

O bordo de linha é a interface entre os operadores da produção e os operadores logísticos e corresponde ao desenho do *layout* e contentorização de todos os materiais e componentes necessários na linha de produção.

Segundo (Coimbra 2013), um bordo de linha deve ser cumprir com os seguintes critérios:

- A localização de todos os materiais e componentes deve minimizar os movimentos de *picking* dos operadores de linha;
- A localização de todos os materiais e componentes deve minimizar os movimentos dos operadores logísticos;
- O tempo necessário para trocar os componentes de uma referência para outra deve ser próximo de zero;
- A decisão de reabastecimento de materiais e componentes deve ser intuitiva e instantânea.

O bordo de linha deve ser colocado em contentores pequenos, próximo da área de valor acrescentado, preferencialmente em frente ao operador, de forma a que o minimizar os movimentos do mesmo, assim como facilita o abastecimento de componentes por parte do operador logístico (ver Figura 10).

O consumo do bordo de linha deve seguir os princípios do sistema FIFO (*First In First Out*). Nos casos em que o abastecimento frontal não for possível, deve utilizar-se o abastecimento traseiro ou lateral (Coimbra 2013).

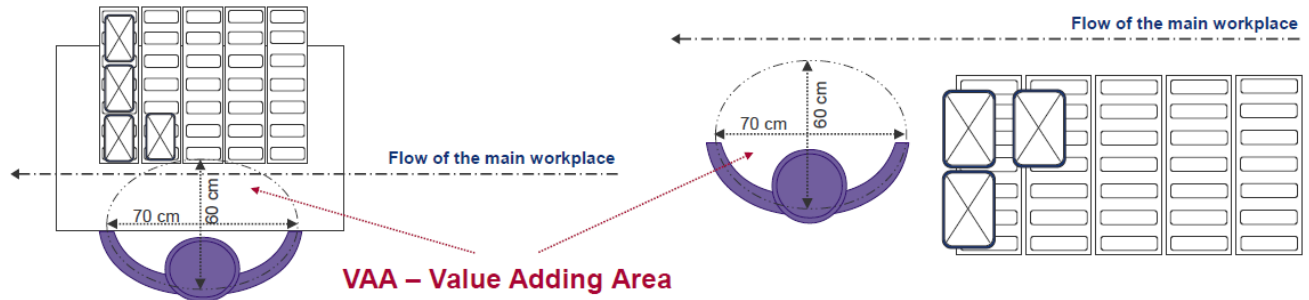


Figura 10 - Área de valor acrescentado e localização de bordo de linha, retirado de (Coimbra 2013)

2.5 Standard Work

O *standard work* pode ser definido como o desenvolvimento de *standards* que representam o melhor método de trabalho conhecido até à data.

Segundo (Coimbra 2013) a implementação de *standard work* permite atingir um estado de fluidez de movimentos do operador de forma a que o mesmo execute o seu trabalho no menor tempo possível, cumprindo com todos os requisitos de qualidade.

Segundo (Imai 2012) os *standards* apresentam as seguintes características:

- Representam a melhor, mais fácil e mais segura forma de efetuar uma tarefa;
- São a melhor forma de preservar o conhecimento e a *expertise*;
- Fornecem uma forma de medir o desempenho;
- Mostram a relação entre causa e efeito;
- Fornecem objetivos e indicam metas de formação;
- Criam uma base para auditoria ou diagnóstico;
- Fornecem um meio para prevenir a recorrência de erros e minimizar a variabilidade;
- Definem uma base para manutenção e melhoria contínua.

Desta forma, o *standard work* reduz o desperdício e a variabilidade de um processo (Coimbra 2013).

2.6 Single Minute Exchange of Die

A metodologia SMED é uma ferramenta *Lean* desenvolvida na década de 1950 no Japão, que tem como objetivo de executar as operações de *setup* e mudança de referência em menos de dez minutos (Dillon and Shingo 1985).

Um *setup* de mudança de referência representa o processo realizado quando se pretende trocar a produção de uma referência de produto para outra. Considera-se que um *setup* se inicia no momento em que se reduz a cadência de produção da primeira referência e termina quando se alcança a cadência *standard* de produção da referência seguinte, cumprindo os requisitos de qualidade. Este processo envolve tarefas como a substituição de componentes ou equipamentos, limpeza, posicionamento de material, ajuste de ferramentas e inspeção (Allahverdi and Soroush 2008).

Segundo (McIntosh et al. 2007) a capacidade de mudança rápida de referência é um pré-requisito essencial para a implementação de uma produção flexível, responsiva e de tamanho de lote reduzido de forma economicamente viável.

A implementação da metodologia SMED requer uma análise inicial do processo de mudança de referência para mapear todas as tarefas.

Segundo (Dillon and Shingo 1985), as operações de *setup* são divididas em dois tipos:

- Operações Internas (quando é necessário parar o equipamento para executar as mesmas);
- Operações Externas (podem ser executadas com o equipamento em funcionamento).

Numa situação inicial podemos observar que operações internas e externas não são diferenciadas.

A aplicação desta metodologia consiste em cinco etapas distintas:

- Etapa 1 – Estudo e mapeamento do processo de *setup*;
- Etapa 2 – Separação de operações internas de externas;
- Etapa 3 – Conversão de operações internas em externas;
- Etapa 4 – Redução de operações internas;
- Etapa 5 – Redução de operações externas.

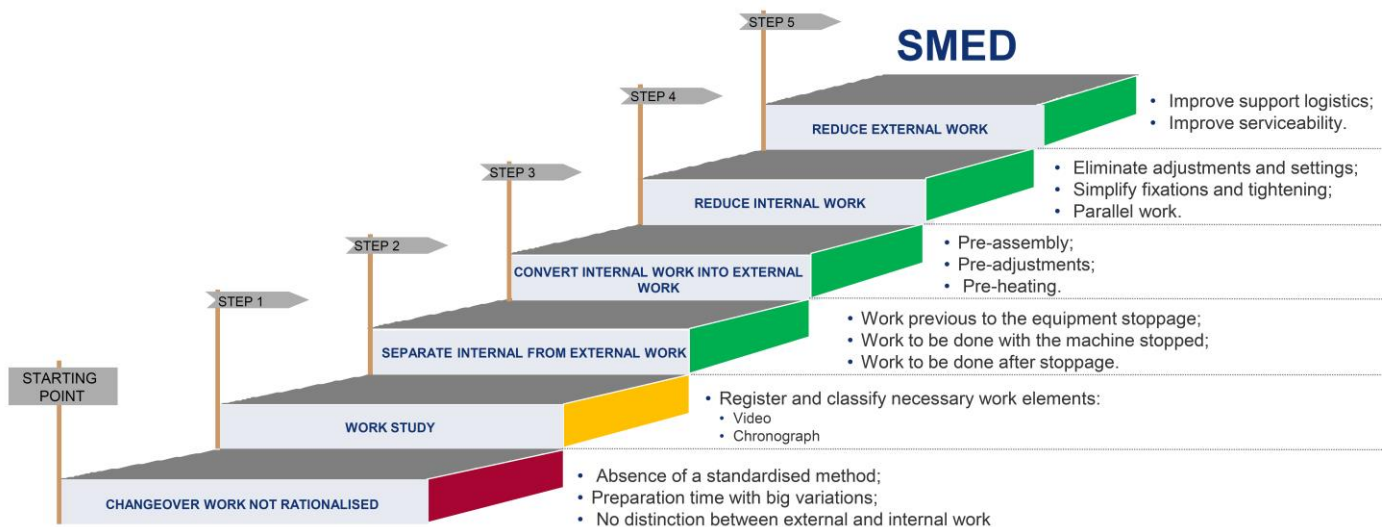


Figura 11 - Representação da situação inicial e aplicação das cinco etapas da implementação da metodologia SMED, adaptado de (Kaizen Institute 2018b)

(Dillon and Shingo 1985) e (McIntosh et al. 2007) apresentam diversas técnicas e ferramentas utilizadas na implementação de SMED para a redução do tempo de *setup*, tais como ajustes rápidos, *checklists*, mesas de preparação e a realização de operações em paralelo.

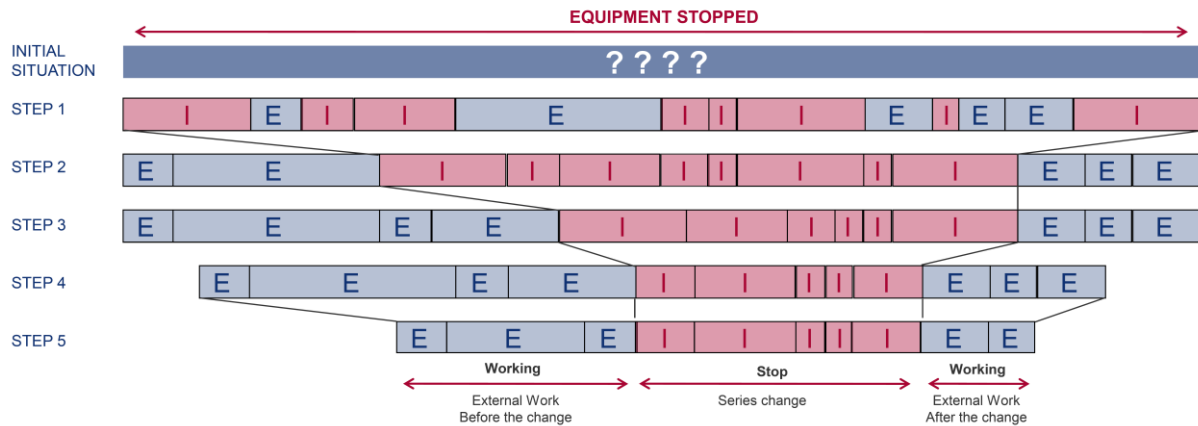


Figura 12 - Representação do efeito de implementação de SMED no tempo de setup e no tipo de operações, adaptado de (Kaizen Institute 2018b)

A preparação prévia de operações e a realização de operações em paralelo seguindo um caminho crítico melhoram significativamente o processo de troca de referência (Dillon and Shingo 1985).

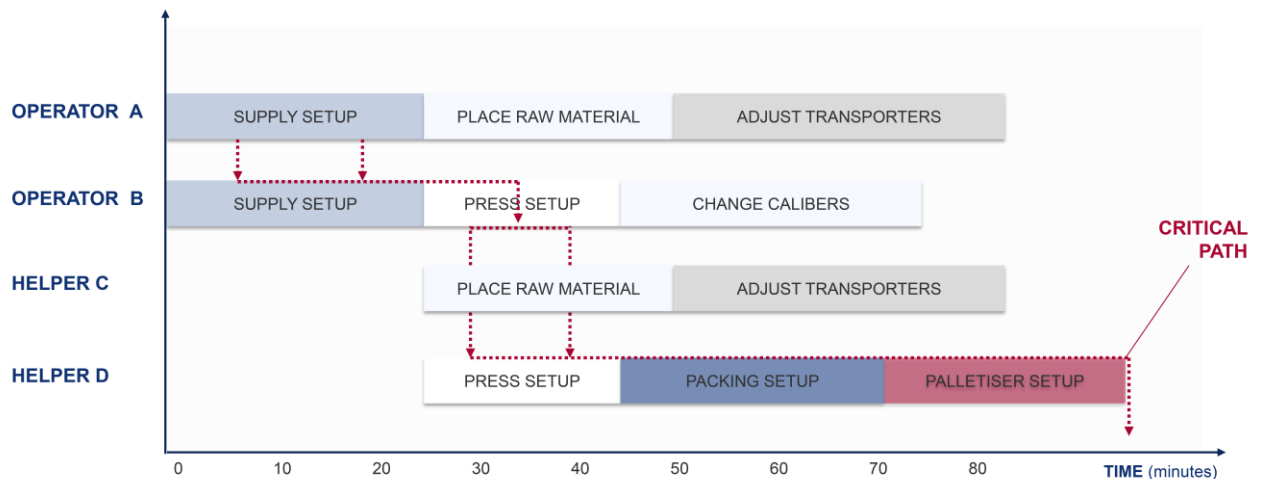


Figura 13 - Representação de processo de troca de referência com preparação prévia e operações em paralelo seguindo um caminho crítico, adaptado de (Kaizen Institute 2018b)

Um processo de troca de referência rápido e flexível é a chave para a implementação de um sistema *Pull* eficiente. Torna-se ainda mais crítico quando uma organização espera responder aos desafios de produção atuais, como prazos de entrega reduzidos e tamanhos de lotes menores, assim como elevados padrões de qualidade.

3 Apresentação da situação inicial

Neste capítulo será apresentado, de uma forma global, o estado inicial da empresa antes do *Kaizen Institute* iniciar o projeto de implementação do *Pull Flow*. Serão descritos os objetivos da empresa, os principais problemas encontrados assim como os motivos que geraram a necessidade de uma mudança radical no processo produtivo. No capítulo seguinte serão apresentados os problemas encontrados de forma mais detalhada e a respetiva solução.

Numa fase inicial da implementação deste projeto foram definidos os objetivos da empresa a médio prazo de forma a priorizar os pontos da cadeia de valor a melhorar e foi aplicada a metodologia de *Value Stream Mapping* de forma a mapear a cadeia de valor, analisar os fluxos de materiais, indicadores de desempenho e modelo de planeamento.

A empresa definiu que o seu principal objetivo era o crescimento no seu setor, e que para tal necessitava de aumentar a sua capacidade, tanto em volume de produção como na variedade de produtos, idealmente com os equipamentos e espaço que possui no momento.

Na Figura 14 é apresentado o *layout* inicial da fábrica com as diversas áreas produtivas identificadas.



Figura 14 - Layout inicial da fábrica

A empresa apresentava um *layout* funcional, onde os equipamentos eram organizados por processo produtivo.

Foi observado que existiam produtos que sofriam transformações em várias áreas. Para a maior parte dos produtos, o processo inicia-se na área de prensas, onde se transforma a matéria prima (bobines de chapa) em componentes que mais tarde sofrem processos de soldadura, e em alguns, também, processos de cravação, antes de serem expedidos para os clientes.

Este processo levava à criação de lotes em contentores que são transportados entre áreas produtivas, representado na Figura 15, o que agravava significativamente o *lead time* de produção e os níveis de *stock* intermédio ao longo da cadeia de valor.

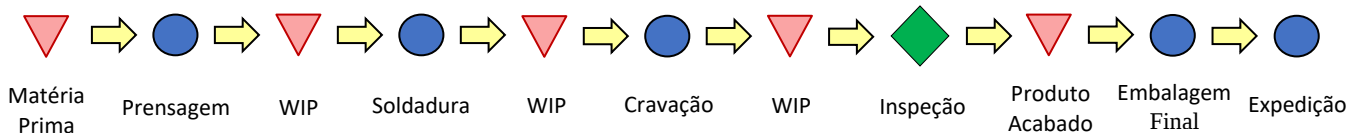


Figura 15 - *Value Stream Mapping* simplificado de um dos fluxos de materiais da empresa

Foi também analisada a área de prensas em maior detalhe, por ser a etapa principal de toda a cadeia de valor, de forma a mapear as principais perdas e desperdícios.

Na tabela 1 são apresentadas as principais perdas da linha de prensas, excluindo avarias.

Tabela 1 - Percentagem de tempo de perdas na área de prensas relativamente ao tempo de abertura

Prensas	Percentagem de perdas nas prensas		
	1200 toneladas	800 toneladas	500 toneladas
Tempo Setup	11,4%	10,2%	11,4%
Validação de Arranque	3,2%	2,7%	5,4%
Controlo de Qualidade	4,8%	2,2%	3,4%
Troca de Contentores	2,8%	0,5%	0,8%

Devido a um elevado tempo de *setup* e de validação, tanto no arranque como no fim de produção (controlo de qualidade das últimas três peças), o planeamento de produção da área de prensas resultava em tamanhos de lote elevados e um reduzido número de *setups* por semana, o que implicava uma baixa flexibilidade de produção.

Para além da necessidade de um operador e de um preparador, o processo de troca de ferramenta estava ainda dependente da utilização de uma ponte ou empilhador para retirar e colocar as ferramentas nas prensas, o que implicava tempos de espera elevados quando os mesmos estavam ocupados.

Outro fator que contribuía para as principais perdas de tempo produtivo nas prensas era o processo de arranque, onde a falta de *standards* e de um mecanismo de validação sistemático levava a erros, avarias e retrabalho.

Na área de robots de soldadura foi observado que a cada robot estava alocado um operador, e que devido a um elevado tempo de ciclo de máquina (quando o robot estava a soldar) o operador simplesmente esperava pelo fim do processo de soldadura para retirar a peça e montar a seguinte, ou seja não acrescentava valor durante esta espera.

Foi também observado que o abastecimento de caixas de cartão para embalagem no fim dos processos de transformação apresentava uma clara falta de organização. O *stock* de caixas era armazenado num armazém adjacente à fábrica, onde os dois operadores responsáveis pela embalagem recolhiam paletes de caixas para posteriormente as montarem e abastecerem as linhas produtivas. Este processo levava a ruturas e atrasos, em que os operadores eram forçados a parar e esperar pelo abastecimento de caixas ou por vezes se deslocavam à área de embalagem para se abastecerem, originando tempos de paragem significativos ao longo da cadeia de valor.

Um outro problema estrutural da empresa era o elevado nível de absentismo, que rondava os 5% no início do ano. O absentismo aliado à dificuldade em contratar profissionais na região geográfica da empresa gerava problemas na gestão das equipas e no cumprimento dos planos de produção.

Em suma, foram identificados desperdícios a nível de tempos de espera, de *setup*, movimentações desnecessárias de material, e tamanhos de lote elevados. Todos estes fatores contribuíam para uma acumulação de *stock*, visível nas figuras 16 e 17, com um peso significativo tanto a nível de espaço ocupado como a nível financeiro e levavam a *lead times* maiores, desde a receção de encomendas até à expedição. Por outro lado, o absentismo e a falta de operadores comprometiam o cumprimento dos planos de produção, assim como a taxa de serviço ao cliente.



Figura 16 - Acumulação de *stock* no fim do processo de prensas



Figura 17 - Acumulação de *stock* no fim do processo de soldadura

4 Desenho e implementação de soluções

4.1 Criação de fluxo na Produção

4.1.1 Line and Layout Design

Os principais objetivos do *Line Design* realizado foram aumentar a produtividade e criar fluxo nas áreas de robots de soldadura e cravação.

Foram realizados desenhos de linha para três células de robots de soldadura e cravação, assim como um desenho de *layout* para a área de robots de soldadura MAG¹.

Será apresentado o processo e metodologia aplicada no *line design* da célula TF e para o *layout design* da área dos robots de soldadura MAG.

Numa primeira fase, foi estudada a procura para as principais referências produzidas nestas áreas, a distribuição dos equipamentos no *layout* da fábrica, assim como as tarefas realizadas em cada posto, de forma a definir prioridades e identificar operações que não acrescentam valor, tais como a criação de lotes e transporte de material.

Célula TF

Foi escolhido o processo produtivo da referência TF como piloto pelo facto de ser uma das referências com maior procura.

O processo produtivo da referência TF envolve uma operação inicial num robot de soldadura MIG² por pontos e em seguida um conjunto de cinco operações de soldadura e cravação, todas elas com um processo de verificação visual entre elas.

A linha trabalha a 8 turnos por semana com um tempo disponível de produção de 7.33 horas por turno. É apresentada na Tabela 2 uma descrição da situação inicial da linha.

Tabela 2 - Situação Inicial da linha TF

Produção/Procura Semanal	Tempo Disponível de Produção	OEE
12 000 peças	211 104 s	85% ³

Com base na equação (1) podemos calcular o *takt time* da referência TF:

$$Takt\ Time_{TF} = 17.6\ s$$

Este valor servirá como referência para o balanceamento das tarefas da linha de forma a que o tempo de ciclo seja menor ou igual ao *takt time* para que a produção semanal da linha, cubra a procura semanal do cliente final.

Inicialmente o *layout* da linha TF estava dividido em duas partes, a primeira operação era realizada na área de robots de soldadura com um operador dedicado e as restantes operações

¹ Metal Active Gas

² Metal Inert Gas

³ Valor de OEE baseado no histórico da célula TF ao longo do início do ano de 2018.

eram realizadas por 3 operadores em célula, na área de cravação. Esta divisão causava problemas de balanceamento de tarefas, elevados *stocks* intermédios e um grande desperdício em deslocações entre operações.

Na Figura 18 é possível observar o *layout* inicial desta linha assim como os principais fluxos de material e pontos de acumulação de *stock* intermédio (WIP).

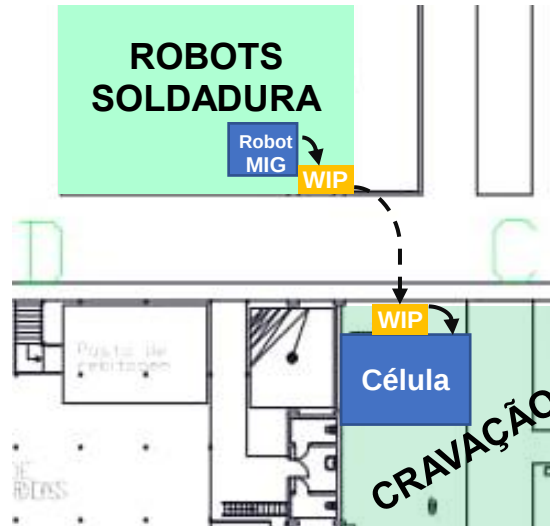


Figura 18 - *Layout* inicial da célula TF

O processo produtivo da referência TF apresenta dois fluxos de componentes (1 e 2) que se encontram numa operação de montagem no Robot 5.

Foi realizado um estudo de tempos de ciclo (TC) para as principais operações ao longo do processo, representado na Tabela 3.

Tabela 3 - Tempos de ciclo do operador das principais operações da linha TF

Operadores	Máquina	Operação	TC (s)	Fluxo Operações	
1 operador	Robot MIG	Colocar Ferradura + Contrapeso	4	1	
		Espera por Robot MIG	10		
3 operadores	Robot 1	Colocar Bracket Pequeno + Gusset	5	1	
	Robot 2	Colocar peça soldada (de MIG) + Pino	4		2
	Robot 3	Colocar Casquilho + Gusset Soldado (de 1)	4	1	
	Robot 4	Colocar Casquilho + Ferradura Soldada (de 2)	4		2
	Robot 5	Colocar Rebite + Ferradura (de 4)	8	1+2	
		Colocar Gusset (de 3)			
		Movimentos de transporte entre robots 1 a 5	6		

Com estes dados podemos calcular a eficiência inicial da linha e o número teórico de operadores necessários com base nas fórmulas (2) e (3):

$$N^{\circ} \text{ Operadores} = \frac{45}{17.6} = 2.56 \quad \text{e} \quad \text{Eficiência} = \frac{45}{4 \times 17.6} = 64\%$$

A primeira ação realizada foi a integração do robot de soldadura MIG na célula já existente de forma a possibilitar a criação de fluxo unitário e eliminar a necessidade de um operador dedicado a esse robot, assim como o transporte entre o robot MIG e as operações seguintes.

Foi desenhada uma célula *Shojinka*⁴ de forma a criar capacidade de resposta caso o *takt time* varie. Esta célula permite trabalhar com dois ou três operadores, dividindo postos e tarefas de forma a criar fluxo unitário:

- Célula TF com 2 operadores

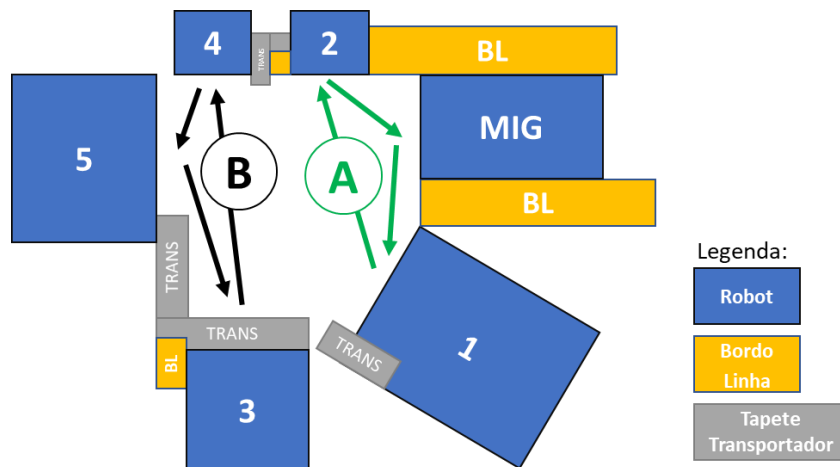


Figura 19 - Layout da célula TF com 2 operadores

Tabela 4 - Balanceamento de tarefas para célula TF com 2 operadores

Operador	Máquina	Operação	TC (s)
A	Robot MIG	Colocar Ferradura + Contrapeso	4
	Robot 1	Colocar Bracket Pequeno + Gusset	5
	Movimento		2
	Robot 2	Colocar peça soldada (de MIG) + Pino	4
B	Robot 3	Colocar Casquilho + Gusset Soldado (de 1)	4
	Movimento		2
	Robot 4	Colocar Casquilho + Ferradura Soldada (de 2)	4
	Robot 5	Colocar Rebite + Ferradura (de 4)	8
		Colocar Gusset (de 3)	

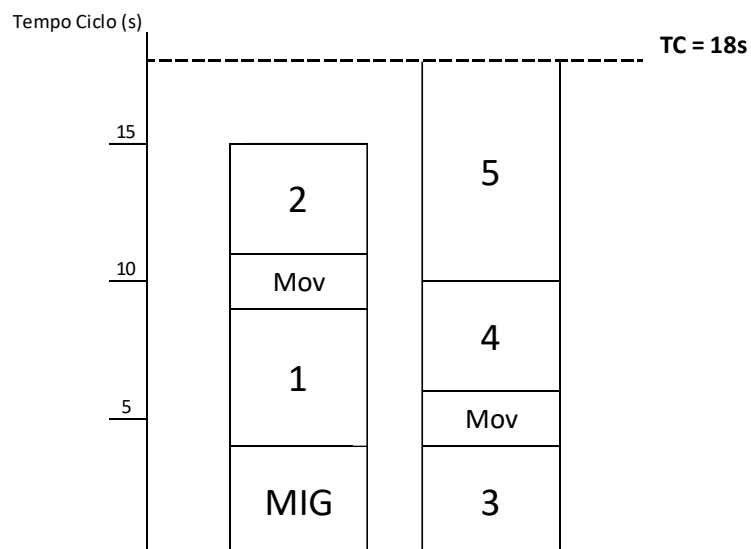


Figura 20 - Gráfico Yamazumi para o balanceamento das operações da célula TF com 2 operadores

⁴ Célula que permite trabalhar com um diferente número de operadores no mesmo layout.

- Célula TF com 3 operadores

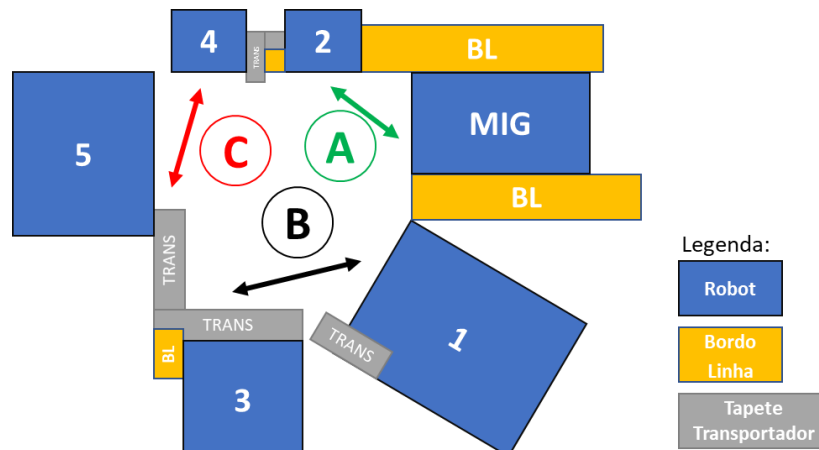


Figura 21 - Layout da célula TF com 3 operadores

Tabela 5 - Balanceamento de tarefas para célula TF com 3 operadores

Operador	Máquina	Operação	TC (s)
A	Robot MIG	Colocar Ferradura + Contrapeso	4
	Robot 2	Colocar peça soldada (de MIG) + Pino	4
		Espera por Robot MIG	6
B	Robot 1	Colocar Bracket Pequeno + Gusset	5
	Robot 3	Colocar Casquilho + Gusset Soldado (de 1)	4
C	Robot 4	Colocar Casquilho + Ferradura Soldada (de 2)	4
	Robot 5	Colocar Rebite + Ferradura (de 4)	8
		Colocar Gusset (de 3)	

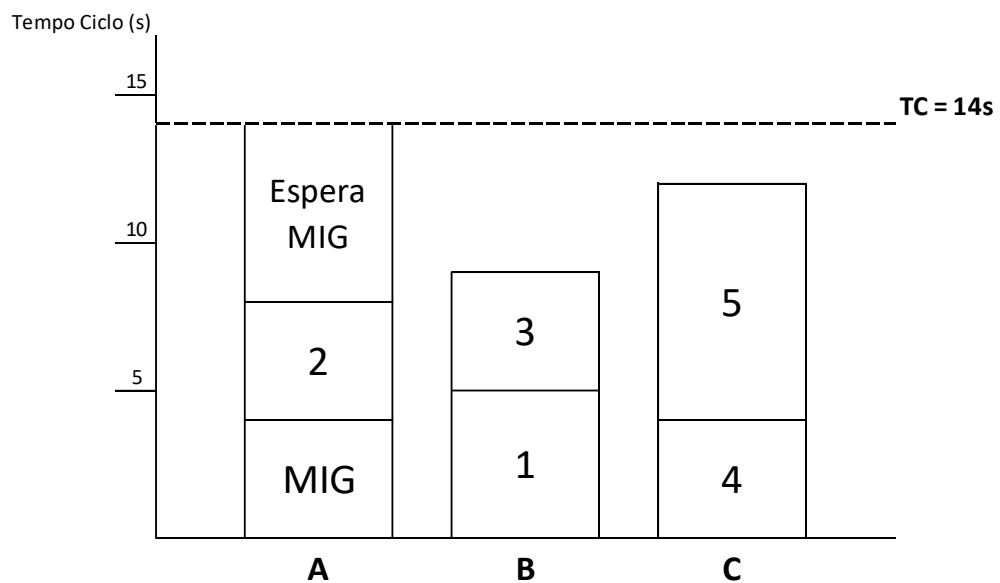


Figura 22 - Gráfico Yamazumi para o balanceamento das operações da célula TF com 3 operadores

Após calcular o tempo de ciclo da célula para cada cenário é necessário ajustar o mesmo, dividindo o tempo de ciclo pelo OEE da célula:

$$TC_{ajustado\ 2\ Op.} = \frac{18}{0.85} = 21.2\ s \quad e \quad TC_{ajustado\ 3\ Op.} = \frac{14}{0.85} = 16.5\ s$$

Com a implementação deste novo *layout* para a célula TF foi possível produzir ao ritmo do *takt time* inicial com três operadores, eliminar o *stock* intermédio, reduzir o desperdício de movimentos de transporte e reduzir os custos de mão de obra.

A Tabela 6 representa a melhoria face à situação inicial da linha para os dois novos *standards* de trabalho.

Tabela 6 - Comparação da situação inicial com as duas soluções desenhadas

Situação	Inicial	3 Op.	2 Op.
Nº de operadores	4	3	2
Recursos (horas x homem)	235 horas	176 horas	117 horas
Tempo de ciclo ajustado	17.6 s	16.5 s	21.2 s
Produção semanal	12 000 peças	12 817 peças	9 969 peças
Produtividade (peças/hora x homem)	51.2	72.9	85
Eficiência da linha	64%	83%	92%
% de Aumento de produtividade	-	42%	66%

Robots de Soldadura

Foi estudado o *layout* da área dos robots de soldadura MAG, representado na Figura 23, de forma a melhorar a produtividade da mesma e libertar espaço para aumentar o número de referências produzidas, colocando mais robots na área.

A área era composta por 16 robots de soldadura MAG e 2 robots soldadura por pontos de menor dimensão, com um operador para cada máquina, onde cada robot MAG, representado na Figura 24, possui duas mesas onde se pode soldar a mesma referência ou referências diferentes. Os dois robots de soldadura por pontos de menor dimensão foram integrados em células na área de cravação (exemplo da célula TF).

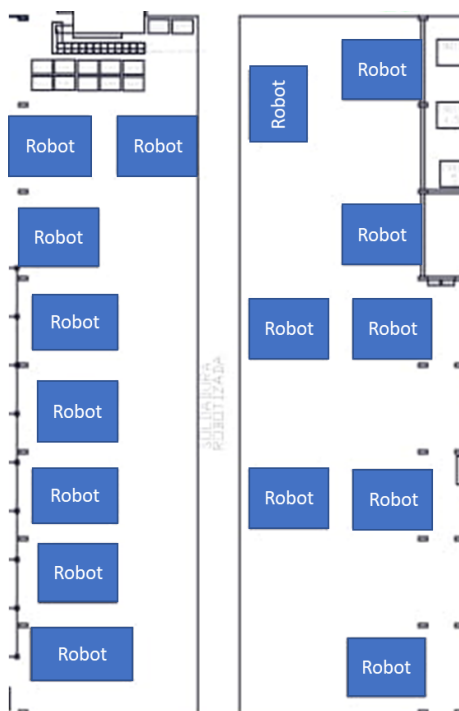


Figura 23 - *Layout* inicial da área de soldadura



Figura 24 - Exemplo de robot de soldadura MAG com duas mesas giratórias

Foram medidos os tempos de ciclo de homem e de máquina para as referências produzidas nestes robots de forma a, sempre que o tempo de ciclo de máquina implicar um elevado tempo de espera por parte do operador, aproveitar este tempo para o operador preparar outra máquina, alocando um operador a dois robots. A Figura 25 representa o tempo de valor acrescentado do operador quando dedicado a um robot comparado quando o mesmo está alocado a dois robots de forma a aproveitar o tempo de espera pela máquina para produzir mais referências.

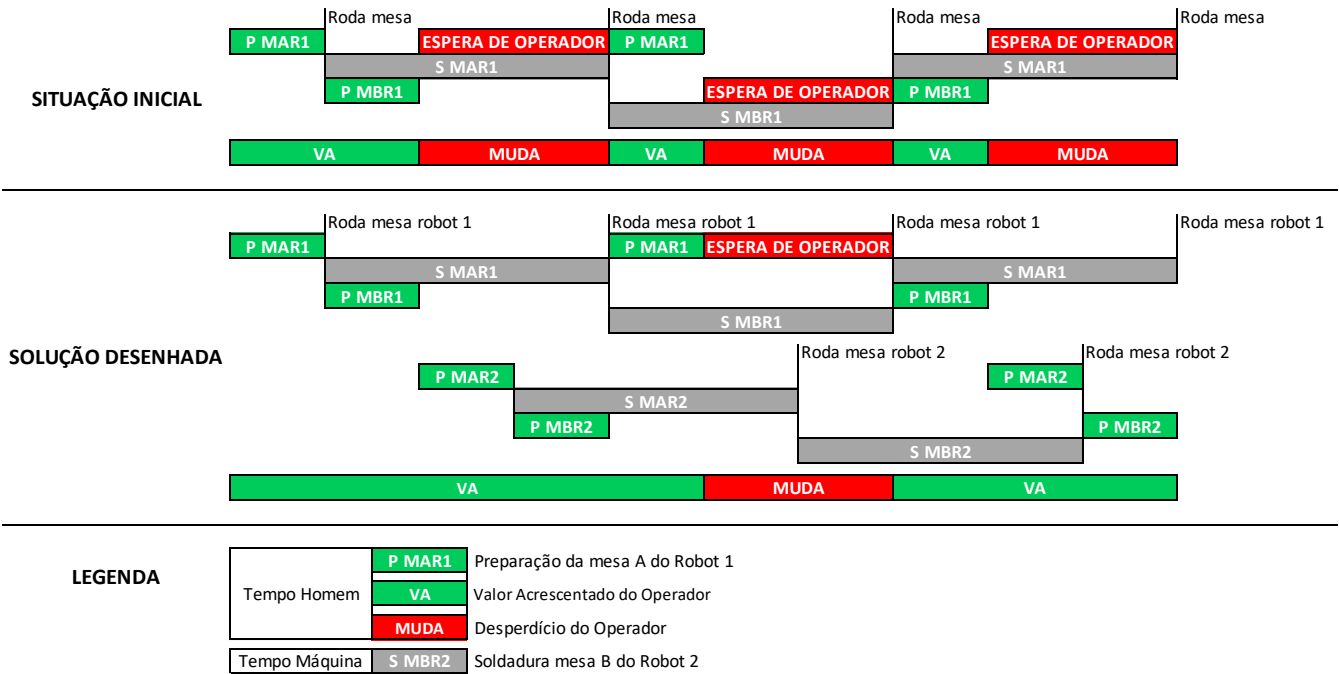


Figura 25 - Esquema de comparação do Valor Acrescentado vs MUDA do operador da área de soldadura

Desta forma, sempre que possível, os robots de soldadura foram agrupados dois a dois, segundo os tempos de ciclo de homem e de máquina de cada um de forma a responder à procura do cliente e a criar fluxo. O foco deixa de ser o aumento da eficiência a nível dos equipamentos, e passa a ser a criação de fluxo e o aumento da produtividade dos operadores.

Foi desenhado um novo *layout*, representado na Figura 26, que permite aumentar a produtividade global da área de soldadura, resultando na resposta à procura do cliente com uma redução de oito operadores, dos quais seis operavam robots de soldadura MAG e dois operavam robots de soldadura por pontos que foram integrados em células na área de cravação. Resultando na libertação de 273 m² de espaço previamente ocupado com robots.

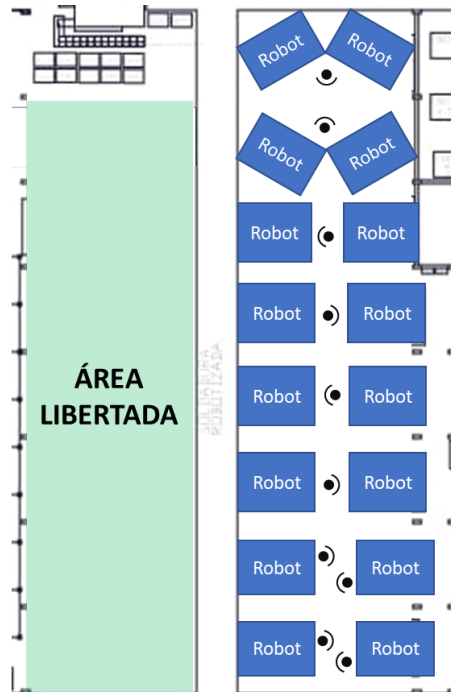


Figura 26 - Layout desenhado para a área de soldadura

4.1.2 Bordo de Linha

Após o *Line Design* foi realizado um estudo detalhado do consumo de materiais e componentes em cada posto de cada uma das células de forma a calcular e desenhar o bordo de linha de cada posto.

Durante este processo foram postas em prática duas regras fundamentais para dimensionamento de bordos de linha:

- Deve ser utilizado, sempre que possível, um sistema de abastecimento frontal com contentores pequenos;
- O operador logístico deve abastecer os contentores o mais próximo possível da área de valor acrescentado do operador.

O bordo de linha de todos os postos de trabalho foi projetado e implementado tendo também em conta a ergonomia do posto, exemplo representado na Figura 27.



Figura 27 - Bordo de linha com contentor de rebites

4.1.3 Standard Work

Ao longo da implementação do projeto foi observado que os supervisores de cada área produtiva, principalmente na área de prensas, por terem sido contratados no início do projeto, sentiam alguma dificuldade em gerir as suas áreas de forma eficaz, tanto a nível de alocação de pessoas a linhas ou equipamentos, como na tomada de contramedidas em caso de avaria de equipamentos ou ainda na organização dos espaços e ambiente de trabalho segundo os princípios dos 5S.

Desta forma, foi desenvolvida uma lista de tarefas diárias que os supervisores devem seguir para gerirem de forma eficaz as suas equipas.

Este *standard* no formato de uma *checklist* tem como objetivo normalizar as tarefas do supervisor e garantir que o supervisor realiza as mesmas ao longo do dia, sendo que algumas tarefas têm uma hora prevista para serem realizadas, como por exemplo, a realização da reunião de *Kaizen Diário* ou as passagens de turno.

Na Figura 28 está representada a *checklist* de tarefas *standard* diárias dos supervisores das áreas produtivas.

Standard Work Supervisor						
RESPONSÁVEL POR EXECUTAR: _____			DIA: _____		TURNO: _____	
#	ETAPA DO TURNO	TAREFA	Meio	FREQUÊNCIA	OK	Observações
1	Início	Fazer a passagem de turno Supervisor	Formulário Standard Work	Diária	☐	
2	Início	Gerir faltas e ajustar distribuição de equipa (se necessário)	Quadro de gestão de pessoal	Diária	☐	
3	8h50 / 14h50	Reunião Kaizen Diário	Quadro Kaizen Diário	Diária	☐	
4	Durante	Perceber motivo de paragem de máquina > 20 minutos ou em sub-rendimento	Mapa de estado das máquinas	Diária	☐	
5	Durante	Verificar e corrigir (se necessário) quantidades imprimidas vs registadas	Mapa Resumo quantidades OF	Diária	☐	
6	Durante	Em caso de incumprimento do planeamento, alertar Responsável Planeamento	Sequenciador	Diária	☐	
7	Durante	Verificar que as solicitações de serviço do dia anterior foram efectuadas de forma clara	EAM vs folha de alerta de pós-produção	Diária	☐	
8	Durante	Verificar o estado da preparação seguinte para cada máquina	Tabela de preparação	Diária	☐	
9	Durante	Realizar auditoria de autocontrolo no mínimo numa máquina (registar máquina / referência nas observações)	Cartão Kamishibai	Diária	☐	
10	Durante	Verificar e corrigir (se necessário) erros do consumo de matéria prima	Mapa consumos de MP	Diário	☐	
11	Durante	Zona de aguarda decisão: Tomar decisão com a Qualidade sobre o destino do material (nota: verificar cumprimento do procedimento)	Reunião na zona de aguarda decisão	Diário	☐	
12	Durante	Realizar auditoria ao cumprimento de procedimentos / instruções	Cartão Kamishibai	Diário	☐	
13	Durante	Realizar auditoria ao cumprimento dos 5S	Cartão Kamishibai	Diário	☐	
14	Final	Preparar distribuição da equipa para o dia seguinte	Quadro de gestão de pessoal	Diário	☐	
15	Final	Colocar indicadores do dia no quadro KD	Quadro Kaizen Diário	Diária	☐	
16	Final	Fazer a passagem de turno para o turno seguinte	Formulário Standard Work	Diária	☐	

Figura 28 - *Standard Work* dos supervisores de áreas produtivas

4.1.4 SMED

A área das prensas foi identificada como crítica devido à ineficiente capacidade de resposta às necessidades produtivas solicitadas pelos clientes. Para colmatar este problema, recorreu-se à metodologia SMED para reduzir os tempos de *setup*, visando aumentar a capacidade de produção da área, bem como reduzir tamanhos de lote.

Foi seguida a metodologia SMED em cinco etapas, sendo realizados vários *workshops* com uma equipa multidisciplinar composta tanto por operadores de prensa e preparadores, como por responsáveis pelo planeamento, qualidade e manutenção.

O processo foi aplicado nas prensas de 500, 800 e 1200 toneladas, que serviram de piloto, e mais tarde será desdobrado nas outras prensas.

Etapa 1 - Estudo e mapeamento do processo de *setup*

Durante o primeiro *workshop* SMED foi observado um processo de troca de ferramenta numa prensa de forma a compreender todo o processo e identificar possíveis problemas, desperdícios e oportunidades de melhoria. O processo foi filmado de forma a permitir listar todas as tarefas, assim como medir tempos de execução e analisar os movimentos do operador e do preparador ao longo do processo.

Na Figura 29 são representadas as deslocações dos operadores na forma de um diagrama *Spaghetti*.

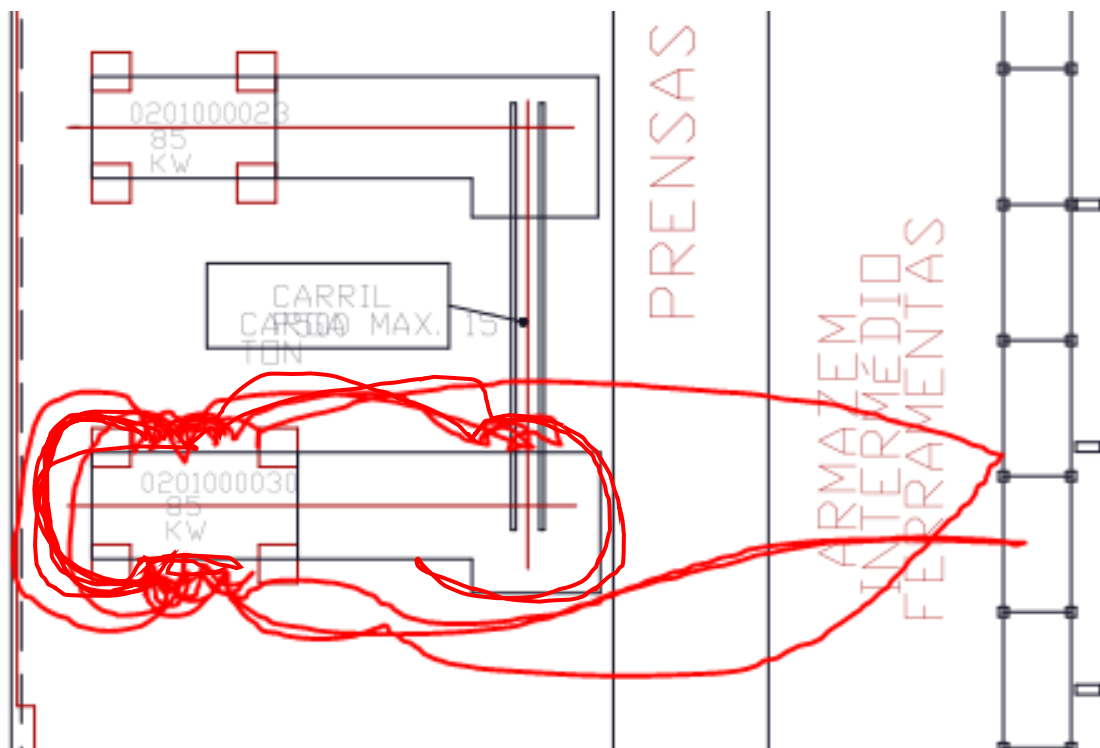


Figura 29 - Diagrama *Spaghetti* do processo de troca de referência na área de prensas

Etapa 2 - Separação de operações internas de externas

Uma vez mapeado o processo, representado na Figura 30, identificaram-se as tarefas internas e externas com os respetivos tempos de execução. Com este levantamento, já foi possível identificar as tarefas com oportunidade de melhoria de forma a reduzir significativamente os tempos de troca de ferramenta.



Figura 30 - Mapeamento das tarefas do processo de troca de ferramenta nas prensas de 500 e 800 toneladas

Foi assim desenhada uma nova sequência de trabalho para o operador e para o preparador, de forma a que as tarefas externas fossem realizadas antes e depois da troca de ferramenta. Em ambas as tabelas da Figura 31 são identificadas, a amarelo, as tarefas internas com potencial de melhoria (soluções apresentadas nas etapas 4 e 5) assim como as tarefas externas a laranja. A vermelho é apresentado o caminho crítico.

Operador	PONTOS A VERIFICAR	Tempo (s)
Prensa (Consola)	Dar início de desmontagem	5
Ponte	Afinar desenrolador	120
	Colocar bobine nova no desenrolador	160
Exterior	Controlo última peça	240
	Check list de controlo	60
Ferramenta	Imprimir e colocar ID's	30
	Limpeza de rolos, mesa e colocar centradores	180
Prensa (Consola)	Regular cabeçote	120
Guincho	Empurrar ferramenta para mesa	120
	Centrar ferramenta	60
Prensa (Consola)	Baixar cabeçote	30
Ferramenta	Colocar apertos	45
	Apertar apertos	5
	Regular cabeçote	120
Prensa (Consola)	Subir cabeçote	30
	Verificar regulação cabeçote	60
Ferramenta	Iniciar banda	240

Preparação Externa	Preparar aspirador + caleiras	5 min antes da troca
	Chamar empilhador e preparar ponte	
	Preparar carro de ajuda ao SETUP	
	Verificar checklist de preparação da ferramenta	
Preparador	PONTOS A VERIFICAR	Tempo (s)
Ferramenta	Cortar chapa	80
	Tirar ponta de fim de banda	40
	Baixar cabeçote	30
	Remover apertos	90
	Amarrar apertos	20
	Retirar caleiras + desligar sensores	90
	Subir cabeçote	30
	Subir rolos das régua	20
Empilhador	Empurrar ferramenta	70
Ponte	Retirar ferramenta com ponte	180
	Colocar nova ferramenta com ponte	240
Exterior	Iniciar montagem	5
Bobine	Expandir mandril + colocar pás	60
	Baixar braço cortar cintas	10
	Colocar apertos	30
	Chegar chapa ao alimentador	80
	Afinar alimentador + lubrificador	80
	Colocar passo + velocidade	60
	Encostar 4 rolos centradores	210
Ferramenta	Colocar caleiras + sensores	60
Exterior	Preparar contentores	120

Figura 31 - Novo *standard work* para processo de troca de ferramenta na prensa de 500 toneladas

Etapa 3 - Conversão de operações internas em externas

Durante o desenho das sequências de tarefas do preparador e do operador, foram já implementadas algumas melhorias ao processo, de forma a converter operações internas em externas.

Uma dessas tarefas era a verificação das condições necessárias para início de produção de uma nova referência. Onde se deve validar três fatores antes de iniciar a preparação de uma troca de ferramenta:

- Estado da ferramenta validada por responsável de manutenção (ferramentaria);
- Existência de matéria prima (bobine de chapa) a ser consumida pela ordem de fabrico;
- Existência de contentores, KLT⁵ ou embalagens de cartão.

Incluiu-se esta tarefa no *standard work* do Preparador, como tarefa externa. Para o efeito, criou-se uma *checklist standard* no software de gestão interno.

Antes de cada mudança de referência, o preparador tem de preencher a *checklist*, gerando sinais verdes quando todas as tarefas estão concluídas. Esta informação é transmitida num monitor colocado junto das prensas e permite informar o operador, de forma visual, que as condições estão reunidas para iniciar o setup, representado na Figura 32.

Esta disposição de informação permite ainda aos responsáveis das áreas de suporte atuarem de forma mais rápida quando verificam um “vermelho” associado à sua área (ferramentaria, compras e logística).

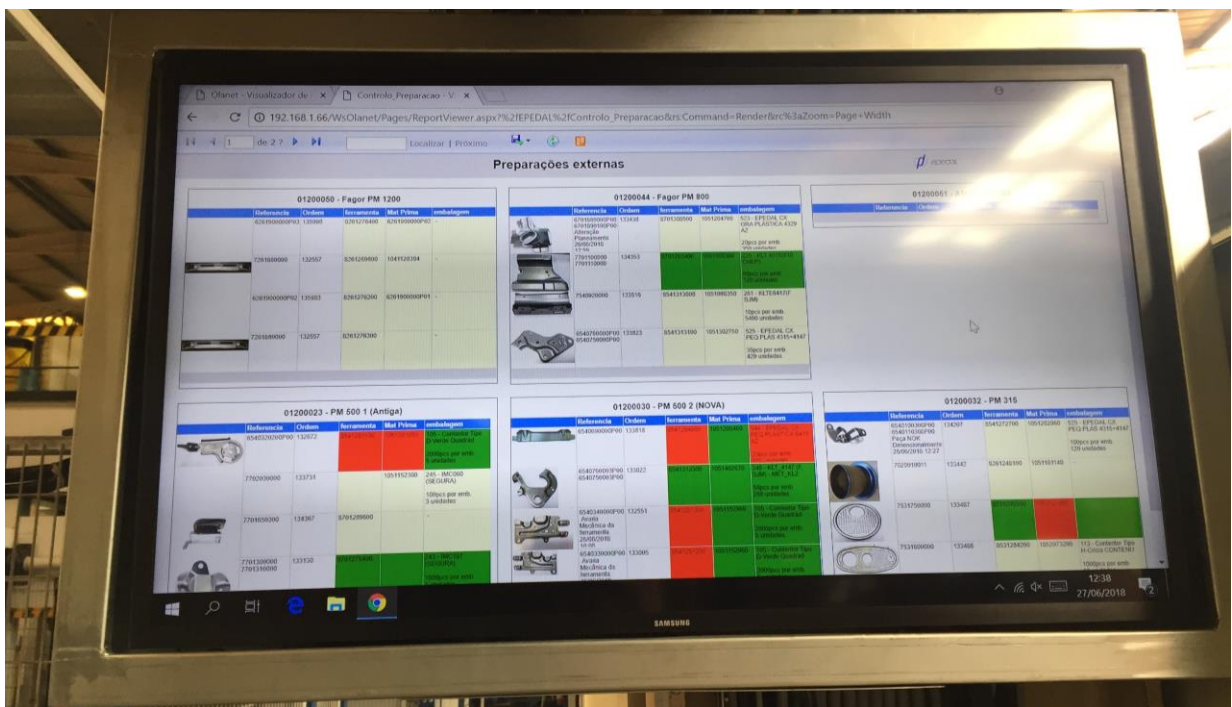


Figura 32 - Checklist de controlo do estado de preparação de ferramentas para troca nas prensas

⁵ Contentor Euro ou KLT é um contentor logístico industrial *standard* em conformidade com a norma VDA 4500

Etapa 4 - Redução de operações internas

Foram também desenhadas soluções com o objetivo de reduzir o tempo de execução das tarefas internas.

De forma a facilitar a troca da ferramenta que produziu a última referência da prensa pela nova ferramenta, foi comprado um guincho elétrico para “puxar” e centrar as ferramentas que, devido à sua massa, são difíceis de movimentar usando a força humana, representado na Figura 33.



Figura 33 - Utilização de guincho elétrico para puxar e centrar a ferramenta

Etapa 5 - Redução de operações externas

De forma a preparar a próxima ferramenta a entrar na prensa antes de acabar a produção da referência anterior foi adquirido um conjunto de braços que se adaptam à mesa da prensa permitindo colocar a próxima ferramenta à cota da mesa. Desta forma, o processo de troca de ferramenta foi significativamente melhorado pois deixa de ser necessária a disponibilidade da ponte no momento da troca de ferramenta, eliminando o tempo de espera pela mesma, o que resulta numa redução do tempo de *setup*.



Figura 34 - Preparação de ferramenta a entrar na prensa com recurso a braços de suporte

Nas figuras 35, 36 e 37 é possível observar a redução dos tempos médios de *setup* das prensas e o correspondente aumento do OEE ao longo do projeto.

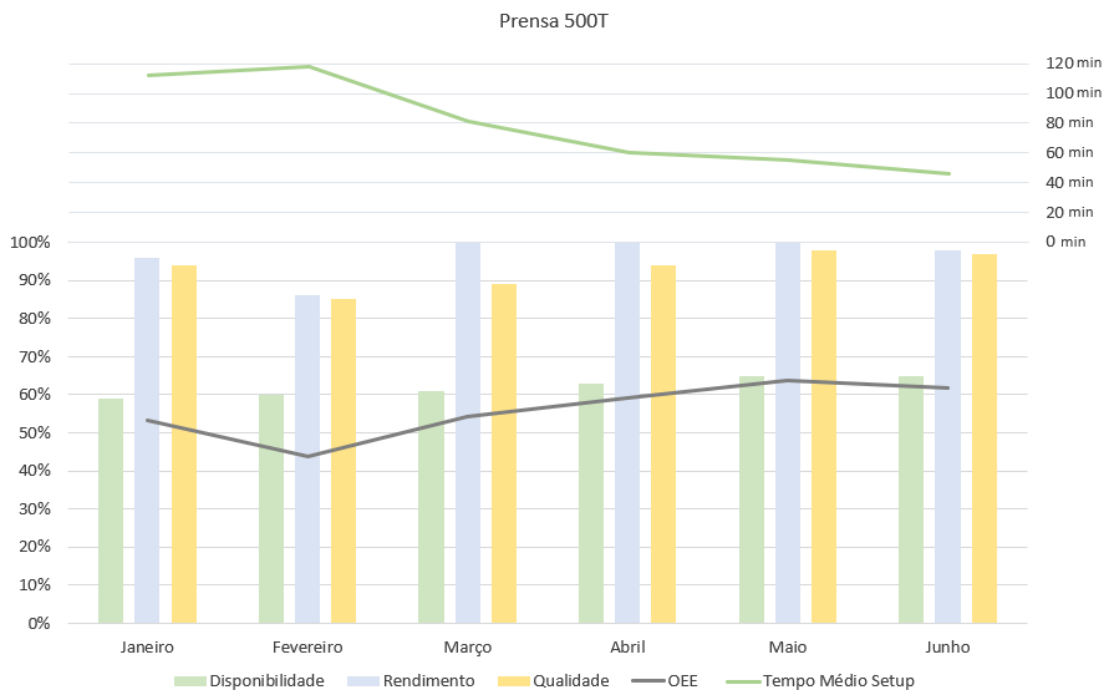


Figura 35 - Evolução do OEE e do tempo médio de *setup* da prensa de 500 toneladas ao longo do projeto

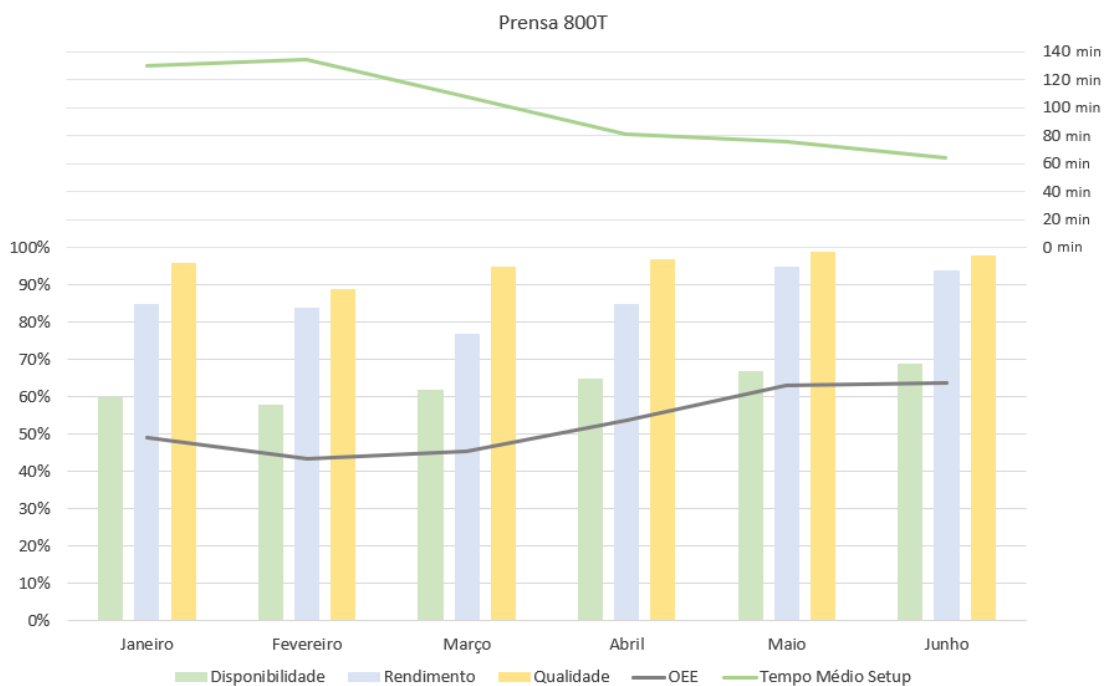


Figura 36 - Evolução do OEE e do tempo médio de *setup* da prensa de 800 toneladas ao longo do projeto

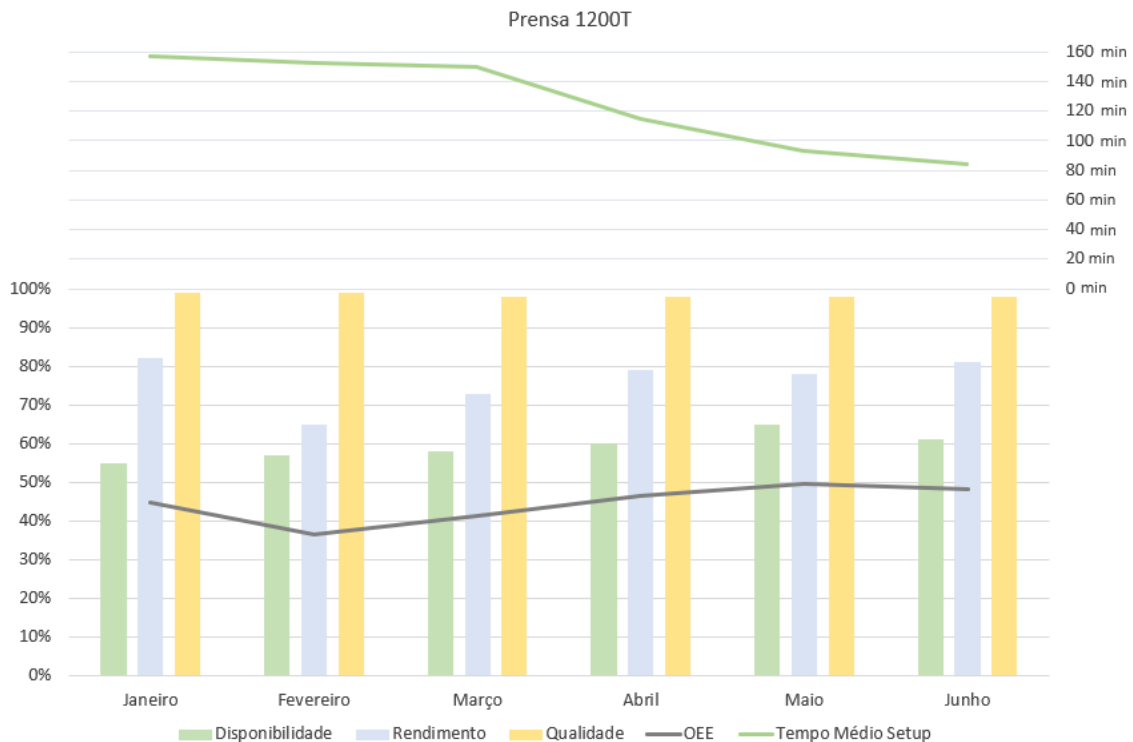


Figura 37 - Evolução do OEE e do tempo médio de *setup* da prensa de 1200 toneladas ao longo do projeto

O impacto da aplicação da metodologia SMED traduz-se, visivelmente, na redução considerável dos tempos médios de *setup* nas prensas.

Reduzindo drasticamente o tempo de mudança de referência, a eficiência e disponibilidade dos equipamentos aumentam, contribuindo, desta forma, para um aumento da capacidade produtiva apesar de o número de mudanças de referência ser maior. A possibilidade de investir em novos equipamentos também é colocada de parte. A flexibilidade produtiva também é aumentada devido ao aumento da facilidade com que os produtos de ordens de produção distintas são executados, permitindo responder rapidamente às variações da procura. Ao mesmo tempo esta metodologia permite conjugar uma elevada diversidade na gama de produtos, um fluxo contínuo de materiais, uma diminuição no tamanho dos lotes e um nível mínimo de inventário.

Na prensa de 1200 toneladas, embora se tenha conseguido reduzir significativamente os tempos de *setup*, o indicador de disponibilidade ainda se encontra baixo devido ao elevado número de avarias da prensa.

4.2 Criação de fluxo na Logística Interna

O próximo passo para a implementação do *Pull Flow* é a definição de um sistema de logística interna *Lean* capaz de melhorar o fluxo de materiais e de informação da cadeia de abastecimento. A logística interna surge como forma de abastecer a produção com as quantidades necessárias à sua atividade, eliminando o *muda* de materiais em espera e o *muda* de movimento dos operadores da linha de montagem.

A criação de fluxo na logística interna iniciou-se com o a criação de um supermercado embalagem de cartão com reposição por *kanban* e implementação de *mizusumashi* para efetuar o abastecimento às linhas produtivas.

4.2.1 Supermercado de embalagem de cartão com abastecimento por *kanban*

O objetivo deste projeto era reduzir o *stock* de embalagem de cartão e gerir o mesmo de uma forma mais eficaz de forma a evitar tempos de paragens das linhas produtivas por falta de material de embalagem.

Numa primeira fase foi analisado o fluxo de caixas desde o fornecedor até ao local de consumo, no fim dos processos produtivos, representado na Figura 38.

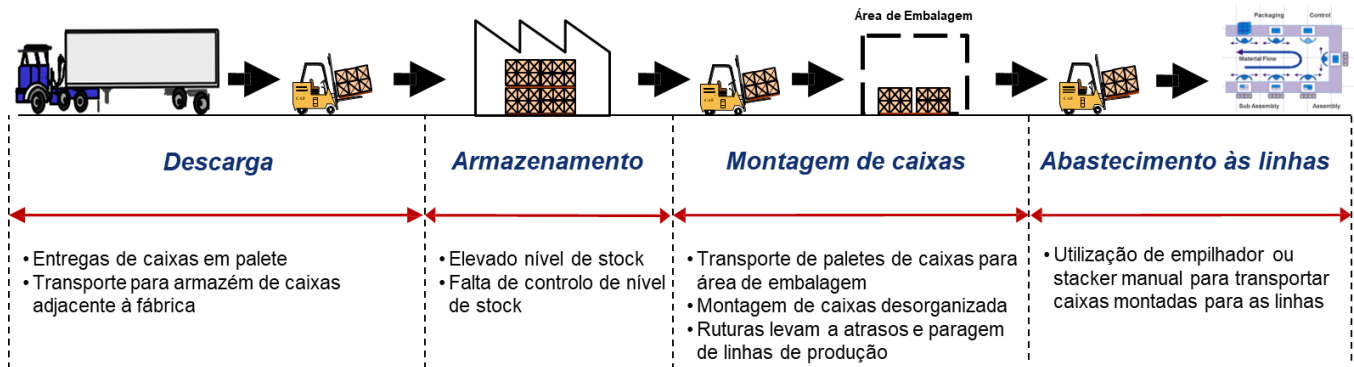


Figura 38 - Fluxo de caixas de cartão desde entrega de fornecedor até ao local de consumo

De forma a colmatar a duplicação de *stock*, os tempos de paragem e a desorganização do processo de abastecimento de caixas de cartão foi desenhado um supermercado com reposição por *kanban*. Para tal foi necessário realizar uma análise dos consumos de todas as referências de caixas de cartão utilizadas ao longo da cadeia de valor e acordar com o fornecedor um *lead time* de entrega, idealmente de um dia.

Devido à proximidade do fornecedor, foi possível acordar uma entrega diária de caixas de cartão, garantindo o envio do pedido no dia anterior. Desta forma o *lead time* de processamento e entrega do fornecedor é de um dia.

Segundo o esquema da Figura 39, o *lead time* total de reaprovisionamento pode ser calculado somando o *lead time* de processamento interno do pedido de reposição com o *lead time* do envio da informação, processamento da mesma e envio do material por parte do fornecedor.

Sendo que o *lead time* de processamento interno e envio do pedido de reaprovisionamento corresponde a um dia (assumindo a realização de um pedido por dia), podemos afirmar que o *lead time* total de reaprovisionamento da embalagem de cartão é de dois dias.

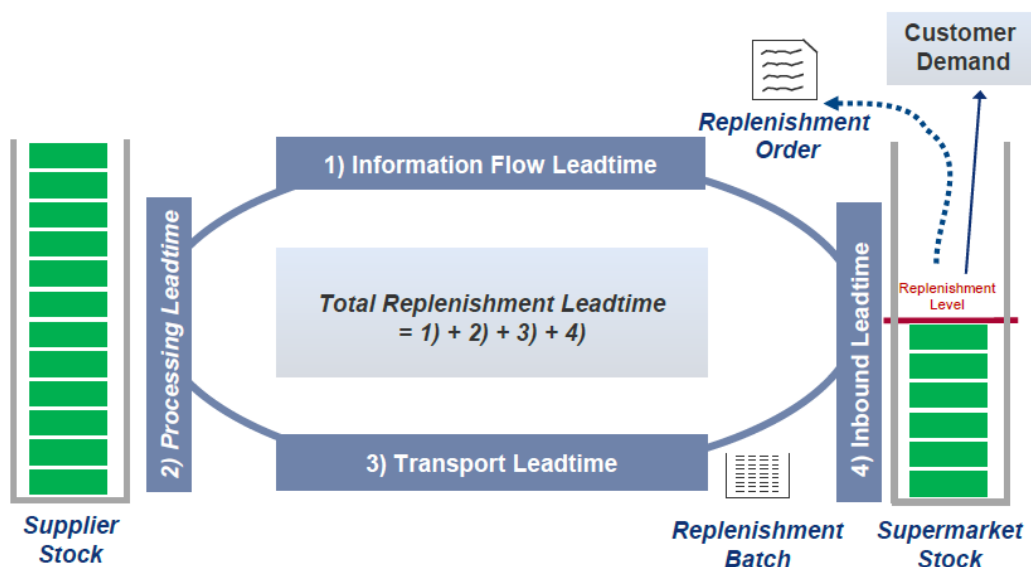


Figura 39 - Esquema de reaprovisionamento de supermercado em sistema *Pull*, retirado de (Kaizen Institute 2018b)

Tendo em conta o lead time total de reaprovisionamento calculado anteriormente, foram analisados os consumos máximos diários de embalagens de cartão durante o ano 2017 de forma a calcular o consumo máximo no lead time de reposição. O nível de reposição corresponde ao consumo máximo no lead time de reposição acrescido de um fator de segurança de 15%. Na Figura 40 é apresentada a análise do consumo de caixas e o dimensionamento do supermercado de embalagem de cartão.

Artigo	Ref	max Cons/dia	Cons LT (2 dias)	#Caixas por palete	# Paletes	Nível de Reposição
Cx Cart.590x390x200 C11	3010140209	1080	2160	270	8.0	9
Cx cart 380x280x200 C13	3010140207	145	290	540	0.5	1
Cx cart ANC20 400x300x200	3010140103	128	257	360	0.7	1
Cx cart 280x180x200 C15	3010140206	98	197	720	0.3	1
Cx ANC15 390x290x150 A7	3010140108	79	158	320	0.5	1
Cx cart IP 410x280x200	3010140111	72	144	360	0.4	1
Cx cart ANC15 400x300x150	3010140104	66	133	320	0.4	1
SEGURA Cx Cartão IMC040	3010140203	51	101	300	0.3	1
Placas 950x1150 ref 7399	3010140702	38	77	400	0.2	1
Cart Canel c/Larg.1000	3010140704	34	68	400	0.2	1
Cx cart AND20 300x200x200	3010140109	32	64	400	0.2	1
SEGURA Cx Cartão IMC060	3010140204	23	47	225	0.2	1
Cx cart ANA20 600x400x200	3010140102	19	39	180	0.2	1
Cx ANC30 400x300x300	3010140105	17	35	360	0.1	1
SEGURA Cx Cartão IMC080	3010140205	17	35	250	0.1	1
Tampa 398x296x60 C13 e A7	3010140211	17	33	720	0.0	1
Cx ANA20 c/590x390x200 TC	3010140118	14	27	180	0.2	1
Papel Cort.1450x500mm	3010140714	13	25	180	0.1	1
Embalagem IMC 197	3010140119	12	25	50	0.5	1
Tampa 302x290x60 C15	3010140210	11	22	720	0.0	1
Cx cart 640x190x100 GEST.	3010140116	11	21	320	0.1	1
Cx cart AND12 300x200x125	3010140106	9	17	261	0.1	1
Cx CBF60 1194x994x438	3010140113	6	13	50	0.3	1

Figura 40 - Análise do consumo de embalagem de cartão e dimensionamento de supermercado

Após dimensionar o supermercado foi necessário desenhar um *layout* para o mesmo, respeitando os princípios da fácil acessibilidade para descarga de paletes com empilhador e de *picking* (*stock* ao solo), assim como da gestão visual.

A Figura 41 representa o *layout* desenhado combinando duas partes em U com uma célula de montagem de caixas ao centro, ocupando uma área de 10 m².

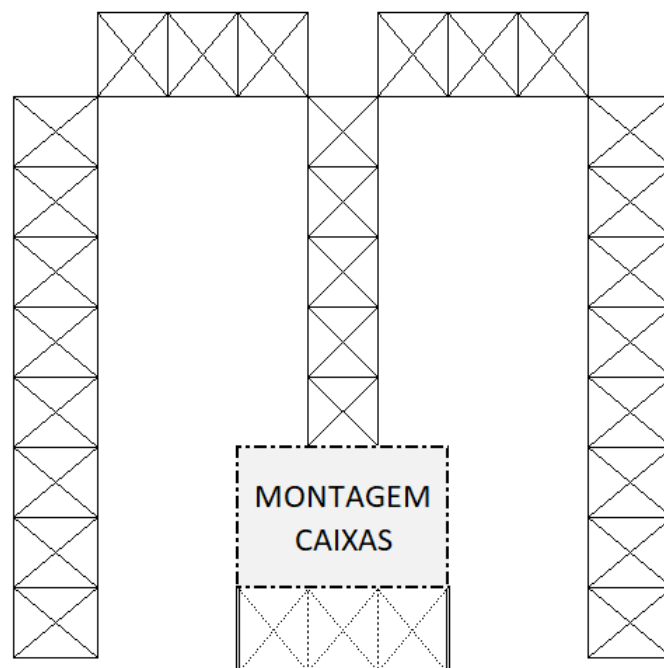


Figura 41 - Layout do supermercado de embalagem de cartão com célula de montagem de caixas

De forma a garantir um abastecimento de embalagem eficiente e sem ruturas, foi implementado um abastecimento normalizado com pedido e reposição por *kanban*, onde cada área produtiva tem um quadro, representado na Figura 42, onde coloca os *kanbans* com as referências de embalagem consumidas e respetivas quantidades necessárias. Foi alocado apenas um operador a esta célula de montagem de caixas, que também exerce a função de *mizusumashi*, onde, de hora em hora, percorre uma rota normalizada por todas as áreas produtivas e abastece as linhas com caixas de cartão e recolhe os pedidos de embalagem a serem entregues na próxima hora.

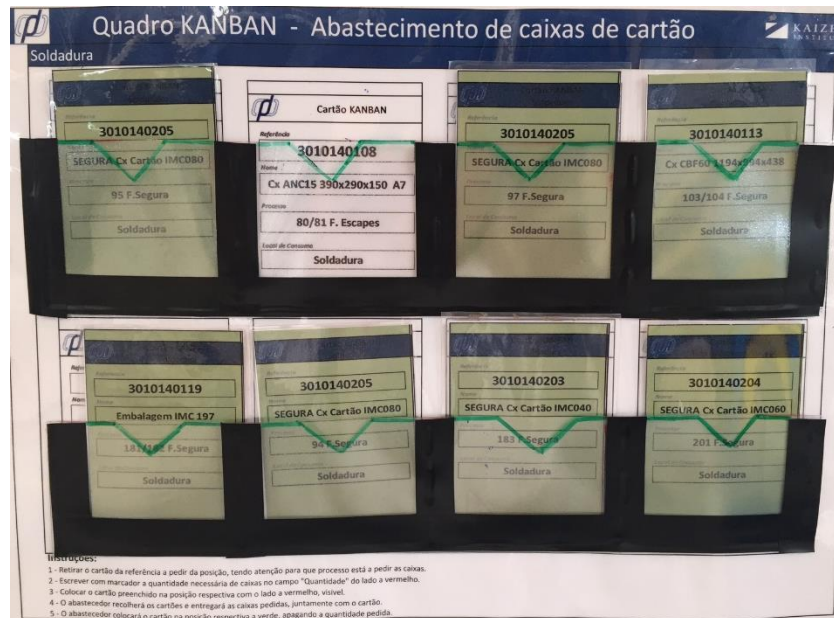


Figura 42 - Quadro *kanban* de embalagem de cartão

Na Figura 43 está representada a localização do supermercado de embalagem no *layout* da fábrica e os diversos pontos de abastecimento de embalagem com quadros *kanban*.

A localização do supermercado foi definida tendo em conta o espaço necessário e a proximidade a um cais de descarga. Desta forma foi minimizado o desperdício de movimentação de material e pessoas, concentrando todo o desperdício de transporte no *mizusumashi*.

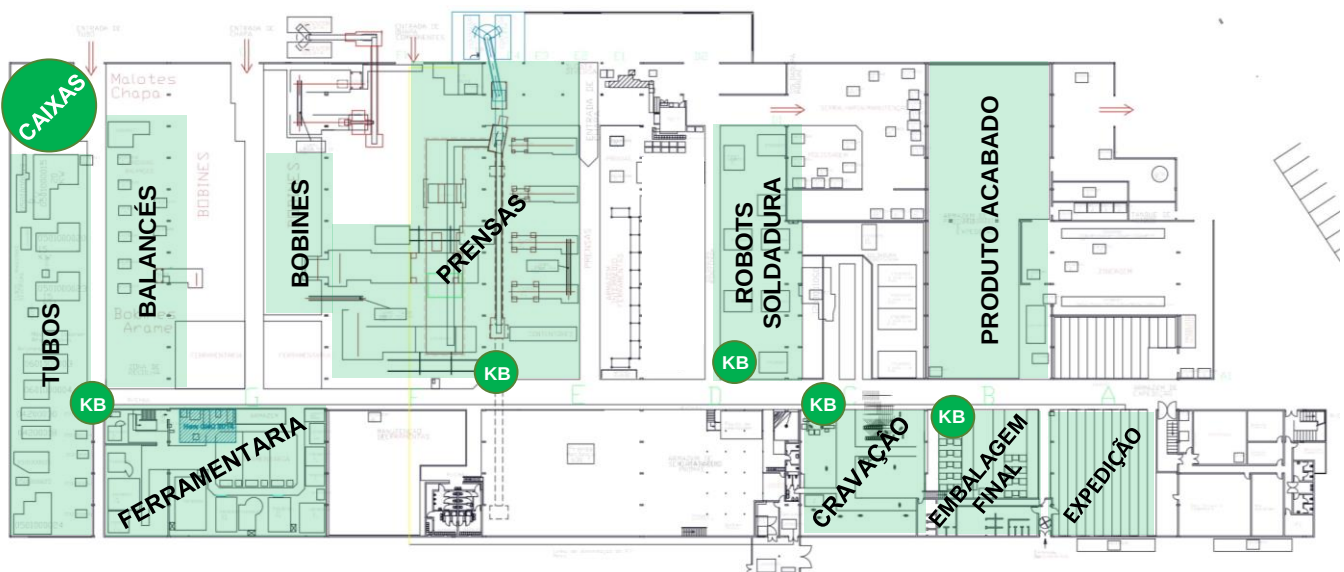


Figura 43 - Localização do supermercado de embalagem de cartão e pontos de abastecimento

Foi desenvolvida uma ferramenta Excel para auxiliar o operador a efetuar um pedido de reposição de caixas de cartão. Na interface representada na Figura 44, o operador seleciona as referências que atingiram o nível de reposição, e as quantidades a pedir são automaticamente apresentadas tendo por base o lote de reposição calculado anteriormente para cada uma das referências. Em seguida, através de uma macro VBA, a ferramenta envia um email para o fornecedor com as referências e quantidades encomendadas para o dia seguinte. Na Figura 45 está representada a solução implementada para o supermercado de embalagem em sistema *Pull*.

Artigo	Ref	# Paletes a encomendar	#Caixas por palete
☐ Cx Cart.590x390x200 C11	3010140209		
☒ Cx cart 380x280x200 C13	3010140207	1	540
☒ Cx cart ANC20 400x300x200	3010140103	1	360
☒ Cx cart 280x180x200 C15	3010140206	1	720
☐ Cx ANC15 390x290x150 A7	3010140108		
☐ Cx cart IP 410x280x200	3010140111		
☒ Cx cart ANC15 400x300x150	3010140104	1	320
☐ SEGURA Cx Cartão IMC040	3010140203		
☐ Placas 950x1150 ref 7399	3010140702		

Enviar encomenda

Figura 44 - Ferramenta Excel para envio de encomenda de caixas de cartão a fornecedor

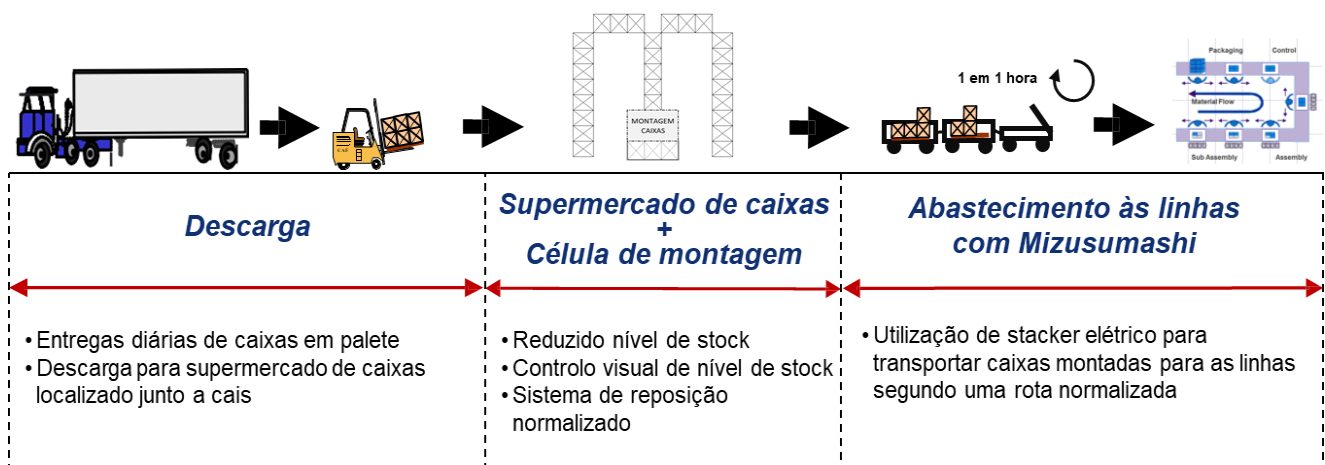


Figura 45 - Supermercado de embalagem em sistema *Pull*

Com esta solução foi possível reduzir significativamente o nível de *stock* de embalagem de cartão, assim como libertar um operador e cerca de 25 m² de espaço ocupado no armazém adjacente à fábrica. Com este novo sistema de abastecimento de embalagem é expectável que se evitem tempos de paragem de produção por falta de caixas de cartão.

4.3 Kaizen Diário

De forma a sustentar as melhorias desenvolvidas ao longo deste projeto, assim como criar a base para uma cultura de melhoria contínua, foi implementada a metodologia *Kaizen Diário*.

O primeiro passo na execução desta metodologia é a definição das equipas naturais, mediante área ou processo produtivo, e a seleção de um líder para cada uma.

Na Figura 46 estão representadas as várias equipas naturais com o respetivo líder e número de pessoas geridas pelo mesmo (*span of control*).

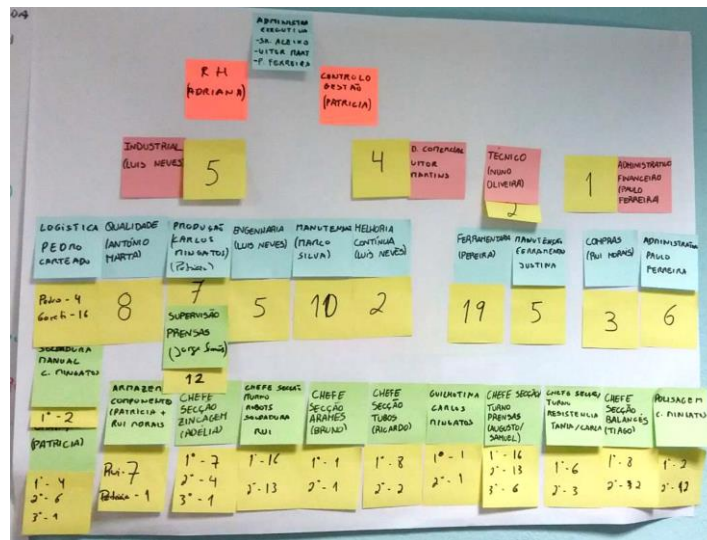


Figura 46 - Representação das equipas naturais com o respetivo líder e *span of control*

Após definidas as equipas naturais, é desenhada a forma como os membros das equipas analisam indicadores, discutem problemas e desenvolvem soluções e ações de melhoria, com recurso à criação de quadros para a comunicação visual da equipa e do estabelecimento de reuniões diárias.

O *layout* e conteúdo de um quadro de equipa pode ser variado, devendo ser adaptado às necessidades de cada equipa e de cada empresa. No entanto, existe um conjunto de elementos que são comumente utilizados na criação dos quadros de *Kaizen Diário*:

- Agenda da Reunião;
- Elementos da equipa;
- Plano de Trabalho;
- Indicadores de performance com objetivos a alcançar;
- Matriz de competências e plano de formação;
- Quadro PDCA para implementação de ações de melhoria;
- Segurança;
- Qualidade;
- Plano de Manutenção Autônoma.

As reuniões de *Kaizen Diário* devem ter uma frequência diária e ser implementadas em todos os turnos de forma a envolver todos os operadores.

Para a implementação das reuniões e quadros de equipa o primeiro passo foi a definição das equipas naturais. De acordo com a organização da empresa foram criadas 3 equipas piloto:

- Equipa de Prensas;
- Equipa de Cravação;
- Equipa de Soldadura.

Juntamente com os supervisores e os principais elementos de cada uma das equipas, foi definido o *layout* e conteúdo de cada quadro. Assim foram estabelecidos os seguintes elementos para cada uma das equipas:

- Agenda da Reunião – informação sobre o horário de início da reunião e os vários tópicos a abordar durante a mesma (Anexo A);
- Gestão da Equipa - fotografia de cada um dos elementos alocados a cada máquina ou célula no *layout* definido (Anexo A);
- Plano de Produção – quantidade a serem produzida em cada turno, em cada célula (Anexo B);
- Plano de Manutenção Autónoma (Anexo B);
- Matriz de Competências – representação do grau de competência dos vários operadores para operar determinados equipamentos ou realizar determinadas tarefas (Anexo C);
- Plano de Formação (Anexo C);
- Segurança – indicador do número de acidentes (Anexo D);
- Qualidade – indicador do número de reclamações (Anexo D);
- Última Ocorrência – descrição do último acidente ou reclamação (Anexo D);
- Quadro PDCA com de ações de melhoria e pedidos de manutenção (Anexo E);
- Ficha de Melhoria com descrição de uma ação de melhoria com elevado impacto (Anexo E);
- Cartões de Melhoria ou Pedido de Manutenção (Anexo E);
- Indicadores – Disponibilidade, Rendimento e Qualidade, representando o número de peças com qualidade produzidas por turno comparado com o previsto (Anexo F).

De seguida, tomando como exemplo a equipa da linha de soldadura, será explicada a finalidade de cada elemento presente no quadro. A apresentação da equipa permite a identificação de cada um dos elementos a participar nas reuniões da equipa natural; o plano de produção permite o balanceamento e nivelamento das tarefas na linha de montagem; a tabela do número peças produzidas vs planeadas permite impor objetivos e avaliar o desempenho da equipa; o registo de ocorrências permite detetar paragens na linha de montagem devido a fatores externos; a matriz de competências permite aferir as capacidades de cada operador da linha de montagem aquando do balanceamento das tarefas na linha de montagem e por fim o plano de ações de melhoria permite à equipa planear ações de melhoria sugeridas pelos seus elementos e acompanhar a sua execução até estas ações estarem completas.

Após os quadros estarem construídos segundo o *layout* definido, deu-se início às reuniões diárias das equipas piloto. Na Figura 47 pode observar-se uma fotografia de uma das reuniões de *Kaizen* Diário da equipa da área de prensas.

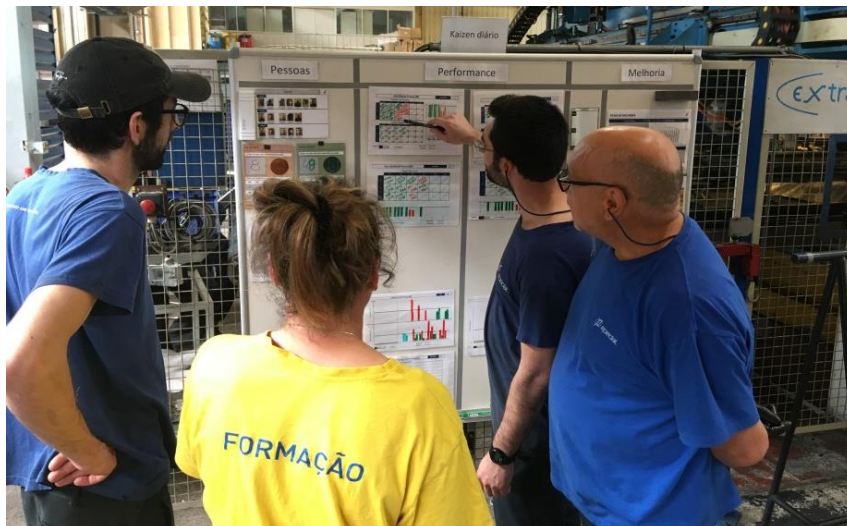


Figura 47 - Reunião de *Kaizen* diário

Foi também criado um indicador para medir o impacto das reuniões de *Kaizen* Diário na cultura da empresa, medindo o número de ações de melhoria propostas pelas equipas. O indicador, representado na Figura 48, foi medido durante 6 semanas após a implementação das reuniões diárias.

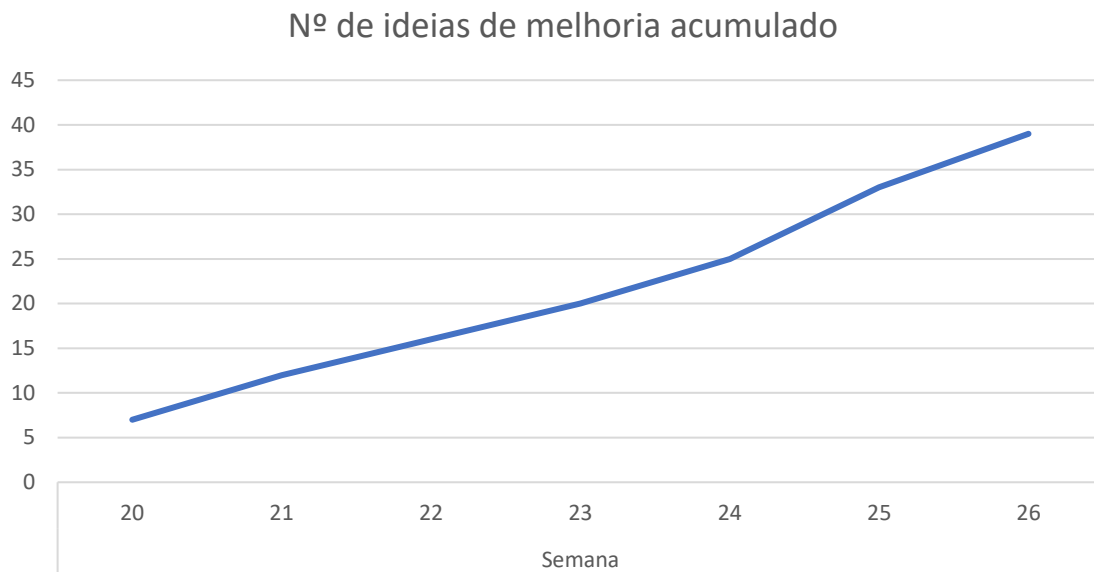


Figura 48 - Evolução do número de ideias de melhoria lançadas pelas equipas entre as semanas 20 e 26

5 Conclusão

Neste capítulo serão apresentados, de uma forma global, os resultados atingidos com este projeto e o caminho a percorrer para a implementação de uma estratégia *Pull Flow* a nível da logística interna, logística externa e planeamento.

5.1 Resultados globais do projeto

O projeto foi bem-sucedido, tendo resultado em ganhos significativos para a empresa cliente do *Kaizen Institute*, superando todos os objetivos previamente definidos e ainda gerando benefícios adicionais com impacto na estrutura da mesma.

Aumento de produtividade

Foi definido um objetivo de aumento de produtividade global de 30% para a área de robots de soldadura e para a célula TF.

Tendo em conta que o *layout design* da área de robots de soldadura MAG permite responder à procura com menos seis operadores, comparativamente com os dezasseis iniciais, é possível afirmar que se manteve o mesmo *output* com uma redução de 38% dos recursos horas/homem.

Quanto à célula TF, o *line design* realizado permite responder à procura inicial com um aumento de produtividade de 42%.

Redução de tempo de *setup* nas prensas

O objetivo inicial definido pela empresa era uma redução de 50% do tempo de *setup* das prensas. Na Tabela 7 podemos observar que o objetivo foi alcançado, a nível global, sendo que a prensa de 1200 toneladas se encontra muito próxima do objetivo e é espetável que no mês de julho este valor seja alcançado, contando com uma maior estabilidade do processo.

Tabela 7 - Variação do OEE e do tempo médio de *setup* das prensas comparativamente com os valores iniciais.

	Prensas	500T	800T	1200T
Aumento do OEE		9%	15%	4%
Redução do tempo médio de <i>setup</i>		-59%	-51%	-48%

Através da redução dos tempos de *setup* foi possível melhorar o OEE das prensas e reduzir os tamanhos de lote de forma a melhorar o *lead time* de produção e reduzir o nível de *stock* ao longo da cadeia de valor.

Redução de custo de mão de obra direta

Com os projetos de aumento de eficiência e produtividade desenvolvidos na célula TF, na área dos robots de soldadura e com o novo sistema de abastecimento de embalagem de cartão, foi possível reduzir a necessidade de mão de obra direta em nove operadores. Tendo em conta que o custo de mão de obra direta na empresa equivale a 12.200 €/ano por operador, esta redução corresponde a um benefício de 109.800 €/ano para a empresa.

Libertação de espaço em área produtiva

Através do *layout design* da área de robots de soldadura foi possível libertar 273 m². Segundo a empresa, cada m² de área é valorizado em 230 €. Desta forma o desenho de *layout* representa um benefício de 62.790 €, considerado investimento evitável em construção de armazém.

Redução de stock

Com a redução dos tempos de *setup* foi possível iniciar o processo de redução dos tamanhos de lote das referências produzidas nas prensas. À data de conclusão do período de dissertação não era ainda possível quantificar o benefício desta redução de *stock*, para tal é necessário definir e estabilizar os novos tamanhos de lote nas prensas e os níveis de *stock* WIP nos processos pós prensa, nomeadamente a soldadura, a cravação e a expedição, de forma a verificar o impacto real no nível de *stock* global da empresa.

No entanto, com o supermercado de embalagem de cartão foi possível libertar 25 m² de área ocupada em armazém adjacente à fábrica, o que, considerando o mesmo valor por m² supramencionado, equivale a um benefício de 5.750 €.

Implementação de cultura de Melhoria Contínua

O principal objetivo do *Kaizen* Diário é orientar os líderes das equipas que, por sua vez, vão gerir equipas autónomas. As equipas *Kaizen* devem aumentar a capacidade de manter e melhorar o seu trabalho e produtividade diariamente.

Através da implementação de ferramentas visuais de gestão de pessoas, planeamento de trabalho, análise de performance e identificação de problemas e respetivas soluções ou melhorias, foram criados os mecanismos para a implementação de uma cultura de melhoria contínua na empresa.

Com estas ferramentas, as equipas passaram a gerir melhor o seu trabalho e procuraram ativamente melhorar processos através da sugestão de ideias de melhoria com impacto positivo tanto para os operadores como para a empresa.

5.2 Perspetivas de trabalho futuro

Apesar das melhorias e benefícios evidenciados, há ainda um longo caminho a percorrer na implementação do *Pull Flow* a nível global na empresa. O trabalho realizado até então terá continuidade e terão início projetos de criação de fluxo na logística interna e externa, assim como a nível do planeamento.

Serão apresentados alguns desses projetos, assim como uma breve descrição dos mesmos.

***Pull Planning* e Otimização dos tamanhos de lote das prensas**

Desenvolvimento de um algoritmo de planeamento diário baseado na procura real do cliente final para nivelar a carga nas áreas produtivas e otimizar os tamanhos de lote das prensas de forma a garantir a taxa de serviço ao cliente ao menor custo possível.

Supermercado pós prensa

Criação de supermercado pós prensa de forma a reduzir *lead times* de produção, tendo as prensas a produzir para repor o nível de reposição do supermercado e este abastecerá as áreas de soldadura e cravação.

***Kobetsu Kaizen* OEE na prensa de 1200 toneladas**

Aplicação da metodologia *Kobetsu* para identificar as causas raiz das restantes perdas de OEE da prensa de 1200 toneladas e desenvolver soluções para as mesmas.

Standard Work da Manutenção de Ferramentas

Aumento da produtividade e normalização do trabalho dos técnicos da Manutenção de Ferramentas de forma a reduzir o tempo médio de reparação e preparação de ferramentas, fator de elevada importância para o aumento da flexibilidade de produção na área de prensas através do aumento do número médio de *setups* por semana.

Standard Work da Manutenção Industrial

Aumento da produtividade e normalização do trabalho dos técnicos da Manutenção Industrial de forma a melhorar o estado de funcionamento dos equipamentos através do cumprimento do plano de manutenção preventiva e reduzir o tempo médio de reparação, aumentando a disponibilidade dos equipamentos.

Mizusumashi

Concentração das tarefas de logística interna num sistema de abastecimento e recolha de informação normalizado, de forma a aumentar a produtividade global da fábrica através da redução dos tempos de paragem por falta de componentes ou contentores. Redução de *stock* WIP através da criação de fluxo com contentores de menor dimensão e um sistema de transporte normalizado de elevada frequência.

Kobetsu Kaizen Qualidade

Aplicação da metodologia *Kobetsu* para identificar as causas raiz dos principais defeitos e não-conformidades e desenvolver soluções para reduzir o volume de retrabalho e sucata.

Desdobramento do Kaizen Diário para todas as equipas produtivas e não produtivas

Formação e implementação do *Kaizen* Diário em todas as equipas de forma a melhorar a gestão de pessoas e de informação, analisar indicadores e problemas, assim como desenvolver soluções para os mesmos, gerando resultados positivos para a empresa.

Além disso, o acompanhamento do *Kaizen* Diário passará também pela realização de auditorias a todas as equipas, até garantir que as mesmas cumpram e mantenham os objetivos mínimos estipulados.

Referências

- AFIA. 2018. Exportações janeiro-fevereiro 2018 Indústria de componentes para automóveis. accessed 03-03-2018. <https://afia.pt/exportacoes-de-componentes-automoveis-aumentaram-9/>
- AICEP. 2016. "Indústria automóvel e componentes." *Portugalglobal*, Maio 2016.
- Allahverdi, Ali, and H. M. Soroush. 2008. "The significance of reducing setup times/setup costs." *European Journal of Operational Research* 187 (3):978-984. doi: 10.1016/j.ejor.2006.09.010.
- Coimbra, Euclides A. 2013. *Kaizen in Logistics and Supply Chains*: McGraw Hill Professional. ISBN: 9780071811057
- Deloitte. 2018. Estudo do Cluster da Indústria Automóvel em Portugal. In *Mobinov*.
- Dillon, A.P., and S. Shingo. 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*: Taylor & Francis. ISBN: 9780915299034
- Imai, M. 2012. *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy, Second Edition*: McGraw-Hill Education. ISBN: 9780071790352
- Jacobs, F. Robert, and Richard B. Chase. 2017. *Operations and supply chain management*. McGraw Hill Higher Education. ISBN: 9781259253522 125925352X
- Kaizen Institute. 2018a. accessed 20-04-2018. <https://www.kaizen.com/>.
- Kaizen Institute. 2018b. Internal Manual.
- Lean Enterprise Institute. 2015. "TPS or the Toyota Way?", 15-12-2015. <https://www.lean.org/LeanPost/Posting.cfm?LeanPostId=514>.
- McIntosh, R., G. Owen, S. Culley, and T. Mileham. 2007. "Changeover Improvement: Reinterpreting Shingo's SMED Methodology." *IEEE Transactions on Engineering Management* 54 (1):98-111. doi: 10.1109/TEM.2006.889070.
- Ohno, T. 1988. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*: Taylor & Francis. ISBN: 9780915299140
- Womack, J.P., and D.T. Jones. 2010. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*: Free Press. ISBN: 9781439135952

ANEXO A: Agenda de reunião e elementos da equipa de Kaizen Diário

Horário: T1 – 06h00 T2 – 14h00 T3 – 22h00	Duração: 5 min Frequência: Diária	
---	--	--

ID	AGENDA KAIZEN DIÁRIO
I	Ponto de situação de Segurança – Acidentes e Avisos
II	Ponto de situação de Qualidade – Rejeitados ou advertências
III	Análise e partilha de Indicadores ↓ Identificação rápida das causas para desvios nos Indicadores ↓ Definição de ações para corrigir as causas identificadas e atualização do Plano de Ações
IV	Levantamento de outras propostas de Melhoria e atualização do Plano de Ações
V	Plano de Trabalho – Distribuição de Tarefas
VI	Diversos – Comunicação

EQUIPA Prensa						
TURNO 1						
Foto	Foto	Foto	Foto	Foto	Foto	Foto
xxxx Supervisor	xxxx Team-Leader	xxxx Preparador	xxxx Operador 1	xxxx Operador 2	xxxx Ajudante1	xxxx Ajudante2
TURNO 2						
Foto	Foto	Foto	Foto	Foto	Foto	Foto
xxxx Supervisor	xxxx Team-Leader	xxxx Preparador	xxxx Operador 1	xxxx Operador 2	xxxx Ajudante1	xxxx Ajudante2
TURNO 3						
Foto	Foto	Foto	Foto	Foto	Foto	Foto
xxxx Supervisor	xxxx Team-Leader	xxxx Preparador	xxxx Operador 1	xxxx Operador 2	xxxx Ajudante1	xxxx Ajudante2

ANEXO B: Plano de Produção e Plano de Manutenção Autónoma das três células da área de cravação

Plano Produção

SEMANA:

Peças Produzidas VS Planeadas

		2ªf	3ªf	4ªf	5ªf	6ªf
Referência 1	T1					
	T2					
	T3					
Referência 2	T1					
	T2					
	T3					
Máq. 102/103	T1					
	T2					
	T3					

PLANO MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

EQUIPAMENTO	DATA PLANEADA	DATA REALIZAÇÃO	VERIFICADO
Responsável Atualização	Última Atualização		

ANEXO C: Matriz de Competências e Plano de Formação

MATRIZ DE COMPETÊNCIAS

○ Não sabe

◐ Executa com supervisão

◑ É autónomo

● Sabe ensinar

Posto	Tarefa	Colaborador											

Responsável Atualização:
Última Atualização:

PLANO DE FORMAÇÃO

TEMA/ÁREA	FORMADOR	FORMANDO(S)	DATA PREVISTA	DATA REALIZAÇÃO

Responsável Atualização:
Última Atualização:

ANEXO D: Indicador de número de acidentes, reclamações e descrição das últimas ocorrências

SEGURANÇA		SEGURANÇA		QUALIDADE		QUALIDADE					
TOTAL DE DIAS SEM ACIDENTES NA ÁREA		TOTAL DE DIAS SEM ACIDENTES NA ÁREA		TOTAL DE DIAS SEM RECLAMAÇÕES NA ÁREA		TOTAL DE DIAS SEM RECLAMAÇÕES NA ÁREA					
TOTAL DE ACIDENTES NA ÁREA		TOTAL DE ACIDENTES NA ÁREA		TOTAL DE RECLAMAÇÕES NA ÁREA		TOTAL DE RECLAMAÇÕES NA ÁREA					
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Responsável Atualização:		Responsável Atualização:		Responsável Atualização:		Responsável Atualização:					

ÚLTIMO ACIDENTE	ÚLTIMA RECLAMAÇÃO
DATA LOCAL BAIXA	DATA LOCAL
DESCRIÇÃO OCORRÊNCIA	DESCRIÇÃO OCORRÊNCIA
MEDIDAS ADOTADAS	MEDIDAS ADOTADAS
Responsável Atualização:	Responsável Atualização:

ANEXO E: Quadro PDCA, Ficha de Melhoria e Cartões de Melhoria e Manutenção

PLANEADO	EM REALIZAÇÃO	EM VERIFICAÇÃO
PEDIDOS MANUTENÇÃO		

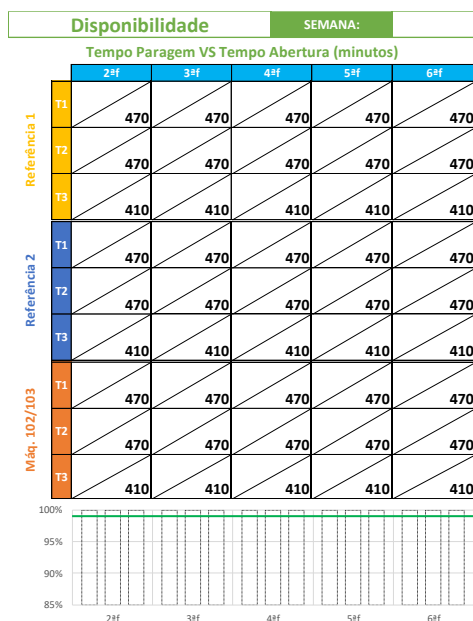
Melhoria		KAIZEN MANTENÇÃO
Problema: & Ação:		
Data	Responsável	

Manutenção		KAIZEN MANTENÇÃO
Problema:		
Máquina		
Data	Responsável	

FICHA DE MELHORIA

1. SITUAÇÃO INICIAL		2. SITUAÇÃO FINAL	
3. IMPACTO DA MELHORIA			
Responsável Atualização	Última Atualização	Data Início	Data Fim

ANEXO F: Indicadores de Disponibilidade, Rendimento e Qualidade das três células da área de cravação

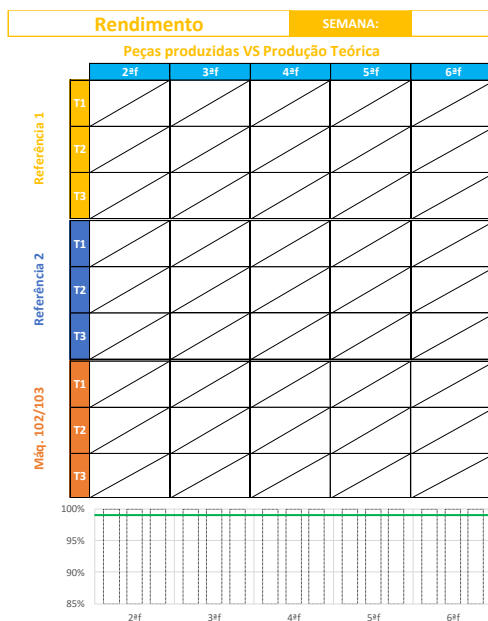


Legenda: ■ Acima Obj ■ Abaixo Obj

Objetivo

Responsável: Team-Leader

Frequência: Início Turno

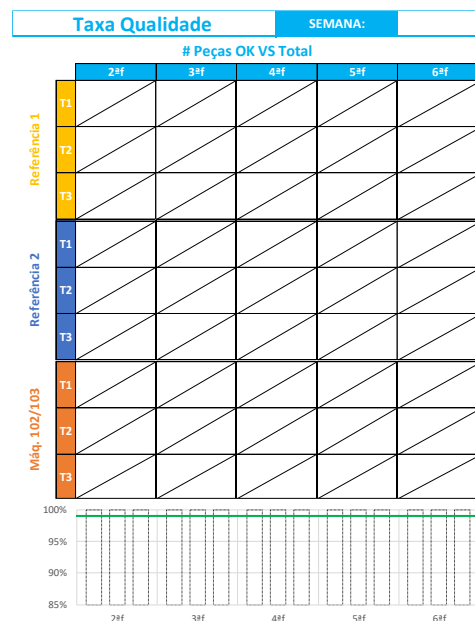


Legenda: ■ Acima Obj ■ Abaixo Obj

Objetivo

Responsável: Team-Leader

Frequência: Início Turno



Legenda: ■ Acima Obj ■ Abaixo Obj

Objetivo

Responsável: Team-Leader

Frequência: Início Turno