



Implementação de Metodologias Lean numa Unidade Industrial de Produtos Acústicos

JOSÉ GUILHERME RODRIGUES PEREIRA

julho de 2020

IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS LEAN NUMA UNIDADE INDUSTRIAL DE PRODUTOS ACÚSTICOS

José Guilherme Rodrigues Pereira
1110248

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS LEAN NUMA UNIDADE INDUSTRIAL DE PRODUTOS ACÚSTICOS

José Guilherme Rodrigues Pereira
1110248

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Engenheiro Eduardo Gil da Costa.

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Doutor João Augusto de Sousa Bastos

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Especialista Eduardo José Rego Gil da Costa

Professor Adjunto convidado, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutora Maria Beatriz Brito Oliveira

Professora Auxiliar convidada, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus orientadores, Engenheiro Eduardo Gil da Costa e Engenheiro Daniel Carvalho pelo acompanhamento e disponibilidade demonstrado ao longo do trabalho.

Aos meus pais por me proporcionarem a oportunidade de concluir mais uma etapa acadêmica.

Agradeço também a toda a minha família, em especial atenção aos meus avós e irmã, e a todos os meus amigos pelo apoio e pela motivação que me transmitiram para concluir este objetivo.

Muito Obrigado!

PALAVRAS CHAVE

Lean Manufacturing, Standard Work, 5S, Kaizen, Poka-Yoke

RESUMO

O presente trabalho insere-se no âmbito da unidade curricular de Projeto/Dissertação/Estágio do 2º ano do Mestrado de Engenharia Mecânica, especialização em Gestão Industrial, no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) e foi desenvolvido na empresa *Visound Acústica, S.A*, em Paços de Ferreira, que se dedica ao fabrico de produtos acústicos.

Com a concorrência que atualmente existe no mercado, as empresas sentem a necessidade de se tornarem cada vez mais competitivas. Com este intuito torna-se imperativo que as mesmas se tornem mais eficientes, reduzindo ao máximo os seus custos internos, possibilitando uma resposta mais rápida aos pedidos dos seus clientes com a melhor qualidade possível.

O presente trabalho teve como objetivo principal a melhoria do sistema produtivo do setor de Marcenaria da *Visound Acústica*.

Após uma análise inicial, em que foram identificadas falhas e problemas, foram definidas e implementadas ações de melhoria para tornar o sistema produtivo mais eficiente, recorrendo a ferramentas como *Standard Work*, *5S* e *Poka-Yoke*, tendo ainda sido introduzidas alterações significativas no *layout* fabril, por forma a reduzir movimentações e outros desperdícios.

A implementação das ações resultou na disponibilização de desenhos técnicos com o objetivo de diminuir a variabilidade de produtos, implementação da metodologia *5S* e aplicação da ferramenta *Poka-Yoke* de forma a reduzir defeitos de fabrico. Foram também adquiridos acessórios de trabalho que possibilitaram a redução de custos de mão de obra e um novo equipamento que proporcionou um aumento da capacidade produtiva e o aumento de disponibilidade da máquina que representa o ponto de estrangulamento desta unidade fabril.

KEYWORDS

Lean Manufacturing, Standard Work, 5S, Kaizen, Poka-Yoke

ABSTRACT

The present work is part of the 2nd year of the Mechanical Engineering Master's Degree, specialization in Industrial Management, at Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) and was developed at the company Visound Acústica, S.A, in Paços de Ferreira, which is dedicated to the manufacture of acoustic products.

With the competition that currently exists in the market, companies feel the need to become increasingly competitive. With this in mind, it is imperative that they become more efficient, reducing their internal costs as much as possible, enabling a faster response to customer requests with the best possible quality.

The present work had as main objective the improvement of the productive system of the carpentry sector of Visound Acústica.

After an initial analysis, in which failures and problems were identified, improvement actions were defined and implemented to make the productive system more efficient, using tools such as Standard Work, 5S and Poka-Yoke. Significant changes were also made to the manufacturing layout in order to reduce movement and other waste.

The implementation of the actions resulted in the availability of technical drawings with the objective of reducing product variability, implementation of the 5S methodology and application of the Poka-Yoke tool in order to reduce manufacturing defects. Work accessories were also purchased that allowed the reduction of labor costs and a new equipment that provided an increase in production capacity and increased availability of the machine that represents the bottleneck of this plant.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

5S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke</i>
CNC	Controlo Numérico Computorizado
HPL	<i>High Pressure Laminate</i>
JIC	<i>Just-In-Case</i>
JIT	<i>Just-In-Time</i>
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
PDCA	Plan-Do-Check-Act
PME	Pequena e Média Empresa
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
WIP	<i>Work in Progress</i>

Lista de Unidades

bar	Bar
cm	Centímetro
°C	Grau Celsius
min	Minuto
mm	Milímetro
s	Segundo
V	Volt

Lista de Símbolos

€	Euro
%	Percentagem

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Bottleneck</i>	Em contexto fabril, <i>bottleneck</i> ou ponto de estrangulamento representa o processo que limita o desempenho ou a capacidade de todo um sistema.
<i>Layout</i>	Em contexto fabril, o <i>layout</i> representa a forma como está organizada a empresa. Pode ser apresentado como uma planta das instalações, onde são representados os equipamentos, localização de produtos e matérias-primas, entre outros.
<i>Lead Time</i>	<i>Lead time</i> ou tempo de aprovisionamento é o período entre o início de uma atividade, produtiva ou não, e o seu término.
<i>Kaizen</i>	<i>Kaizen</i> resulta da união de duas palavras japonesas: <i>Kai</i> , que significa mudança, e <i>Zen</i> , que significa para melhor, originando melhoria contínua.
<i>Kanban</i>	É um sistema de controlo do fluxo de materiais e de informação no chão de fábrica (<i>gemba</i>). É um sistema visual que informa os operadores sobre o que, quanto e quando produzir.
<i>Poka-Yoke</i>	<i>Poka-Yoke</i> , ou sistema anti erro, é uma das ferramentas que previne ou deteta a ocorrência dos erros mais comuns que dão origem a defeitos.
<i>Setup</i>	É a mudança de ferramentas, produtos ou ajustes feitos no decorrer do processo de produção, quando se muda de um produto para outro.
<i>Stock</i>	<i>Stock</i> consiste na quantidade de bens ou produtos de que uma organização dispõe num determinado momento para o cumprimento de certos objetivos.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - CASA DO TPS (LIKER, 2004)	8
FIGURA 2 - TERMO <i>KAIZEN</i> (FONTE: PT.KAIZEN.COM)	9
FIGURA 3 - GUARDA-CHUVA <i>KAIZEN</i> (IMAI, 1986)	9
FIGURA 4 - PRINCÍPIOS DO <i>LEAN THINKING</i>	11
FIGURA 5 - DEFINIÇÃO 5S	13
FIGURA 6 - OS TRÊS ELEMENTOS CHAVE DO <i>STANDARD WORK</i>	14
FIGURA 7 - EXEMPLO DE UM DIAGRAMA DE ESPARGUETE;	15
FIGURA 8 - ESQUEMA SMED (SHINGO, 2000)	16
FIGURA 9 - <i>POKA-YOKE</i> SEGUNDO O MÉTODO DE CONTROLO	17
FIGURA 10 - <i>POKA-YOKE</i> SEGUNDO O MÉTODO DE ALERTA	17
FIGURA 11 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA (ADAPTADO: WERKEMA (1995)	18
FIGURA 12 - CENTRO LOGÍSTICO	21
FIGURA 13 - FÁBRICA 1	22
FIGURA 14 - PRODUTOS ACÚSTICOS;	22
FIGURA 15 - ENTALHE DOS PRODUTOS	24
FIGURA 16 - CALHA J	24
FIGURA 17 - MATÉRIAS-PRIMAS	24
FIGURA 18 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO	25
FIGURA 19 - PISO 0 (SITUAÇÃO INICIAL)	25
FIGURA 20 - PISO 1 (SITUAÇÃO INICIAL)	26
FIGURA 21 - ARMAZENAMENTO MDF 3 MILÍMETROS	26
FIGURA 22 - ARMAZENAMENTO MDF 12 MILÍMETROS	26
FIGURA 23 - ALTENDORF F45	27
FIGURA 24 - ILUSTRAÇÃO DA 1ª OPERAÇÃO DE CORTE	27
FIGURA 25 - MÁQUINA DE DAR COLA	28
FIGURA 26 - PRENSA FRAMA MOD P3100	28
FIGURA 27 - ETAPAS DA OPERAÇÃO DE FOLHEAMENTO (SITUAÇÃO INICIAL)	28
FIGURA 28 - MDF 3 MILÍMETROS COM TERMOLAMINADO	29
FIGURA 29 - MDF 12 MILÍMETROS COM TERMOLAMINADO	29
FIGURA 30 - ILUSTRAÇÃO DA 2ª OPERAÇÃO DE CORTE	29
FIGURA 31 - AUTHOR M400	31
FIGURA 32 - EXEMPLO GABARI DE MONTAGEM	33
FIGURA 33 - MONTAGEM INICIAL DOS PRODUTOS	33
FIGURA 34 - LIMPEZA DOS PRODUTOS	34
FIGURA 35 - TESTE DE QUALIDADE NO SISTEMA DE FIXAÇÃO	34
FIGURA 36 - APLICAÇÃO DE COLA BRANCA	34
FIGURA 37 - PRENSA ORMA PFS 60	35

FIGURA 38 - INSTALAÇÃO PAINEL FRONTAL	35
FIGURA 39 - PRENSAGEM A FRIO	35
FIGURA 40 - EXEMPLO DE DESORGANIZAÇÃO DO POSTO DE TRABALHO E ÁREA FABRIL	36
FIGURA 41 - MOVIMENTAÇÕES ENTRE PISOS	37
FIGURA 42 - OPERAÇÃO DE CORTE	37
FIGURA 43 - ERRO DE POSICIONAMENTO DO PAINEL FRONTAL	38
FIGURA 44 - ALINHAMENTO DOS PRODUTOS	38
FIGURA 45 - DESENHOS TÉCNICOS	41
FIGURA 46 - EXEMPLO DE MARCAÇÃO EM ÁREA FABRIL	42
FIGURA 47 - EXEMPLO DE ORGANIZAÇÃO DA ÁREA DE TRABALHO	42
FIGURA 48 - EXEMPLO DE ORGANIZAÇÃO DA BANCADA DE TRABALHO	43
FIGURA 49 - SCM SIGMA IMPACT-C	43
FIGURA 50 - PISO 0 (SITUAÇÃO FINAL)	44
FIGURA 51 - MOLDE PARA MAQUINAÇÃO	45
FIGURA 52 - GRUPAGEM DE COMPONENTES PARA MAQUINAÇÃO	45
FIGURA 53 - ALICATE DE PRESSÃO;	48
FIGURA 54 - PREPARAÇÃO DOS TERMOLAMINADOS NA MESA DE MONTAGEM	48
FIGURA 55 - INTRODUÇÃO DA PLACA DE MDF NA MÁQUINA DE DAR COLA	48
FIGURA 56 - “SANDUICHE” DAS DUAS PLACAS DE TERMOLAMINADO COM A PLACA DE MDF	49
FIGURA 57 - CARGA E DESCARGA DA OPERAÇÃO DE FOLHEAMENTO	49
FIGURA 58 - TUPIA T5V	50
FIGURA 59 - REBAIXO DO PAINEL FRONTAL	50

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - QUANTIDADE DE CADA COMPONENTE DOS PRODUTOS.....	23
TABELA 2 - DIMENSÃO DA MATÉRIA-PRIMA.....	27
TABELA 3 - TEMPOS DA 1ª OPERAÇÃO DE CORTE (SITUAÇÃO INICIAL)	28
TABELA 4 - TEMPOS DA 2ª OPERAÇÃO DE CORTE (SITUAÇÃO INICIAL)	30
TABELA 5 - ESPECIFICAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA DE CADA COMPONENTE.....	30
TABELA 6 - QUANTIDADE E TEMPO DE MAQUINAÇÃO DOS COMPONENTES (SITUAÇÃO INICIAL).....	32
TABELA 7 - TEMPOS DE MONTAGEM DOS PRODUTOS	33
TABELA 8 - TEMPOS DA 1ª OPERAÇÃO DE CORTE (SITUAÇÃO FINAL)	44
TABELA 9 - TEMPOS DA 2ª OPERAÇÃO DE CORTE (SITUAÇÃO FINAL)	44
TABELA 10 - QUANTIDADE E TEMPO DE MAQUINAÇÃO DOS COMPONENTES (SITUAÇÃO FINAL)	46
TABELA 11 - QUANTIDADE E TEMPO DE CORTE DOS COMPONENTES NA SECCIONADORA.....	46

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivo.....	2
1.3	Metodologia.....	2
1.4	Estrutura da dissertação	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1	<i>Toyota Production System (TPS)</i>	7
2.1.1	Casa do TPS.....	8
2.1.2	<i>Kaizen</i>	9
2.1.3	<i>Just-in-time</i>	10
2.2	<i>Lean Manufacturing</i>	11
2.2.1	Os cinco princípios do <i>Lean Manufacturing</i>	11
2.2.2	Tipos de desperdícios	12
2.3	Ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i>	13
2.3.1	5S	13
2.3.2	<i>Standard Work</i>	14
2.3.3	Gestão Visual	15
2.3.4	Diagrama de Esparguete.....	15
2.3.5	<i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i>	16
2.3.6	<i>Poka-Yoke</i>	17
2.3.7	Diagrama de Ishikawa.....	18
3	ANÁLISE DA SITUAÇÃO INICIAL.....	21
3.1	Apresentação da Empresa	21
3.2	Produtos.....	22
3.3	Matérias-Primas.....	24
3.4	Fluxograma e <i>Layout</i> Fabril.....	25
3.5	Processos	26
3.5.1	Processo Produtivo	26
3.5.2	Processos complementares.....	34

3.6	Síntese dos Problemas	36
4	IMPLEMENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA.....	41
4.1	Normalização da Informação nos Postos de Trabalho	41
4.2	Organização dos Postos de Trabalho	42
4.3	Seccionadora.....	43
4.4	Folheamento	48
4.5	Tupia.....	49
5	CONCLUSÃO E PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	53
5.1	Conclusão	53
5.2	Propostas de Trabalhos Futuros	54
	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	57
	ANEXOS	61
	Anexo A - Diagrama de Esparguete (Situação Inicial)	61
	Anexo B - Diagrama de Esparguete (Situação Final)	63
	Anexo C - Folha de Auditoria 5S.....	65

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

1.2 OBJETIVO

1.3 METODOLOGIA

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A presente dissertação foi realizada no âmbito da unidade curricular de Projeto/Dissertação/Estágio do Mestrado de Engenharia Mecânica, especialização em Gestão Industrial, na empresa *Visound Acústica, S.A.*

Neste capítulo serão apresentados o enquadramento e o objetivo deste trabalho, a metodologia de investigação que foi seguida e a estrutura do relatório.

1.1 Enquadramento

Com o aumento da competitividade do mercado global, cada vez mais os clientes procuram soluções em que o *lead time* entre a emissão da encomenda até à sua receção seja o mais reduzida possível. Deste modo, é necessário que as organizações se tornem pró-ativas de forma a produzir sem defeitos, garantindo sempre a qualidade exigida aos seus produtos com o intuito de satisfazer as necessidades dos seus clientes. A filosofia *Lean* é uma abordagem ao sistema produtivo das empresas que permite alcançar esses objetivos.

O presente projeto foi realizado na empresa *Visound Acústica* e versa o aumento da produtividade de um setor de Marcenaria, integrado na produção de produtos acústicos.

O setor de Marcenaria é considerado o ponto crítico da empresa, visto ser o setor que abastece os setores posteriores, apresentando um planeamento que difere dos outros, visto que a produção tem de ser iniciada com dois dias de antecedência para que seja possível alimentar os restantes setores. Esta produção antecipada faz com que se registem diversos problemas no espaço fabril, desde a falta de espaço para armazenar produtos semiacabados, a elevados *stocks* de matéria-prima e elevado *Work-In-Progress* (WIP).

1.2 Objetivo

O objetivo proposto para o presente projeto consistiu no aumento da produtividade de um setor de Marcenaria, através do estudo e da análise do processo de fabrico para identificar quais as causas que interferem com a eficiência do processo produtivo e da aplicação de ferramentas associadas à filosofia do *Lean Manufacturing* numa ótica de melhoria contínua.

Para alcançar esse objetivo usaram-se ferramentas como, por exemplo, o diagrama de esparguete e foi necessário implementar, além do *Standard Work*, outras ferramentas, tais como 5S, Gestão Visual e *Poka-Yoke*. Estas ferramentas permitiram a redução de desperdícios tais como operações desnecessárias, variabilidade dos processos, movimentações, manuseamento de matéria-prima, entre outros.

1.3 Metodologia

Na realização do presente projeto foi utilizada a metodologia do ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) como base para o diagnóstico, análise e prognóstico de problemas.

O Ciclo PDCA está dividido em quatro fases bem definidas e distintas em que, de acordo com Andrade (2003), pode ser descrito da seguinte forma:

- **Plan (Planear):** Nesta fase definiu-se qual o objetivo a atingir, tendo sido iniciada a recolha de dados referentes ao estado inicial do processo, para posterior análise. Nesta fase de diagnóstico foram analisados os processos de produção e os fluxos produtivos, de forma a ser possível identificar os pontos críticos dos processos. Posteriormente foram desenvolvidas soluções imediatas ou propostas de melhoria de acordo com os problemas identificados;
- **Do (Fazer):** Na segunda fase foram implementadas as ações propostas no plano de ações e fez-se a recolha de dados para os analisar;
- **Check (Verificar):** Na terceira fase realizou-se a análise e a validação das tarefas realizadas, tendo-se verificado se estavam ou não de acordo com o que foi definido no plano de ações;
- **Act (Agir):** Nesta última fase uniformizaram-se as ações implementadas que conduziram a bons resultados nas fases anteriores e que contribuíram para atingir o objetivo inicial definido. As ações que não tiveram sucesso foram reavaliadas num novo ciclo para obtenção de resultados de melhoria contínua.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos.

Neste primeiro capítulo foi efetuada uma breve descrição do projeto e dos objetivos definidos, assim como a metodologia de investigação utilizada.

No Capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica que serviu de base para realizar e perceber os conteúdos deste projeto, sendo apresentada uma breve história da filosofia *Lean* e dos princípios que lhe estão associados, assim como das ferramentas *Lean* que foram utilizadas no projeto.

No Capítulo 3 é apresentada a empresa onde o projeto decorreu, bem como as matérias-primas usadas e os produtos em estudo. Neste Capítulo são também abordados os processos de fabrico, sendo feita uma breve descrição do estado inicial dos processos e dos problemas encontrados.

No Capítulo 4 é apresentada a situação final do processo, que integra as diversas propostas de melhoria que foram efetivamente implementadas.

Por fim, no Capítulo 5 são apresentadas as conclusões da dissertação.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *TOYOTA PRODUCTION SYSTEM (TPS)*

2.2 *LEAN MANUFACTURING*

2.3 *FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING*

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como objetivo identificar e considerar os conceitos associados à filosofia do *Lean Manufacturing*, pois serve de base teórica para a elaboração deste relatório. Assim, será feita uma breve introdução da origem do pensamento *Lean*, dos seus princípios, e quais as metodologias nas quais esta filosofia se apoia.

2.1 *Toyota Production System (TPS)*

O Sistema de Produção Enxuta ou *Toyota Production System (TPS)*, segundo Liker (2005), surgiu na fábrica da *Toyota* e revolucionou as diversas indústrias com a sua cultura, criando técnicas de produção e de procura pela melhoria contínua nos processos, com o principal foco na qualidade.

Segundo Womach (1992), Eiji Toyoda, presidente da *Toyota*, e Taiichi Ohno, diretor da produção, viajaram na década de 50, no período pós Segunda Guerra Mundial, até aos Estados Unidos para analisar o modelo de produção da *Ford*, com o objetivo de apurar a possibilidade de implementar o sistema de produção em massa na fábrica da *Toyota*, no Japão. Esta visita tinha como finalidade recolher informações e conhecimento para melhorar o sistema de produção, bem como dos seus produtos, uma vez que a *Toyota* apresentava baixa qualidade e não conseguia estar ao nível das empresas europeias e norte-americanas, pois estas tinham a vantagem de possuir recursos fora do alcance da *Toyota*.

Após três meses a analisar os processos industriais, Eiji e Ohno perceberam que o sistema implementado pela *Ford* não era viável para o tipo de produção que a *Toyota* pretendia. O tipo de indústria adotada por Henry Ford, não permitia uma ampla e diversificada gama de produtos numa linha de montagem, como demonstrado na sua frase relativamente ao Ford T em que “o Carro estava disponível em qualquer cor, desde que fosse preto”. Nesta época, a indústria automóvel tinha por base uma linha de montagem contínua que permitia o fabrico em massa, conseguindo deste modo uma elevada produção de veículos com baixos custos. Em contrapartida, este método de produção não apresentava diversidade perante o cliente devido à falta de flexibilidade dos processos de fabrico, que não permitiam rápidas modificações na linha de montagem. Tais alterações eram demoradas e dispendiosas, causando graves dificuldades à empresa para se adaptar.

De volta ao Japão, Eiji e Ohno iniciaram a criação de um novo sistema de produção que veio a ser conhecido como *Toyota Production System (TPS)*, baseado num conjunto de técnicas em que o foco incidia essencialmente na produção *Just-in-time* e na eliminação

de desperdícios na cadeia de valor. De acordo com Ohno (1988), o TPS tem como base a total eliminação de desperdícios, tendo a redução de custos como objetivo.

Esta forma de trabalhar permitiu à empresa *Toyota* ascender a uma posição superior na liderança do mercado automóvel em relação às empresas americanas.

2.1.1 Casa do TPS

Uma vez que a filosofia do TPS abrange um grande conjunto de pessoas, desde a administração a trabalhadores e até mesmo os fornecedores, Fujio Cho, discípulo de Taiichi Ohno, sentiu a necessidade de representar esses ideais com o objetivo de facilitar a aprendizagem do TPS. Desta forma, Fujio criou a “Casa do TPS” que pode ser visualizada na Figura 1. O objetivo desta representação ter a forma de uma casa é porque uma casa é um símbolo de um sistema estrutural, ou seja, para a filosofia do TPS ser estável é necessário respeitar os seus alicerces, pilares e o telhado.

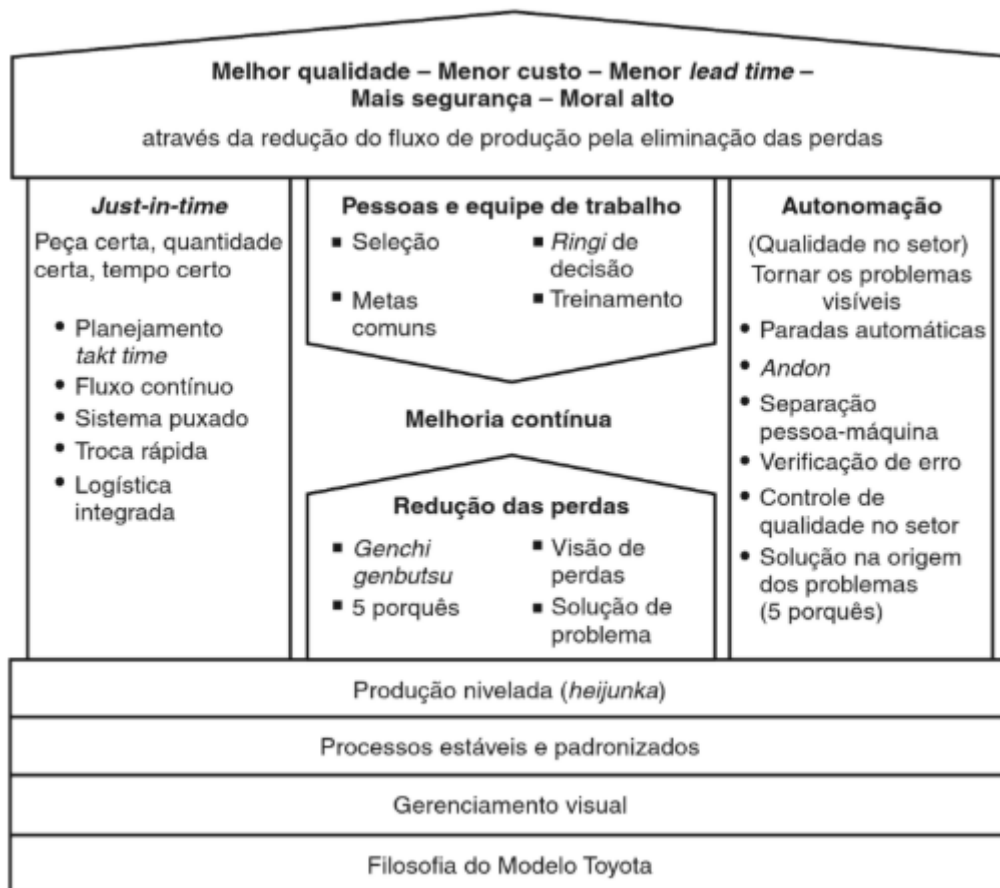


Figura 1 - Casa do TPS (Liker, 2004)

Os alicerces da casa são constituídos pela produção nivelada, processos estáveis e padronizados, gestão visual e o conhecimento da filosofia. No centro da casa encontram-se as pessoas e as equipas de trabalho, bem como a redução de perdas. O telhado assenta em dois pilares fundamentais da filosofia TPS, o *Just-in-time* (JIT) e a autonomiação. Por fim no telhado estão representados os principais objetivos do TPS.

2.1.2 Kaizen

Kaizen é um termo japonês que significa melhoria contínua, conforme ilustra a Figura 2. O *kaizen* apresenta um lema muito próprio, que ressalva ainda mais a ideia de que a melhoria contínua é diária: “Hoje melhor do que ontem, amanhã melhor do que hoje” (Instituto *Kaizen*, 2012).



Figura 2 - Termo *Kaizen* (Fonte: pt.kaizen.com)

Esta metodologia assenta na eliminação de desperdícios com base no bom senso e no uso de soluções baratas apoiadas na motivação e na criatividade dos colaboradores, com o intuito de aumentar a produtividade, sendo que o foco está na busca pela perfeição. Para que esta ferramenta funcione é necessário o contributo de todos os colaboradores da organização. *Kaizen* não é uma técnica *Lean* que funciona separada das outras técnicas, mas em consonância com todas as técnicas construindo uma ligação entre elas.

Segundo Imai (1986), uma forma de o interpretar (Figura 3) “é um guarda-chuva que abrange todas as técnicas de melhoria, unindo-as de maneira harmoniosa, para tirar o máximo proveito do que cada uma oferece”.



Figura 3 - Guarda-chuva *Kaizen* (Imai, 1986)

Ainda segundo Imai (1990), esta metodologia assenta em dez princípios:

- O desperdício deve ser eliminado;
- Melhorias graduais devem ser feitas continuamente;
- Todos os colaboradores devem estar envolvidos, sejam gestores de topo, intermédios ou pessoal de base. O *Kaizen* não é elitista;
- É baseado numa estratégia com baixos custos, acreditando que um aumento de produtividade pode ser obtido sem investimentos significativos;

- Aplica-se em qualquer lugar e não somente dentro da cultura japonesa;
- Apoia-se numa gestão visual, numa total transparência de procedimentos, processos e valores tornando os problemas e os desperdícios visíveis aos olhos de todos;
- Focaliza a atenção no local onde se cria realmente valor, chão de fábrica;
- Orienta-se para os processos;
- Dá prioridade às pessoas, acredita que o esforço principal de melhoria deve vir de uma nova mentalidade e estilo de trabalho das pessoas;
- O lema essencial da aprendizagem organizacional é: aprender fazendo.

2.1.3 *Just-in-time*

O *Just-in-time* (JIT), criado por Taiichi Ohno (1988), é um dos principais pilares do TPS, e tem como principal objetivo alcançar uma vantagem competitiva através da otimização do processo produtivo, isto é, a eliminação de desperdícios. Esta filosofia consiste em atender, eficientemente, às diversas exigências do mercado através da flexibilização das estruturas produtivas, de forma a que o sistema de produção de uma empresa consiga produzir a quantidade exata na hora exata. Para que este modelo tenha sucesso é fundamental que se evitem desperdícios, ou seja, tudo o que não acrescenta valor ao produto (Antunes Jr., 1989).

De forma a alcançar um processo produtivo eficaz é essencial cumprir os seguintes requisitos:

- *Layout* eficaz;
- Flexibilidade de mudança de produção;
- Fornecedores estáveis;
- Bom funcionamento dos equipamentos industriais;
- Qualidade dos produtos.

Com a aplicação deste conceito, as empresas alcançam melhor desempenho produtivo, conseguindo reduzir *stocks* e tendo processos mais flexíveis, reduzindo desta forma o *lead time* e desperdícios.

Por vezes surge a necessidade de aplicar *stocks* de segurança, devido a processos externos à empresa que são difíceis de controlar. Para isso, além do sistema *Just-in-time*, muitas empresas utilizam também o conceito *Just-in-case*. *Just-in-case* (JIC) trata-se de uma filosofia orientada para grandes produções de produtos, principalmente para produções repetitivas e com pouca diferenciação gerando desta forma elevados *stocks* (Antunes Jr., 1989).

2.2 Lean Manufacturing

O conceito *Lean* está associado ao *Toyota Production System* (TPS) (Monden, 1998).

Lean Manufacturing é um sistema de produção eficiente que garante qualidade nos seus produtos e uma maior flexibilidade nos seus processos industriais. Para Ohno (1997) “a necessidade é a mãe da invenção”. Assim Ohno justifica a necessidade do desenvolvimento de um novo sistema de produção (TPS) que criou e implementou nas fábricas da *Toyota*. Ohno evidencia que a chave para o progresso das melhorias está em permitir que o pessoal da fábrica sinta essa necessidade.

2.2.1 Os cinco princípios do *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing* integra técnicas que procuram minimizar as perdas internas e por consequência os custos internos, permitindo às empresas colocarem produtos no mercado com preços mais competitivos e com boa qualidade.

Assim o *Lean Production* evoluiu para uma filosofia de pensamento, o *Lean Thinking* (Womack and Jones, 1996), que tem como base cinco princípios, como podem ser visualizados na Figura 4, que vão permitir reduzir/eliminar os sete desperdícios fundamentais, são eles:



Figura 4 - Princípios do *Lean Thinking*

- **Valor:** É o conjunto de características que o cliente considera importante num produto ou serviço. Todas as atividades desnecessárias, que não geram valor na perspectiva do cliente, devem ser eliminadas;
- **Cadeia de Valor:** Consiste na análise, organização e priorização de todas as atividades que geram valor, desde o fornecedor ao cliente. Todas as atividades desnecessárias, que não acrescentam valor são consideradas desperdício e devem ser retiradas do processo;
- **Fluxo contínuo:** Consiste na simplificação e otimização de todos os processos, garantindo um fluxo contínuo e um equilíbrio entre todas as etapas de produção. Isto resulta numa produção rápida, sem esperas e sem acumulação de *stocks*;
- **Produção Pull:** É a iniciação da produção apenas quando o cliente solicitar. Atendendo às quantidades e especificações do cliente, evitando o excesso de produção, o uso de mão de obra desnecessária e acumulação de *stock*;
- **Perfeição:** A perfeição deve ser o principal objetivo de todos aqueles que estão envolvidos nos processos. Assim, após estar especificado o valor do produto a partir do cliente, a cadeia de valor bem definida, o fluxo de valor a fluir e com que os clientes puxem o valor da empresa a busca pela melhoria contínua das partes interessadas deve ser o foco de forma a minimizar os desperdícios.

2.2.2 Tipos de desperdícios

Um dos focos da metodologia *Lean* é eliminar os desperdícios que podem ocorrer diariamente numa empresa. Wilson (2009) define *Lean* e o TPS como um conjunto de técnicas que, quando combinadas e amadurecidas, permitirão reduzir e eliminar os desperdícios.

Um grande problema dos desperdícios é que existem desperdícios visíveis, que são fáceis de detetar, e desperdícios não visíveis, que são camuflados durante os processos produtivos.

Ohno (1988) identificou sete desperdícios, classificando-os da seguinte forma:

- **Defeitos:** A má qualidade de um produto, resulta não só na insatisfação do cliente e na má imagem da empresa, como também em matéria-prima desperdiçada e tempos de fabrico desnecessários que envolvem custos para a empresa. Os defeitos num produto podem ocorrer por diversas razões, como por exemplo processos de fabrico inadequados, mão-de-obra não qualificada, falta de objetividade nas especificações do produto e falta de qualidade das matérias-primas;
- **Sobreprodução:** Ocorre quando a empresa produz mais que o necessário. O aumento da capacidade do equipamento ou o desequilíbrio de uma linha de produção são alguns dos fatores que poderão estar envolvidos a que este tipo de desperdício ocorra, que por sua vez poderá gerar elevadas quantidades de *stock* intermédio;
- **Inventário:** Qualquer inventário no processo produtivo é considerado desperdício quer seja de matérias-primas ou de produtos em processamento ou já terminados;
- **Tempos de espera:** Tempos de espera por paragens de equipamentos devido a avarias, atrasos de material das etapas anteriores e tempos de *setup* longos são alguns exemplos de tempos de espera que se consideram desperdícios;
- **Transportes:** Roteiros de produção mal estruturados em que seja necessário recorrer a transporte de matérias-primas ou a produtos, semiacabados ou já terminados, dão origem a desperdícios de tempo e recursos da empresa;
- **Movimentação:** Movimentos desnecessários dos operados também são considerados como desperdícios. Estes movimentos resultam de *layouts* mal estruturados que têm como consequência interrupções no fluxo de produção impedindo o operador de acrescentar valor ao produto;
- **Sobreprocessamento:** Este desperdício está diretamente relacionado com processos que não agregam valor ao produto. É importante fazer uma análise, identificando os processos dos quais o cliente não os exige e eliminá-los.

Adicionalmente, segundo Liker (2004), deve ser considerado um oitavo desperdício: o não aproveitamento da criatividade dos operados. Este desperdício caracteriza as empresas que por vezes não sabem usufruir dos seus recursos humanos, desperdiçando ideias criativas e melhorias para aplicar nos seus processos produtivos.

2.3 Ferramentas do *Lean Manufacturing*

Neste subcapítulo é efetuada uma breve descrição de técnicas que fazem parte da filosofia *Lean Manufacturing* relevantes para o presente projeto.

2.3.1 5S

A metodologia 5S é uma ferramenta frequentemente utilizada na indústria uma vez que permite melhorar a organização e os métodos de trabalho. Segundo Silva (1996) “o 5S deve ser implementado com o objetivo específico de melhorar as condições de trabalho e criar o ambiente de qualidade”. Assim, o sucesso da sua implementação depende da disciplina e da sensibilização das partes interessadas no que toca ao cumprimento dos procedimentos e na busca autónoma pela melhoria contínua.

A designação 5S corresponde às iniciais de cinco palavras japonesas *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke* (Figura 5).

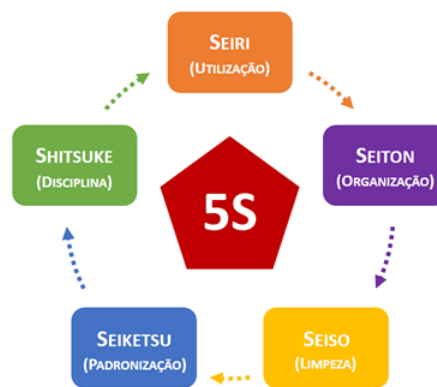


Figura 5 - Definição 5S

Cada palavra, representa uma de cinco etapas da metodologia:

- **Seiri (Senso de utilização):** Consiste em analisar materiais, ferramentas, informações e equipamentos que fazem parte do espaço de trabalho classificando-os como necessários ou desnecessários. O local de trabalho deve conter somente o necessário e tudo o que for considerado desnecessário deverá ser eliminado. Com isto pretende-se um melhor aproveitamento do espaço de trabalho, melhor circulação de materiais, diminuir *stocks* e redução dos tempos de procura;
- **Seiton (Senso de organização):** Tem como objetivo arrumar e organizar materiais, ferramentas e recursos permitindo ao operador um acesso rápido e simples. As vantagens que se espera com este senso implementado é uma maior facilidade em encontrar o que se necessita, um melhor controlo do trabalho em curso e produto acabado, facilitar ações de abastecimento de linhas de produção e reduzir desperdícios associados a movimentações;
- **Seiso (Senso de limpeza):** Depois de tudo organizado e com todos os recursos necessários para a execução das atividades, torna-se mais fácil a limpeza e a manutenção do local. Para isto é necessário ter consciência de que o mais

importante não é o ato de limpar mais sim o ato de manter limpo. Com este senso espera-se uma maior durabilidade dos equipamentos e objetos, uma redução de acidentes de trabalho e um posto com ambiente mais higiênico, mais agradável e mais saudável;

- **Seiketsu (Senso de normalização):** Nesta fase, é essencial que os 3S anteriores tenham sido implementados. O senso de normalização procura normalizar métodos de trabalho através da elaboração de procedimentos e regulamentação do trabalho;
- **Shisuke (Senso de autodisciplina):** Este senso é definido pela manutenção dos quatro sentidos anteriores, através do cumprimento e comprometimento desses sentidos. Para o sucesso deste senso é fundamental que cada indivíduo tenha uma autodisciplina constante, educação, paciência e responsabilidade. Mantendo este senso é possível verificar uma melhoria contínua tanto da empresa como a nível pessoal, uma melhoria na qualidade de vida, cultivação de bons hábitos, sentido de responsabilidade em todas as tarefas e obter um serviço de qualidade.

2.3.2 Standard Work

O *Standard Work* tem como objetivo diminuir a variabilidade de tempos em que um determinado trabalho é executado, independentemente do operador que esteja a desempenhar a função, seguindo procedimentos. Esta ferramenta visa manter o desempenho dentro do nível pré-estabelecido e também assegurar que tudo é feito exatamente de acordo com o que se pretende fazer (Liker, 2005). Na Figura 6 encontram-se os três elementos chave que constituem o *Standard Work* (Monden, 1998).



Figura 6 - Os três elementos chave do *Standard Work*

Para a implementação do *Standard Work* é necessário identificar e definir quais as melhores sequências de trabalho a executar. De seguida deve-se criar instruções de trabalho de todas as atividades que proporcionam uma melhor forma de trabalhar. Por fim deve-se partilhar estes documentos e formar os operadores de acordo com o padrão estabelecido.

2.3.3 Gestão Visual

A Gestão Visual, ou controlo visual, é uma ferramenta que consiste em fornecer toda a informação relevante dos processos produtivos. Esta ferramenta pode ser considerada um sistema de planeamento, de controlo e de melhoria contínua do sistema produtivo, pois permite tornar o posto de trabalho mais transparente. Os sinais podem estar presentes das mais variadas formas, como por exemplo: marcas no pavimento, sinalização, cartões *kanban*, fichas de informação ou sinalética de segurança, entre outros (Pinto, 2009).

Assim, com uma rápida visualização do posto de trabalho, as partes interessadas conseguem absorver informações no chão de fábrica, possibilitando saber o estado atual da situação (Womack, 1998).

Esta ferramenta também permite identificar mais rapidamente os desperdícios visto que é feita uma análise contínua e mais próxima dos processos.

2.3.4 Diagrama de Esparguete

O Diagrama de Esparguete é uma das ferramentas do *Lean Manufacturing* que consiste em representar o fluxo de um sistema produtivo.

Para Ray (1992), o Diagrama de Esparguete é uma ferramenta de representação das trajetórias realizadas num processo, compiladas num único diagrama, como pode ser observado no exemplo da Figura 7. Esta ferramenta consiste em, perante o desenho do *layout* atual do sistema produtivo, revelar as movimentações que acontecem entre os diferentes processos, com o objetivo de identificar onde ocorrem os maiores fluxos de movimentação. A movimentação, quer de materiais quer dos operadores, não agrega valor ao produto porque gera maiores tempos de fabrico, o que proporciona maiores custos de produção e *stocks* intermédios.

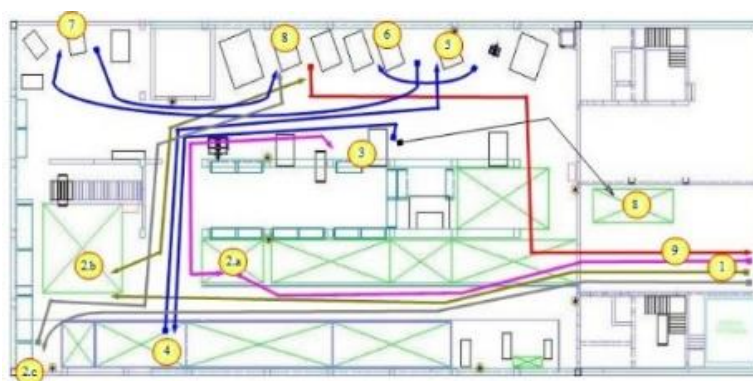


Figura 7 - Exemplo de um Diagrama de Esparguete;

Assim, através deste diagrama, é possível organizar o ambiente de uma forma a que o fluxo seja o mais linear possível com o mínimo de cruzamentos ou contra fluxos.

2.3.5 *Single Minute Exchange of Die (SMED)*

Single Minute Exchange of Die (SMED), que em português significa “troca rápida de ferramentas”, é um conjunto de técnicas que tem como propósito reduzir os tempos de *setup*. Esta ferramenta *Lean* permite uma maior flexibilidade por parte da empresa em se adaptar conforme as necessidades do mercado e também em reduzir custos, visto que é um método que visa reduzir desperdícios de movimentações.

Esta metodologia foi desenvolvida por Shigeo Shingo ao longo de 19 anos, em que reconhece que são necessárias três etapas para a implementação desta ferramenta (Shingo, 1985), como pode ser observado na Figura 8.

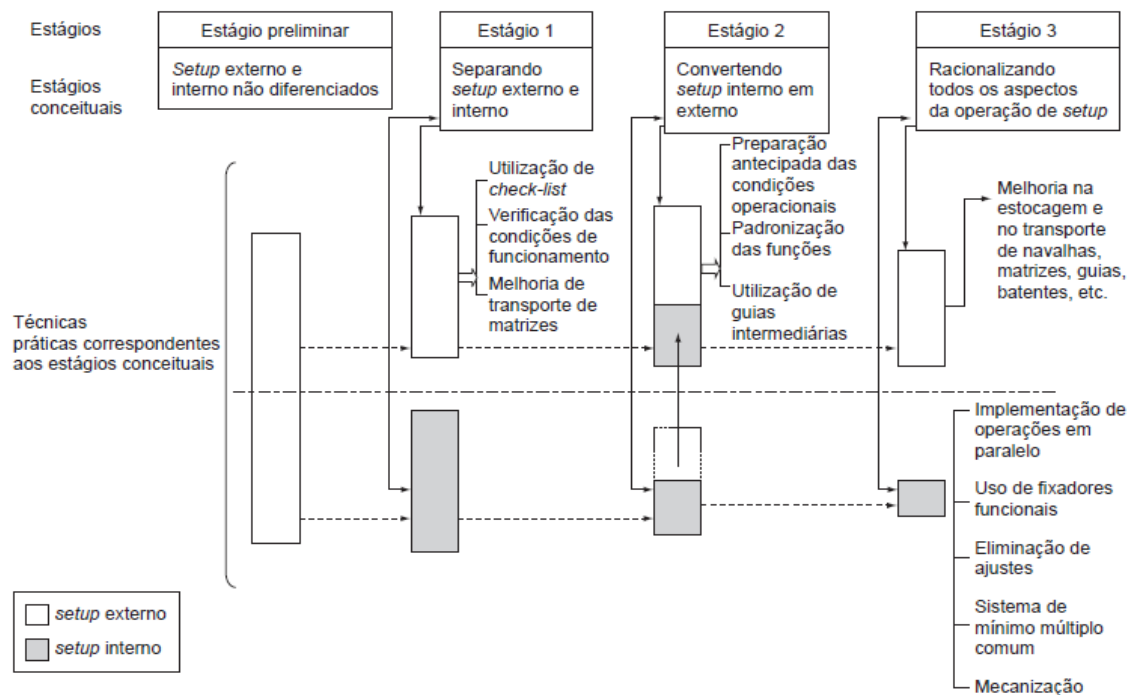


Figura 8 - Esquema SMED (Shingo, 2000)

Na primeira etapa, Shingo reconheceu que existiam duas categorias de operações de *setup*, o *setup* interno e o *setup* externo. Relativamente ao *setup* interno considera que são todas as atividades que apenas podem ser efetuadas com a máquina parada. Por sua vez, o *setup* externo engloba todas as atividades que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento.

A segunda etapa tem como objetivo identificar todas as atividades de *setup* interno que podem ser convertidas em atividades de *setup* externo, e desenvolver as medidas necessárias nesse sentido reduzindo o tempo de *setup*.

Por fim, a terceira etapa consiste na aplicação de ferramentas de melhoria contínua de modo a reduzir o tempo de *setup* interno.

2.3.6 Poka-Yoke

Poka-Yoke é uma palavra japonesa que significa à prova de erro, sendo uma das ferramentas mais importantes na aplicação da filosofia *Lean Manufacturing*.

Shingo (1989) desenvolveu o sistema *Poka-Yoke*, uma ferramenta capaz de prevenir os erros com o uso de dispositivos de controlo, diminuindo as possíveis consequências. Para Liker (2005), os defeitos são resultados de erros, sendo necessário tornar os operadores conscientes de que eles controlam a qualidade dos produtos e devem ser encorajados a parar os processos e a tomar as devidas providências quando assim for necessário.

Existem dois métodos de aplicação de dispositivos *Poka-Yoke*:

- **Método de controlo:** Consiste na interrupção do processo produtivo assim que acontece um erro (Figura 9), parando o processo produtivo;

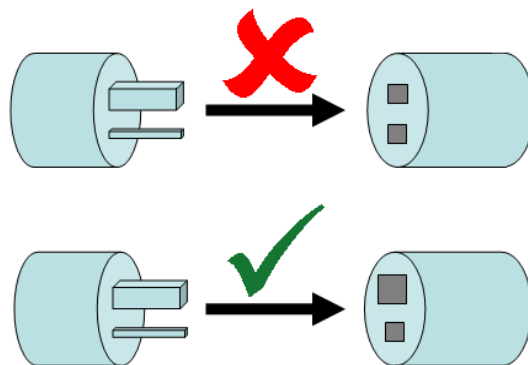


Figura 9 - Poka-Yoke segundo o método de controlo

- **Método de alerta:** Consiste na emissão de um alerta sonoro ou luminoso (Figura 10) assim que é detetado um defeito, no entanto, o processo não é parado sendo necessário a intervenção de alguém para parar o processo.

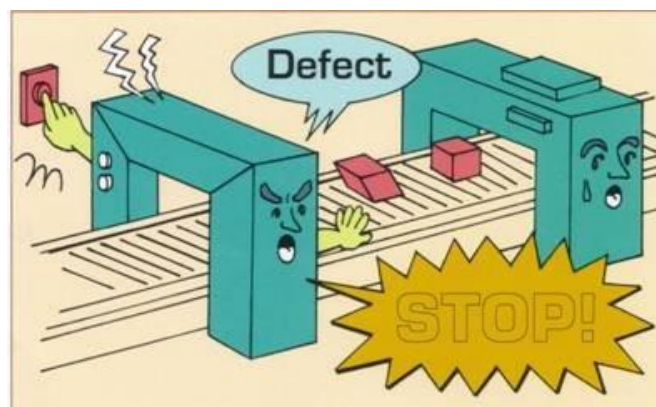


Figura 10 - Poka-Yoke segundo o método de alerta

2.3.7 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa, também designado por diagrama de causa-efeito ou de espinha de peixe, é uma das ferramentas mais utilizadas na resolução de problemas. Este diagrama consiste numa representação gráfica usada como metodologia de análise que tem como objetivo identificar as causas de um determinado problema.

A representação gráfica deste diagrama (Figura 11), é composta por seis ramificações, cada uma associada a uma categoria de possíveis causas, direcionadas para um eixo que nos leva ao problema. Nas ramificações colocam-se as possíveis causas associadas a cada uma destas categorias que, segundo Miguel (2001), são designadas por 6M:

- **Método:** Causas associadas ao método utilizado no processo;
- **Material:** Causas derivadas da matéria-prima utilizada nos processos;
- **Máquina:** Causas relacionadas com as avarias dos equipamentos e ferramentas utilizadas nos processos, calibrações e afinações incorretas;
- **Meio ambiente:** Fatores do meio envolvente que podem causar impacto no processo, como a temperatura e a humidade;
- **Medição:** Má caracterização e análise de dados retirados dos processos e/ou equipamentos não calibrados;
- **Mão de obra:** Todas as causas possíveis em que o operador tenha intervindo, ou tenha tido influência.

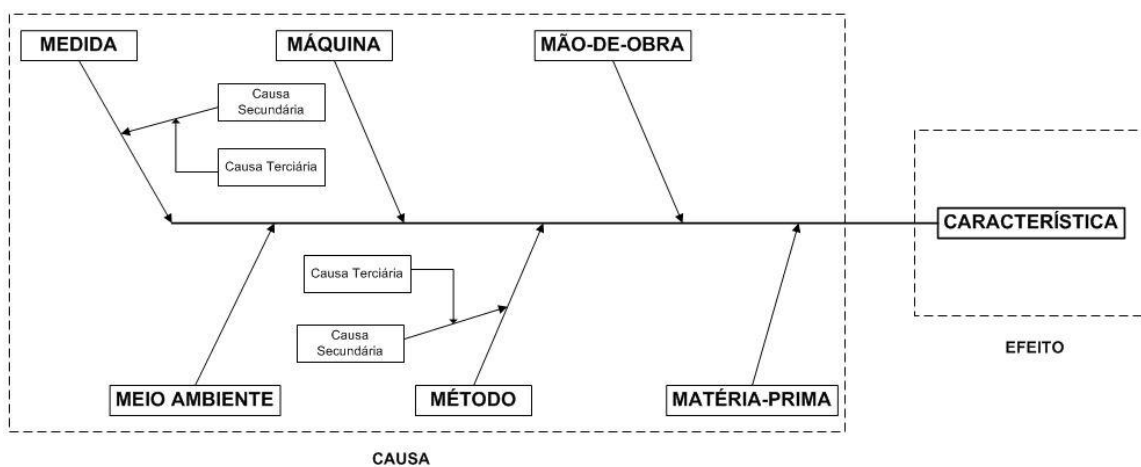


Figura 11 - Representação gráfica do diagrama de Ishikawa (Adaptado: Werkema (1995))

ANÁLISE DA SITUAÇÃO INICIAL

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

3.2 PRODUTOS

3.3 MATÉRIAS-PRIMAS

3.4 FLUXOGRAMA E *LAYOUT* FABRIL

3.5 PROCESSOS

3.6 SÍNTESE DOS PROBLEMAS

3 ANÁLISE DA SITUAÇÃO INICIAL

Neste capítulo será feita uma apresentação da empresa onde o presente projeto foi desenvolvido, dos seus produtos, bem como de todas as etapas dos processos de fabrico e dos problemas a eles associados.

3.1 Apresentação da Empresa

A *Visound Acústica S.A.*, também reconhecida como *Vicoustic*, é uma pequena e média empresa (PME) fundada em 2007 com sede em Paços de Ferreira. A principal missão da empresa consiste em melhorar a acústica de qualquer ambiente, combinando um desempenho de excelência com o melhor design possível. A visão da *Vicoustic* é fornecer os melhores produtos e serviços para tratamento acústico, garantindo sempre material de qualidade e designs inovadores.

Inicialmente a *Vicoustic* apenas possuía um centro logístico, Figura 12, e recorria a subcontratação para o fabrico dos seus produtos.



Figura 12 - Centro logístico

Em 2015 a *Vicoustic* iniciou a sua produção interna num espaço alugado (Fábrica 1) e nesse mesmo espaço integrava todos os setores da empresa (Marcenaria, Pintura e Estofagem). O crescimento da parte da produção conduziu à necessidade, após dois anos, de alugar um outro espaço (Fábrica 2), para o setor da Estofagem que estava na Fábrica 1, e mais dois novos setores criados e denominados por PET e *Phonebooth*.

O presente relatório está a ser desenvolvido na Fábrica 1, Figura 13, no setor de Marcenaria, visto ser este o setor mais crítico da empresa.



Figura 13 - Fábrica 1

3.2 Produtos

A *Vicoustic* é uma empresa que produz produtos dedicados ao tratamento acústico de todo o tipo de espaços. Estes produtos dividem-se em duas grandes famílias, absorsores e difusores.

Na Figura 14 estão presentes os produtos que irão ser alvo de estudo neste trabalho. Estes produtos, designados por série Ultra, consistem numa nova gama de produtos desenvolvidos pela empresa, que são constituídos por placas de termolaminado como forma de acabamento com vista a descontinuar uma outra gama, já existente, de produtos pintados.

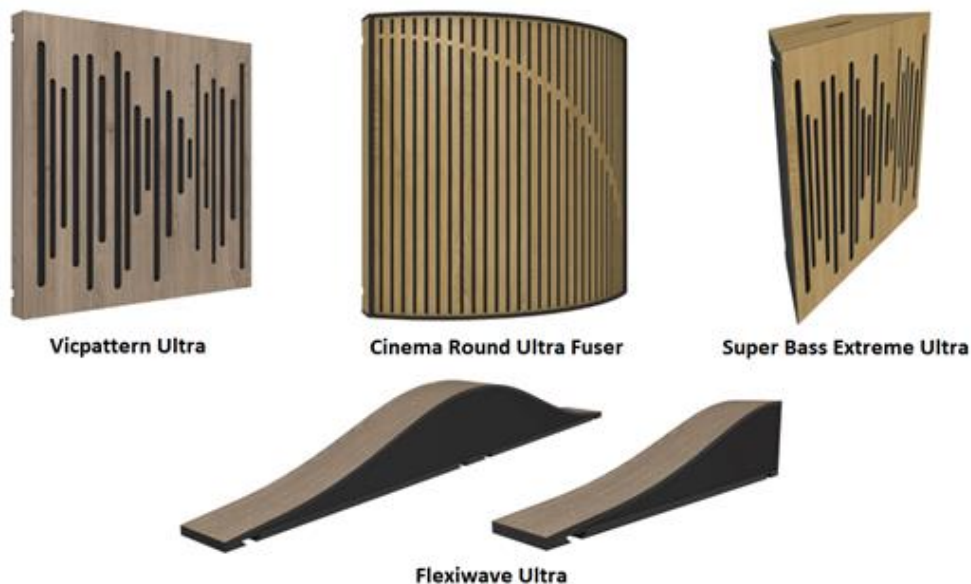


Figura 14 - Produtos acústicos;

Todos estes produtos têm a particularidade de serem produtos modulares, ou seja, podem ser instalados individualmente, mas quando combinados entre si funcionam como um conjunto integrado. Todos os produtos presentes na Figura 14 possuem as dimensões de 60x60 cm, à exceção do “Flexiwave Ultra” que pode ter as dimensões de 120x10 cm ou 60x10 cm.

Os produtos “Super Bass Extreme Ultra” e “Vicpattern Ultra”, Figura 14, são produtos absorvedores, sendo o primeiro para baixas frequências e o segundo para frequências médias e altas. Relativamente ao “Cinema Round Ultra Fuser” este produto é considerado um difusor. Por fim, o “Flexiwave Ultra” é um produto híbrido, funcionando como difusor e absorvedor.

O “Vicpattern Ultra” é o único produto que pode apresentar-se em 6 padrões diferentes.

Por razões de confidencialidade relativamente aos tempos de fabrico de cada operação dos produtos em estudo, os diferentes produtos são, doravante, referidos pelas letras A, B, C, D e E.

Na Tabela 1 estão indicados todos os componentes assim como as quantidades necessárias para a construção de cada tipo de produto.

Tabela 1 - Quantidade de cada componente dos produtos

Produto	Componente	Quantidade
Produto A	Componente 1	1
	Componente 2	4
Produto B	Componente 3	1
	Componente 4	1
	Componente 5	1
Produto C	Componente 6	1
	Componente 7	1
	Componente 8	1
	Componente 9	1
Produto D	Componente 10	1
	Componente 11	2
	Componente 12	2
	Componente 13	1
	Componente 14	1
Produto E	Componente 15	1
	Componente 16	2
	Componente 17	2

Todos os produtos da série Ultra possuem um “entalhe” na face traseira, que serve de apoio na instalação dos produtos no sistema de fixação, Figura 15. O sistema de fixação utilizado é uma calha em formato “J”, que está representada na Figura 16.

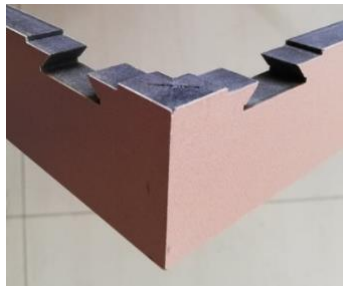


Figura 15 - Entalhe dos produtos

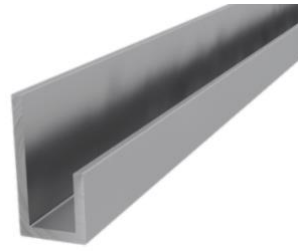


Figura 16 - Calha J

3.3 Matérias-Primas

Para a construção destes produtos são utilizados dois tipos de matéria-prima, *Medium Density Fiberboard* (MDF) e o *High Pressure Laminate* (HPL), Figura 17.



Figura 17 - Matérias-primas

O MDF consiste numa mistura de fibras de madeira prensadas com adição de resinas sintéticas e aditivos para dar liga, passando por um processo de aglutinação por prensagem. As placas de MDF utilizadas nos diversos componentes de cada produto são MDF preto com 3 ou 12 milímetros de espessura.

O HPL é um painel constituído por camadas de material fibroso de celulose, impregnado com resinas termoendurecíveis e ligadas entre si, por um processo de alta pressão e temperatura.

A utilização deste tipo de madeira nos produtos resulta do facto de as placas de MDF não apresentarem nódulos no seu interior, o que permite que se façam cortes em todas as direções, facilitando desta forma o design de cada peça, assim como uma maior rentabilização da matéria-prima.

Como forma de acabamento dos produtos representados na Figura 14, as placas de MDF, com ambas as faces impregnadas de cola, recebem duas placas de termolaminado de 0,8 milímetros de espessura. Atualmente, na face exterior dos produtos podem ser utilizados oito tipos diferentes de termolaminado como forma de acabamento. Na face

interior é utilizado um termolaminado mais barato, sendo o único objetivo evitar empenos nas placas de MDF.

A cola usada para fazer a união entre o MDF e os termolaminados é uma cola Lorvinil. Este tipo de cola, para além de ser uma cola apropriada para a colagem de produtos de madeira, apresenta uma grande resistência à água e o tempo indicado de prensagem a quente cumpre com os tempos de ciclo que se quer praticar.

3.4 Fluxograma e *Layout* Fabril

O processo produtivo para esta gama de produtos de termolaminado consiste em quatro operações: corte, folheamento, maquinação e montagem. Na Figura 18 estão representadas todas as operações do processo produtivo deste tipo de produtos, desde o armazenamento da matéria-prima até ao embalamento dos produtos finais.

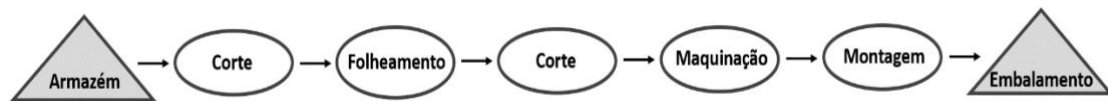


Figura 18 - Fluxograma do processo produtivo

O *layout* fabril da área produtiva pode ser consultado nas Figuras 19 e 20, onde está representado todo o setor da Marcenaria. No piso 0, Figura 19, está presente o armazenamento da matéria-prima e a área destinada à operação de folheamento.

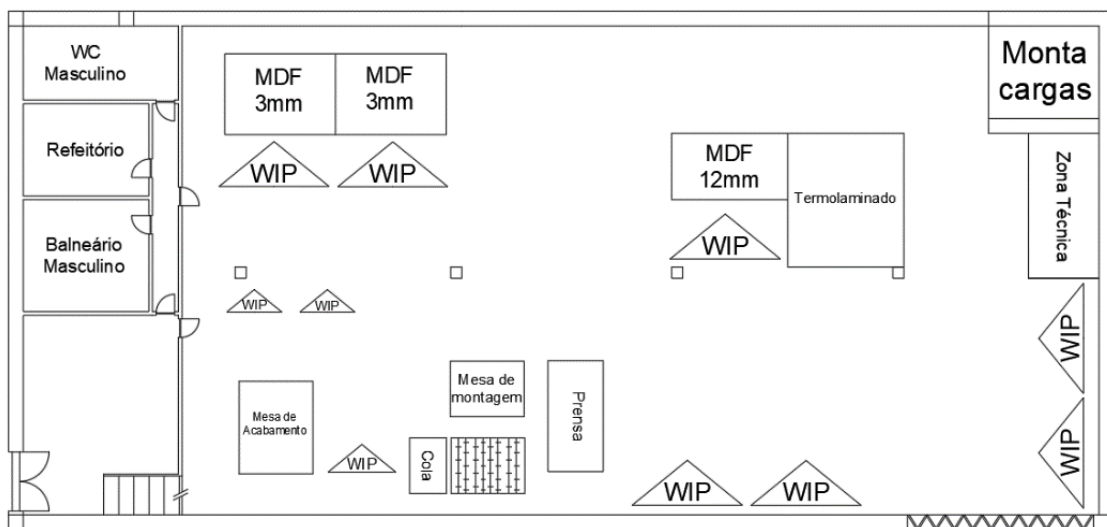


Figura 19 - Piso 0 (Situação inicial)

No piso 1, Figura 20, encontra-se a área reservada à operação de corte, de maquinação, de montagem e outros processos complementares.

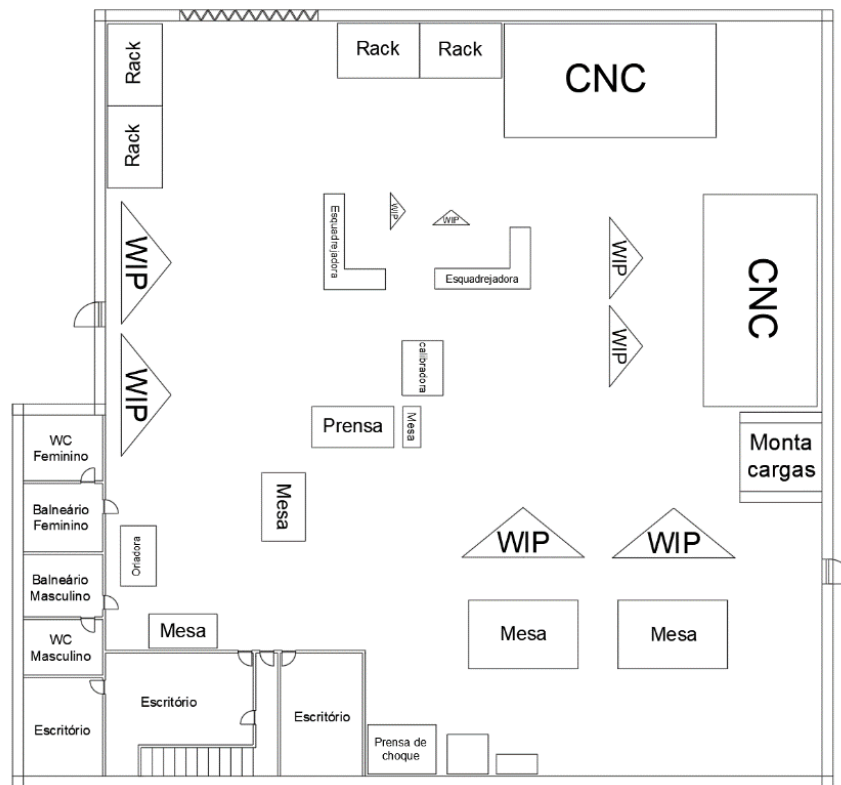


Figura 20 - Piso 1 (Situação inicial)

3.5 Processos

Neste subcapítulo é efetuada uma descrição pormenorizada do processo produtivo, sendo de seguida descritos alguns processos complementares relevantes.

3.5.1 Processo Produtivo

A primeira etapa é a receção e armazenamento da matéria-prima, a qual vai servir de base para a construção de todos os produtos. Assim sendo, como pode ser observado no Fluxo F1 do Anexo A, quer o MDF de 3 milímetros (Figura 21), quer o MDF de 12 milímetros (Figura 22), são rececionados e armazenados no piso 0.



Figura 21 - Armazenamento MDF 3 milímetros



Figura 22 - Armazenamento MDF 12 milímetros

A próxima etapa do processo é a operação de corte do MDF. Como a operação de corte se encontra no piso 1, é necessário realizar o transporte do material através de um empilhador.

Segundo o Fluxo F2 (Anexo A), a matéria-prima sai do piso 0 e segue para o piso 1, onde se irá iniciar a primeira operação de corte. Esta operação é necessária para ajustar as medidas das placas de MDF para receber as placas de termolaminado na operação seguinte. Na Tabela 2 estão representadas as dimensões das matérias-primas quando chegam do fornecedor, assim como as dimensões após o primeiro corte.

Tabela 2 - Dimensão da matéria-prima

Matéria-prima	Dimensão de fornecedor (mm)	Dimensão após 1º corte (mm)
MDF 3 mm	2850 x 2100	2440 x 1220
MDF 12 mm	3050 x 1220	2440 x 1220
Termolaminado	2500 x 1310	-

Para esta operação de corte são utilizadas duas esquadrejadoras Altendorf F45, Figura 23. Este tipo de equipamento permite fazer cortes retos e angulares longitudinais, em que o ajuste da régua de corte é manual. Para esta operação são necessários dois operadores por cada esquadrejadora, devido às grandes dimensões das placas de matéria-prima.



Figura 23 - Altendorf F45

Na Figura 24 estão representados os cortes horizontais e verticais a que as duas placas de MDF irão ser sujeitas.

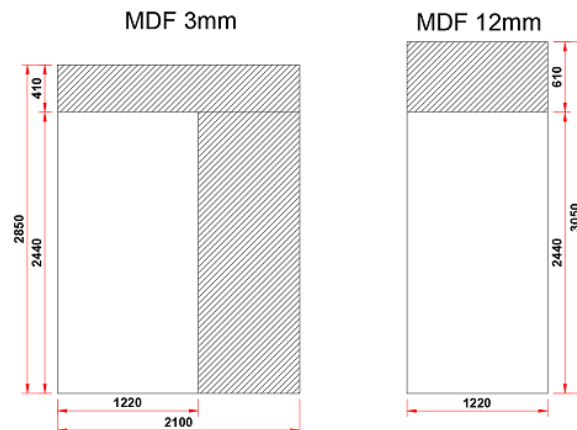


Figura 24 - Ilustração da 1ª operação de corte

Na Tabela 3 estão representados os tempos de operação de cada corte.

Tabela 3 - Tempos da 1ª operação de corte (Situação inicial)

Matéria-prima	Corte Horizontal (s)	Corte Vertical (s)
MDF 3 mm	12	15
MDF 12 mm	10	-

Após serem realizados todos os cortes nas placas de MDF e obtidas as medidas desejadas, as placas seguem para o piso 0 e são armazenadas conforme está ilustrado no Fluxo F3 do Anexo A.

A próxima etapa deste processo é a operação de folheamento. Para este processo de fabrico é utilizado uma máquina de dar cola, Figura 25, e uma prensa de pratos quentes Frama MOD P3100, Figura 26.



Figura 25 - Máquina de dar cola



Figura 26 - Prensa Frama MOD P3100

Como pode ser visualizado no Fluxo F4 do Anexo A, as placas de MDF seguem para a máquina de dar cola. Esta máquina permite aplicar cola em ambos os lados da placa de MDF, de onde segue para uma mesa de discos. De seguida é feita a “sanduíche” com as duas placas de termolaminado na mesa de montagem, ilustradas na Figura 27.



Figura 27 - Etapas da operação de folheamento (Situação inicial)

Nessa descarga do material, após prensagem, o material é paletizado e identificado por padrão de termolaminado e espessura do MDF, como está demonstrado nas Figuras 28 e 29.



Figura 28 - MDF 3 milímetros com termolaminado



Figura 29 - MDF 12 milímetros com termolaminado

A operação que se segue é a segunda operação de corte. Desta forma é necessário realizar o transporte da matéria-prima para o piso 1, como pode ser observado no Fluxo F5 do Anexo A.

O objetivo desta segunda operação de corte é tornar os painéis de MDF mais fáceis de transportar e reduzir possíveis desperdícios na próxima operação de maquinação. Desta forma, as placas de MDF de 3 milímetros ou 12 milímetros com termolaminado em ambas as faces, e o MDF de 3 milímetros e 12 milímetros sem termolaminado são cortadas segundo as dimensões apresentadas na Figura 30.

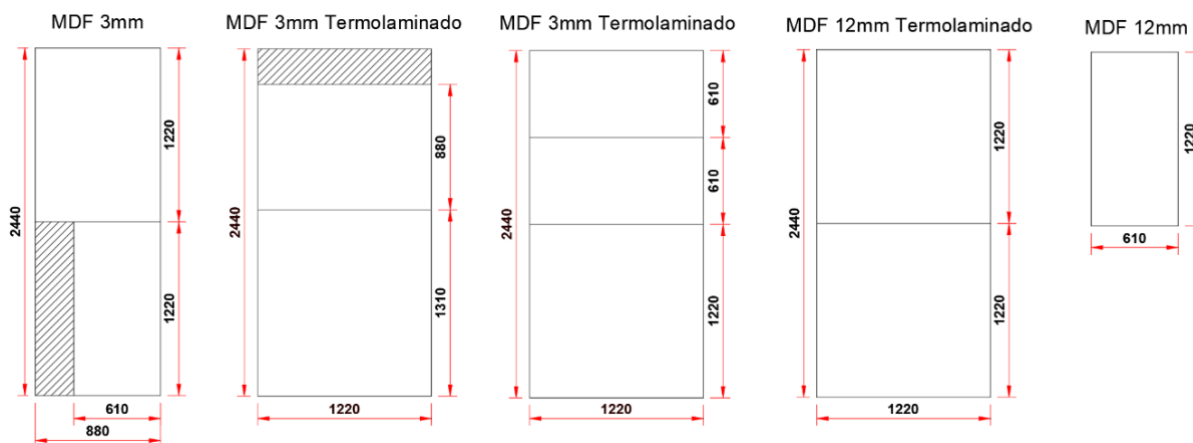


Figura 30 - Ilustração da 2ª operação de corte

Na Tabela 4 estão representados os tempos de corte dos dois tipos de comprimentos existentes nesta operação.

Matéria-prima	Comprimento de corte (mm)	Tempo de corte (s)
MDF 3 mm	1220	8
MDF 3 mm	880	6
MDF 12 mm	1220	10

Tabela 4 - Tempos da 2ª operação de corte (Situação inicial)

Na Tabela 5 está indicado o tipo de matéria-prima já processada na primeira operação de corte e folheamento, bem como as dimensões das placas provenientes da segunda operação de corte, correspondentes a cada componente dos produtos, destinados para a próxima operação de maquinação.

Tabela 5 - Especificação da matéria-prima de cada componente

Produto	Componente	MDF 3 mm Termolaminado (mm)	MDF 12 mm Termolaminado (mm)	MDF 3 mm (mm)	MDF 12 mm (mm)
Produto A	Componente 1	1220x1220	-	-	-
	Componente 2	-	1220x1220	-	-
Produto B	Componente 3	1220x880	-	1220x880	-
	Componente 4	-	-	-	1220x610
	Componente 5	-	-	-	1220x610
Produto C	Componente 6	1220x880	-	1220x880	-
	Componente 7	-	-	-	1220x610
	Componente 8	-	-	-	1220x610
	Componente 9	1220x610	-	1220x610	-
Produto D	Componente 10	1220x1220	-	-	-
	Componente 11	-	1220x1220	-	-
	Componente 12	-	-	-	1220x610
	Componente 13	-	-	1220x610	-
	Componente 14	-	-	1220x610	-
Produto E	Componente 15	1310x1220	-	-	-
	Componente 16	-	1220x1220	-	-
	Componente 17	-	1220x1220	-	-

De acordo com o Fluxo F6 do Anexo A, após a segunda operação de corte o material segue para a operação de maquinação. Neste processo o equipamento utilizado é a Author M400, Figura 31.



Figura 31 - Author M400

Este equipamento é uma máquina CNC onde são fabricadas peças com geometrias complexas, sendo obtida uma maior precisão das peças produzidas e também uma redução em termos de tempos de produção.

Na Tabela 6 são apresentadas as quantidades de componentes que é possível maquinar, bem como os tempos de operação por cada placa de MDF segundo as dimensões apresentadas na Tabela 5.

Já com todos os componentes devidamente produzidos e prontos para a montagem, estes componentes, como pode ser observado no Fluxo F7 do Anexo A, seguem para os bancos de montagem. Neste processo toda a montagem dos produtos é realizada manualmente. Atualmente esta operação é constituída por oito células de fabrico, no entanto apenas seis dessas células estão dedicadas à operação de montagem.

Para a montagem dos produtos é utilizada uma cola termofusível PUR, a qual possui um tempo de abertura curto o que garante uma boa resistência inicial. O processo de reticulação, isto é, quando as cadeias poliméricas são interligadas por ligações covalentes, ocorre por reação da cola com a humidade existente no ambiente e nos substratos a serem colados. Após a reação total do produto, as uniões são irreversíveis.

Tabela 6 - Quantidade e tempo de maquinação dos componentes (Situação inicial)

Produto	Componente		Nº de componentes em layout	Tempo de maquinação (min)
Produto A	Componente 1	A1	4	34
		A2	4	28
		A3	4	24
		A4	4	26
		A5	4	36
		A6	4	52
	Componente 2		31	8
Produto B	Componente 3		8	6
	Componente 4		11	35
	Componente 5		15	7
Produto C	Componente 6		16	7
	Componente 7		22	70
	Componente 8		30	8
	Componente 9		35	7
Produto D	Componente 10	A1	4	34
	Componente 11		10	7
	Componente 12		16	12
	Componente 13		2	1
	Componente 14		4	2
Produto E	Componente 15		1	6
	Componente 16		10	15
	Componente 17		31	8

A montagem de cada componente, por forma a que todos os produtos tenham as dimensões corretas, é realizada com recurso a gabarits de montagem, um exemplo desses gabarits encontra-se representada na Figura 32.



Figura 32 - Exemplo gabari de montagem

Para este processo se tornar mais produtivo, uma vez que não se recorre a máquinas, inicialmente é feita uma pré-montagem de cada produto (Figura 33) e posteriormente é realizada a montagem final.



Figura 33 - Montagem inicial dos produtos

Na Tabela 7 são representados os tempos de montagem para cada um dos produtos em estudo. Nos tempos apresentados apenas está contabilizado o tempo que cada operador dedica à montagem de cada um dos produtos, ou seja, não estão contemplados os tempos de secagem.

Tabela 7 - Tempos de Montagem dos Produtos

Produto	Tempo de Montagem (min)
Produto A	5
Produto B	15
Produto C	10
Produto D	20
Produto E	15

Por fim, os produtos finalizados, como pode ser observado no Fluxo F8 do Anexo A, seguem para o Piso 0 através do monta-cargas. Nesta operação é realizado o teste de qualidade dos produtos. Nesta última fase do processo, os produtos são limpos com diluentes próprios para o efeito (Figura 34) e é realizado o teste de qualidade no sistema de fixação, como pode ser observado na Figura 35.



Figura 34 - Limpeza dos produtos



Figura 35 - Teste de qualidade no sistema de fixação

Após aprovação por parte do operador responsável pela qualidade, os produtos são empacotados e seguem para o centro logístico para serem devidamente embalados, seguindo o Fluxo F9 do Anexo A.

3.5.2 Processos complementares

Neste subcapítulo irão ser apresentados os processos complementares de todo o processo produtivo que não foram descritos anteriormente.

- **Aplicação de cola branca**

O processo de aplicação de cola branca, ilustrado na Figura 36, surge quando se pretende alcançar uma determinada espessura de matéria-prima. Segundo a Tabela 5, para os componentes 3, 6 e 9 é necessário recorrer a duas placas de MDF de 3 milímetros e uma placa de MDF de 3 milímetros com termolaminado de forma a alcançar uma espessura de 9 milímetros.



Figura 36 - Aplicação de cola branca

- **Prensagem de componentes com curvas**

Para o processo de prensagem dos componentes com curvaturas é utilizada uma prensa Orma PFS 60 (Figura 37). Este tipo de prensa permite curvar madeira através de um gerador de rádio frequências que gera corrente elétrica alternada de alta frequência para um molde revestido a alumínio e, ao longo de um ciclo de 3 minutos, com 1000 V e 150 bar, os componentes são curvados.



Figura 37 - Prensa Orma PFS 60

- **Prensagem de montagem**

Após a pré-montagem da estrutura dos produtos o painel frontal é inserido (Figura 38), e recorrendo a uma prensa a frio Orma Type S/6 (Figura 39), ao longo de 10 minutos a uma pressão de 20 bar, a montagem dos produtos é concluída.



Figura 38 - Instalação painel frontal



Figura 39 - Prensagem a frio

3.6 Síntese dos Problemas

Este subcapítulo tem como finalidade identificar e descrever os problemas que foram encontrados associados aos processos de fabrico. São eles:

- **Escassez de informação nos postos de trabalho**

A falta de informação nos postos de trabalho é transversal a toda a área produtiva no setor de Marcenaria. Desde o início deste relatório que esta falha foi identificada, visto que cada operador é dono do seu processo o que evidencia alguma incoerência organizacional.

Os operadores não possuem informação do conjunto de operações necessárias para cada tipo de produto, das matérias-primas corretas a utilizar, nem das dimensões exatas de cada componente dos produtos.

A informação que cada operador tem foi adquirida ao longo do tempo com a experiência de trabalho. Este problema provoca uma maior variação nos métodos de trabalho que se reflete na eficiência do sistema produtivo e na padronização dos produtos;

- **Desorganização da área fabril e postos de trabalho**

A desorganização da área fabril bem como a falta de limpeza nos postos de trabalho é um problema geral neste setor de Marcenaria. A empresa já tinha iniciado um processo de implementação da metodologia 5S em alguns postos de trabalho. Porém, devido às diversas transformações que a empresa sofreu no passado recente, os procedimentos não eram cumpridos e não estavam interiorizados, apresentando incumprimentos nas delimitações das áreas marcadas no pavimento, como também no final do dia de trabalho os operadores não realizam a limpeza do seu posto, como pode ser comprovado na Figura 40.

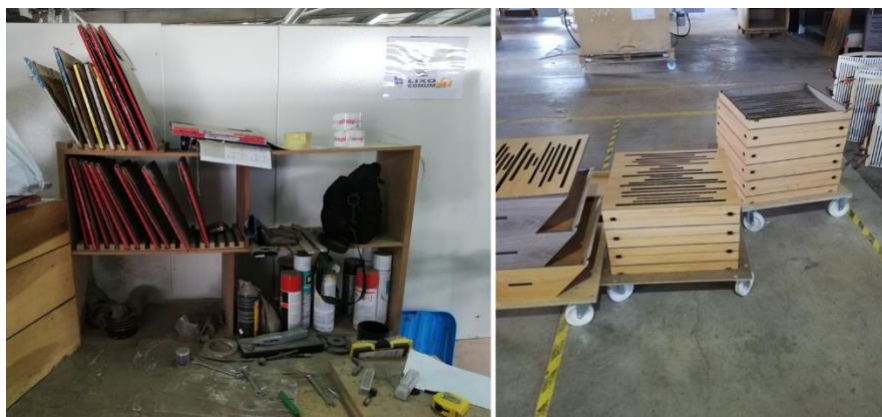


Figura 40 - Exemplo de desorganização do posto de trabalho e área fabril

- **Movimentação entre pisos**

Devido às características da área fabril existem movimentações de matéria-prima (Figura 41) que não acrescentam valor, que podem ser eliminadas e/ou reduzidas;



Figura 41 - Movimentações entre pisos

- **Operações de corte**

Neste processo de fabrico, principalmente na primeira operação de corte, é necessário movimentar placas de grandes dimensões e operacionalizar as ações necessárias ao corte e por essa razão é necessário recorrer a duas pessoas para a sua execução (Figura 42);



Figura 42 - Operação de corte

- **Folheamento**

Na operação de folheamento são necessários quatro operadores, isto porque os dois operadores que transportam a placa de MDF impregnada de cola de ambos os lados não podem ter contacto com as placas de termolaminado (para evitar que fiquem com resíduos de cola). Desta forma é necessário recorrer a mais dois operadores para preparar o termolaminado para a colagem e posteriormente alimentar a prensa para prensagem.

- **Maquinação**

A operação de maquinação constitui o *bottleneck* de todo este sistema produtivo. Neste processo foi identificado que existem operações de corte que podem ser evitadas e desta forma aumentar a disponibilidade/produtividade do equipamento industrial;

- **Montagem**

Na operação de montagem são gerados defeitos relacionados com o centramento deficiente do painel frontal na restante estrutura do produto (Figura 43) que são só detetados posteriormente na operação de controlo da qualidade. Como como pode ser observado na Figura 44, quando estes produtos são instalados modularmente não se obtém o perfeito alinhamento dos mesmos.



Figura 43 - Erro de posicionamento do painel frontal

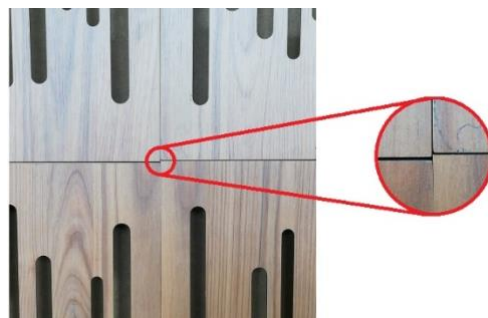


Figura 44 - Alinhamento dos produtos

Devido a este erro o produto é rejeitado, perdendo-se todo o trabalho e matéria-prima executados até ao momento, uma vez que não é possível recuperar os componentes do mesmo.

IMPLEMENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA

4.1 NORMALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO NOS POSTOS DE
TRABALHO

4.2 ORGANIZAÇÃO DOS POSTOS DE TRABALHO

4.3 SECCIONADORA

4.4 FOLHEAMENTO

4.5 TUPIA

4 IMPLEMENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA

Após analisar e identificar os problemas associados ao setor de Marcenaria são apresentadas, neste capítulo, as ações de melhoria que foram implementadas para reduzir ou mitigar os problemas identificados, tendo como base as ferramentas associadas à filosofia *Lean Manufacturing*.

Estas propostas de melhoria têm como objetivo melhorar a organização da informação e dos espaços de trabalho, reduzir defeitos de fabrico e aumentar a produtividade dos colaboradores da empresa. As propostas de melhoria apresentadas têm como base a aplicação da ferramenta *Standard Work* com recurso à utilização de folhas de trabalho padronizado, à instrução/sensibilização de todos os colaboradores relativamente à metodologia 5S por forma a que se sintam envolvidos nas ações realizadas na área fabril e à aplicação da ferramenta *Poka-Yoke* com vista a reduzir os defeitos de fabrico. Com vista a aumentar a produtividade deste setor foi adquirido um equipamento industrial e acessórios de trabalho com o objetivo de balancear processos de fabrico aumentando a disponibilidade de máquinas.

4.1 Normalização da Informação nos Postos de Trabalho

Relativamente à normalização da informação nos postos de trabalho, a empresa tem como objetivo disponibilizar instruções de trabalho em todos os postos.

O facto do tempo disponibilizado para elaborar as instruções de trabalho ser curto impediu que a informação dos postos de trabalho fosse feita, numa primeira instância, através da aplicação de folhas de trabalho padronizado.

De forma a contornar o tempo que esta ferramenta exige para que seja aplicada da forma mais correta, e para que todas as partes interessadas tenham fácil acesso à informação, numa primeira fase foram disponibilizados desenhos técnicos dos produtos (Figura 45) a todos os colaboradores.

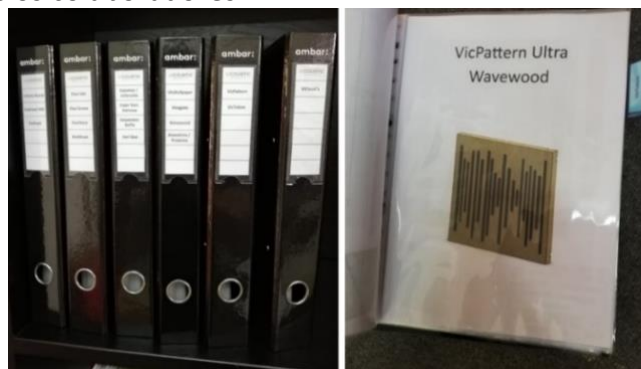


Figura 45 - Desenhos técnicos

Desta forma, os colaboradores possuem meios para consultar os detalhes dos produtos que produzem nos diferentes postos de trabalho, aumentando o conhecimento e reduzindo defeitos.

4.2 Organização dos Postos de Trabalho

Neste âmbito foram realizadas melhorias, tais como a marcação em chão de fábrica dos locais corretos onde os baldes destinados à acumulação de desperdícios de matéria-prima devem permanecer (Figura 46).



Figura 46 - Exemplo de marcação em área fabril

Relativamente à organização da área de trabalho, sensibilizou-se o operador responsável para que mantivesse o seu espaço limpo e organizado (Figura 47).



Figura 47 - Exemplo de organização da área de trabalho

Outro ponto melhorado foi a bancada de ferramentas dedicadas ao processo de maquinação. Este processo origina acumulação de resíduos na área envolvente, resultantes do desbaste de matéria-prima. Para isso adquiriu-se uma estante com portas, por forma a evitar a entrada e acumulação de resíduos conforme se verificava anteriormente (Figura 48). Para além disso, todas as ferramentas e lubrificantes foram devidamente identificados.



Figura 48 - Exemplo de organização da bancada de trabalho

Uma vez implementadas as diversas melhorias, todos os meses são realizadas auditorias às diferentes áreas do sistema produtivo, tendo sido desenvolvido um impresso para apoiar a condução das auditorias, que pode ser consultado no Anexo C. No decurso da auditoria, cada área é avaliada com uma nota entre 0 e 100 sendo 0 a nota mais baixa e 100 a nota mais alta. Após cada auditoria, é entregue a cada responsável de área um relatório com a nota que cada área obteve, incluindo os aspetos negativos e positivos encontrados e a data da próxima auditoria. Perante esses dados, cabe ao responsável de cada área elaborar um plano de ações que permita melhorar a nota obtida na última auditoria.

4.3 Seccionadora

De modo a solucionar os problemas referentes às operações de corte e com o intuito de otimizar este processo de forma a incluir algumas operações de corte que ocorriam na operação de maquinação, foi proposto adquirir um equipamento capaz de cumprir com todas essas exigências, tendo resultado num investimento de 35000€ numa seccionadora SCM Sigma Impact-C, Figura 49. Este tipo de equipamento possui um conjunto de pinças, independentes e autonivelantes, o que garante o bloqueio das placas de MDF, para além de operar através de controlo numérico proporcionando uma maior precisão no corte.



Figura 49 - SCM Sigma Impact-C

Uma vez que um dos problemas identificados no sistema produtivo eram as várias movimentações entre pisos, o problema foi resolvido colocando a seccionadora no piso 0, como demonstra a Figura 50.

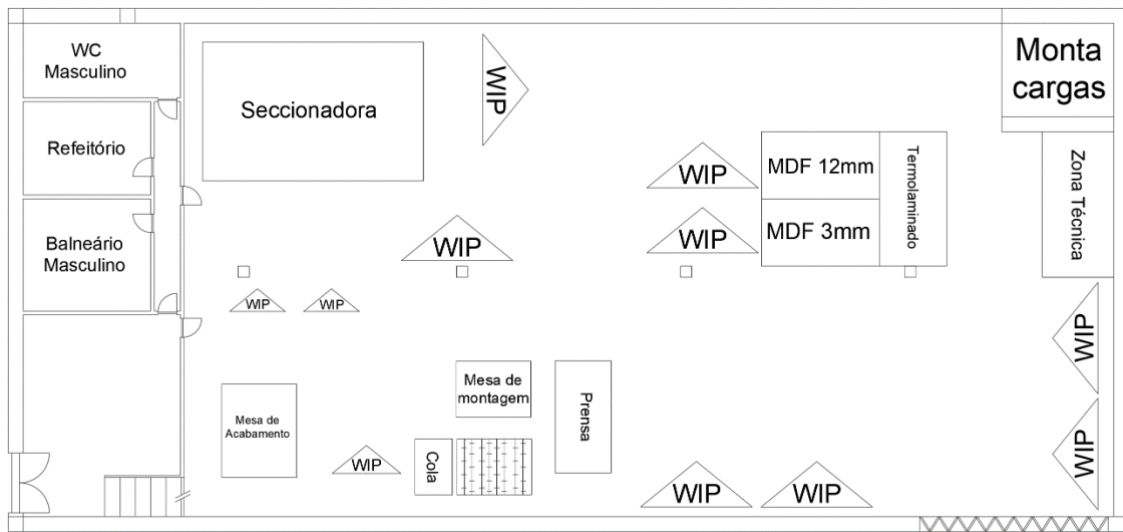


Figura 50 - Piso 0 (Situação final)

Com esta nova configuração de *layout*, como pode ser observado no Anexo B e seguindo o fluxograma do processo produtivo deste setor de Marcenaria ilustrado na Figura 18, as três primeiras operações concentram-se todas no mesmo espaço, sem ser necessário recorrer a movimentações entre pisos.

Uma vez que as dimensões da matéria-prima não se alteraram, a operação de corte neste novo equipamento impõe operar com placas de MDF de grandes dimensões, pelo que esta operação continua a necessitar de dois operadores.

A aquisição deste equipamento veio proporcionar um aumento de placas de MDF a cortar na mesma operação. Nas Tabelas 8 e 9 estão representados o número de placas a cortar em simultâneo, bem como os tempos de operação de cada corte.

Tabela 8 - Tempos da 1ª operação de corte (Situação final)

Matéria-prima	Nº de Placas	Corte Horizontal (s)	Corte Vertical (s)
MDF 3 mm	10	12	15
MDF 12 mm	3	10	-

Tabela 9 - Tempos da 2ª operação de corte (Situação final)

Matéria-prima	Nº de Placas	Comprimento de corte (mm)	Tempo de corte (s)
MDF 3 mm	5	1220	8
MDF 3 mm	5	880	6
MDF 12 mm	3	1220	10

Comparando a segunda operação de corte de placas de MDF de 3 milímetros com a primeira operação de corte regista-se uma diminuição de 50% no número de placas de MDF a operacionalizar. Esta diminuição deve-se ao facto de, na segunda operação de corte, as placas de MDF já possuírem entre elas as placas de termolaminado que, sendo um material duro e quebradiço, oferece mais resistência ao equipamento durante a operação de corte. Com isso, diminuiu-se para metade o número de placas de MDF de 3 milímetros a operacionalizar com o objetivo de não gerar defeitos na matéria-prima e desgaste de ferramentas de corte.

Um dos objetivos na aquisição da seccionadora, para além de otimizar as operações de corte, também consistia em retirar operações de corte que estavam atribuídas ao processo de maquinação. Alguns componentes, como pode ser observado na Tabela 10 em comparação com a Tabela 6, não sofreram quaisquer reduções em termos de tempos de operação devido às suas geometrias complexas. O maior destaque reflete-se no componente 1 e no componente 10, onde se conseguiu eliminar por completo as operações de corte na operação de maquinação, restando apenas a operação de fresagem. Uma vez retiradas as operações de corte foi possível, através de um molde para garantir que os painéis não oscilassem no processo (Figura 51), agrupar quatro níveis desses mesmos componentes (Figura 52) e maquiná-los em simultâneo.



Figura 51 - Molde para maquinação

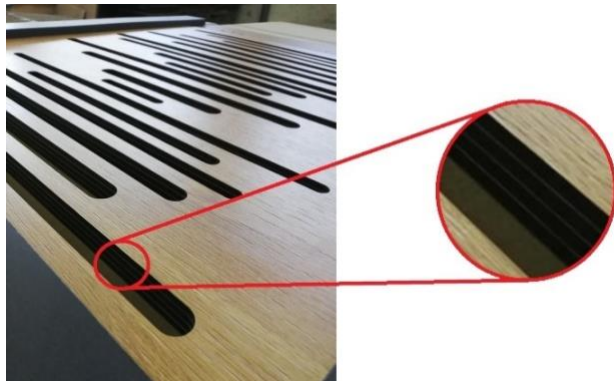


Figura 52 - Grupagem de componentes para maquinação

Tabela 10 - Quantidade e tempo de maquinação dos componentes (Situação final)

Produto	Componente		Nº de componentes em layout	Tempo de maquinação (min)
Produto A	Componente 1	A1	4	9
		A2	4	13
		A3	4	11
		A4	4	12
		A5	4	17
		A6	4	20
	Componente 2		31	4
Produto B	Componente 4		11	35
	Componente 5		15	7
Produto C	Componente 7		22	70
	Componente 8		30	8
	Componente 9		35	7
Produto D	Componente 10	A1	4	9
	Componente 11		10	7
	Componente 12		16	12
Produto E	Componente 15		1	6
	Componente 16		10	15
	Componente 17		31	4

Na Tabela 11 estão presentes os quatro componentes que apenas tinham operações de corte no processo de maquinação. Dado que a seccionadora garante uma precisão de corte, a produção destes quatro componentes ficou atribuída ao processo de corte aumentando assim a disponibilidade do equipamento do processo de maquinação.

Tabela 11 - Quantidade e tempo de corte dos componentes na seccionadora

Produto	Componente	Nº de componentes em layout	Tempo de maquinação (min)
Produto B	Componente 3	8	6
Produto C	Componente 6	16	7
Produto D	Componente 13	4	2
	Componente 14	8	4

A obtenção deste equipamento veio proporcionar o aumento de capacidade produtiva na operação de corte, a eliminação de transporte via empilhador de matéria-prima entre pisos e o aumento da disponibilidade na operação de maquinação.

Desta forma, para a primeira operação de corte registou-se um aumento de 1000% em relação ao processo anterior no que diz respeito ao corte de placas de MDF de 3 milímetros. Este aumento de 1000% reflete-se no facto de no mesmo tempo de operação se ter conseguido operar 10 vezes mais matéria-prima em simultâneo. O mesmo se reflete para a primeira operação de corte de placas de MDF de 12 milímetros, onde se conseguiu operar três vezes mais matéria-prima comparativamente com processo anterior, o que corresponde a um aumento de produtividade na ordem dos 300%.

Relativamente à segunda operação de corte é mais difícil de quantificar o aumento de produtividade, visto que existem medidas de corte específicas para cada produto. Uma vez que a empresa adota a filosofia *Just-in-Time*, por vezes, o número de placas de MDF a operacionalizar não reflete a total capacidade do equipamento, pois só se produzem as quantidades estritamente necessárias para satisfazer as encomendas em curso. Mas adotando um cenário perfeito, onde se obtinha sempre a total capacidade de operacionalização do equipamento, para a segunda operação de corte registou-se um aumento de capacidade produtiva de 500% para placas de MDF de 3 milímetros e de 300% para placas de MDF de 12 milímetros.

Relativamente à disponibilidade que este equipamento veio proporcionar à operação de maquinação com a eliminação das operações de corte, para o componente 1 e componente 10, resultou num aumento de disponibilidade de produção, em média, de 40,8%, que corresponde a uma redução de tempo de produção de 19,7 minutos. Este valor resulta da comparação, em média, dos tempos de produção de maquinação destes componentes representados na Tabela 6 referente à situação inicial do processo com a Tabela 10 alusiva à situação final do processo.

4.4 Folheamento

O objetivo principal na melhoria do processo de folheamento consistia em reduzir o número de operadores que estavam dedicados a esta atividade. A solução para a resolução deste problema passava por encontrar uma forma de os operadores não necessitarem de ter contacto com a placa de MDF impregnada de cola. Assim sendo, foram adquiridos quatro alicates de pressão (Figura 53). Com estes alicates de pressão conseguiu-se que o número de operadores dedicados a este processo se reduzisse para metade.



Figura 53 - Alicates de pressão;

De início ambos os operadores preparam a mesa de montagem com os termolaminados (Figura 54) e de seguida alimentam a máquina de dar cola com as placas de MDF (Figura 55).



Figura 54 - Preparação dos termolaminados na mesa de montagem



Figura 55 - Introdução da placa de MDF na máquina de dar cola

Desta forma, quando a placa de MDF impregnada de cola segue para a mesa de discos, os dois operadores, com recurso aos alicates de pressão, transferem a placa de MDF para a mesa de montagem possibilitando fazer a respetiva “sanduíche” com as duas placas de termolaminado (Figura 56).



Figura 56 - "Sanduiche" das duas placas de termolaminado com a placa de MDF

Depois de agruparem 3 painéis "sanduiche" na mesa de montagem, os dois operadores alimentam a prensa de pratos quentes e, após prensagem, realizam a respetiva descarga (Figura 57).



Figura 57 - Carga e descarga da operação de folheamento

A aquisição destes quatro alicates de pressão correspondeu a um investimento de 80€ por parte da empresa, tendo resultado na eliminação de dois operadores no processo de folheamento. Esta redução de 50% nos custos de mão de obra do processo de folheamento, não afetaram os tempos de ciclo desta operação. Os dois operadores foram atribuídos aos bancos de montagem, uma vez que estavam disponíveis duas células de fabrico.

4.5 Tupia

Com vista a resolver o problema associado à montagem dos painéis frontais, em que o principal objetivo consistia em centrar o painel relativamente à restante estrutura do produto, foi acrescentada uma operação ao processo de fabrico realizada numa Tupia T5V, Figura 58, que já se encontrava em chão de fábrica.



Figura 58 - Tupia T5V

Este tipo de equipamento permite fazer um rebaixo em todo o perímetro do painel frontal como está demonstrado na Figura 59. O rebaixo tem 1 milímetro de profundidade, sendo necessário efetuar duas passagens por cada aresta rebaixada uma vez que é rebaixado 0,5 milímetros de cada vez.



Figura 59 - Rebaixo do painel frontal

Cada passagem deste componente pela tupia demora 3 segundos, ou seja, para finalizar este processo complementar, é acrescido um total de 24 segundos por cada painel frontal comparativamente com o processo anterior.

Após a aplicação deste método de rebaixo em todo o perímetro do painel frontal, nos quatro meses seguintes, a operação de controlo de qualidade não registou mais nenhum defeito proveniente deste problema. Este rebaixo surge como uma ferramenta *Poka-Yoke*, uma vez que o painel frontal exige a correta montagem da restante estrutura do produto.

Anteriormente, o defeito de centramento do painel frontal na estrutura de produto correspondia a uma taxa de rejeição de 15% por parte do operador responsável pela qualidade. Os referidos 15% envolviam custos de matéria-prima acrescidos de custos de mão de obra que eram perdidos, visto que não é possível recuperar os componentes após a montagem dos produtos.

CONCLUSÃO E PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

5.2 PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

5 CONCLUSÃO E PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

No presente capítulo são apresentadas as principais conclusões relativas ao projeto desenvolvido, assim como sugestões de trabalhos a desenvolver no futuro.

5.1 Conclusão

Terminado o projeto desenvolvido na *Visound Acústica, S.A.*, pode-se concluir que os objetivos propostos foram alcançados.

Inicialmente foi realizada uma análise e diagnóstico do sistema produtivo implementado no setor de Marcenaria. Este estudo permitiu recolher dados importantes para o decorrer deste projeto.

A análise dos dados permitiu identificar vários problemas e necessidades presentes no sistema produtivo da empresa, recorrendo a ferramentas *Lean* como o Diagrama de Esparguete. A partir da análise foi elaborado um plano de melhorias, de forma a conseguir reduzir ou eliminar as deficiências encontradas.

As melhorias propostas e realizadas na área de Marcenaria tiveram como base ferramentas *Lean*, onde as que mais se evidenciaram foram *Standard Work*, *5S* e *Poka-Yoke*. Para além das ferramentas *Lean* foi também proposta a aquisição de um novo equipamento com o objetivo de aumentar a capacidade produtiva e reduzir prazos de entrega.

A implementação das ações resultou na disponibilização de desenhos técnicos a todos os colaboradores aumentando o conhecimento e diminuindo a variabilidade dos produtos. Foi também dado seguimento à implementação da metodologia *5S*, onde após algumas melhorias, como marcação em chão de fábrica e organização de postos de trabalho, recorreu-se à sensibilização dos colaboradores por forma a dar continuidade a esta ferramenta introduzindo auditorias com o intuito de garantir que as medidas aplicadas não caíssem em esquecimento. Foram também adquiridos acessórios de trabalho na operação de folheamento, o que permitiu uma redução de 50% em custos de mão de obra e aquisição de um novo equipamento industrial que proporcionou um aumento de produtividade para a primeira operação de corte de 1000% para placas de MDF de 3 milímetros e de 300% para placas de MDF de 12 milímetros. Relativamente à segunda operação de corte registou-se um aumento de 500% para placas de MDF de 3 milímetros e de 300% para placas de MDF de 12 milímetros. Este equipamento também possibilitou um aumento da disponibilidade do equipamento que representava o ponto de estrangulamento do sistema produtivo num

valor superior a 40%. Por fim, foi também aplicado, com recurso a um equipamento já existente, uma pequena alteração num produto resultando como uma ferramenta *Poka-Yoke*, onde após esta alteração, e até ao momento, não foram registados mais defeitos.

No decurso do projeto foi importante o envolvimento dos colaboradores, que se manifestaram motivados com os métodos de trabalho que foram implementados. Os colaboradores sentiram a importância que têm para a empresa e os benefícios que ambos, colaboradores e empresa, podem ter se trabalharem em sintonia, com o intuito de atingir sempre melhores resultados.

Este trabalho proporcionou uma experiência enriquecedora, no que diz respeito à aplicação dos ensinamentos adquiridos durante a formação académica, e crescimento a nível pessoal, fruto do envolvimento com todas as pessoas que participaram neste projeto bem como a ultrapassagem das adversidades encontradas ao longo do mesmo.

5.2 Propostas de Trabalhos Futuros

O projeto realizado, apesar de ter decorrido como previsto e terem sido alcançados os objetivos propostos pela empresa, ficaram ainda melhorias por realizar, sendo a mais relevante o desenvolvimento de instruções de trabalho para todos os postos e operações de fabrico, como forma de sustentar o trabalho que foi iniciado com o presente projeto.

Também, dado que a empresa pretende, no espaço de um ano, construir o seu próprio espaço, as metodologias ensaiadas e implementadas no decurso do presente projeto devem servir de base para o desenho e para a organização do *layout* de todos os setores da empresa.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

ANDRADE, F.F.D (2003). *O método de melhorias PDCA*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica - EP: São Paulo, 2003.

ANTUNES, J.R. José A.V. et al (1989). *Considerações críticas sobre a evolução das filosofias de administração da produção do "Just-in-Case" ao "Just-in-Time"*. Revista de Administração de Empresas, v. 29, n.3, p. 49-64, Jul./Set. 1989.

Imai, M (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill. New York

IMAI, Masaaki. (1990). *Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo*. tradução Cecília Fagnani Lucca. 3ª ed. IMAM.

Instituto Kaizen (2012). *Manual Kaizen Diário*. Lisboa.

Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way*. Mc Graw-Hill Professional.

Liker, J. K. (2004) *The Toyota Way: 14 Management Principles From the World's Greatest Manufacturer*, McGraw-Hill, NY.

LIKER, J. K. (2005). *O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MIGUEL, P. A. C. (2001). *Qualidade: enfoques e ferramentas*. São Paulo: Artliber Editora, 2001.

Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated approach to Just-In-Time*. Norcross: Engineering and Management Press.

OHNO, T (1997). *O Sistema Toyota de Produção; Além da produção em larga escala*. Trad. Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 1997. 149 p.

Ohno, T. (1988) *The Toyota Production System: beyond large-scale production*. Productivity Press.

Pinto, João Paulo (2009). *Pensamento Lean. A filosofia das organizações vencedoras*. Lidel. Lisboa.

RAY, T.S. (1992). *Foraging behavior in tropical herbaceous climbers*. British Ecological Society. Journal of Ecology, v.80, 1992.

SILVA, João Martins (1996). *O ambiente da qualidade na prática - 5S*. 3. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996. 260 p.

SHINGO, S. A (1985). *Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press. Cambridge, MA, 1985.

Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System*. Productivity Press.

SHINGO, S. (2000). *O Sistema de Troca Rápida de Ferramentas*. Porto Alegre: Bookman Editora, 2000.

WERKEMA, M. C. C. (1995). *Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

Wilson, L. (2009). *How to Implement Lean Manufacturing*, McGraw-Hill, NY.

WOMACH, J. P. Jones, D. T.; Ross D. (1992). *A Máquina que Mudou o Mundo*. 5.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

Womack, J. P. & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking – Banish waste and create wealth in your corporation*, Siman & Schuster, New York, USA.

Womack, J.P.; JONES, D.T. (1998). *A mentalidade enxuta nas empresas*. 5.ed. Rio de Janeiro: Campus

ANEXOS

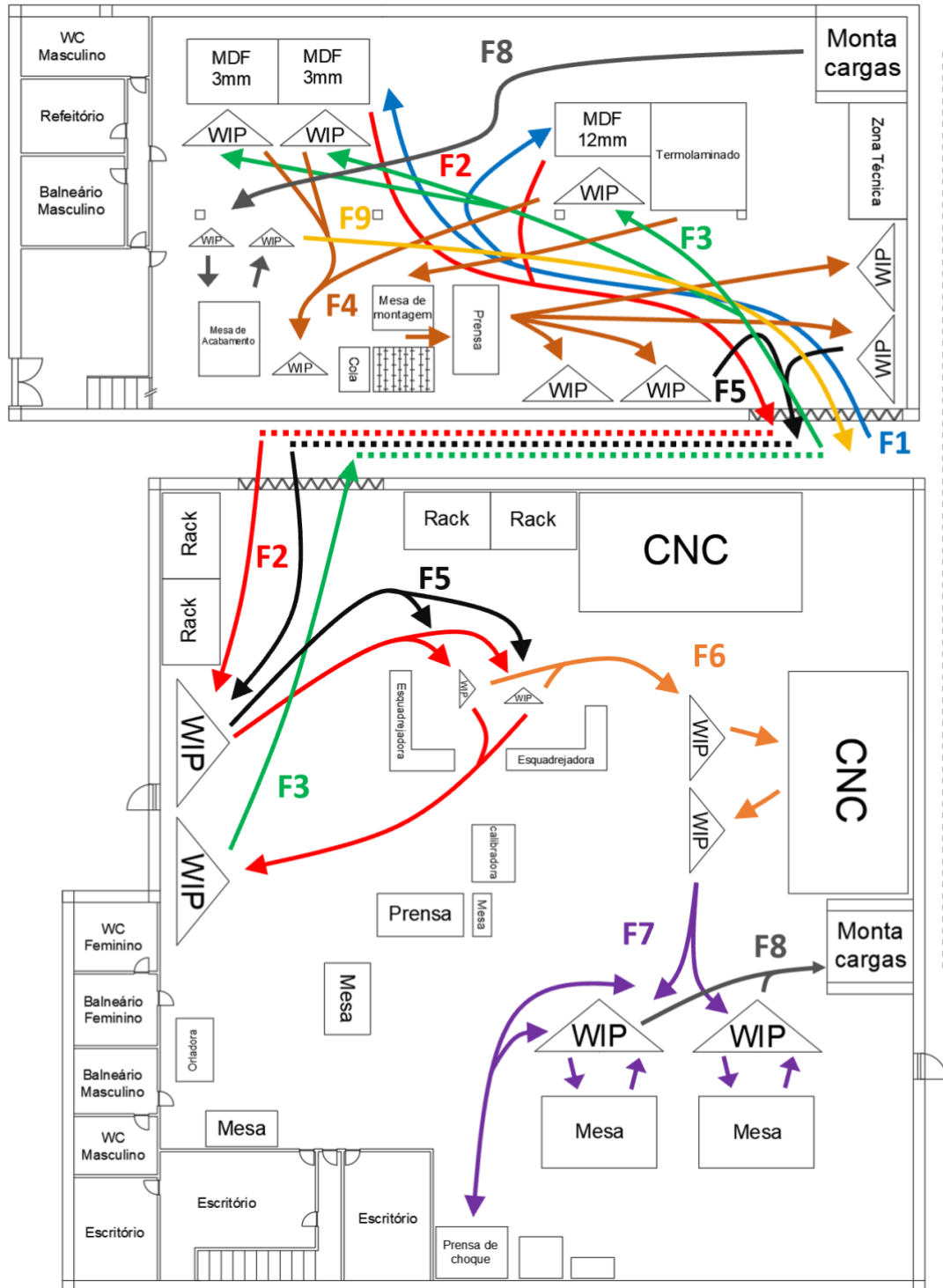
ANEXO A - DIAGRAMA DE ESPARGUETE (SITUAÇÃO INICIAL)

ANEXO B - DIAGRAMA DE ESPARGUETE (SITUAÇÃO FINAL)

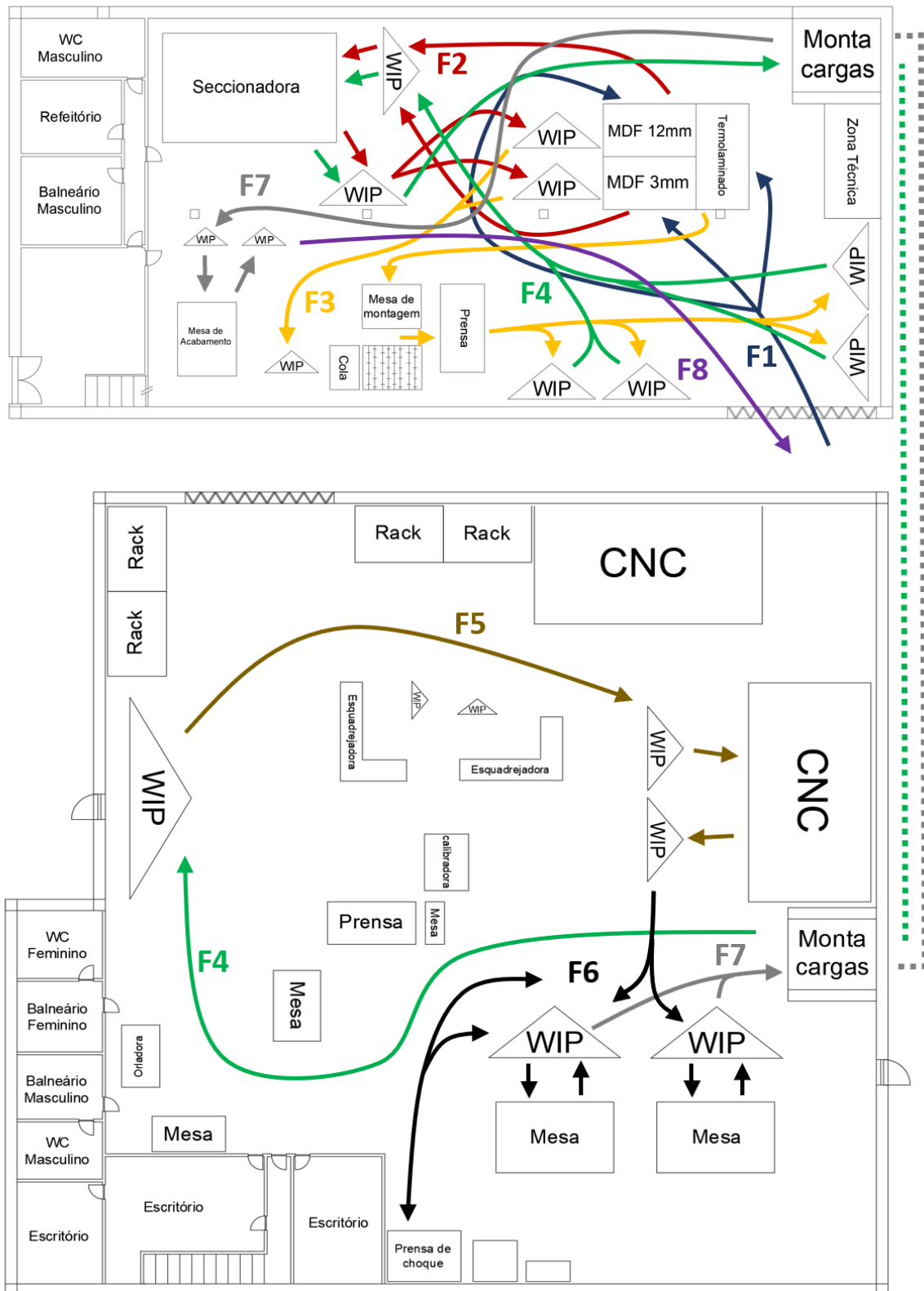
ANEXO C - FOLHA DE AUDITORIA 5S

ANEXOS

Anexo A - Diagrama de Esparguete (Situação Inicial)



Anexo B - Diagrama de Esparguete (Situação Final)



Anexo C - Folha de Auditoria 5S

W/COUSTIC		VERIFICAÇÃO 5S - FÁBRICA 1		
		imp.32/00		
Unidade:		Inspeção n°:		Data:
Setor:				
Audidores:				
Resultados Anteriores	RESULTADO ANTERIOR	RESULTADO ATUAL	0	Excelente 91%-100%
Fábrica 2		100%	2	Oportunidade de melhoria 66%-90%
Fábrica 3			4	Insuficiente 36%-65%
Armazém			6	Péssimo 0%-35%
1. RACIONALIZAR		Pontuação	Plano de ações proposto	
1.1. Na área há materiais ou componentes inúteis?		0		
1.2. Na área há máquinas, equipamentos ou materiais não utilizados?		0		
1.3. Os objetos não necessários e não conformes encontram-se evidenciados de forma clara para todos?		0		
1.4. Os resíduos são depositados nos locais designados para o efeito?		0		
1.5. Os materiais, equipamentos e EPI's são utilizados em conformidade?		0		
1.6. Os corredores de circulação/área interdita à passagem/ área de trabalho/ área de armazenagem estão indicados com linhas ou sinais e desobstruídos?		0		
2. ORGANIZAR		Pontuação	Plano de ações proposto	
2.1. Todos os locais de armazenamento estão devidamente identificados?		0		
2.2. Todos os materiais têm os seus lugares definidos?		0		
2.3. Cada objeto está no local onde foi destinado a sua localização?		0		
2.4. Os utensílios, materiais e equipamentos estão organizados de modo a facilitar a sua procura e depósito?		0		
2.5. Na área estão espalhados equipamentos, materiais e ferramentas?		0		
2.6. O local de trabalho está livre de empedimentos?		0		
2.7. Os comandos das instalações, máquinas e outros estão identificados?		0		
2.8. Existem caixas plástico, cartão, latas, etc... armazenadas de modo incorrecto?		0		
2.9. Saída emergência/botão de emergência/extintores de incêndio estão disponíveis e de fácil acesso?		0		
3. LIMPAR		Pontuação	Plano de ações proposto	
3.1. O local de trabalho é limpo?		0		
3.2. O local de trabalho é organizado?		0		
3.3. As máquinas e os equipamentos foram limpos?		0		
3.4. A iluminação está adequada ao ambiente?		0		
3.5. Os contentores de resíduos estão limpos e organizados?		0		
3.6. As zonas sociais estão limpas e organizadas?		0		
4. CONSOLIDAR		Pontuação	Plano de ações proposto	
4.1. Os trabalhadores utilizam o registo de ocorrência (imp.23) para a comunicação de não conformidades, sugestões e oportunidades de melhoria?		0		
4.2. Foram estabelecidas as regras para manter os resultados alcançados com os primeiros 3S?		0		
4.3. A comunicação interna entre as chefias diretas e departamentos é eficaz?		0		
4.4. Para a localização de materiais é observada a frequência da sua utilização?		0		
4.5. O vestuário de trabalho (t-shirt, etc...) e os EPI (equipamento de proteção individual) são utilizados e estão em boas condições?		0		
4.6. Encontram-se evidenciadas as AÇÕES PREVENTIVAS por forma a evitar problemas relacionados com acidentes de trabalho ocorridos no passado?		0		
5. DISCIPLINAR		Pontuação	Plano de ações proposto	
5.1. Todos os colaboradores colaboram para o bom resultado do Programa 5S?		0		
5.2. As regras de comportamento são conhecidas por todos, respeitadas e apoiadas por todos?		0		
5.3. Os documentos em uso encontram-se atualizados?		0		
5.4. Encontram-se atribuídas (e em curso) as ações sugeridas no último plano de ações?		0		
5.5. As normas de segurança estão a ser respeitadas?		0		