

## MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA FUNDIÇÃO DO RAMO AUTOMÓVEL

**MIGUEL JORGE OLIVEIRA SOARES**

novembro de 2017

# MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA FUNDIÇÃO DO RAMO AUTOMÓVEL

Miguel Jorge Oliveira Soares



Departamento de Engenharia Eletrotécnica  
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
Área de Especialização em Sistemas e Planeamento Industrial

**2017**



Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de  
Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Candidato: Miguel Jorge Oliveira Soares, Nº 1080508, 1080508@isep.ipp.pt

Orientação científica: Eng.º João Augusto de Sousa Bastos, jab@isep.ipp.pt

Coorientação científica: Dr. Paulo António da Silva Ávila, psa@isep.ipp.pt

Empresa: Sakthi Portugal S.A

Supervisão: Eng.º António Moreira Machado, antonio.machado@sakthiportugal.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Área de Especialização em Sistemas e Planeamento Industrial

**2017**



À minha família e amigos pelo apoio na minha vida pessoal, académica e profissional.

“A gratidão é o maior tesouro dos humildes” – William Shakespeare



## *Agradecimentos*

A realização desta Tese/ Dissertação marca o fim de mais uma importante e decisiva etapa da minha vida.

Gostaria de começar por agradecer a todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para que esta marcante meta se tornasse possível.

À minha família o meu enorme apreço e gratidão, especialmente mãe, pai, irmão e cunhada pelo constante apoio e motivação demonstrados desde o primeiro ao último instante desta tão desejada caminhada.

Aos meus colegas e amigos de curso, de profissão e amigos de longa data também uma palavra de agradecimento pela motivação, compreensão nas horas de ausência e pelo auxílio prestado nos momentos em que desistir parecia a decisão mais fácil de tomar.

Ao meu orientador, Eng<sup>o</sup> João Bastos e ao coorientador Dr. Paulo Ávila, deixo também os meus agradecimentos pelos conhecimentos e orientações técnico-científicas facultadas. A ambos um obrigado pela disponibilidade demonstrada.

Ao Eng<sup>o</sup> António Moreira Machado, meu orientador na Sakthi Portugal S.A., o meu enorme agradecimento não só pelo *know-how* e orientações técnico-científicas partilhadas, mas também pela compreensão e ajuda na conciliação da vida profissional com o período de desenvolvimento deste trabalho. Para Ele deixo também a minha especial atenção.

Por fim a toda a estrutura da Sakthi Portugal S.A. o meu muito obrigado por todo o apoio demonstrado. Em especial agradecer à Eng<sup>a</sup> Cristina Monteiro pelo auxílio técnico prestado, ao Sr. Jorge Fesch e à Dra. Sofia Festas por tornarem este trabalho possível e pelo auxílio na resolução de todas as burocracias inerentes à realização deste trabalho.

Dedicado às minhas avós...



## *Resumo*

A presente Dissertação foi desenvolvida no âmbito da unidade curricular Dissertação/ Tese do 2º ano do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, ramo de Sistemas e Planeamento Industrial, no Instituto Superior de Engenharia do Porto. O presente trabalho prevê a melhoria do processo produtivo de uma fundição do ramo automóvel, e foi desenvolvido numa produtora de componentes automóveis em ferro fundido nodular, de origem Indiana, sediada na Maia e denominada de Sakthi Portugal S.A.

Sendo a indústria automóvel um dos mais importantes e exigentes setores da atividade industrial, é imprescindível que todos os recursos e respetivo sistema produtivo sejam capazes de responder às solicitações de um mercado cada vez mais competitivo. A crescente competitividade do setor industrial exige que as organizações sejam capazes de servir os seus clientes quando necessário, nas quantidades necessárias e com níveis de qualidade para lá do satisfatório. Vetores como qualidade, segurança e ergonomia, melhoria contínua ou produtividade são chave para que as organizações atinjam fluxos e performances produtivas satisfatórias.

Este trabalho pretende avaliar e analisar o setor de acabamentos da Sakthi Portugal, antes e depois de melhorias implementadas, com o propósito de aumentar a produtividade e eficiência global do setor.

Primeiramente foram analisados e identificados os desperdícios e ineficiências do setor. Em resultado da implementação de melhorias no produto, no processo e diretamente no setor foi possível atingir os objetivos definidos. O retorno foi positivo ao nível de indicadores como a produtividade, OEE e não qualidade interna. Estes fatores tornaram a Sakthi Portugal mais competitiva e com níveis de satisfação do cliente muito superiores.

### *Palavras-Chave*

Processo Produtivo, Sakthi Portugal S.A., competitividade, melhoria contínua, acabamentos, produtividade, OEE.



## *Abstract*

The present dissertation was developed as a part of the curricular unit Dissertation/ Thesis of the 2<sup>nd</sup> year of Masters in Electrical and Computer Engineering, specialization in Industrial Planning and Systems, by the Instituto Superior de Engenharia do Porto. This work predicts the improvement in production process of an automotive foundry and it was developed in a producer of automotive components in nodular cast iron, of Indian origin, wich is based in Maia called Sakthi Portugal S.A.

As the automotive industry is one of the most important and demanding markets in the industrial activity, it is indispensable that all the resources and respective productive apparatus are able to respond to the needs of a market that is more competitive every day. The increasement of the competitiveness on the industrial sector demands that the organizations are able to serve their clients when necessary, in the right quantities and with quality levels beyond satisfactory. Vectors like quality, security, ergonomics, continuous improvement and productivity are key-words for organizations to reach satisfactory productive flows and performances.

It is the intent of this work to evaluate and analyze Sakthi's finishing sector situation, before and after the implementation of the improvement measures, with the intent of increasing the sector's productivity and global efficiency.

Initially the sector's wastes and inefficiencies were identified and analyzed. As a result of the implementation of product improvement, in the process and directly in the sector, it was possible to achieve the goals defined. The return was positive when it comes to productivity indicators, OEE and levels of internal scrap. These factors made Sakthi Portugal more competitive and with better client satisfaction levels.

### ***Keywords***

Productive Process, Sakthi Portugal S.A., competitiveness, continuous improvement, finishing lines, productivity, OEE



# Índice

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS.....</b>	<b>XVII</b>
<b>ACRÓNIMOS .....</b>	<b>XIX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1.CONTEXTUALIZAÇÃO.....	1
1.2.OBJETIVOS .....	2
1.3.METODOLOGIA DE TRABALHO.....	2
1.4.CALENDARIZAÇÃO.....	3
1.5.ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO .....	4
<b>2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....</b>	<b>5</b>
2.1.INTRODUÇÃO E HISTÓRIA DA SAKTHI PORTUGAL.....	5
2.2.UNIDADES FABRIS E SUA LOCALIZAÇÃO .....	6
2.3.ESTRATÉGIA DA ORGANIZAÇÃO .....	9
2.4.GAMAS DE PRODUTO .....	11
2.5.VENDAS E PREVISÕES DE MERCADO.....	13
2.6.PRINCIPAIS MERCADOS E CLIENTES .....	15
2.7.ORGANOGRAMA DA EMPRESA .....	17
<b>3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
3.1.FILOSOFIA <i>KAIZEN</i> .....	19
3.1.1. MUDA .....	22
3.1.2. 5S .....	24
3.1.3. Gestão visual.....	26
3.1.3.1. Kamishibai.....	27
3.1.4. JIT – Just In Time .....	28
3.1.5. TPS – Toyota Production System .....	30
3.1.6. Jidoka .....	31

3.1.7. Heijunka.....	31
3.1.8. Takt-Time .....	31
3.1.9. Ciclo PDCA.....	32
3.1.10.OEE .....	33
<b>3.2.TFM – TOTAL FLOW MANAGEMENT.....</b>	<b>35</b>
3.2.1. Estabilidade básica.....	35
3.2.2. Fluxo da Produção .....	36
3.2.2.1. Desenho de linhas e layouts.....	36
3.2.2.2. Bordo de linha .....	39
3.2.2.3. Standard Work.....	40
3.2.2.4. SMED.....	41
3.2.2.5. Automação de baixo custo.....	42
3.2.3. Fluxo na logística interna.....	43
3.2.3.1. Supermercados .....	44
3.2.3.2. Mizusumashi .....	45
3.2.3.3. Sincronização .....	46
3.2.3.4. Nivelamento da produção.....	47
3.2.3.5. Planeamento Pull vs Push.....	49
3.2.4. Fluxo de logística externa .....	51
3.2.5. VSM – Value Stream Mapping .....	51
<b>4. CASO DE ESTUDO .....</b>	<b>53</b>
<b>4.1.CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO ATUAL .....</b>	<b>53</b>
4.1.1. Fusão.....	53
4.1.2. Moldação .....	57
4.1.2.1. Linhas de moldação.....	58
4.1.2.2. Preparação de areias .....	64
4.1.2.3. Macharia.....	66
4.1.3. Acabamentos .....	68
4.1.4. Tratamento de superfície .....	70
4.1.5. Departamentos auxiliares.....	71
<b>4.2.ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL DO SETOR DE ACABAMENTOS .....</b>	<b>74</b>
4.2.1. Fluxo da Operação.....	74
4.2.2. Operadores e Máquinas .....	75
4.2.3. Logística e Planeamento .....	77
4.2.4. OEE .....	77
<b>4.3.PROBLEMAS E DESPERDÍCIOS IDENTIFICADOS NOS ACABAMENTOS.....</b>	<b>80</b>
<b>4.4.VISÃO PARA A MELHORIA .....</b>	<b>89</b>
<b>5. PROPOSTAS DE MELHORIA.....</b>	<b>93</b>

5.1.ENGENHARIA DO PRODUTO NO ÂMBITO DOS RETRABALHOS .....	93
5.1.1. Novo design de alimentadores .....	94
5.1.2. Alteração no material de canais e gitagens .....	96
5.1.3. Controlo de variações dimensionais nas máquinas de moldar .....	97
5.2.REAÇÃO A DESVIOS .....	101
5.2.1. Nova filosofia e efeito para-brisas .....	101
5.2.2. Criação da Fronteira.....	102
5.2.3. Criação de check-lists de validação .....	105
5.2.4. Implementação das LPA – <i>Layered Process Audit</i> .....	109
5.3.LAYOUT, FLUXO CONTINUO E FIFOS.....	111
5.4.SEGURANÇA E ERGONOMIA .....	117
<b>6. RESULTADOS DO PROJETO .....</b>	<b>121</b>
6.1.GANHOS NA PRODUTIVIDADE.....	122
6.2.GANHOS EM STOCKS INTERMÉDIOS.....	123
6.3.GANHOS NA QUALIDADE .....	125
6.4.GANHOS NO OEE.....	129
<b>7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>133</b>
7.1.CONCLUSÕES .....	133
7.2.TRABALHOS FUTUROS .....	135
<b>REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS .....</b>	<b>142</b>
<b>ANEXO A. NÍVEIS DAS LPA .....</b>	<b>145</b>
<b>ANEXO B. RECURSOS DA PRODUÇÃO .....</b>	<b>150</b>
<b>ANEXO C. LAYOUTS.....</b>	<b>156</b>



## *Índice de Figuras*

Figura 1 Localização e respetiva vista da Sakthi Portugal	7
Figura 2 <i>Layout</i> da área fabril da Sakthi Portugal	7
Figura 3 Localização e respetiva vista da Sakthi Portugal SP21	8
Figura 4 <i>Layout</i> da área fabril da Sakthi Portugal SP21	9
Figura 5 Análise SWOT da Sakthi Portugal S.A. (SakthiPortugal, 2017)	10
Figura 6 Designações Ferro Fundido Nodular (Vilela, 2012)	11
Figura 7 Gamas de produto fabricados na Sakthi Portugal	12
Figura 8 Exemplo de componentes produzidos pela Sakthi Portugal	12
Figura 9 Distribuição da produção para as principais famílias	13
Figura 10 Produção Europeia vs Vendas Sakthi	14
Figura 11 Total vendas tons VS turnover 2000-2021	15
Figura 12 Clientes Sakthi Portugal S.A.	16
Figura 13 Localização dos principais clientes Sakthi Portugal S.A	16
Figura 14 Distribuição da carteira de clientes Sakthi Portugal S.A.	17
Figura 15 Organograma Sakthi Portugal S.A.	18
Figura 16 <i>Kaizen Management System</i> – KMS (Institute, 2017)	21
Figura 17 Os 7 desperdícios da produção (Silveira, 2017)	22
Figura 18 Metodologia 5S (E-CraneWorldwide, 2008)	26
Figura 19 Exemplo quadro <i>Kamishibai</i> 5S	27
Figura 20 Exemplo quadro <i>Kamishibai</i> produção	28
Figura 21 Processo de manufatura pré e pós JIT (Silveira, 2017)	29
Figura 22 Representação típica da casa do TPS (Figueira, 2014)	30
Figura 23 Modelo de melhoria contínua PDCA (adaptado de (Moen & Norman, 2006))	32

Figura 24 Modelo que constitui o TFM (Coimbra, 2008)	35
Figura 25 <i>Layout</i> funcional (Coimbra, 2008)	38
Figura 26 <i>Layout</i> de processo (Coimbra, 2008)	39
Figura 27 Bordo de linha (Coimbra, 2008)	40
Figura 28 Exemplo de melhoria rumo ao <i>standard work</i> (Coimbra, 2013)	41
Figura 29 Efeito do SMED na redução de <i>setups</i> (Coimbra, 2008)	42
Figura 30 Exemplos de automação de baixo custo (Coimbra, 2008)	43
Figura 31 Armazenamento tradicional vs Armazenamento em fluxo (Coimbra, 2013)	45
Figura 32 Logística interna: empilhador vs <i>mizusumashi</i> (Coimbra, 2008)	46
Figura 33 Exemplo de <i>kanban</i> no fluxo da produção (Trancoso, 2012)	47
Figura 34 Seleção do processo pacemaker (Batalha, 2016)	48
Figura 35 Modelo <i>Push</i> (Coimbra, 2008)	49
Figura 36 Modelo <i>Pull</i> (Coimbra, 2008)	50
Figura 37 Vista do parque de sucatas (A. M. M. Almeida, 2014)	54
Figura 38 Sistema de carga da fusão (A. M. M. Almeida, 2014)	54
Figura 39 Módulo de Gestão de Cargas da Fusão	55
Figura 40 Copas para amostra e respetivo controlo da composição química	56
Figura 41 Caleira e colherão de transporte fornos de indução (A. M. M. Almeida, 2014)	56
Figura 42 Representação do setor de moldação de uma fundição (adaptado de (DISA, 2017))	58
Figura 43 Máquina de moldar (esq.) e respetiva linha de arrefecimento (dir.)	59
Figura 44 Principio de funcionamento da moldação vertical (DISA, 2017)	60
Figura 45 “Coloca-machos” e respetiva máscara	60
Figura 46 Linha de arrefecimento da George Fischer (A. M. M. Almeida, 2014)	61
Figura 47 Principio de funcionamento da moldação horizontal (Banchhor & Ganguly, 2014)	62
Figura 48 Exemplo de banheira de vazamento GF e Disas (A. M. M. Almeida, 2014)	62

Figura 49 Plataforma de vazamento manual	63
Figura 50 Exemplo de tambor rotativo e entrada na granalhadora	63
Figura 51 Instalação de areias Disa (A. M. M. Almeida, 2014)	64
Figura 52 Instalação de areias GF (A. M. M. Almeida, 2014)	65
Figura 53 Exemplo de machos e conjunto peça e respetivo macho (A. M. M. Almeida, 2014)	66
Figura 54 Perspetiva do setor da macharia (A. M. M. Almeida, 2014)	67
Figura 55 Exemplo de uma caixa de machos	67
Figura 56 Linha de acabamento com auxilio robotizado	69
Figura 57 Célula/ posto de acabamento tradicional Disa	70
Figura 58 Componentes dispostos em bastidor de pintura (A. M. M. Almeida, 2014)	71
Figura 59 Fluxograma do processo produtivo da Sakthi Portugal S.A.	73
Figura 60 <i>Layout</i> pré alterações do setor de acabamentos	75
Figura 61 Prensa hidráulica, robô ABB e posto tradicional	76
Figura 62 Distribuição percentual dos principais motivos de paragem do setor	78
Figura 63 Excesso de <i>WIP</i> no armazém intermédio	81
Figura 64 Exemplo de componente com alimentador agarrado	84
Figura 65 Manuseamento de machos na moldação	85
Figura 66 Exemplo de placa molde e zonas criticas de inspeção	85
Figura 67 Posições ergonomicamente incorretas	86
Figura 68 Riscos com prensa (esq.), disco (centro), abastecimento ao robô	87
Figura 69 Reclamações referentes a defeitos no cliente	88
Figura 70 Exemplos de defeitos provocados por falhas no processo	89
Figura 71 Diagrama referente à visão futura a alcançar	91
Figura 72 Design clássico dos alimentadores pré-alteração (S.A., 2015)	94
Figura 73 Dimensionamento de um alimentador com secções reduzidas (S.A., 2015)	95
Figura 74 Novo design dos alimentadores pós-alteração (S.A., 2015)	95

Figura 75 Exemplo de placa molde com gitagem em resina vulgar	96
Figura 76 Gitagem em resina maquinada (esq.) e gitagem em ferro (dir.)	97
Figura 77 Exemplo de rebarba (esq.) e esmagamento (dir.)	97
Figura 78 Placa de verificação dinâmica PP/SP	98
Figura 79 Argola em medição 3D e por comparador	99
Figura 80 Placa CSE e respetivo procedimento	99
Figura 81 Taco criado e respetiva medição com batímetro	100
Figura 82 Mecanismo, medições e registo no OPC	101
Figura 83 Retirada de cacho no AMC	103
Figura 84 Espaço criado para a fronteira e controlo de cachos	104
Figura 85 Módulo de registo e controlo de cachos	105
Figura 86 <i>Check-list</i> de validação de placa-molde para produção	106
Figura 87 Histórico de validação de placas-molde	107
Figura 88 <i>Check-list</i> de validação nos acabamentos	108
Figura 89 Exemplo de ficha de defeitos de um componente	109
Figura 90 Periodicidades e funções nos diferentes níveis de gestão	110
Figura 91 Exemplo de LPA de nível 1	111
Figura 92 Proposta de novo layout para os acabamentos	113
Figura 93 Perspetiva geral do novo conceito de linha de controlo final	115
Figura 94 Versão final de linha e postos de controlo instalados na Sakthi	115
Figura 95 Outras propostas para configurações do <i>layout</i> das linhas	116
Figura 96 Tapete anti-fadiga e banco ergonómico para os postos de controlo	118
Figura 97 Cordel para bloqueio de linha e betoneira para bloqueio do posto	119
Figura 98 EPIs utilizados nas linhas de controlo final	120
Figura 99 Cálculos de produtividade e constatação do aumento percentual	123
Figura 100 Evolução dos stocks intermédios no período de 2013 a 2017	124

Figura 101 Redução percentual do WIP entre períodos do pré e pós alterações	124
Figura 102 Evolução da não-qualidade interna no período de 2013 a 2017	126
Figura 103 Cálculos e respetiva redução percentual da não-qualidade interna	127
Figura 104 Evolução dos custos de não-qualidade (2013 – 2017)	128
Figura 105 Redução percentual em custos de não qualidade	128
Figura 106 Percentagem afeta aos motivos de paragem das linhas de controlo final	130
Figura 107 <i>Draft</i> geral da integração de sistemas	136
Figura 108 Visão global pretendida para o sistema	137
Figura 109 <i>Draft</i> geral do sistema de arrefecimento	138
Figura 110 <i>Draft</i> geral do sistema de visão artificial	139



## *Índice de Tabelas*

Tabela 1	Calendarização do trabalho	3
Tabela 2	Inscrição de veículos de passageiros em 2016 {ACEA, 2016 #2}	14
Tabela 3	Armazenamento tradicional vs em fluxo	44
Tabela 4	Cálculo do OEE para acabamentos em fluxo tradicional	79
Tabela 9	Cálculo do OEE para acabamentos em fluxo contínuo	131



## *Acrónimos*

AGV	–	Automatic Guided Vehicle
APA	–	Armazém de Produto Acabado
EPI	–	Equipamento de Proteção Individual
FIFO	–	First In First Out
HMI	–	Human Machine Interface
JIT	–	Just In Time
LED	–	Light Emission Diode
LPA	–	Layer Process Audit
OEE	–	Overall Equipment Effectiveness
OEM	–	Original Equipment Manufacturer
OPC	–	Online Process Control
PDCA	–	Plan Do Check Act
PP	–	Pressure Plate
PPM	–	Peças Por Milhão
SBC	–	Synchronized Belt Conveyor
SMED	–	Single Minute Exchange Die
SOP	–	Start Of Production
SP	–	Swing Plate

- TFM – Total Flow Management
- TPS – Toyota Productive System
- TTP – Tempo Total de Produção
- TTT – Tempo Total de Trabalho
- WIP – Work In Process
- VSM – Value Stream Mapping

# 1. INTRODUÇÃO

Este capítulo prevê a contextualização do documento, bem como principais objetivos e metodologias de trabalho que fundamentaram o mesmo. Será também apresentado o cronograma pela qual se regeu a realização deste trabalho, elucidando para a calendarização das tarefas principais que suportaram o seu desenvolvimento. No final do capítulo, para auxiliar o leitor é feita referência à organização do documento.

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A presente Tese/ Dissertação foi desenvolvida no âmbito do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, ramo de especialização em Sistemas e Planeamento Industrial, do Instituto Superior de Engenharia do Porto. O projeto foi desenvolvido em ambiente industrial, na Sakthi Portugal S.A., empresa da área das indústrias transformadoras que se dedica à produção, maioritariamente para exportação, de componentes automóveis em ferro fundido nodular.

A crescente competitividade industrial à escala mundial e as previsões favoráveis para os mercados do ramo automóvel, obrigam a que as organizações tenham “casamentos” perfeitos entre os setores que constituem os diversos processos para que assim possam ter

uma capacidade de resposta sólida e atempada sem pôr em causa a confiança e a força das relações com grandes clientes espalhados pelo globo.

É importante que a mentalidade e filosofia da melhoria continua esteja cada vez mais presente no dia a dia dos colaboradores de uma organização. Só assim é possível identificar desperdícios ou oportunidades de melhoria e por em prática soluções que possibilitem ganhos de performance para o processo e consequentemente para as organizações.

Pretendeu-se com o envolvimento de diversos setores da Sakthi, propor e implementar melhorias para um setor em particular, quebrando problemas de comunicação entre etapas e estimulando o fluxo contínuo do produto, desde que é produzido até á sua expedição.

## **1.2. OBJETIVOS**

O foco principal deste trabalho passa por melhorar o setor de acabamentos da Sakthi Portugal S.A. Como tal pretendem-se cumprir os seguintes objetivos que suportam a origem do trabalho:

- Criar fluxo contínuo do produto;
- Potenciar a prevenção, antecipação e reação;
- Eliminar operações desnecessárias no acabamento do produto;
- Reduzir *stocks* intermédios (*WIP*);
- Reduzir taxas de não-qualidade (evitar produto não-conforme);
- Potenciar a comunicação e sincronismo entre os diversos setores do processo produtivo;
- Melhorar condições ergonómicas e de segurança no setor;
- Aumentar a eficiência global e produtividade do setor.

## **1.3. METODOLOGIA DE TRABALHO**

Mudar a filosofia, não só nos colaboradores do setor, mas de todos os intervenientes no produto com foco num processo a operar em efeito para-brisas, criar autocontrolos que estimulem esta filosofia e que permitam a prevenção e antecipação do problema, eliminar operações desnecessárias no acabamento do produto e assim possibilitar um *layout* que

privilegie o fluxo contínuo do produto até ao APA (Armazém de Produto Acabado). Como suporte ao caso de estudo deste trabalho, é possível enumerar as seguintes etapas que constituem a metodologia utilizada ao longo do período de desenvolvimento:

- Conhecer a organização, respetiva missão e estratégia e mercados;
- Conhecer o produto, métodos de fabrico e planos de controlo;
- Conhecer a constituição do processo produtivo desde a matéria-prima ao produto final acabado e pronto a expedir;
- Analisar, diagnosticar e qualificar problemas, desperdícios e a origem dos mesmos;
- Potenciar soluções que permitam, nas mais diversas áreas, garantir maior fluidez no processo (criar fluxo contínuo);
- Aplicar e implementar as medias corretivas ou ações de melhoria;
- Determinar e concluir a eficácia das medidas aplicadas.

#### 1.4. CALENDARIZAÇÃO

A calendarização das tarefas chave que suportaram a construção deste relatório é apresentada na tabela seguinte. O período considerado no cronograma para o início do trabalho, tal como referido no protocolo, foi o mês de Janeiro de 2017 com a elaboração do documento a terminar em Outubro de 2017.

**Tabela 1 Calendarização do trabalho**

Tarefas	Início	Conclusão	Duração do trabalho												
			Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro			
Conhecer a organização, missão, estratégia e mercados	05-jan	20-jan	█												
Pesquisa bibliográfica (mercado automóvel, TFM, Kaizen)	15-jan	31-jan	█	█											
Adaptação em ambiente laboral (Conhecer a totalidade do processo produtivo e respetivo produto)	20-jan	28-fev		█	█										
Análise e Situação atual do setor de acabamentos (Identificação e descrição de problemas e desperdícios no setor)	01-mar	15-abr			█	█									
Estudo de propostas de melhoria nas diversas áreas do processo	10-abr	31-mai				█	█								
Implementação de ações de melhoria	01-jun	31-ago						█	█	█					
Análise comparativa pré e pós alterações (tratamento de dados)	01-set	05-out										█	█		
Elaboração do documento	Janeiro	Outubro	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

## **1.5. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO**

O presente documento está dividido em 7 capítulos.

No primeiro capítulo é realizada a introdução à Tese/ Dissertação, onde o tema proposto é enquadrado e apresentados os objetivos do trabalho desenvolvido, a calendarização do mesmo e a forma como se encontra distribuído o relatório que o suporta.

O segundo capítulo é destinado à apresentação da empresa onde foi desenvolvido o trabalho. Para além da história, missão, estratégia e estrutura da organização são também descritas todas as etapas chave que constituem o processo produtivo. É também feita referência aos equipamentos principais que suportam o fluxo produtivo.

No terceiro capítulo o espaço é reservado para o enquadramento teórico. São elucidados os principais conceitos relacionados com a otimização dos fluxos e respetivos processos. São descritas alguma ferramentas, metodologias e indicadores de desempenho que hoje suportam as mais diversas organizações ao nível industrial.

O quarto capítulo destina-se ao caso de estudo do setor onde se pretende aplicar melhorias. É descrita a situação do setor antes de alterações, focando aspetos como o fluxo da operação, operadores e maquinaria, planeamento, logística e OEE do setor. Pretende-se identificar e descrever os principais problemas e desperdícios que prejudicam o fluxo continuado do produto.

No quinto capítulo são apresentadas ações de melhoria que tem como objetivo melhorar ou eliminar os problemas e desperdícios referidos no capítulo anterior. É de salientar que as ações de melhoria estão diretamente relacionadas com as várias etapas principais do processo desde a qualidade, desenvolvimento do produto, produção e por fim a reestruturação do *layout* do setor de acabamentos com vista á otimização dos fluxos.

O sexto capítulo destina-se à apresentação, comparação e discussão de resultados entre a situação pré e pós alterações propostas.

No sétimo e último capítulo serão apresentadas as conclusões retiradas do desenvolvimento deste trabalho, bem como enumeração de algumas propostas de trabalho futuro.

## 2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo será apresentada a Empresa onde foi desenvolvida a presente dissertação, focando não só a história da organização como também aspetos relevantes do âmbito industrial como Estratégia, Vendas, Mercados e Clientes.

### 2.1. INTRODUÇÃO E HISTÓRIA DA SAKTHI PORTUGAL

A presente dissertação foi desenvolvida na Sakthi Portugal, empresa multinacional ligada à metalomecânica com incidência no setor automóvel, que se dedica à produção de componentes automóveis em ferro fundido nodular. A empresa, sediada na cidade da Maia pertence ao *Sakthi Group* de origem indiana (desde 2007), sediado em Coimbatore (Índia), que se apresenta como um dos grupos de negócio de mais rápido crescimento no Sul da Índia. O grupo tem uma forte presença no mercado em vários domínios industriais, com empresas em áreas como: produção de açúcar, logística e transportes, indústria alimentar, componentes automóveis, produção de energia elétrica, serviços de IT, educação, finanças, entre os projetos presentes no *Sakthi Group*.

A Sakthi Portugal S.A. insere-se no grupo *Sakthi Automotive Group*, do qual fazem parte 3 fundições, duas situadas na Índia e a Sakthi em Portugal. As capacidades instaladas rondam

as 75.000 toneladas/ano na Sakthi Portugal e 56.000 toneladas/ano no conjunto das duas fundições situadas na Índia.

Recentemente o grupo abraçou um projeto de expansão da capacidade instalada, com a construção de mais uma fundição em Portugal, mais precisamente em Águeda. Com SOP (*Start of Production*) para o ano de 2017 espera-se que numa fase inicial do projeto (apenas uma nave fabril) abarque cerca de 15.000 toneladas em ano de arranque.

A história desta organização começa em 1970 com a *Eurofer*, fundada em 1970 por Jorge Ferreirinha que tinha imensas ligações às metalomecânicas mais importantes em Portugal e ajudou ainda a criar e a desenvolver *Ferreirinha & Irmão* e *Oliveira & Ferreirinhas*. Em 1972 e com apoio financeiro do grupo suíço *George Fischer*, a *Eurofer* iniciou a sua atividade. Em 1985, Jorge Ferreirinha adquire as ações dos suíços na *Eurofer* para em 1990 e juntamente com os principais acionistas decidem unir *Oliveira & Ferreirinhas* com a *Eurofer*, aproveitando o *hardware* da *Oliveira & Ferreirinha* (já tinha a primeira linha de moldação mecanizada e foi das primeiras fundições na Europa a usar fornos de indução elétrica para a produção de ferro maleável) com o *know-how* da *Eurofer*. Desta junção surgiu a *Unifer*. Mais tarde, em Junho de 1998, a sociedade *PortCast* iniciou a sua atividade, em substituição da *Eurofer*, com participação de capitais conjuntos entre o Grupo Jorge de Mello e a norte-americana *Intermet Corporation*. Em Abril de 2007 a *PortCast* é adquirida pelo *Sakthi Group*, alterando a sua designação para Sakthi Portugal S.A.

## **2.2. UNIDADES FABRIS E SUA LOCALIZAÇÃO**

A Sakthi Portugal, tal como mostra a Figura 1, está situada na cidade da Maia (freguesia de Vermoim) a 10km da cidade do Porto, a 12km do porto marítimo de Leixões, a 8km do Aeroporto Internacional de Francisco Sá Carneiro e a 500m da saída da A41 (Matosinhos/ Ermesinde) com ligações à A3 (Porto/ Braga) e A28 (Porto/ Caminha).

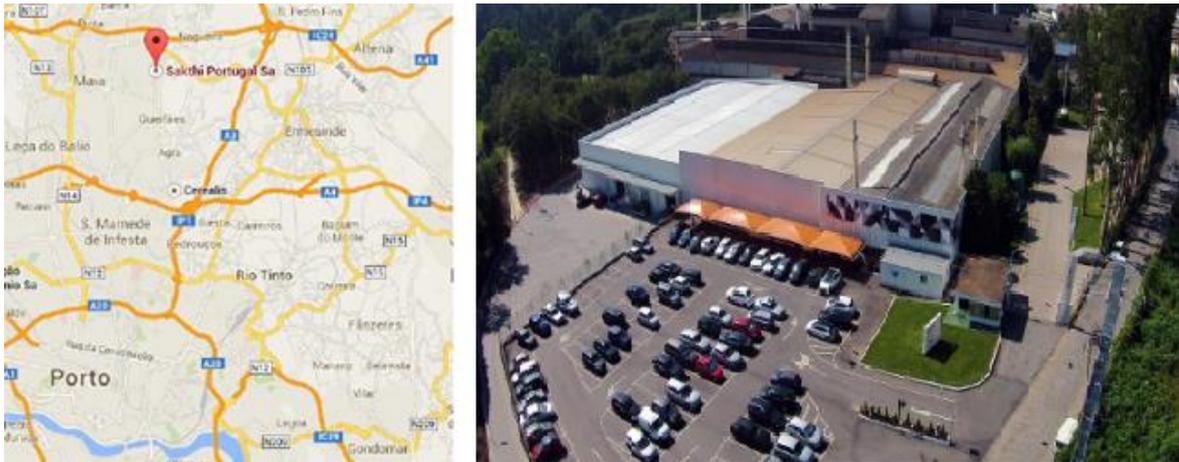


Figura 1 Localização e respetiva vista da Sakthi Portugal

A unidade fabril na Maia está estabelecida num terreno de aproximadamente 65000m<sup>2</sup>, sendo que o pertencente à área fabril e administrativa ronda os 22000m<sup>2</sup>. A figura 2 mostra o *layout* fabril, representando as áreas principais áreas do *shop floor*.

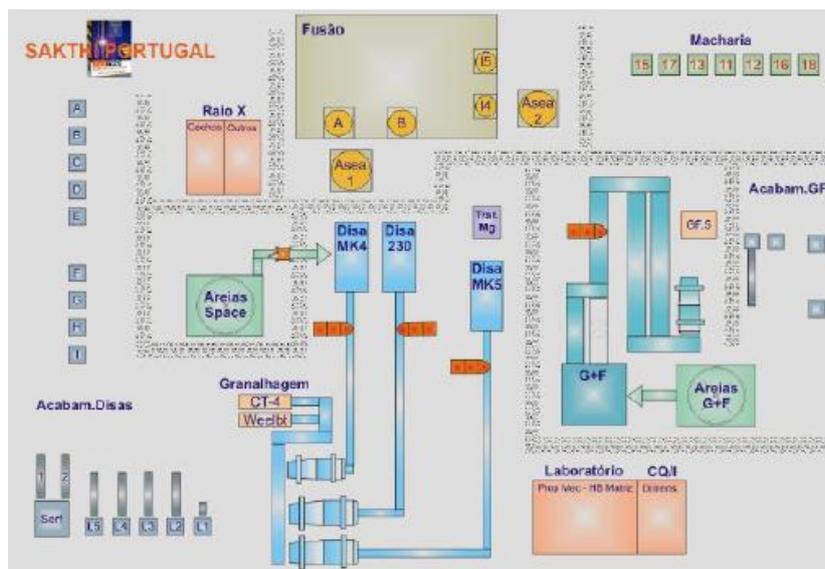


Figura 2 *Layout* da área fabril da Sakthi Portugal

Tal como referido anteriormente, o grupo abraçou um projeto de crescimento não só com a construção de mais uma fundição para fazer face à procura de mercado, mas também com olhos no futuro para a maquinagem, pré-maquinação, introdução do alumínio e *training*. A nova unidade fabril, com SOP para 2017, prevê abarcar numa fase inicial cerca de 100 colaboradores para 10.000 toneladas de *budget* (orçamento).

A Sakthi Portugal SP21 (designação para a nova unidade fabril) encontra-se situada no município de Águeda a sensivelmente 40 minutos da cidade de Aveiro. Relativamente a canais de comunicação, a infraestrutura situa-se a aproximadamente 35 minutos do Porto de Aveiro, a 1h15 do Aeroporto Francisco Sá Carneiro e com ligação às autoestradas A17 que liga Aveiro à Marinha Grande, A25 que liga Aveiro à fronteira de Vilar Formoso e A29 com ligação a Espinho e Vila Nova de Gaia (Figura 3).



Figura 3 Localização e respetiva vista da Sakthi Portugal SP21

A primeira nave fabril tem 275 metros de comprimento e 75 metros de largura, correspondendo a um total aproximado de 21000m<sup>2</sup>. A área do terreno encontra-se em processo de expansão estando prevista para breve a aquisição de novos lotes. O total do centro industrial deverá rondar os 250000m<sup>2</sup>. O objetivo é que a primeira nave opere em regime de laboração contínua (de igual modo á unidade já existente na Maia), no entanto em ano de arranque irá operar apenas em 1 turno e com base na evolução das vendas deverá arrancar com o segundo turno próximo do final de 2017. A capacidade anual de produção inicial é de cerca de 37000 toneladas com 1 forno de indução (este valor pode duplicar com a aquisição de mais 1 forno de fusão). A tecnologia em máquinas e equipamentos é bastante recente permitindo atingir cadências horárias de produção bastante satisfatórias e manter no processo baixos níveis de não qualidade e *down-time*. Tendo em conta um volume interior do edifício de aproximadamente 390000 m<sup>3</sup> e uma capacidade de aspiração combinada de 476500 m<sup>3</sup>/h temos uma renovação total do ar no interior da nave a cada 45 minutos.

Toda a unidade de produção é literalmente em linha, refletindo a ideia clara do fluxo contínuo no processo desde a aquisição da matéria-prima até à expedição. Contudo as diversas áreas de produção estão seccionadas de forma a se obter uma atmosfera limpa e uma temperatura ambiente controlada. O edifício está no alinhamento Norte – Sul o que possibilita um maior aproveitamento de luz natural no interior da nave fabril. A figura 4

mostra o *layout* fabril da Sakthi Portugal SP21, representando as principais áreas do *shop floor*.

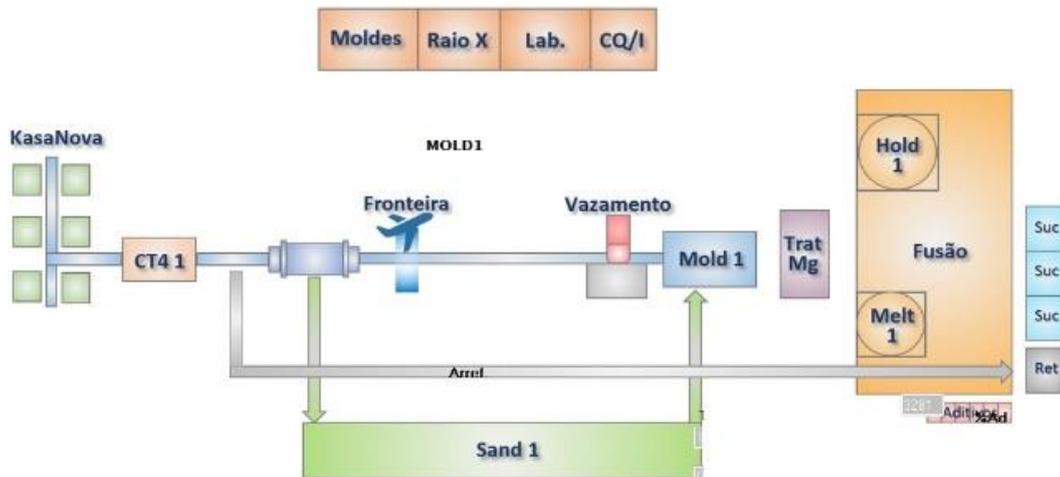


Figura 4 *Layout* da área fabril da Sakthi Portugal SP21

### 2.3. ESTRATÉGIA DA ORGANIZAÇÃO

A Sakthi Portugal produz componentes automóveis em ferro fundido nodular. Tendo em conta o reconhecimento na produção da gama de segurança crítica automóvel (sistema de travagem) estes componentes tornam-se altamente qualificados do ponto de vista técnico e alicerçados por um forte sistema de Gestão da Qualidade. As certificações nas mais diversas normas, não só na área da qualidade, mas também do ambiente suportam este mesmo sistema.

A exigência e avanço dos mercados internacionais à qual se destina o produto da Sakthi Portugal leva também a própria organização a adotar uma postura bastante ativa nas manobras de melhoria continua não só na gestão do processo como também no investimento dos mais sofisticados meios de produção e apoio à mesma, acompanhando o avanço dos clientes.

Fator estratégico da Sakthi Portugal é também a formação e treino contínuo dos seus colaboradores pelas mais diversas áreas (não só aptidões técnicas como *soft skills*) com o foco na diminuição das taxas de não qualidade, ou seja, a redução da quantidade de peças produzidas fora de especificação procurando sempre aumentar a confiança dos clientes.

A forma de atuar da organização passa também por trabalhar “lado a lado” com o cliente por forma a encontrar as melhores soluções para cada componente. A permanência constante junto do cliente é um auxílio fulcral dada a complexidade, variedade e especificidade dos componentes produzidos constituindo um desafio constante a todos os elementos.

É certo, na economia atual, que a conjuntura dos negócios industriais por todo o mundo vive períodos de incerteza. A indústria automóvel não foge á regra. Em curso desde 2014 e entre outros projetos, estão duas ações estratégicas com incidência no Marketing e nas Vendas: a primeira de tentativa de ganho de cota de mercado no continente Africano dadas as previsões para o crescimento do mercado automóvel no referido continente até 2020 (Marques, 2016) e a segunda de tentativa de aumento de vendas de componentes pertencentes á gama das caixas diferencias pois tem melhores relações peso vs preço do Kg.

A reflexão estratégica transitou de importante a imprescindível em qualquer negócio, servindo de base para os pontos fortes e possíveis melhorias das empresas. Na figura 5 é apresentada a análise SWOT da Sakthi Portugal.



Figura 5 Análise SWOT da Sakthi Portugal S.A. (SakthiPortugal, 2017)

## 2.4. GAMAS DE PRODUTO

A versatilidade no *mix* de produtos da Sakthi Portugal divide-se em quatro grandes famílias: travão (que engloba corpo e *bracket* do travão automóvel), caixas diferenciais (sistema de transmissão automóvel), braços de suspensão (sistema de suspensão automóvel) e componentes de motor (por exemplo apoios e *carters* de motor). A maior fatia da produção anual está no travão automóvel. A produção é totalmente dedicada ao ferro fundido nodular desde o grau 40 até ao grau 70.

A designação dos graus para ferro nodular provem de Normas e a sua designação varia de acordo com as várias normas existentes na Figura 6.

Norma Alemã	GGG40	GGG45	GGG50	GGG60	GGG70
Norma Francesa	FGS 400/15	FGS 450/10	FGS 500/7	FGS 600/3	FGS 700/2
Norma Inglesa	400/15	450/10	500/7	600/3	700/2
Norma Sakthi	N40	N45	N50	N60	N70

Figura 6 Designações Ferro Fundido Nodular (Vilela, 2012)

Estas normas entre outras coisas, definem as propriedades mecânicas que cada um dos graus deve satisfazer. É visível nesta tabela um ponto em comum da designação dos graus: em todas as nomenclaturas é mencionada a resistência mínima de cada grau, por exemplo, nos graus GGG 40, FGS 400/15 ou N40 a resistência mínima exigida é 40 Kg por mm<sup>2</sup>. Algumas normas utilizam como unidade para a resistência o MPa (Mega Pascal), unidade que corresponde a dez vezes um Kg. Na sua constituição diferem entre si na percentagem de cobre, sendo que peças ferríticas se situam entre 0-0,25% de Cu (o correspondente ao GGG40) e peças perlíticas se situam em valores acima de % de Cu (correspondente aos GGG50, 60 e 70).

A Figura 7 mostra as principais gamas de produto da Sakthi Portugal, descritas acima, com a sua aplicabilidade no automóvel.

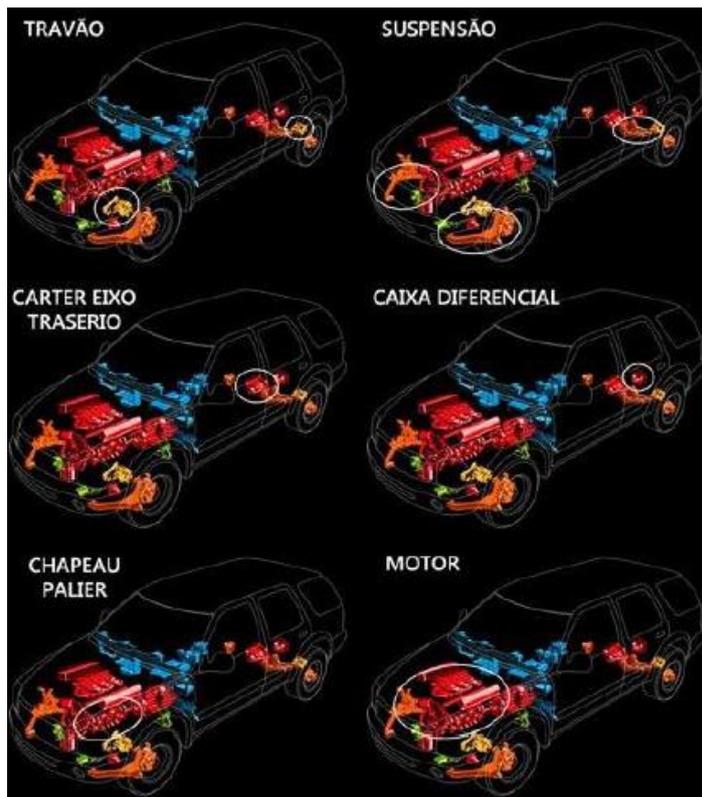


Figura 7 Gamas de produto fabricados na Sakthi Portugal

A variedade e quantidade de referências internas de produção é imensa, variando na família, na geometria, na composição metalúrgica, nos controlos associados, no modo de conceção, etc. As imagens da Figura 8 referem-se a alguns exemplares de componentes produzidos pela Sakthi Portugal.



Figura 8 Exemplo de componentes produzidos pela Sakthi Portugal

O gráfico circular da Figura 9 apresenta a distribuição percentual dos volumes de produção afetos a cada família de produto. Tal como referido anteriormente, a grande fatia de produção está relacionada com o sistema de travagem (corpo e *bracket* do travão automóvel) com 59% do volume de produção da empresa, seguido das caixas diferenciais que representam atualmente 28% da produção da empresa (não esquecendo que uma das estratégias da organização é atacar o mercado das caixas diferenciais pois oferecem melhor relação peso vs preço kg de venda).

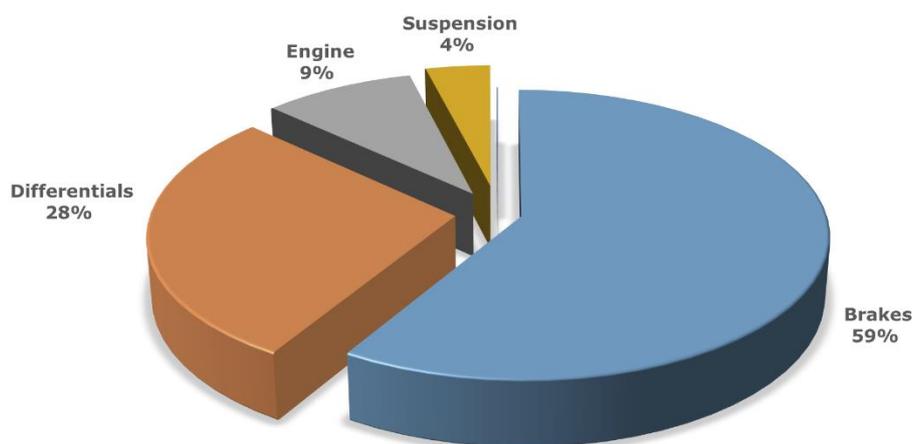


Figura 9 Distribuição da produção para as principais famílias

## 2.5. VENDAS E PREVISÕES DE MERCADO

Tendo em conta que a indústria automóvel se encontra em constante evolução e produzindo cada vez mais automóveis com tecnologias inovadoras, é óbvia a necessidade de se produzirem mais componentes para os veículos com o passar dos anos. É de salientar que em qualquer representação gráfica de produção ou vendas no mercado automóvel é claramente notória a baixa no período de 2008 a 2009 tendo em conta a crise que o segmento de mercado em questão atravessou.

Segundo dados da ACEA (Associação dos Construtores Europeus Automóvel), o ano de 2016 apresenta um crescimento relativamente a 2015 no que respeita ao número de novos veículos de passageiros registados, fator que fomenta o crescimento do segmento de mercado. Segundo a mesma fonte estima-se que as vendas de veículos de passageiros em 2016 rondam os 56 milhões de veículos, o que traduz um crescimento de aproximadamente

4.4% face ao mesmo período do ano anterior. O destaque vai para a Ásia pois conforme se percebe pela Tabela 2 foi a região do Globo que mais contribuiu para este incremento (ACEA, 2016).

**Tabela 2 Inscrição de veículos de passageiros em 2016 {ACEA, 2016 #2}**

	JAN-SEP 2016 <sup>2</sup>	JAN-SEP 2015	% change 16/15	% share 2016
<b>EUROPE</b>	<b>13,193,634</b>	<b>12,576,446</b>	<b>+4.9</b>	<b>23.6</b>
EU <sup>3</sup>	11,243,263	10,413,745	+8.0	20.1
EFTA	364,003	362,995	+0.3	0.6
RUSSIA	944,736	1,112,497	-15.1	1.7
TURKEY	489,355	500,905	-2.3	0.9
UKRAINE	42,363	27,622	+53.4	0.1
OTHERS-EUROPE <sup>4</sup>	109,914	158,682	-30.7	0.2
<b>NORTH AMERICA<sup>5</sup></b>	<b>12,915,701</b>	<b>12,866,230</b>	<b>+0.4</b>	<b>23.1</b>
Of which the US	10,794,739	10,890,268	-0.9	19.3
<b>SOUTH AMERICA</b>	<b>2,266,088</b>	<b>2,668,260</b>	<b>-15.1</b>	<b>4.0</b>
Of which Brazil	1,240,966	1,603,663	-22.6	2.2
<b>ASIA</b>	<b>24,772,235</b>	<b>22,608,685</b>	<b>+9.6</b>	<b>44.2</b>
CHINA	15,529,653	13,541,045	+14.7	27.7
JAPAN	3,138,034	3,277,320	-4.2	5.6
INDIA	2,289,404	2,071,621	+10.5	4.1
SOUTH KOREA	1,108,662	1,074,834	+3.1	2.0
OTHERS-ASIA <sup>6</sup>	2,706,482	2,643,865	+2.4	4.8
<b>MIDDLE EAST/AFRICA</b>	<b>2,869,995</b>	<b>2,925,357</b>	<b>-1.9</b>	<b>5.1</b>
<b>WORLD</b>	<b>56,017,653</b>	<b>53,644,978</b>	<b>+4.4</b>	<b>100.0</b>

É também interessante perceber que a evolução das vendas da Sakthi Portugal acompanham a também crescente produção dos denominados *light vehicles* na Europa. As previsões para os próximos anos são também risonhas com perspectivas de crescimento em ambas as partes. O gráfico da Figura 10 pretende mostrar precisamente o paralelismo entra vendas da Sakthi Portugal e produção de veículos ligeiros na Europa.

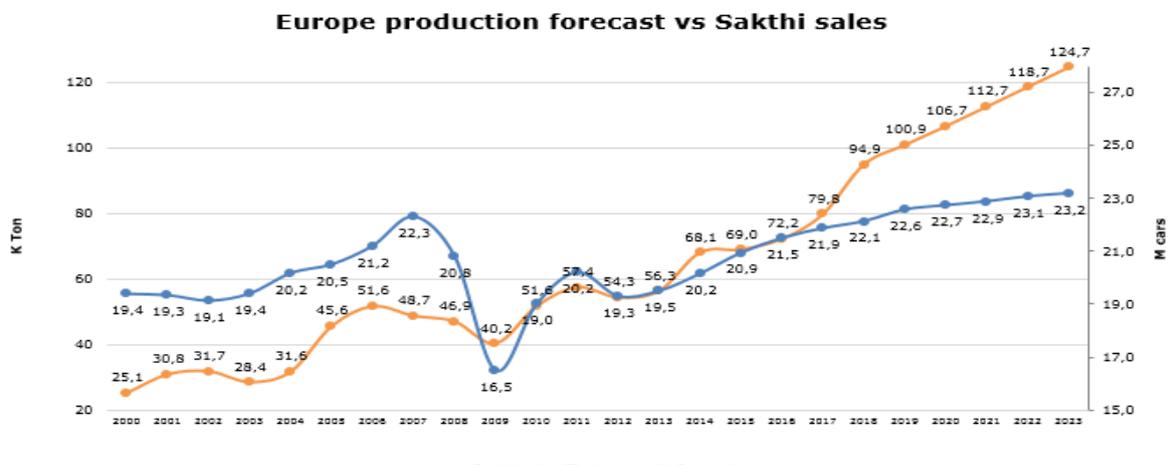


Figura 10 Produção Europeia vs Vendas Sakthi

Por último o gráfico da Figura 11 compara o total de vendas da Sakthi Portugal em toneladas com o volume de negócio (*turnover*), em milhares de euros, desde 2000 até ao valor final atingido ao fecho de 2016 e ainda as previsões para os próximos anos. É de salientar que para os anos de previsão os valores podem sofrer alterações quer por variações de mercado quer por alterações no preço da matéria-prima (sucata de aço), que neste ramo da indústria assume um forte papel na regulação dos preços de venda junto dos clientes.

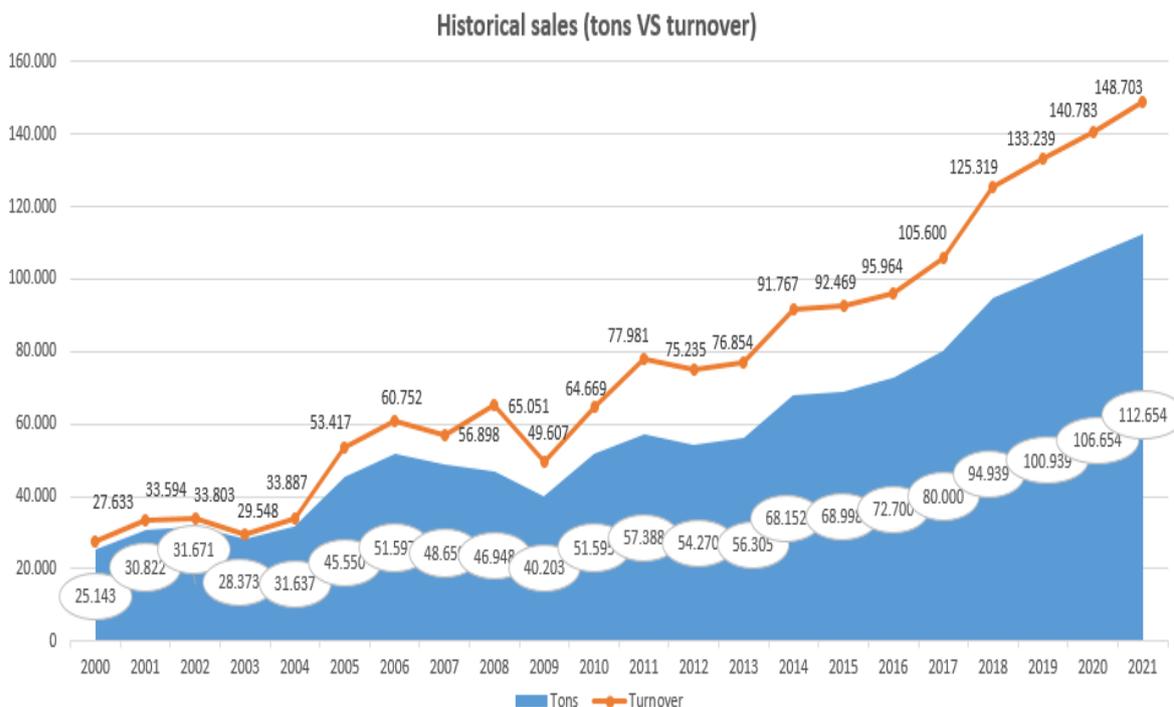


Figura 11 Total vendas tons VS turnover 2000-2021

## 2.6. PRINCIPAIS MERCADOS E CLIENTES

A atividade da Sakthi Portugal é exclusivamente para exportação, sendo que grande parte do volume de negócios da organização se distribui por França, Alemanha, Espanha, Eslováquia, etc. A produção da Sakthi Portugal serve plataformas do mercado automóvel como: Mercedes, Volkswagen, Land Rover, Audi, Volvo, Jaguar, entre outras marcas automóveis. A Sakthi Portugal assume-se atualmente como fornecedor Tier 1 (fornecimento direto aos construtores automóveis) de alguns dos principais OEMs (*Original Equipment Manufacturers*) do setor automóvel: *PSA Peugeot Citroen, Daimler - Mercedes, Volkswagen Group e Ford*. Paralelamente é fornecedor Tier 2 de marcas como *BMW, Renault Nissan, General Motors, Honda, Toyota, Fiat*, etc, tal como representa a Figura 12.



Figura 12 Clientes Sakthi Portugal S.A.

Do ponto de vista geográfico, a carteira de 32 clientes da Sakthi Portugal distribui-se por três continentes onde apesar da forte incidência da exportação de 85% do seu produto para a Europa (maioritariamente Alemanha, França, Espanha e Eslováquia) também é atualmente representada com cerca de 2% das suas vendas na América do Sul por via da Argentina, cerca de 10% de vendas na América do Norte mais precisamente nos Estados Unidos da América e no Continente Africano com cerca de 3% entre Renault Marrocos e Dana Africa do Sul com fortes perspectivas de crescimento (Marques, 2016) (ver Figura 13).



Figura 13 Localização dos principais clientes Sakthi Portugal S.A

Por último, é representado na Figura 14 a distribuição percentual atribuída aos principais clientes da Sakthi Portugal onde é notório o peso da *CAS (Continental Automotive Systems)*, *PSA (Peugeot Citroen)*, *TRW Automotive* e *Daimler AG*.

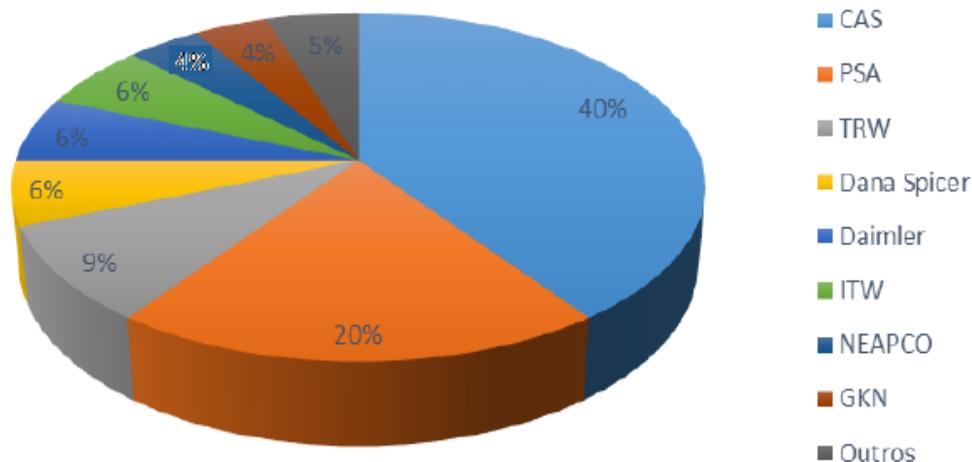


Figura 14 Distribuição da carteira de clientes Sakthi Portugal S.A.

## 2.7. ORGANOGRAMA DA EMPRESA

Em primeiro lugar, importa perceber que o organograma de uma organização pretende mostrar uma representação gráfica da estrutura hierárquica de uma empresa, isto é, do desenho organizacional que consiste na configuração global dos cargos e respetivas relações entre as funções. O organograma é considerado a melhor representação gráfica do desenho organizacional. É uma ferramenta sobretudo útil para pessoas externas à empresa (permite identificar que entidades devem ser contactadas em determinado problema) e para funcionários recém-contratados, deixando bem claro a quem reportam segundo a hierarquia da empresa (de Araujo, 2001).

O modelo organizacional e forma de gestão da Sakthi Portugal segue uma filosofia vincadamente horizontal, conforme mostra a Figura 15. Importa perceber que as áreas principais e diretas à produção foram divididas em Unidades de Negócio, onde o Chefe da Unidade de Negócio reporta diretamente ao CEO da Organização e tem a seu cargo equipas compostas por uma chefia de turno e respetivos colaboradores (em cada um dos três turnos).

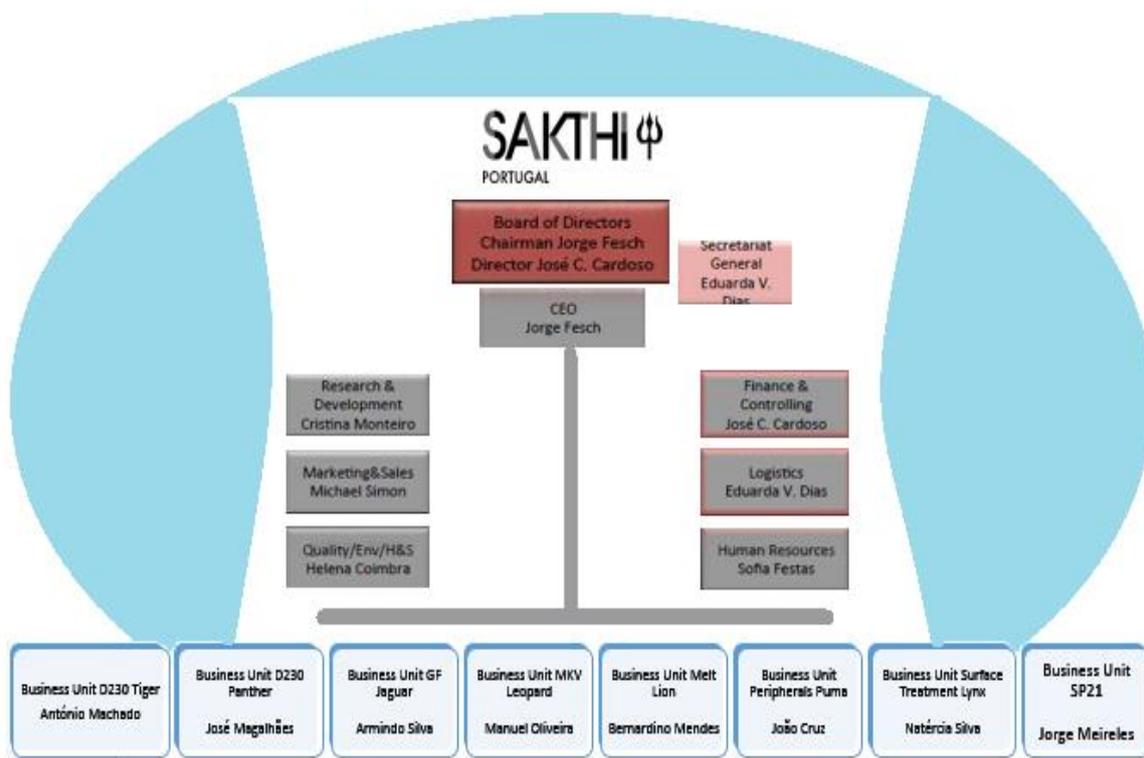


Figura 15 Organograma Sakthi Portugal S.A.

# 3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Este capítulo prevê a revisão dos conceitos que suportam este documento. É referente ao enquadramento teórico das práticas e ferramentas do planeamento industrial que constituem o tema abordado no presente relatório, a melhoria no processo produtivo da Sakthi Portugal com foco no sector de acabamentos.

De seguida são apresentados alguns conceitos e ferramentas associados á filosofia *Lean*, *Kaizen* e á Gestão Total de Fluxo (*TFM – Total Flow Management*).

## 3.1. FILOSOFIA *KAIZEN*

*Lean* e *Kaizen* são conceitos popularmente associados á competitividade industrial e á capacidade de subsistência das organizações nos diversos mercados. Englobam um “sem fim” de ferramentas de gestão que tem como principal objetivo mover as empresas da atualidade industrial para um *mindset* cada vez mais focado na melhoria continua e na junção de esforços para melhorar constantemente.

Tal como refere Euclides Coimbra (Coimbra, 2013), independentemente da terminologia *Lean* ou *Kaizen* importa reter que ambas têm como objetivo a implementação de uma

estratégia de operações que sustentem resultados de excelência ao nível de Qualidade, Custo, Entrega e Motivação na relação com clientes e fornecedores. Segundo esta filosofia para uma organização atingir o estado de referência ou *best in class*, deverá melhorar os seus processos internamente no sentido de atingir os seguintes objetivos:

- ✓ Fluxo integrado e ligado no processo produtivo;
- ✓ Eficiência dos colaboradores;
- ✓ Zero defeitos;
- ✓ Estrutura de suporte eficaz;
- ✓ Eficiência do processo.

Exemplo comumente conhecido no mundo industrial, é o da Toyota com a implementação do TPS (*Toyota Production System*) na década de 50, com créditos para Taiichi Ono, Shigeo Shingo e Ejii Toyoda. O foco em se assumir como uma organização *best-in-class* ou *benchmark*, levou a que a empresa aplicasse passo a passo os princípios da filosofia Kaizen de modo a mudar a cultura de todos os intervenientes na produção da Toyota. Inicialmente foi uma adaptação da produção em massa existente nos EUA mas rapidamente se tornou num sistema de produção modelo onde, tal como refere Euclides Coimbra (Coimbra, 2008), inúmeras organizações recorrem diariamente às palavras e fundamentos de Masaaki Imai (fundador do Instituto *Kaizen* em 1986) com o objetivo de tornarem as organizações mais competitivas e sustentadas por estratégias de melhoria continua.

A filosofia *Kaizen* assenta num conjunto de metodologias criadas em “sede própria” e que visam todo o esforço centrado na melhoria continua. Estas metodologias são vistas como os pilares que suportam a implementação da filosofia (Figura 16):

- TFM (*Total Flow Management*): sistema de criação de fluxo envolvendo a totalidade da cadeia de valor (*supply chain*), desde o fornecedor ao cliente final. Prevê a eliminação de desperdício ao longo da cadeia, com foco nas tarefas ou operações de valor acrescentado. O recurso a automação de baixo custo, trabalho *standard* ou definição de *layouts* são alguns dos pontos evidenciados nesta metodologia.
- TPM (*Total Productive Maintenance*): abordagem holística para a manutenção de equipamentos que tem como foco o universo da “produção perfeita” (“Total Productive Management - TPM,” 2017). Esta metodologia auxilia a maximização da eficiência global (*OEE - Overall Equipment Efficiency*, indicador da eficiência de

equipamentos) dos equipamentos ao longo da sua vida útil. A envolvimento e participação dos funcionários na manutenção é ponto fulcral do TPM.

- **TSM (Total Service Management):** é uma metodologia de eliminação de desperdício nas áreas de suporte à produção e serviços, com o objetivo convergente na obtenção de um processo livre de desperdício. É formado por seis níveis que visam maior autonomia através do trabalho por objetivos e com equipas flexíveis. Recorre a outras metodologias *Lean* como os *5S's* ou os *Muda* (Felisberto, 2012).
- **TQC (Total Quality Control):** é uma metodologia que recorre a ferramentas e métodos visando a melhoria da qualidade do produto ou serviço prestado. Rege-se pela melhoria contínua projeto após projeto rejeitando os pensamentos ou estados de “nível ou taxa de qualidade aceitável”. Com o TQC coloca-se a responsabilidade do controlo no próprio operador em vez do departamento da qualidade (Mourão, 1996/97).
- **TCM (Total Change Management):** a implementação de filosofias *Kaizen* ou *Lean* divide dois paradigmas bastante importantes, o choque da mudança por parte dos envolventes nas organizações e a importância de estabilizar processos. Esta metodologia procura auxiliar nestes pontos levando a mudança cultural a todas as pessoas da organização. Este pilar serve de apoio transversal a todos os outros, já que se centra na gestão da mudança e implementação de ferramentas para a melhoria contínua.

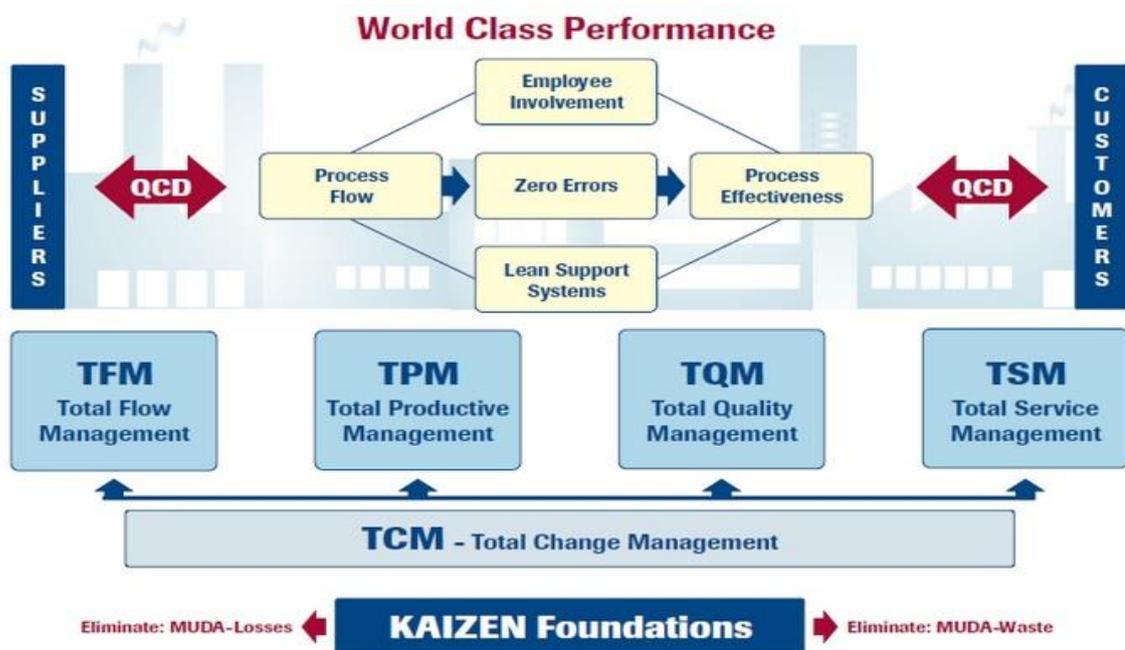


Figura 16 *Kaizen Management System* – KMS (Institute, 2017)

A filosofia *Kaizen* baseia-se nos seguintes princípios chave:

- ✓ Os processos conduzem a resultados: a orientação para os resultados é cada vez mais importante pois traduz todo o desempenho de uma organização. O acompanhamento dos resultados nas mais diversas áreas representa o cumprimento ou não dos objetivos definidos. A obtenção de resultados consistentes é o culminar da fluidez de processos consistentes.
- ✓ Não culpar e não julgar: após a deteção de um problema no processo este deve ser entendido como uma oportunidade de melhoria, envolvendo toda a comunidade num foco constante de como executar melhor o trabalho. Culturas de medo ou culpa, por autoridade excessiva, levam erradamente á procura de quem errou em vez do motivo pela qual ocorreu a falha. Este cenário condiciona negativamente a comunicação e obtenção de soluções para problemas futuros.
- ✓ Sistemas globais vs Sistemas funcionais: A filosofia *Kaizen* privilegia os sistemas globais promovendo a criação de fluxo e de forma a que o aparelho produtivo funcione como um todo. Pouca ou má comunicação e conflito em pontos isolados do processo são prejudiciais ao fluxo do processo.

### 3.1.1. MUDA

A eliminação de desperdícios é o primeiro principio para a criação de fluxo, segundo a filosofia *Kaizen*. Esta filosofia define sete tipos de desperdícios á qual a sua eliminação promove a competitividade e a excelência (Coimbra, 2008) (ver Figura 17).



Figura 17 Os 7 desperdícios da produção (Silveira, 2017)

Tal como defenderam Shigeo Shingo (Shingo & Dillon, 1989) e Ohno (Ohno, 1988) distinguem-se sete tipos de desperdício:

1. Excesso de produção: deve ser produzido apenas o que o cliente realmente necessita. Produzir em excesso pode surtir efeitos tão negativos no aparelho produtivo como produzir a menos. O excesso de produção é altamente custoso, pois prejudica em larga escala o bom fluxo de materiais, os níveis de qualidade do produto e a produtividade da empresa.
2. Transporte: operações que não acrescentam valor ao produto final, como deslocação de pessoas, materiais ou informação, são outro motivo para aumentar custos ao processo. As causas para estes custos podem residir em planeamentos deficientes, locais de trabalho inadequados ou *layout* do *shop floor* desajustado, no entanto eliminar este tipo de desperdício pode ser o mais complexo dados os custos para movimentação de máquinas e equipamentos.
3. Tempo de espera: os tempos de espera, seja qual for a sua origem, são desperdício para a organização. A origem pode advir de inatividade de pessoas, recursos, equipamentos ou sistemas e tem como consequência o aumento do *lead-time* e *takt-time*. Os recursos inativos, o aumento de custos e a quebra dos níveis de produção podem no limite por em causa entregas ao cliente.
4. Processos inadequados: o desperdício implícito aos processos reside na utilização de recursos, ferramentas, máquinas, equipamentos ou atividades de forma incorreta. São inúmeros os casos de investimentos consideráveis em equipamentos de alta precisão e dispendiosos, onde seria de privilegiar ferramentas mais simples e eficientes. Para além de investimentos desnecessários e má organização do *layout* fabril, não se incentiva a utilização dos recursos nem a produção fluida e com poucos *setups*, rentabilizando os investimentos.
5. Inventários: referem-se a desperdícios associados a qualquer matéria-prima, equipamento ou produto que se encontre em quantidade superior ao necessário no momento, seja para o processo ou para o cliente. Este fator aumenta prazos de entrega, ocupa espaço do aparelho produtivo, cria problemas de qualidade e retarda a identificação de problemas. O fluxo contínuo conseguido entre centros de trabalho é capaz de melhorar a comunicação entre os mesmos, reduzindo *stocks* e consequentemente custos.

6. Defeitos no fabrico: surge sempre que um produto ou serviço não cumpre as especificações do cliente, ou seja, é não conforme ou considerado sucata. A não-qualidade representa custos para a organização com triagem, retrabalho de produtos defeituosos ou reparação de equipamentos noutros fornecedores de serviços subcontratados. Em alguns segmentos do setor industrial os custos de não-qualidade podem representar fatias significativas dos custos de produção. Formação de colaboradores inadequada ou equipamentos e processos deficientes poderão ser causas deste desperdício.
7. Movimentação de pessoas: toda a movimentação de pessoas que não acrescente valor ao produto ou serviço final é tido como desperdício. Má disposição do posto de trabalho, dos sectores que compõem a produção, ferramentas ou sistemas pouco eficientes podem ser causas para este desperdício. A ferramenta 5S é muito popular no combate á desorganização ou desarrumação de utensílios necessários ao trabalho.

Dado que a superioridade competitiva das organizações se mede pelo valor que criam e pelo custo que pedem é importante que se retenha que muitas mudanças nos últimos anos têm impulsionado organizações de escala mundial a adotar o conceito *Lean*. Casos como a Toyota, Autoeuropa ou *Bosch* alteraram as suas filosofias percebendo que os clientes pagam por trabalho de valor acrescentado e nunca por desperdícios ou resíduos.

### **3.1.2. 5S**

“A falta de organização da área de trabalho é um cenário recorrente no quotidiano das empresas. Embora possa não parecer à primeira vista, o ambiente pesado, a dificuldade em localizar os itens necessários, a falta de espaço e a dificuldade permanente de acesso e partilha são entraves à produtividade, na medida em que aportam consigo uma série de outras problemáticas como perda de tempo, stress na equipa, dependência das pessoas ou má imagem para os visitantes” (Institute, 2015).

Existem cinco passos que constituem a metodologia 5S, apresentados abaixo, que ajudam a resolver as questões acima referidas com vista a organizar áreas de trabalho desde secretárias ou espaços partilhados. Aplicam-se a todo tipo de áreas, desde o setor industrial a cargos administrativos, privilegiando-se o desencadeamento pelos próprios utentes dos espaços (Titu, Oprean, & Grecu, 2010).

### 1. Triagem (*Seiri*)

Consiste em retirar das áreas de trabalho tudo o que não é necessário para os processos que ali se desenvolvem. Para tal, importa antes de tudo, definir o que é indispensável e o que não é necessário de modo a libertar o local de trabalho do que não é relevante. A frequência de utilização dos diversos itens deve ser conhecida auxiliando na gestão de prioridades.

### 2. Arrumação (*Seiton*)

Consiste na arrumação dos itens facilitando o seu acesso aos colaboradores da organização, aumentando a eficácia e eficiência das atividades e serviços. É importante que se defina localização e número máximo de itens permitidos no posto de trabalho e produtos semiacabados não devem ser produzidos em grandes lotes, evitando pontos de estrangulamento. Por exemplo, no *shop-floor*, caixas ou contentores que contenham materiais devem ter o seu local delineado ou pintado no chão e com número mínimo e máximo definidos, para facilitar e comprometer a arrumação. É um grande suporte para que o fluxo entre setores cumpra o FIFO (*first in, first out*).

### 3. Limpeza (*Seiso*)

Restaurar as boas condições dos equipamentos e infraestruturas, facilitando a inspeção dos mesmos. O objetivo é responsabilizar os colaboradores pela constante limpeza e arrumo do seu posto de trabalho permitindo um ambiente de trabalho ergonómico, limpo e confortável. Um bom exemplo é a facilidade na deteção de problemas mecânicos ou elétricos numa máquina limpa ou por outro lado num equipamento repleto de fugas de óleo ou pó.

### 4. Normalização (*Seiketsu*)

A normalização é igualmente fator chave, já que se pretende que as melhores práticas sejam seguidas por todos os colaboradores de determinado setor ou equipamento. As instruções ou procedimentos de trabalho deverão ser normalizadas, registadas e partilhadas com a comunidade podendo estar ao alcance de qualquer colaborador.

## 5. Disciplina (*Shitsuke*)

A disciplina conduz ao cumprimento dos *standards* anteriormente definidos. A manutenção e melhoria da organização e gestão dos postos de trabalho é contínua no tempo, pelo que todos devem conhecer as normas, aplicá-las diariamente e melhorá-las sempre que possível. É saudável que velhos hábitos e práticas se quebrem facilitando a evolução e o enquadramento das organizações num mercado competitivo. É comum o recurso a auditorias internas e externas para garantir a estabilidade das tarefas a executar nos diversos postos de trabalho (ver Figura 18).



Figura 18 Metodologia 5S (E-CraneWorldwide, 2008)

### 3.1.3. GESTÃO VISUAL

A passagem de informação entre os vários níveis e setores de uma organização deve ser o mais eficiente possível. No presente das mais diversas atividades e serviços estes têm e colocam, na generalidade dos casos, a informação disponível aos mais diversos intervenientes. O problema para o fluxo dos processos é quando a partilha e troca da informação atinge grandes percentagens de ineficiência pelos vários departamentos (Garcia, 2014). Tendo em conta o foco atual das organizações na orientação para os resultados e objetivos, é recorrente o recurso a ferramentas visuais de modo a permitir a todos os

colaboradores saber em que estado está o processo e que desvios face aos objetivos. Isto proporciona transparência aos processos auxiliando na realização de ajustes ou análises a eventuais modos de falha ou ações corretivas.

### 3.1.3.1. KAMISHIBAI

O termo *Kamishibai* remonta ao antigo Japão e significa “teatro de papel” pois era uma forma de contar história e educar crianças de forma simples. Em tempos mais recentes foi aplicado ao setor industrial pela *Toyota*, que implementou o *Kamishibai* com o intuito lúdico de incentivar os executivos de uma fábrica a irem ao *gemba*. Esta ferramenta auxiliou os executivos da Toyota em auditorias 5S, de qualidade, de produtividade, entre outras, sempre com o foco de ajudar no sentido de atingir objetivos e não na procura de culpados (Kokudai, 2011).

Tal como referido acima, a aplicação do *Kamishibai* pode ter várias vertentes. No primeiro exemplo pretende-se mostrar a aplicabilidade de um quadro *Kamishibai* utilizado para auditar as diversas áreas da empresa já mencionada, Sakthi Portugal, na vertente dos 5S. O objetivo é que diariamente membros de todas as áreas da organização auditem as restantes áreas pertencentes ao *gemba* avaliando cada dia da semana durante o mês entre verde e vermelho. Nos vermelhos deverão ser indicadas quantas e quais as não conformidades detetadas no ramo dos 5S (exemplo na Figura 19).



Figura 19 Exemplo quadro *Kamishibai* 5S

Outro exemplo, também oriundo da Sakthi Portugal, é um quadro *Kamishibai* que pretende mostrar em cada instante do dia como está o cumprimento dos planos de produção mediante a eficiência de todos os equipamentos críticos da produção (máquinas de moldar e fornos de indução) representado na Figura 20. Mediante cadências base e cumprimento de ciclos no fabrico dos diversos componentes este quadro avalia a verde e vermelho a performance dos equipamentos nas várias horas do dia de produção.

Semana 41		 		416 Ton		416 Ton					
10-10-2016				Até última hora		Projeção do dia					
Segunda											
23:37		14:31 - 15:30	15:31 - 16:30	16:31 - 17:30	17:31 - 18:30	18:31 - 19:30	19:31 - 20:30	20:31 - 21:30	21:31 - 22:30	22:31 - 23:30	
Forno A	206,1 ton	100%	246 Hz 12,2 Ton	244 Hz 12,3 Ton	244 Hz 12,4 Ton	245 Hz 12,4 Ton	245 Hz 12,3 Ton	246 Hz 12,3 Ton	246 Hz 12,4 Ton	246 Hz 12,3 Ton	246 Hz 12,3 Ton
Forno B	200,5 ton	95%	243 Hz 12,1 Ton	243 Hz 12,2 Ton	242 Hz 12,2 Ton	244 Hz 12,4 Ton	245 Hz 12,3 Ton	244 Hz 12,3 Ton	245 Hz 12,2 Ton	244 Hz 12,2 Ton	244 Hz 12,3 Ton
Forno I4	109,2 ton	88%	5,2 Ton	0 Ton	5,2 Ton	5,2 Ton	5,2 Ton	5,2 Ton	5,2 Ton	5,2 Ton	5,2 Ton
Forno I5	109,2 ton	88%	Abraso Preparação 0 Ton	5,2 Ton	5,2 Ton	5,2 Ton	5,2 Ton	5,2 Ton	5,2 Ton	5,2 Ton	5,2 Ton
LION	795 ton	95%	29,5 Ton	29,7 Ton	35 Ton	35,2 Ton	35 Ton	35 Ton	35 Ton	34,9 Ton	35 Ton
Emp. 1	96%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Emp. 2	97%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Emp. 3	100%	100%	96%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
LEOPARD	8% 6080 mold	80%	240 80%	250 83%	250 83%	160 80%	280 90%	290 94%	170 55%	200 65%	220 73%
TIGER	3% 8210 mold	87%	340 89%	350 92%	350 92%	270 100%	340 89%	350 92%	350 92%	340 89%	230 61%
PANTHER	0% 5040 mold	99%	400 100%	400 100%	400 100%	250 100%	400 100%	400 100%	400 100%	400 100%	340 85%
JAGUAR	4% 1917 mold	86%	69 71%	75 77%	90 93%	90 93%	85 88%	86 91%	85 89%	85 88%	75 77%
FA/Hora		18,8 Ton	19,0 Ton	20,0 Ton	15,1 Ton	17,6 Ton	17,5 Ton	15,5 Ton	15,9 Ton	14,3 Ton	
PUMA	100,0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
LINCE	Acumulado 0 m2	X	X	X	X						
Emp. Prod.	25,0 Ton	MKS / GF 35 min.	MKS / GF 25 min.	MKS 13 min.	MKS 6 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	

Figura 20 Exemplo quadro *Kamishibai* produção

### 3.1.4. JIT – JUST IN TIME

O JIT é outro componente com relação direta no fluxo dos processos. É uma combinação de ferramentas, técnicas e princípios que possibilitam a produção e entrega do produto nas quantidades necessárias a satisfazer a solicitação do cliente, com níveis de qualidade satisfatórios e com prazos curtos para a receção no cliente (Silveira, 2017).

Os esforços investidos na implementação do JIT devem incidir na redução ou até mesmo na eliminação, de desperdícios ou produtos em stocks elevados, abrangendo todas as etapas do processo, com o objetivo de eliminar custos com stocks, não-qualidade ou até mesmo segurança interna. A figura 21 pretende mostrar o fluxo *Lean* num processo de manufatura antes e após implementação do JIT.

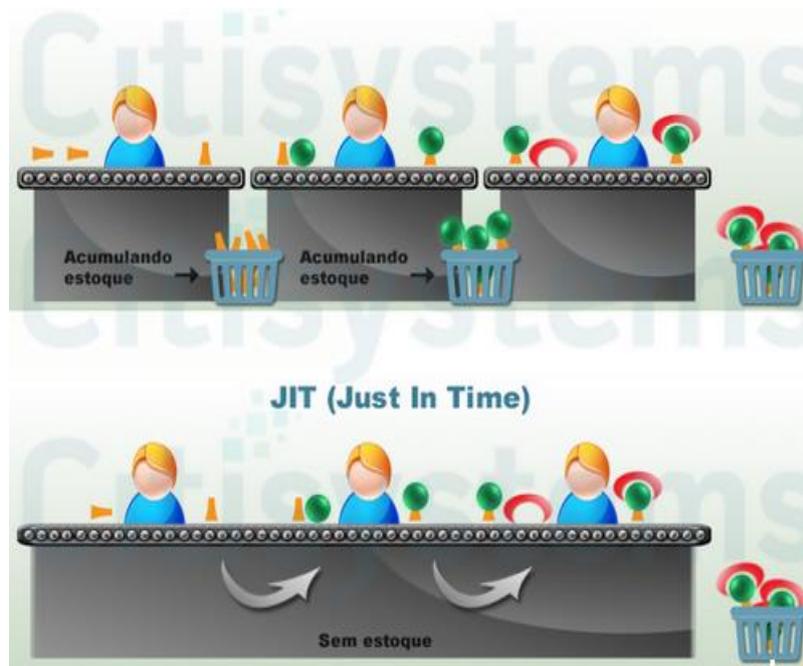


Figura 21 Processo de manufatura pré e pós JIT (Silveira, 2017)

Cada passo ou etapa do processo é gerido como um cliente da etapa anterior, fornecendo no instante da necessidade apenas o que é necessário. Toda a lógica do sistema contribui para otimizar o espaço utilizado na planta fabril (Silveira, 2017). As vantagens como a redução de custos, rápida conversão de materiais, redução do espaço e manuseamento, entre outras, devem ser suportadas por:

- ✓ Redução de *stocks*: o espaço ocupado com aprovisionamento de recursos e materiais não será tão necessário;
- ✓ Redução do tempo: os mesmos níveis de produção podem ser atingidos em tempos menores, com os mesmos recursos e ganhos no planeamento;
- ✓ Aumento da qualidade: com a redução dos níveis de sucata ou não-qualidade, o produto ganha uma melhor fluidez no processo e com custos menores de não-qualidade.

No entanto, pode ser um problema quando aplicado em processos ou segmentos do mercado vulneráveis a oscilações não previsíveis dos mercados e com consequências nos níveis de produção, podendo resultar em custos não rentáveis para a organização.

### 3.1.5. TPS – TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

Tal como reflete o nome, a *Toyota* volta a ser mentora noutra filosofia *Lean* que se viria a notabilizar no segmento industrial a nível mundial, o *Toyota Production System*, TPS (Vyas, 2011). Tal como referido acima, a aplicação em massa dos princípios *Kaizen* modificou a cultura da empresa e modo de pensar dos colaboradores, alcançando ganhos impensáveis e flexibilizando os seus processos.

Tal como defendem os próprios, não é um modo rígido de agir imposto pelos responsáveis, mas sim um conjunto de procedimentos e formas de pensar para serem utilizados dia a dia com o foco na melhoria contínua (Figura 22). Para a *Toyota*, o TPS deve devolver três resultados (Corporation, 2017):

- ✓ Proporcionar ao cliente a melhor qualidade de veículos, com o preço mais baixo possível e num tempo que responda às solicitações;
- ✓ Proporcionar aos colaboradores satisfação no trabalho, segurança na execução do mesmo e tratamento justo e equitativo;
- ✓ Devolver á organização flexibilidade para responder a diversos mercados, alcançar lucros através de custos e perspectivas futuras de mercado.



Figura 22 Representação típica da casa do TPS (Figueira, 2014)

Em tempos, Ohno afirmou que o JIT e o *Jidoka* (será abordado á frente) são os dois pilares do TPS. Assim, seria possível eliminar qualquer atividade desnecessária no processo de

fabrico que não resulte em custos indiretos, ou seja, que não se traduza em benefício para a organização, eliminando assim todos os desperdícios (Ohno, 1988).

### **3.1.6. JIDOKA**

Tal como já referido acima, o *Jidoka* é o segundo pilar do TPS e refere-se à automação com toque humano. Consiste em facultar aos colaboradores ou às máquinas e equipamentos, a autonomia de parar o processo de produção sempre que uma anomalia é detetada. Variadas fontes apontam a origem do *Jidoka* na máquina de tear inventada por Sakichi Toyoda, equipamento este que continuava a operar mesmo que um fio quebrasse (A. M. M. Almeida, 2014). Deste fator resultavam grandes quantidades de tecido não conforme, pois, a anomalia só era detetada no final da produção, traduzindo a análise do processo produtivo num “efeito retrovisor”. Assim sendo, Toyoda decidiu munir a máquina com autonomia para interromper a produção em casos de deteção de alguma falha na linha, de cumprimento das quantidades de produção solicitadas ou pelo atingir de fim de ciclo ou fim de linha (Hallam, Muesel, & Flannery, 2010).

### **3.1.7. HEIJUNKA**

O *Heijunka*, é assumido como a base do TPS, e procura a distribuição uniforme no tempo do plano de produção (*mix* de produtos e respetivo volume de produção). Em muitas organizações o serviço ao cliente segue modelos *buid to order*, onde a produção é de acordo com as solicitações de cliente (Furmans, 2005). No entanto, tal como mencionado acima, a imprevisibilidade dos mercados e clientes pode ser um obstáculo originando produção em excesso ou défice, custos não previsíveis com trabalho extraordinário, paragem e pouco rendimento de máquinas e pessoas. O *Heijunka* auxilia na criação de processos *Lean*, possibilitando a prestação de melhores serviços, com melhor qualidade na produção e melhores outputs de produção, essencialmente focado no nivelamento da produção (A. M. M. Almeida, 2014).

### **3.1.8. TAKT-TIME**

O *Takt-time*, quando implementado, é um suporte útil á obtenção de uma produção nivelada. Oriundo do alemão, *Taktzeit*, está relacionado com a criação de uma base para o ritmo de produção estimando quantas unidades de produção se produzem por unidade de tempo em cada posto de trabalho, de forma a conseguir responder ás solicitações do cliente dentro dos

*timings* aceitáveis (Kumar & Kumar, 2012). Esta ferramenta para além de definir o ritmo de produção, é essencial no planeamento do trabalho, conferindo previsibilidade na programação, evitando pontos de estrangulamento no processo produtivo. O *Takt-time* pode ser descrito matematicamente, pela divisão do tempo disponível de produção pela procura do cliente. Em alguns processos, pode não se traduzir desta forma, tendo em conta a capacidade instalada de determinados setores que pode não ser suficiente para “alimentar” outros pontos do processo produtivo, tornando-se os *bootleneck* do processo (Trancoso, 2012).

### 3.1.9. CICLO PDCA

O ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) é mais uma ferramenta importante na resolução de problemas e completamente focada na melhoria contínua. O facto de o ciclo estabelecer metas claras e criar um processo repetitivo de melhoria contínua são pontes fortes da metodologia. O PDCA é composto por quatro fases sendo elas: *Plan* (consiste em identificar e descrever os problemas existentes), *Do* (recolha de dados relativos ao problema, analisando o processo identificado), *Check* (são estabelecidas as causas dos problemas listados), *Act* (planeamento de ações a realizar para reduzir ou aniquilar os problemas listados) (F. Almeida, 2012). A implementação de ações deve ser sequencial, privilegiando primeiro ações com impacto positivo, maior facilidade de execução e menor custo. Caso se conclua que se está próximo do resultado pretendido são repetidas ciclicamente fases de *Act*, aplicando novas ações corretivas com o intuito de melhorar pequenos pontos para apresentar o resultado final. Este ciclo, conforme representado na figura 23, não pressupõe ter um final definitivo, mas sim ser um ciclo de melhoria contínua vicioso com o foco constante de aperfeiçoar e otimizar o trabalho, não se limitando só a processos com problemas identificados e clarificados (Aguiar, 2002).



Figura 23 Modelo de melhoria contínua PDCA (adaptado de (Moen & Norman, 2006))

### 3.1.10. OEE

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), conforme referido acima aquando das metodologias que suportam a filosofia *Kaizen*, tem origem no TPM e assume-se como um indicador de desempenho dos equipamentos, mas também como métrica que monitoriza e auxilia na melhoria continua dos processos produtivos.

Uma condição básica para uma boa gestão industrial é possuir um conjunto de indicadores representativos do desempenho industrial da instalação fabril com o objetivo de maximizar a operacionalidade e o desempenho dos equipamentos em termos de eficiência e qualidade do produto produzido. O OEE deve ser um indicador relevante em empresas cuja produção dependa principalmente do bom desempenho dos equipamentos (Vallespir & Alix, 2010).

A expressão matemática que traduz o cálculo do OEE tem em consideração três grandes grupos:

- ✓ Perdas por paragens não planeadas (disponibilidade);
- ✓ Perdas pelos equipamentos não trabalharem no máximo da velocidade (eficiência);
- ✓ Perdas pela qualidade do produto produzido (qualidade).

Estes três grupos representam as “6 grandes perdas dos equipamentos” (Vorne, 2008):

- ✓ *Down-time* dos equipamentos (avarias);
- ✓ *Set-ups* e afinações (mudanças de produto, ajustes ou outras paragens);
- ✓ Micro-paragens (pequenas paragens intrínsecas ao processo produtivo);
- ✓ Velocidade operacional reduzida;
- ✓ Rejeições no arranque de um lote;
- ✓ Rejeições durante a produção de um lote.

Segundo Nakajima, criador deste indicador de produção, a meta ideal para uma organização é obter um OEE entre 80% e 95%. Para valores nesta gama as organizações consideram-se “*World Class OEE*” (F. Almeida, 2012). No entanto apesar da relevância dos seus resultados, o OEE não pode ser generalizado ou visto de forma singular, dado que é apenas um valor

genérico. Deve ser complementado com outros indicadores de desempenho, isto porque, o OEE calcula a eficiência tendo apenas por base os tempos de produção que efetivamente o equipamento está a produzir. É então errada a perspectiva de analisar e avaliar o OEE sem serem consideradas as três variáveis apresentadas, que constituem o indicador.

A fórmula de cálculo que devolve a percentagem de OEE afeta a uma organização, é a seguinte:

$$OEE = Disponibilidade * Qualidade * Performance$$

Sendo que o cálculo para cada variável que constitui o OEE, é o seguinte:

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de operação}}{\text{Tempo de produção planeado}}$$

$$Qualidade = \frac{\text{Total de peças boas}}{\text{Total de peças produzidas}}$$

$$Performance = \frac{\text{Tempo ideal de ciclo}}{\frac{\text{Tempo de operação}}{\text{Tempo total de produção}}}$$

Com isto, o principal objetivo do OEE não é fornecer um indicador de desempenho ótimo, mas sim fornecer um indicador simples e passível de passar a informação necessária para os intervenientes no processo por forma a objetivar para onde se devem canalizar os gastos e recursos de melhoria no sistema. É importante reter que, em termos comparativos, não tem de ser norma que uma organização opte sempre pelo caso com OEE superior, pois grande percentagem das organizações atualmente, não abdica da qualidade dos produtos para aumentar disponibilidades ou velocidades de produção.

### 3.2. TFM – TOTAL FLOW MANAGEMENT

O pilar TFM, tal como referido anteriormente, incide na gestão total do fluxo de materiais, pessoas e informação na cadeia de valor. Foi uma ferramenta desenvolvida com o objetivo de responder ao cenário de consumidores cada vez mais exigentes no que respeita a qualidade, disponibilidade e comportamento dos mercados.

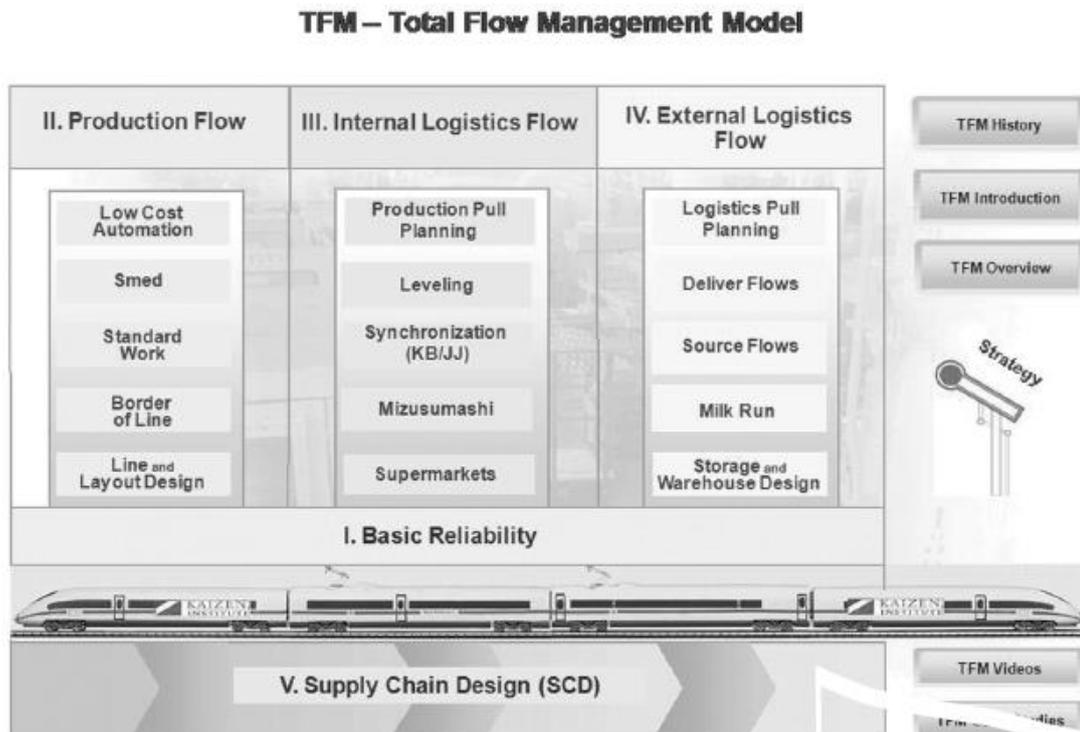


Figura 24 Modelo que constitui o TFM (Coimbra, 2008)

#### 3.2.1. ESTABILIDADE BÁSICA

A estabilidade básica é o elemento fundamental à garantia de que existem condições necessárias ao desenvolvimento de fluxo de informação e produtos entre equipas de trabalho. Para tal é necessário que se considere o desenvolvimento ao nível dos 4M:

- ✓ Mão-de-obra: competências, formação e absentismo dos colaboradores;
- ✓ Material: disponibilidade e proximidade para a entrega;
- ✓ Máquinas: *down-time* por avarias ou paragens não planeadas em baixa percentagem;

- ✓ Métodos: processos normalizados e documentados para a gestão da manutenção e produção.

### **3.2.2. FLUXO DA PRODUÇÃO**

Conforme refere Euclides Coimbra, o segundo pilar do TFM é o fluxo da produção sendo que os objetivos ou *targets* deste pilar são (Coimbra, 2008):

- ✓ Desenho de linhas e *layouts*: criar fluxo unitário de produto (uma peça ou referência em produção de cada vez, desde o início do processo (matéria-prima) até ao produto final acabado pronto a expedir. Alterando *layouts* e permitindo o fluxo contínuo no processo;
- ✓ Bordo de linha: criar condições e garantir organização na localização dos materiais, facilitando os utentes e melhorando a rapidez e eficiência na utilização dos materiais necessários;
- ✓ *Standard work*: normalizar as melhores práticas no processo produtivo de forma a reduzir desperdícios. Suporte imprescindível para se obter disciplina;
- ✓ SMED: tem que ver com a diminuição de tempos de preparação de máquinas (*setups*), já que a sigla representa *Single Minute Exchange of Dies*. Aumenta a flexibilidade, permite lotes unitários e reduz ao *down-time* dos equipamentos;
- ✓ Automação de baixo custo: tal como já referido acima é importante dotar as máquinas e sistemas de dispositivos capazes de auxiliar os colaboradores e o próprio processo a reagir instantaneamente a desvios ocorridos ao longo da produção.

#### **3.2.2.1. DESENHO DE LINHAS E LAYOUTS**

Tal como Shingo defendeu, é importante que se retenha o pressuposto de que na definição de um layout se deve ter em conta a redução ou até mesmo eliminação de tarefas que não acrescentam valor ao processo (tempos de espera, qualidade, transporte, entre outras). É importante perceber as diferenças entre dois tipos distintos de organização da produção: o *layout* funcional e o *layout* de processo (Coimbra, 2013).

## Layout Funcional

Este tipo de *layout* é caracterizado por operar com grandes lotes para minimizar transportes entre operações (Figura 25), no entanto deste conceito resultam várias consequências:

- ✓ **Stocks elevados** – para que as peças prossigam para a próxima tarefa do processo, um lote de determinada quantidade tem que ser completado. Quantas mais áreas contemplar o processo mais lotes existiram ao longo do processo. Acresce a isto o facto de a diversificação ou *mix* de produtos ter aumentado nas empresas, por forma a não perder competitividade e que, portanto, também contribui para que o WIP em cada sector aumente em demasia;
- ✓ **Rapidez e prevenção na deteção de problemas de qualidade** - normalmente a deteção de um defeito causado na fase de produção só é verificado e analisado numa área mais a jusante. Assim, o tempo passado desde que a peça não conforme é produzida até á deteção, fazendo com que o problema continue refletindo-se no aumento da não-qualidade e respetivos custos;
- ✓ **Utilização de espaço elevada** – todo o material em espera e em grandes lotes ocupa espaços desnecessários e origina transtornos ao fluxo do processo produtivo. Isto leva a um distanciamento natural entre as várias etapas do processo e leva à criação de elementos de armazenagem (estantes, paletes, entre outros);
- ✓ **Movimentação de material** – devido ao distanciamento das áreas de produção é necessário transportar o material de acordo com as suas necessidades o que obriga a ter pessoas e meios disponíveis para o fazer (empilhadores, porta paletes, carros de transporte);
- ✓ **Complexidade de gestão** – gerir a sincronização desta cadeia de valor torna-se muito complexo. Existem diversas operações, nas quais passam diversos produtos, sendo ainda necessário gerir armazéns intermédios bem como transportes necessários para a sua movimentação;
- ✓ **Visibilidade da cadeia** – existindo muitas fases separadas é necessário ter a informação correta sobre que operações já foram feitas em cada produto. A relação entre a realidade física e o sistema de informação é normalmente complicada e pouco

fiável. De realçar também o desperdício dos operadores que apenas se destinam fazer os registos no sistema.

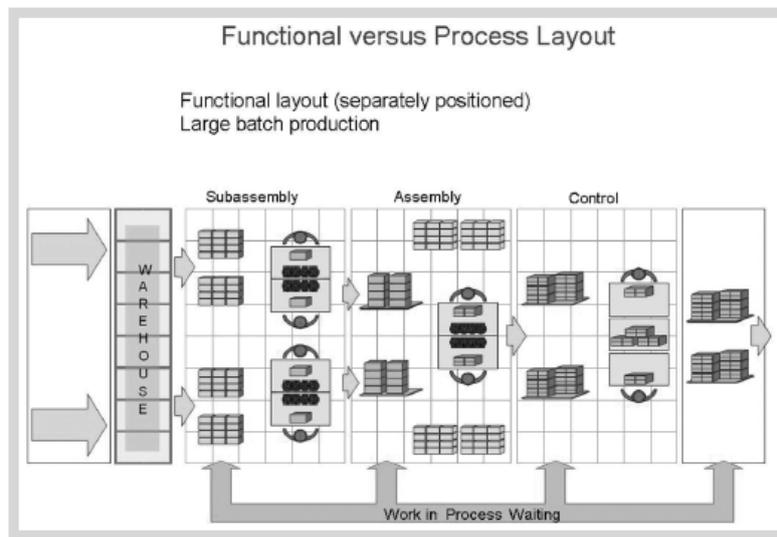


Figura 25 *Layout* funcional (Coimbra, 2008)

### Layout de processo

O *layout* de processo privilegia o conceito de linha de fluxo unitário (*one piece flow lines*). Este conceito traduz um modo de funcionamento que integre todas as tarefas proporcionando fluxo ao produto durante a produção até á expedição (Figura 26). As vantagens desta configuração de *layout* são várias:

- ✓ **Stocks elevados** – tendo em conta que os processos estão integrados não se trabalha em lote, não existindo assim grandes lotes em processamento resultando em WIPs reduzidos;
- ✓ **Rapidez e prevenção na deteção de problemas de qualidade** – a prevenção e deteção de problemas de qualidade acontece mais rapidamente, normalmente desde o arranque da produção prevenindo que se produzam mais produtos não conformes;
- ✓ **Lead time reduzido:** a integração de processos e a prevenção da não-qualidade permite que o produto flua desde a matéria-prima até á expedição, podendo responder normalmente a exigências de mercado e entregar a tempo ao cliente;

- ✓ **Utilização de espaço reduzida** – reduzindo produto em WIP é possível uma utilização do espaço mais eficiente;
- ✓ **Movimentação de material** – a integração dos processos reduz drasticamente grandes movimentações ou transportes desnecessários;
- ✓ **Complexidade de gestão** – dada a organização no processo e a fluidez do mesmo, torna-se mais simples gerir, comunicar e fazer circular informação;
- ✓ **Visibilidade da cadeia** – existe menos complexidade de integrar todos os intervenientes no sistema de informação, mantendo toda a cadeia focada no processo

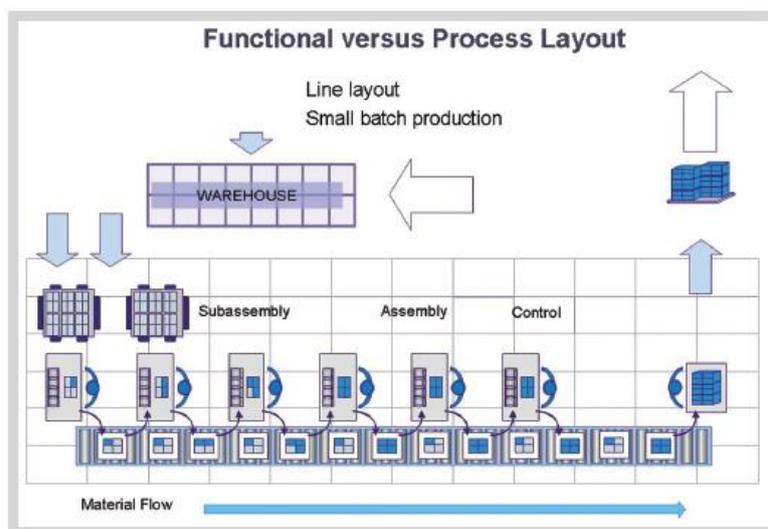


Figura 26 *Layout* de processo (Coimbra, 2008)

### 3.2.2.2. BORDO DE LINHA

O bordo de linha é o local de onde o operador, no devido posto de trabalho se abastece de componentes para a realização de uma tarefa. Deve ser entendido como o interface entre produção e logística, sendo que cada uma destas funções deve poder trabalhar independente. A retirada de peças para abastecimento dos operadores não deve estar localizada atrás dos mesmos e deve proporcionar posições ergonómicas estando próximo dos operadores.

O bordo de linha deve estar desimpedido, livre de qualquer desperdício e ser o mais ergonómico possível com o intuito de maximizar tarefas de valor acrescentado. Idealmente, os componentes devem estar ao alcance frontal do operador, a uma distância que salvguarde a área de trabalho e que minimize as alterações de movimento por parte do operador. No

caso de não ser possível o abastecimento frontal deve-se tentar optar por caixas ou contentores pequenos. Deve ser cumprida a área de valor acrescentado (Figura 27) para evitar movimentos desnecessários por parte dos colaboradores.

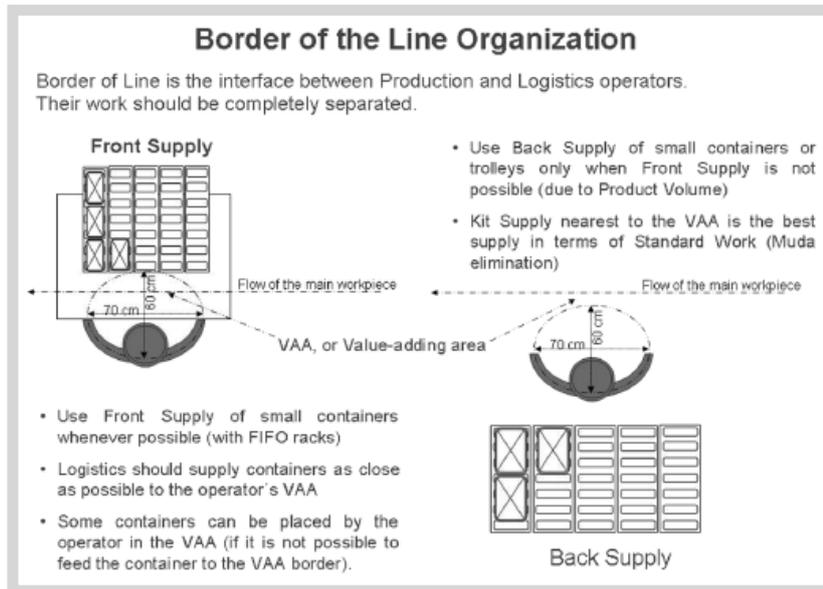


Figura 27 Bordo de linha (Coimbra, 2008)

### 3.2.2.3. STANDARD WORK

Conforme já referido anteriormente, o *standard work* pretende normalizar as melhoras práticas no processo produtivo de forma a reduzir desperdícios sendo imprescindível para se obter disciplina e procedimentos eficientes. Esta ferramenta define 5 passos que auxiliam na obtenção de uma norma de trabalho estruturada.

Primeiramente é importante definir objetivos de melhoria junto da equipa. Da observação e estudo do trabalho e das tarefas associadas podem surgir diversos objetivos, por exemplo reduzir tempos. Seguidamente é importante observar o trabalho por forma a recolher dados relativos a movimentações, tempos de ciclo, numero de operadores, entre outros, levando á identificação de possíveis ganhos de produtividade. O objetivo do passo seguinte é precisamente identificar possíveis mudas para eliminar, melhorando o trabalho. O resultado final de uma mudança traduz o próximo passo, a normalização. É essencial para o treino dos operadores que as tarefas associadas ao seu trabalho estejam normalizadas e disponíveis. Por fim a consolidação do trabalho representa o treino dos operadores nos novos métodos após

mudanças, com o objetivo claro de fazer destes um hábito normal na execução de tarefas diárias (conforme Figura 28).

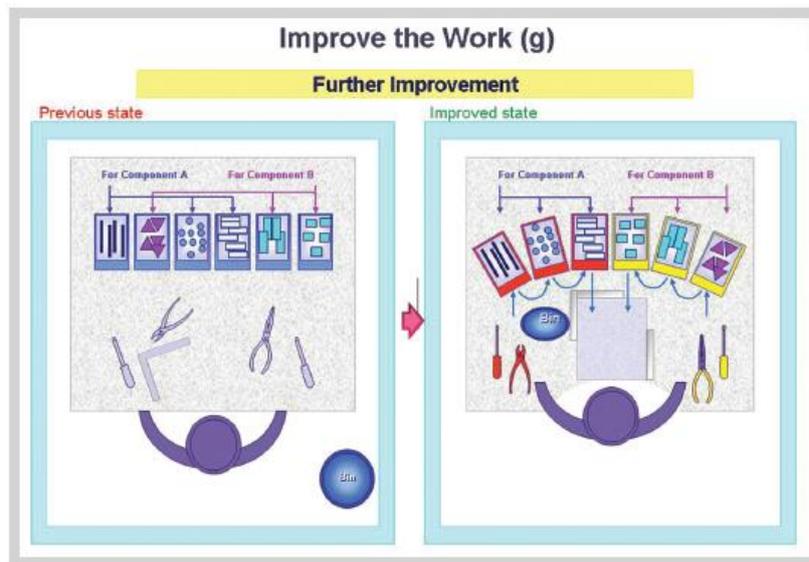


Figura 28 Exemplo de melhoria rumo ao *standard work* (Coimbra, 2013)

#### 3.2.2.4. SMED

O *Single Minute Exchange of Dies* significa, tal como referiu Euclides Coimbra (Coimbra, 2008), executar mudanças de referências, produtos ou ferramentas e ajustes em períodos não superiores a dez minutos, se possível tornar esses tempos em um único dígito de minutos. É uma ferramenta que atua na diminuição de tempos de preparação de máquinas (*setups*) com o objetivo de aumentar a flexibilidade, permitir lotes unitários e reduzir o *down-time* dos equipamentos ou processos (ver Figura 29).

Este método consiste no seguinte conjunto de passos:

- ✓ Estudar a situação atual, no sentido de compreender como é executado o trabalho, que ferramentas são utilizadas e que tempos são normalmente registados para o *setup*;
- ✓ Separar atividades internas, aquelas que apenas são executadas com a máquina parada, de atividades externas, as que podem ser executadas com a máquina em funcionamento;
- ✓ Converter as atividades de *setup* internas em externas, sempre que possível, de modo a minimizar o tempo de *setup*;

- ✓ Reduzir as necessidades de ajustes durante a produção, através da uniformização do processo e do cumprimento das normas e procedimentos;
- ✓ Melhorar as operações manuais através de formação e treino, procurando envolver os colaboradores e suas sugestões de forma a obter ganhos;

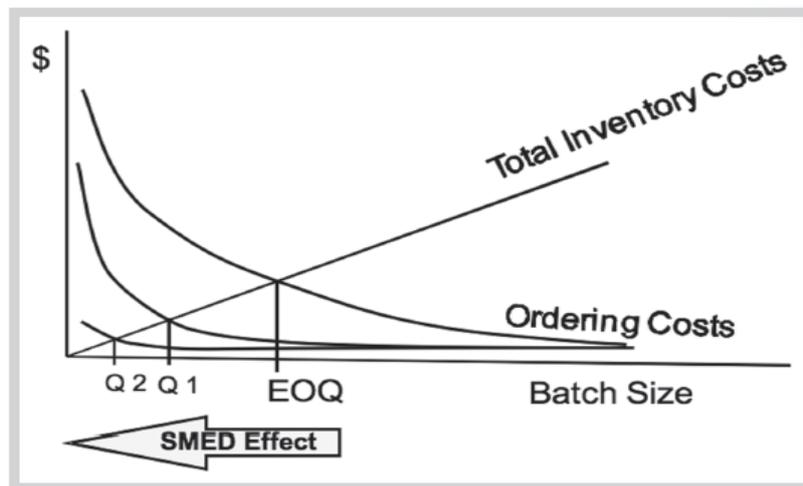


Figura 29 Efeito do SMED na redução de *setups* (Coimbra, 2008)

De acordo com a figura 29, o efeito do SMED é que com a redução dos custos de lançamento é possível diminuir o tamanho do lote e consequentemente o stock intermédio em curso (WIP).

### 3.2.2.5. AUTOMAÇÃO DE BAIXO CUSTO

Poder automatizar sem grandes investimentos, utilizando mecanismos simples e práticos que facilitam a execução das tarefas, privilegiam a condição física do operador e permitem uma melhor fluidez do processo é sem duvida ponto fulcral no presente industrial. É importante perceber que dispositivos ou mecanismos podem ser acoplados ao desenrolar das tarefas por forma a auxiliar os intervenientes.

A automação de baixo custo (uso de plataformas elevatórias auxiliares, *conveyores* automáticos de troca de contentores, sistemas *poka-yoke buzzers* e semáforos sinalizadores, entre outros) pode em inúmeros casos mudar para automação por completo (recurso a robôs, sistemas de contagem e troca automática de lotes, AGVs logísticos, sistemas de visão artificial). O recurso a circuitos hidráulicos e pneumáticos controlados por autómatos já existentes é utilizado para facilitar o trabalho dos operadores procurando ganhar cadência no processo (conforme Figura 30).

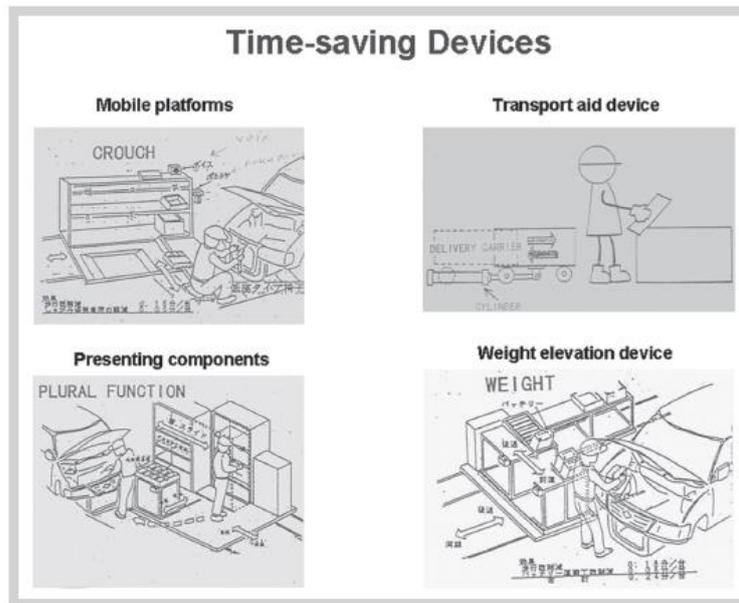


Figura 30 Exemplos de automação de baixo custo (Coimbra, 2008)

### 3.2.3. FLUXO NA LOGÍSTICA INTERNA

A logística interna inclui todo o movimento de pequenas cargas de materiais dentro das instalações da fábrica, assim como todo o fluxo de informação relativo ao tratamento das encomendas e ordens de fabrico. De acordo com E. Coimbra (Coimbra, 2013), a melhoria do fluxo de logística interna pode ser agrupada nas seguintes categorias:

- ✓ Supermercados – permitem a localização de determinado inventário próximo dos processos que abastecem, melhorando a organização e abastecimento;
- ✓ *Mizusumashi* – aumenta a eficiência no transporte de bens para os postos de trabalho;
- ✓ Sincronização – simplifica os processos de arranque da produção, seleção e entrega dos materiais necessários;
- ✓ Nivelamento – planeia a cadeia produtiva de uma forma mais eficaz;
- ✓ Planeamento *Pull* – sinaliza as ordens de fabrico de acordo com as necessidades do consumidor.

Apenas alguns destes pontos de melhoria serão aprofundados, meramente por se desenquadrarem do real âmbito desta dissertação.

### 3.2.3.1. SUPERMERCADOS

Um supermercado é um local de armazenamento secundário em que a matéria-prima é guardada junto do ponto de utilização. São normalmente compostos por localizações fixas para cada referência ou produto e com fácil gestão visual para facilitar o acesso aos materiais. Em alguns casos pode ser necessário alterar a forma de armazenamento dos produtos (paletes, caixas, contentores, entre outros) para garantir a atividade nos supermercados. Princípio preponderante no funcionamento dos supermercados é também o assegurar do FIFO (*First In First Out*) dos materiais. Euclides Coimbra, distingue dois tipos de armazenamento, tradicional e em fluxo conforme a Tabela 3.

**Tabela 3 Armazenamento tradicional vs em fluxo**

<b>Armazenamento tradicional</b>	<b>Armazenamento em fluxo</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Menor proteção das peças ou componentes;</li><li>• Difícil assegurar FIFO;</li><li>• Acesso difícil aos componentes;</li><li>• Mesma peça armazenada em diferentes locais;</li><li>• Risco de queda dos componentes;</li><li>• Problemas de qualidade interna pré e pós-produção;</li><li>• Paradigma da produção em lote;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Melhor capacidade de proteção dos componentes;</li><li>• Bom FIFO;</li><li>• Fácil acesso aos componentes;</li><li>• Localização única para o mesmo componente;</li><li>• Risco de queda reduzido ou nulo;</li><li>• Menos propicio a problemas de qualidade;</li><li>• Paradigma da produção em fluxo;</li></ul>

A implementação de supermercados permite que o processo de planeamento seja facilitado. O consumo de determinada referência num supermercado é seguido de uma ordem de reposição automática ao processo a montante, e assim sucessivamente. Sendo assim, toda a cadeia de valor pode ser planeada a partir de um só ponto, dado que todos os outros elos da cadeia funcionam por reposição. As referências a manter no supermercado devem ser criteriosamente escolhidas dado que a filosofia *Kaizen* defende que inventário é *Muda*. Nesta perspetiva, devem manter-se em supermercados apenas as referências que apresentam uma rotação elevada, para que a probabilidade do material estar parado durante um longo período de tempo seja reduzida (Trancoso, 2012) (ver Figura 31).



Figura 31 Armazenamento tradicional vs Armazenamento em fluxo (Coimbra, 2013)

Muitas das vezes por limitações de espaço e por razões de controlo de inventário, os supermercados são dimensionados apenas para alguns materiais. Faz sentido que diferentes famílias de materiais tenham políticas diferentes de controlo de inventário e, como tal, formas de armazenagem diferentes. Isto deve-se ao facto de todos os materiais terem diferente importância para a empresa, em termos de custo, consumo ou criticidade. A classificação ABC dos produtos associa uma determinada grandeza à frequência da sua ocorrência, e no caso do dimensionamento do supermercado, pode-se dizer que aproximadamente 20% da quantidade de referências representa 80% do volume de vendas. Muitas das vezes, em realidades industriais, este princípio não se verifica exatamente, mas é uma boa aproximação que serve de base para a classificação ABC de produtos, onde (Batalha, 2016):

- ✓ Produtos A: são produtos de alta rotatividade, em que uma baixa quantidade de referências corresponde a um alto valor de uso;
- ✓ Produtos B: são artigos de média rotatividade, que não se enquadram nas categorias A nem C;
- ✓ Produtos C: são produtos de baixa rotatividade, uma vez que um elevado número de artigos desta categoria corresponde a uma percentagem muito baixa de valor de uso.

### 3.2.3.2. MIZUSUMASHI

O *mizusumashi* é um operador logístico que garante o transporte interno dos materiais, numa rota pré-definida e num ciclo de tempo fixo. É um elemento fundamental para a melhoria do fluxo da logística interna, uma vez que é este elemento que movimenta grande parte da informação (por exemplo, ordens de produção ou *kanbans* de produção) e dos materiais ao

longo do *shop-floor*. Durante o ciclo de trabalho, o *mizusumashi* movimenta lotes de materiais ou produtos, entre armazéns, supermercados e bordos de linha, e identifica necessidades de material noutras partes ao longo da fábrica (Coimbra, 2013).

Na Figura seguinte, é ilustrada a diferença entre a utilização do *mizusumashi*, em detrimento do uso de empilhadores ou outro tipo de meio de transporte para o efeito. Este último apresenta muitas limitações, uma vez que tem uma capacidade de carga menor e acaba por fazer mais movimentos de ida e volta desnecessários. Como opera segundo a ordem em que recebe a informação, numa rota não definida, não há controlo da sua capacidade e em determinadas partes do dia pode estar mais sobrecarregado que noutras, o que prejudica o indicador da produtividade. Os comboios logísticos, privilegiados pelo *mizusumashi*, são um transporte mais constante, com maior capacidade e com rotas fixas e estudadas para o efeito. Permite também ter menos materiais parados nos bordos de linha (ver Figura 32).

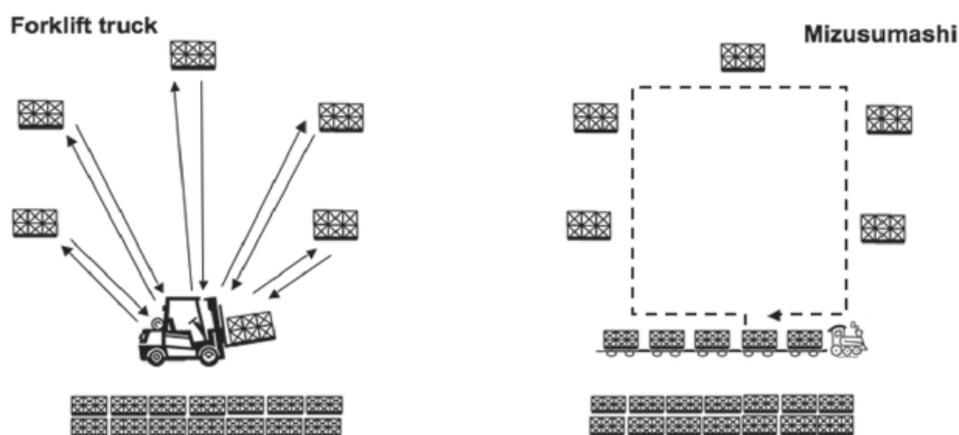


Figura 32 Logística interna: empilhador vs *mizusumashi* (Coimbra, 2008)

### 3.2.3.3. SINCRONIZAÇÃO

A sincronização permite a interação apropriada entre os diferentes elos da cadeia de valor, tal como referido acima, simplifica os processos de arranque da produção, seleção e entrega dos materiais necessários. Processos subsequentes não integrados podem ser ligados por três vias:

- ✓ Implementação de um supermercado de onde o cliente se abastece e para onde o fornecedor aprovisiona;

- ✓ Implementação de corredores FIFO entre os processos. O processo fornecedor abastece um corredor de onde o processo cliente se abastece;
- ✓ Sequenciamento de material no bordo de linha do processo cliente de acordo com as suas necessidades;

Na sincronização via supermercado utiliza-se o *kanban*, meio de sinalização que indica o material ou produto solicitado, em que quantidade e como deve ser produzido. Os *kanbans* que contêm informação acerca do transporte de bens são chamados *pulling kanbans*. Por outro lado, os *kanbans* que dão informação sobre ordens de fabrico são chamados *kanbans* de produção. Quando o nível de stock do supermercado atinge determinado nível de reaprovisionamento um *kanban* é enviado para abastecimento de matéria. Este nível de reaprovisionamento deve estar dimensionado para que o supermercado não entre em rotura durante o tempo total de reabastecimento. Devem também ser considerados *stocks* de segurança para fazer face à variabilidade da procura e do próprio tempo de reabastecimento. O uso de *kanbans* é um meio de criar um fluxo *Pull*, cujas solicitações de material são feitas apenas quando a operação produtiva posterior o desejar, e essa informação é transmitida à operação anterior (Figura 33).

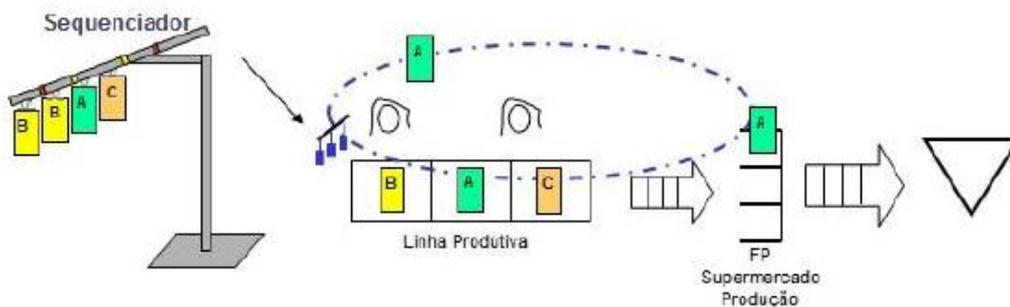


Figura 33 Exemplo de *kanban* no fluxo da produção (Trancoso, 2012)

#### 3.2.3.4. NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO

O processo de nivelamento inicia-se com um compromisso de capacidade entre a logística e a produção. Neste contrato, as previsões de encomenda para um determinado período são tidas em consideração para a tomada de decisão de capacidade disponível através do tempo de *takt-time*. Aquando a chegada efetiva de encomendas estas são transformadas em *kanbans* equivalentes. Estes *kanbans* são então distribuídos numa caixa logística. À medida que as ordens chegam em *slots* da caixa vão sendo preenchidas com *kanbans* até um determinado

nível, estabelecido no contacto entre a produção e a logística. A distribuição dos *kanbans* deverá ter em conta o prazo de entrega acordado.

Uma das ideias que vai de encontro ao nivelamento é a aquisição de unidades produtivas que sejam mais flexíveis, isto é, utilizando processos versáteis e equipamentos capazes de produzir diferentes produtos, mesmo que em baixas quantidades. O nivelamento tem como objetivo principal distribuir a produção de forma mais uniforme, ligando todos os processos desde o cliente final até à matéria-prima, através de um fluxo contínuo. A introdução do conceito de processo *pacemaker* torna-se uma ferramenta útil para o alcance de uma produção nivelada. O processo *pacemaker* é o processo produtivo que define o ritmo de toda a cadeia de valor. Pretende-se que o processo esteja sempre abastecido para que ao planear este ponto de acordo com a procura, a linha produtiva não sofra paragens e o fluxo seja contínuo. O controlo da produção no processo *pacemaker* define o ritmo de todos os processos a montante do mesmo. Por sua vez, a jusante, o fluxo do material faz-se numa sequência FIFO pois não deverão existir limitações que impeçam o fluxo contínuo de material.

Deve-se primeiro identificar o processo que é o *bottleneck* da linha de produção, explorá-lo para retirar o máximo proveito possível e depois sujeitar toda a linha a esse mesmo processo. Assim, o processo *pacemaker* deverá corresponder à operação de menor cadência, conforme Figura 34. A filosofia *Lean* defende que o processo *pacemaker* deverá estar no fim da linha que, por vezes, é a operação de assemblagem final. A ideia fundamental é localizá-lo o mais próximo possível do cliente, “puxando” toda a produção para si, e fazendo com que todas as outras unidades produtivas fluam em direção ao cliente final (Batalha, 2016).

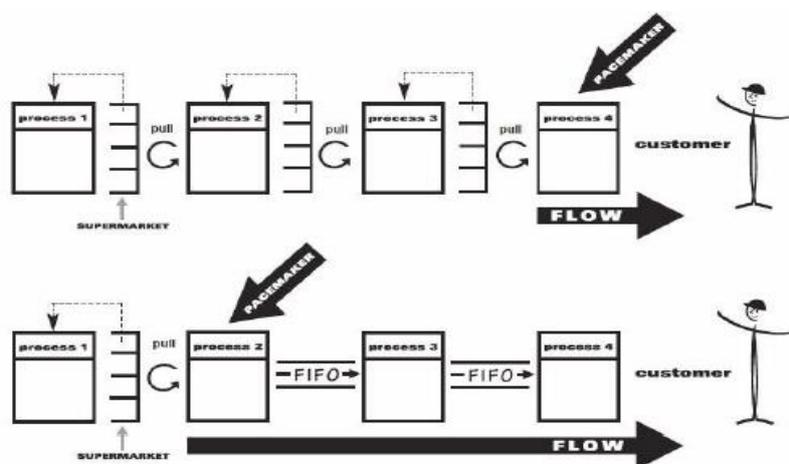


Figura 34 Seleção do processo pacemaker (Batalha, 2016)

### 3.2.3.5. PLANEAMENTO PULL VS PUSH

O modelo em *Push* socorre-se a previsões da procura que servem como *input* para o cálculo das necessidades de produto final. Estas necessidades são então exponenciadas a montante resultando na quantificação dos componentes e matérias-primas necessários. Os planos de produção são de seguida enviados para cada um dos processos da cadeia de valor interna, como procura retratar figura 58.

E. Coimbra refere, no entanto, que esta estratégia de planeamento pode trazer alguns problemas às organizações (Coimbra, 2008) (ver Figura 35). Sendo:

- ✓ Previsões erradas que podem conduzir ao excesso ou rotura de *stocks*;
- ✓ Difícil sincronizar a produção em todas as fases operatórias;
- ✓ Fluxo de informação complexo;
- ✓ Produção em grandes lotes;
- ✓ Lead time elevado;
- ✓ Fluxo reduzido no processo.

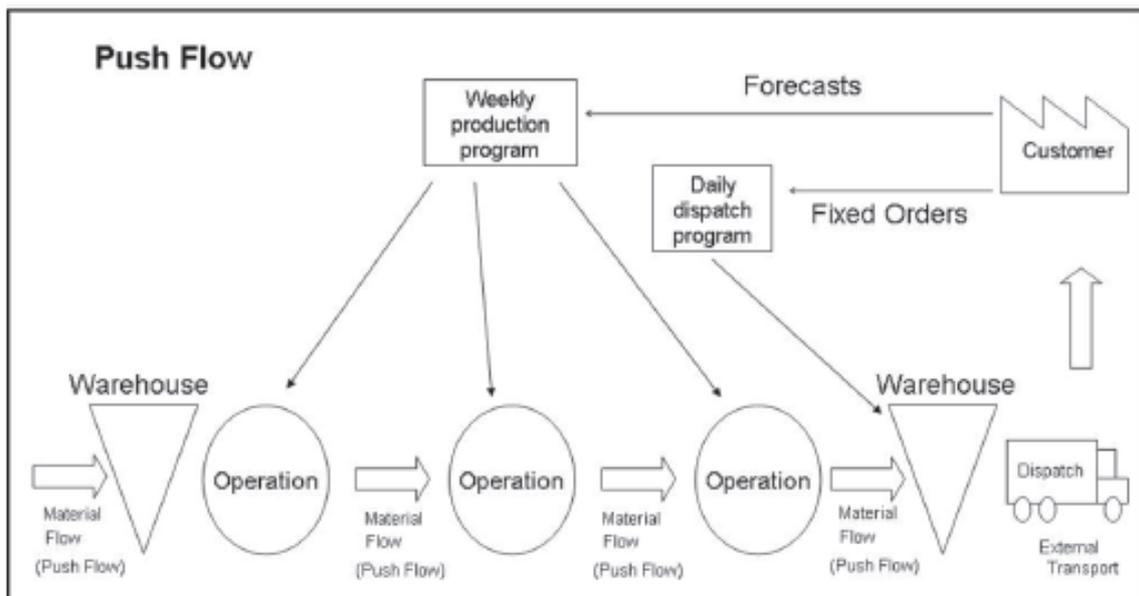


Figura 35 Modelo *Push* (Coimbra, 2008)

Em contrapartida, o modelo *Pull* recorre á procura real para desencadear ordens de produção, produzindo apenas aquilo que é essencial para suprir as necessidades de cliente. Na produção *Pull*, uma operação posterior dá informação à operação que a abastece sobre as necessidades de material que precisa, em que quantidade, quando e onde necessita. Deste modo, é o fim da cadeia produtiva, isto é, o mercado, que quando um produto é vendido puxa uma ordem de reabastecimento para o ultimo elo da cadeia, que por sua vez, desencadeia ordens em processos a montante até ao fornecedor de matéria-prima (ver Figura 36).

Da utilização deste modelo surgem, segundo Euclides Coimbra (Coimbra, 2008), diversas vantagens. Sendo:

- ✓ Um modelo mais independente de previsões, já que responde á reposição de um consumo;
- ✓ Sincronização automática das várias operações ao longo da cadeia de valor;
- ✓ Fluxo de informação simplificado;
- ✓ Produção em pequenos lotes;
- ✓ *Lead time* reduzido;
- ✓ Criação de fluxo contínuo no processo.

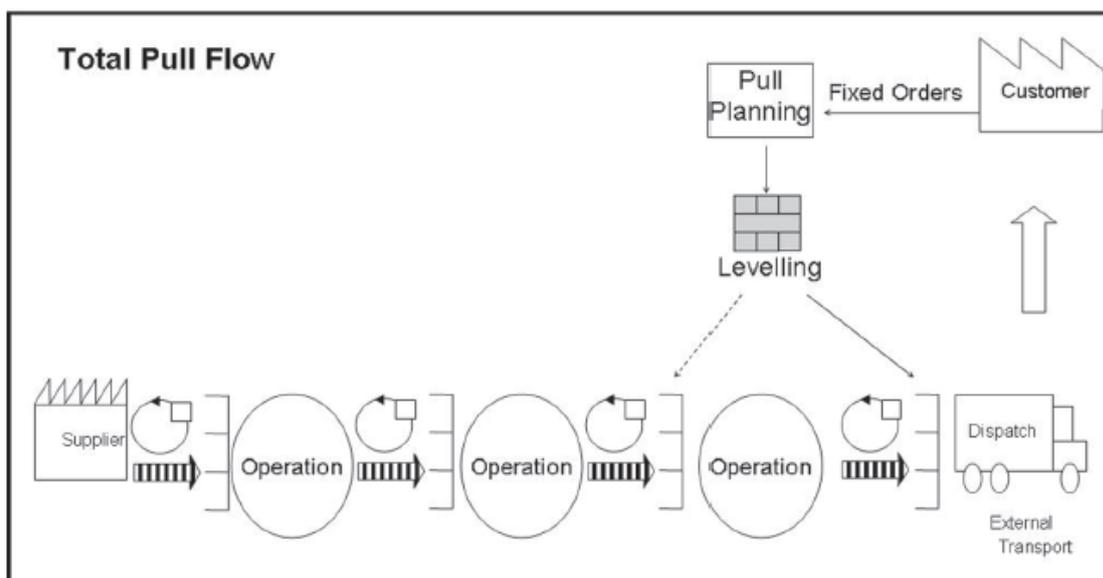


Figura 36 Modelo *Pull* (Coimbra, 2008)

### 3.2.4. FLUXO DE LOGÍSTICA EXTERNA

O fluxo na logística externa é responsável por todas as operações de recepção e entrega de materiais e produtos. Este pilar recorre a um conjunto de metodologias que permitem acelerar o fluxo de material externo às instalações das fabricas ou organizações. Tendo em conta que se desenquadra do âmbito principal deste documento, não será abordada de forma aprofundada mantendo apenas a ideia geral dos seus constituintes. Os domínios que constituem o pilar da logística externa são:

- ✓ Desenho e *layout* de armazéns: a criação das infraestruturas deve ser eficiente e de forma a otimizar o uso do espaço. Tal como defendido no TFM Kaizenbook (Coimbra, 2008) as zonas de armazenamento devem estar organizadas e agrupadas por forma a permitir o fluxo logístico;
- ✓ *Milk run*: permite um fluxo eficiente nas operações de transporte externo entre elementos da cadeia de valor. O conceito do *milk run* inclui o recurso a transporte continental e intercontinental com o objetivo de criar rotas rápidas e acessíveis financeiramente e potenciando a confiança;
- ✓ *Inbound* e *Sourcing*: melhora a eficiência na recepção de materiais, sempre com o objetivo de criar fluxo até ao cliente final;
- ✓ *Outbounding* e entrega: melhora a eficiência na expedição de materiais, na mesma linha da criação de fluxo e cumprir de prazos;

Planeamento em *Pull* total: define as ordens de *picking* de acordo com as necessidades do cliente, no mesmo princípio do *pull planning* da produção com a diferença de não existirem operações manuais ao longo dos processos.

### 3.2.5. VSM – VALUE STREAM MAPPING

O VSM, ou também designado de VSD (*Value Stream Design*), é uma ferramenta de mapeamento de processos que permite a visualização esquematizada do fluxo de informação e material ao longo da cadeia de valor.

O mapa do fluxo de valor, ou VSM (*Value Stream Mapping*), é normalmente um diagrama simples de todos os passos envolvidos no fluxo de material e informação necessários para conduzir um produto desde o seu pedido à sua entrega. O VSM é uma ferramenta de

representação visual, muito útil para a identificação das ações que acrescentam valor ao fluxo e, especialmente, para a identificação de fontes de desperdício. Seguidamente são apresentadas algumas razões que justificam a utilização desta ferramenta (Trancoso, 2012):

- ✓ Fornece uma linguagem comum para falar sobre os processos produtivos;
- ✓ Ajuda a visualizar as fontes de desperdício e não só os desperdícios;
- ✓ Liga muitos dos conceitos e ferramentas *Lean*;
- ✓ Fornece a base de implementação de um plano *Lean*, ao ajudar a projetar como todo o fluxo deve operar processo a processo;
- ✓ Mostra a ligação entre o fluxo de informação e o fluxo de material.

# 4. CASO DE ESTUDO

Neste capítulo é apresentada a caracterização atual de todo o processo produtivo, elucidando para as etapas ou fases principais do processo produtivo desde a plataforma de fusão até ao final do processo no setor de acabamentos. Posteriormente é apresentada uma análise ao estado atual do setor alvo da melhoria, permitindo identificar também os principais problemas e fontes de desperdícios identificados no diagnóstico.

## **4.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO ATUAL**

Neste capítulo é descrito o processo produtivo da Sakthi Portugal antes de alterações ao layout ou ao próprio processo produtivo. O processo produtivo da Sakthi Portugal, particularmente o setor da produção, divide-se para além dos departamentos auxiliares em quatro grandes áreas: a Fusão, a Moldação, as Areias/Periféricos e os Acabamentos. Em seguida é apresentado e descrito o processo em cada uma das áreas referidas.

### **4.1.1. FUSÃO**

O processo produtivo de um componente automóvel em ferro fundido nodular começa numa área ampla coberta onde se armazena a matéria-prima, denominada de parque de sucatas (Figura 37). Por questões de qualidade e cumprimento de normas de auditoria para com os clientes, a sucata encontra-se organizada por fornecedor e dividida em baias de separação.

Neste parque, a movimentação de sucata e retornos (partes do metal fundido não aproveitadas que voltam ao início do processo) é feita com recurso a duas pontes rolantes munidas, cada uma, de um eletroímã.



Figura 37 Vista do parque de sucatas (A. M. M. Almeida, 2014)

Este sistema transporta a matéria-prima (sucata e retornos) até às balanças vibratórias de carga, sendo que existem três. Cada balança está munida com um *skip* (balde de elevação de carga) e um carro de carga com tremonhas vibratórias. Estes carros localizam-se a um nível superior do parque de sucatas, na “Plataforma de Fusão”, e são responsáveis por conduzir e descarregar a matéria-prima a cada um dos fornos de fusão, tal como representado na Figura 58.



Figura 38 Sistema de carga da fusão (A. M. M. Almeida, 2014)

A plataforma de fusão é composta por quatro fornos de fusão: dois “Inductotherm” (fabricante americano) de 3500kW de potência e 5 toneladas de capacidade, e dois “ABP” (fabricante alemão) de 8300kW de potência e 12 toneladas de capacidade. No caso dos fornos “ABP” cada um tem o seu sistema de carga dedicado, enquanto que nos “Inductotherm” ambos partilham o mesmo sistema de cargas. Nas balanças dos “ABP” efetuam-se 4 pesagens de 2,5 toneladas cada, sendo que as duas primeiras são apenas de sucata de aço e as duas últimas apenas de retornos do processo. Por outro lado, e tendo em conta a capacidade apresentada acima, nos fornos “Inductotherm” apenas são efetuadas duas pesagens por carga para cada forno com cerca de 2,2 toneladas por pesagem. O ecrã apresentado na Figura 39 pertence ao *software* OPC (*Online Process Control*) que gere todo o processo produtivo da Sakthi Portugal (DataPro) mais precisamente o módulo de Gestão de Cargas da Fusão.

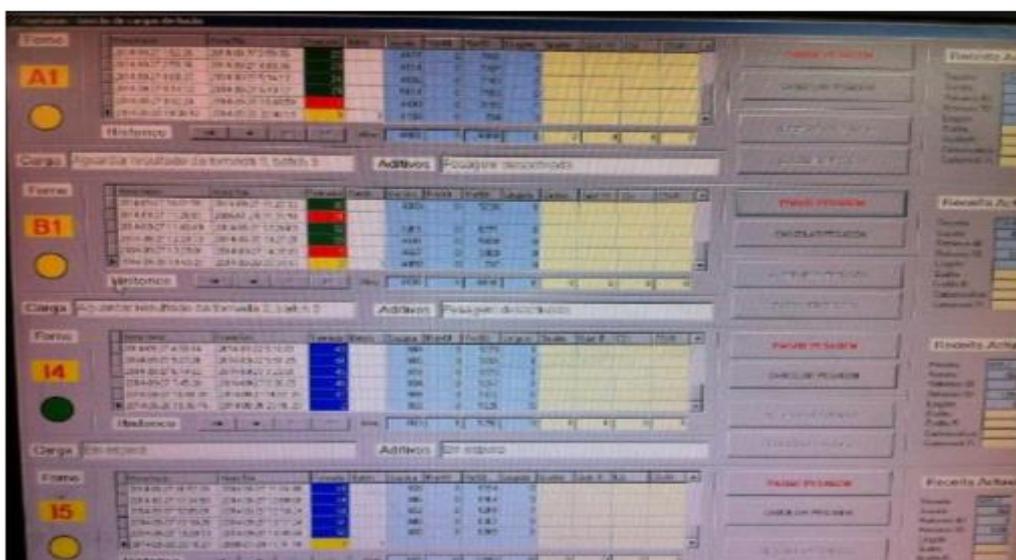


Figura 39 Módulo de Gestão de Cargas da Fusão

No entanto, nos fornos de indução, para além da transformação da matéria-prima (estado sólido para o líquido) também se efetuam ajustes de composição química quando é necessário. Na fusão os valores dos vários elementos são corrigidos para os valores pretendidos com aditivos (grafite para corrigir o carbono, ferro-silício para corrigir o silício, etc.) (Vilela, 2012). A primeira adição de aditivos é feita após a segunda carga de sucata ser colocada no forno. Após todas as cargas estarem feitas, são retiradas amostras que permitem aferir a análise térmica e espectrométrica da fornada. Mediante o resultado das amostras é

possível apurar se a composição precisa de ser corrigida adicionando-se pela segunda vez os aditivos necessários. Este controlo é feito através de um computador, localizado no centro do sector da fusão e munido do DataPro, sendo a informação acessível a todos os forneiros (ver Figura 40).



Figura 40 Copas para amostra e respetivo controlo da composição química

Posto isto, e após a obtenção da composição química e temperatura desejados procede-se á transferência do metal fundido dos fornos de indução para os fornos de manutenção que têm como função evitar variações de temperatura e composição química, além de servirem de *buffer* para as linhas ou máquinas de moldar. No caso dos fornos “ABP” a transferência do metal é feita com recurso a caleiras que encaminham o metal até ao forno de manutenção ASEA 1 com 42 toneladas de capacidade. Já no caso dos “Inductotherm” a transferência é feita com recurso a um colherão de transporte que encaminha a fornada até ao segundo forno de manutenção, o ASEA 2 com 25 toneladas de capacidade. A Figura 41 mostra os dois métodos de transferência de metal.



Figura 41 Caleira e colherão de transporte fornos de indução (A. M. M. Almeida, 2014)

Os fornos “ABP” e “Inductotherm” são de média frequência, enquanto os fornos ASEA 1 e 2, também denominados por *holdings* funcionam á frequência de rede. A capacidade teórica da fusão é de aproximadamente 37 toneladas/hora, mas devido a perdas de material a capacidade real ronda as 34 toneladas/hora. Estas perdas são maioritariamente derivadas da retirada de escória dos fornos e dos canais. Existindo então metal fundido dentro dos *holdings*, este está apto a ser distribuído pelas linhas de moldação.

#### **4.1.2. MOLDAÇÃO**

O processo produtivo da Sakthi Portugal, em concreto a moldação, divide-se em três áreas: as linhas de moldação, que representam os equipamentos responsáveis pela produção dos componentes automóveis, as areias e periféricos, responsáveis pela preparação e fornecimento de areia ás linhas de moldação e a macharia, responsável pela produção e fornecimento de “machos” (componentes responsáveis pelas partes ocas em peças de cavidades complexas). A Figura 42 representa a constituição vulgar de um setor de moldação numa fundição, contemplando a máquina de moldar (agrega arrefecimento, desmoldação e granalhagem), instalação de areias (também agregam os circuitos de retorno para o reaproveitamento da areia) e macharia.

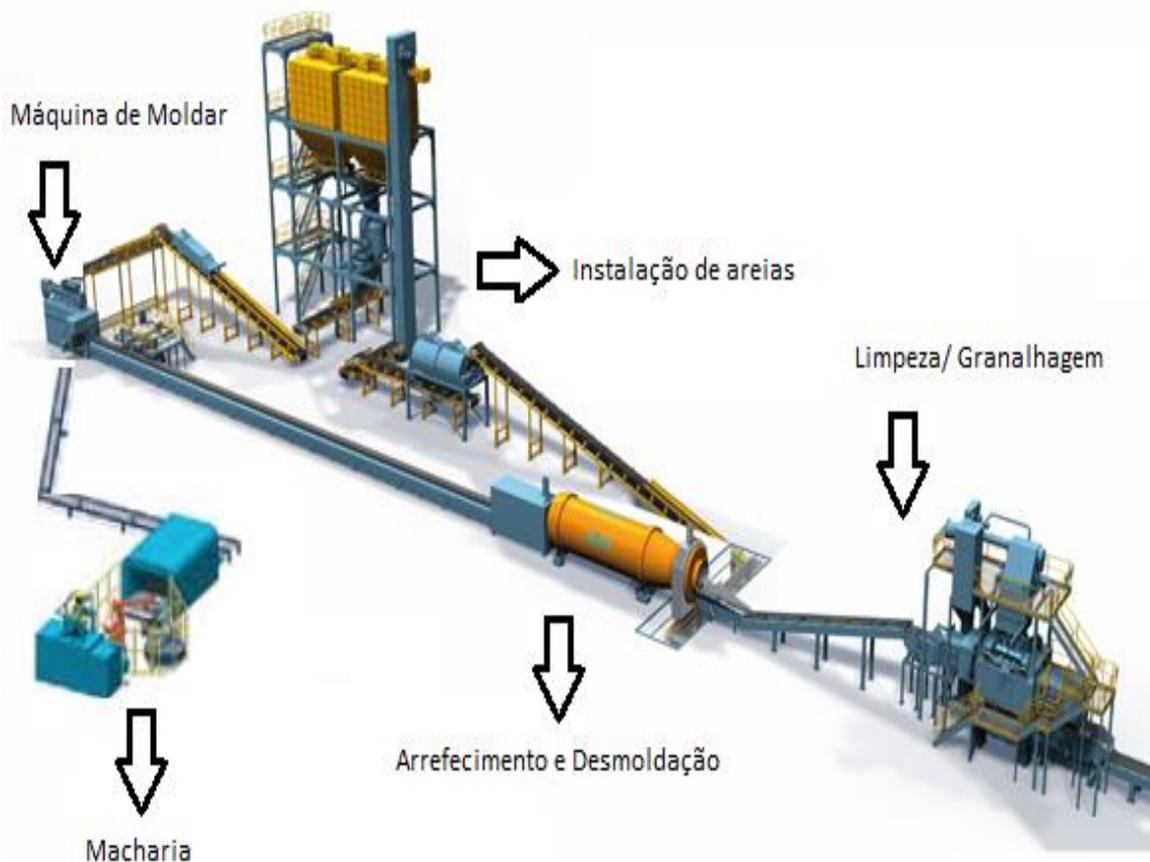


Figura 42 Representação do setor de moldação de uma fundição (adaptado de((DISA, 2017))

#### 4.1.2.1. LINHAS DE MOLDAÇÃO

O aparelho produtivo da Sakthi Portugal está equipado com 4 máquinas de moldar (todas oriundas do mesmo fabricante Dinamarquês, *Disa Shaping Industry* (DISA, 2017)) e respetivas linhas de moldação, sendo estes equipamentos os responsáveis pela produção dos componentes automóveis (ver Figura 43). Existem três linhas de moldação vertical (moldes e respetivas linhas de apartação na vertical), duas *DISA 230* e uma *DISA MKV*, e uma linha de moldação horizontal (ao contrário das Disas verticais os moldes e linha de apartação estão posicionados na horizontal), uma *George Fischer*. No caso das verticais, as máquinas foram preparadas para funcionarem da mesma forma e segundo o mesmo princípio, no entanto a tecnologia entre o modelo MKV (ano 1990) e 230 (ano 2000) difere em cerca de 10 anos, o que se reflete em cadências horárias de output, grau de complexidade e qualidade esperada do produto a produzir. As máquinas de moldação vertical abarcam toda a produção das famílias de componentes de segurança crítica (corpo e haste do travão), caixas diferenciais

e suspensão, produzindo desde hastes com 800 gramas de peso e corpos de travão ou caixas diferenciais com 4 Kg. No caso da *DISA MKV*, permitem cadências horárias que rondam as 300 moldações/ hora de peças com “macho” e cerca de 380 moldações/ hora de peças sem “macho”, equipada com uma linha de arrefecimento de aproximadamente 60 metros. No caso das *DISA 230*, permitem cadências horárias que rondam as 400 moldações/ hora de peças com “macho” e 500 moldações/ hora de componentes sem “macho”, acoplado uma linha de arrefecimento com aproximadamente 100 metros.



Figura 43 Máquina de moldar (esq.) e respetiva linha de arrefecimento (dir.)

O princípio de funcionamento das máquinas verticais inicia-se com a injeção de areia na denominada, câmara de moldar, a pressões entre os 3 e 4.5 bar. As duas placas verticais SP (*Swing Plate*) e PP (*Pressure Plate*) comprimem a areia injetada formando o chamado “bolo de moldação” que é empurrado pela PP após o levantar da SP. A PP encarrega-se de empurrar a moldação até entregar no AMC (*Automatic Moulding Conveyor*) que por meio pneumático e hidráulico transporta o “bolo” até ao último troço do arrefecimento (antes da desmoldação) o SBC (*Synchronized Belt Conveyor*), que é uma tela transportadora com cerca de 25 metros e características anti-abrasivas, é responsável pela entrega das moldações já vazadas e solidificadas á desmoldação. A Figura 44 representa as diversas etapas adjacentes ao processo de moldação em máquinas de apartação vertical.

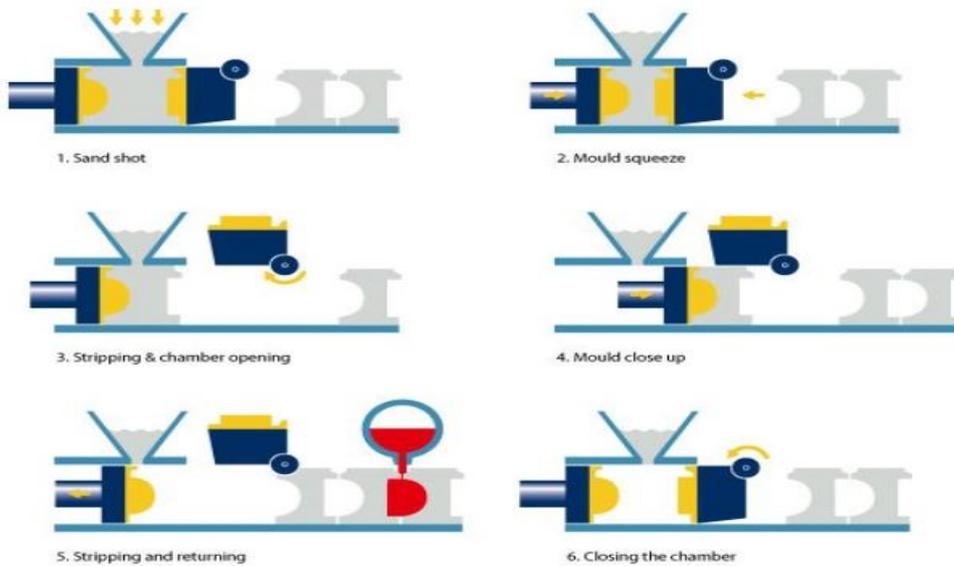


Figura 44 Princípio de funcionamento da moldação vertical (DISA, 2017)

Conforme já foi referido anteriormente, existem componentes que necessitam de introdução de um “macho” para garantir as partes ocas da peça e determinadas especificações geométricas. Nestes casos, o ciclo da máquina de moldar vê acrescida mais uma etapa, onde uma máscara com o *template* da placa molde a produzir se move na transversal por meio hidráulico até á fileira de moldes entregando por meio pneumático os “machos” após o levantamento da SP, conforme mostra a Figura 45.



Figura 45 “Coloca-machos” e respetiva máscara

No caso da única máquina de apartação horizontal, importa desde logo entender que são direcionadas para componentes de volume significativamente maior e muito mais pesados. Maioritariamente abastecem camiões ou veículos de maior dimensão, servindo-os desde os carters, aos apoios de motor e caixas diferenciais ou outros componentes da transmissão, que em alguns casos chegam aos 40Kg de peso por peça. Este facto leva desde logo a que o comprimento da linha de arrefecimento seja maior devido á necessidade de maior tempo de arrefecimento (conforme Figura 46).



Figura 46 Linha de arrefecimento da George Fischer (A. M. M. Almeida, 2014)

Neste principio de moldação, a formação do “bolo” é feita em caixas metálicas com tops abertos que se deslocam em rolamentos. O topo inferior da caixa assenta num *carrier* que contém uma face da placa molde e que após ser enchido de areia é posteriormente pressionada por meio hidráulico, pelo disco de impacto. Na caixa imediatamente a seguir ocorre o mesmo processo mas para a outra face da placa molde que está assente no segundo *carrier*. A apartação ocorre no “fecho de caixas”, onde se juntam as duas caixas. No caso da GF as cadências horárias rondam as 90 moldações/ hora e em alguns casos de componentes específicos que obrigam a máquina a operar com “seletor” que atrasa o ciclo da máquina, resultando num maior tempo de arrefecimento para evitar defeitos metalúrgicos. Nestes casos as cadências horárias rondam as 70 moldações/ hora. Tal como nas máquinas verticais, existem peças que necessitam de “macho” na sua produção, sendo estes diretamente colocados pelo operador (o moldador) na caixa inferior da moldação. A Figura 47 representa as etapas da moldação horizontal (Banchhor & Ganguly, 2014).

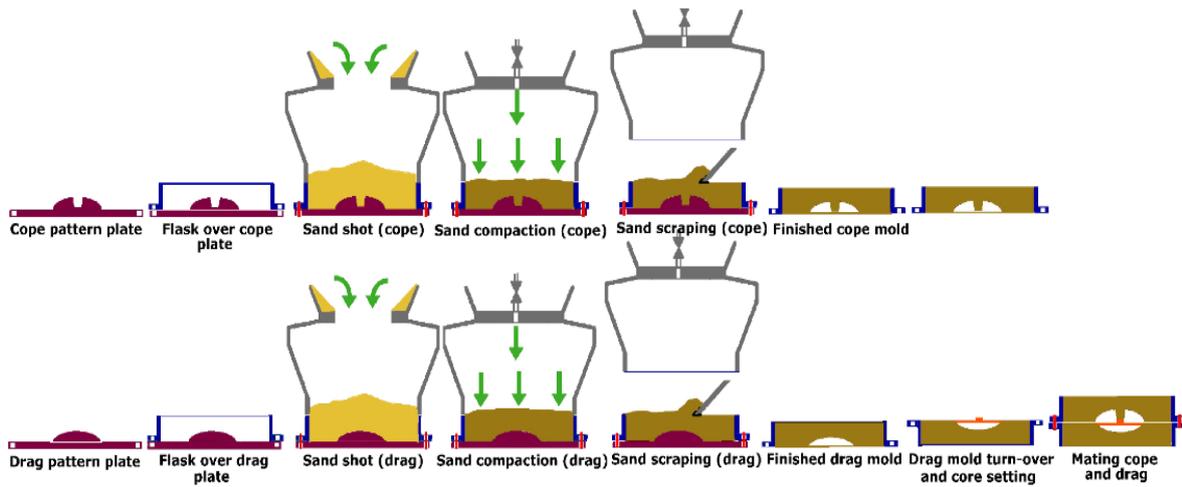


Figura 47 Princípio de funcionamento da moldação horizontal (Banchhor & Ganguly, 2014)

Paralelo aos dois tipos de moldação são as etapas de vazamento, desmoldação e granalhagem. No caso das plataformas de vazamento estas contemplam uma banheira de vazamento, que se trata do recipiente que reserva o *buffer* de metal disponível e que vai sendo reabastecida pelos transportadores de metal. No caso das Disas a banheira tem capacidade para 3,5 toneladas enquanto que na GF a banheira suporta até 4,5 toneladas de metal fundido, e estão ambas na Figura 48.



Figura 48 Exemplo de banheira de vazamento GF e Disas (A. M. M. Almeida, 2014)

O vazamento é manual em ambas as máquinas, onde um operador especializado (o vazador) controla, por meio de uma alavanca, a abertura e fecho do orifício de saída do metal enchendo cada moldação que circula na linha. O vazamento assume-se como uma das tarefas de maior sensibilidade e especialidade pois tem de ser feito de forma ininterrupta para evitar defeitos nos

componentes como o mal-ligado ou mal-cheio, acrescentando ao controlo das gamas de variáveis normais do processo como temperatura de vazamento, sistema de inoculação (projeção de inoculante por jato, no feixe de metal, por forma a proporcionar a germinação do metal (Vilela, 2012), composição química, entre outras tarefas. A Figura 49 representa um exemplo de uma plataforma de vazamento manual.



Figura 49 Plataforma de vazamento manual

Na desmoldação e granalhagem, em ambos os casos, após o arrefecimento as peças entram num tambor rotativo de tamanho industrial (Figura 50), denominados de Disacool, pois tem um circuito interno de projeção de água que auxilia no arrefecimento e desagregação de areias dos componentes. Depois disto entram em máquinas de granalhar que mediante a projeção de granalha (pequenas partículas de aço) sobre a superfície das peças enquanto estas circulam em esteiras metálicas, limpa a totalidade da areia ainda existente e rebarbas de pequena dimensão e espessura.



Figura 50 Exemplo de tambor rotativo e entrada na granalhadora

#### 4.1.2.2. PREPARAÇÃO DE AREIAS

No processo produtivo da Sakthi Portugal a preparação e distribuição de areia ás linhas de moldação é feita de forma dedicada no caso das 3 Disas e da GF.

No abastecimento às Disas a instalação de areias é composta por 2 silos de areia com 90 toneladas de capacidade cada um, servindo como *buffers* para areia nova e areia reutilizada proveniente do circuito de retorno existente (Figura 51). Para além disto, os silos de aditivos, galgas misturadoras, arrefecedor, telas transportadoras. Tendo em conta a importância fulcral da areia que circula nas máquinas de moldar para a qualidade do produto final é extremamente importante a verificação da qualidade da areia. Para além das amostras retiradas manualmente e com frequências de controlo definidas, a instalação conta com um laboratório automático que dependente do período pré-definido para controlo se encarrega de retirar amostras á saída das galgas misturadoras, permitindo aferir variáveis de relevo como resistência á compressão, humidade, bentonite relativa, compactibilidade, etc.

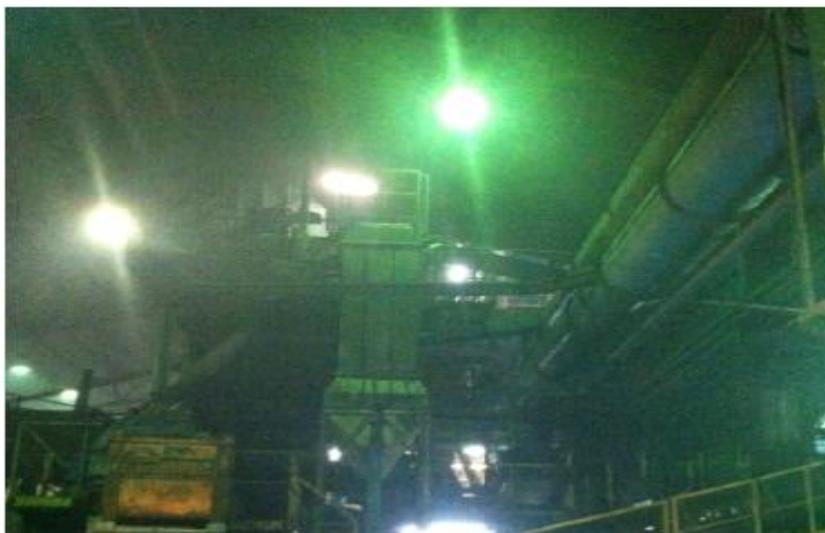


Figura 51 Instalação de areias Disa (A. M. M. Almeida, 2014)

A preparação de areia verde de moldação (também denominada desta forma) inicia-se com a mistura de areia nova, areia proveniente do retorno, aditivos (bentonite, argila que agrega os grãos de areia por forma a serem moldáveis, e pó de carvão, atenua o impacto do contacto do metal liquido com a areia) e água, enquanto elemento agregador de todos os “condimentos”.

Neste caso, da instalação de areias Disa, esta tem capacidade para realizar cerca de 20 ciclos por hora com aproximadamente 7,5 toneladas de areia preparada, cada ciclo. Isto confere á

instalação uma capacidade total entre as 150 e 160 toneladas de areia disponível às 3 linhas de moldação vertical, por hora.

No caso da linha de moldação horizontal GF, conforme referido acima, tem uma instalação de areias dedicada onde o processo de preparação e retorno de areia é bastante similar ao das Disas, alterando as capacidades pois abastece apenas uma linha de moldação. Esta instalação, está equipada com uma galga misturadora cujo ciclo ronda os 90 segundos e cerca de 1250 Kg, disponibilizando um aproximado de 50 toneladas por hora á linha de moldação. Para além disto, reserva os aditivos em dois silos de 15Ton aproximadamente e tem um arrefecedor que recebe a areia do circuito de retorno, por forma a entregar a mesma á galga misturadora a uma temperatura que ronde os 30/40°C. A Figura 52 representa a instalação de areias GF.



Figura 52 Instalação de areias GF (A. M. M. Almeida, 2014)

De referir que ambas as instalações de areia, Disas e GF, estão equipadas com um crivo industrial cada, que a cada período de 15 dias efetua a crivagem total da areia segregando partículas que se acumulem na areia ou restos provenientes dos “machos”.

### 4.1.2.3. MACHARIA

A macharia encarrega-se da produção dos “machos”, indispensáveis á produção de algumas peças com cavidades complexas (por exemplo a produção do corpo de travão automóvel na Sakthi Portugal é 100% com “macho”). A Figura 53 mostra o exemplo de alguns “machos” produzidos na Sakthi e um conjunto corpo de travão e respetivo “macho”.



Figura 53 Exemplo de machos e conjunto peça e respetivo macho (A. M. M. Almeida, 2014)

Este sector dispõe de seis máquinas de injeção de areia nova (areia “branca”) destinadas á produção do “macho” para a peça a que se destinam. Através de um sistema automático de carga de areia e aditivos com o controlo automático de um carro transportador que circula em linha no cimo das máquinas descarregando a quantidade necessária em cada ciclo, por máquina.

O fabrico dos machos é feito em areia nova e com recurso a um conjunto de matérias-primas que garantem o endurecimento suficiente do macho para moldar a peça (resina, endurecedor, amina, solvente e tinta). A utilização de tinta, em algumas referências de machos, prende-se com o facto de os responsáveis da Engenharia do produto concluírem que aniquila a rugosidade em pontos críticos do interior de algumas referências de peças.

A Figura 54 representa uma perspetiva da macharia onde é possível visualizar as seis máquinas de injeção de areia existentes no setor, bem como o embalamento e área de quarentena para lotes de machos já produzidos e prontos a entregar á produção.



Figura 54 Perspetiva do setor da macharia (A. M. M. Almeida, 2014)

As máquinas de “machos” injetam a mistura (areia, resina e endurecedor), que recebem do sistema de carga posicionado por cima das máquinas, na caixa do molde (ou caixa de “machos” como é denominada (Figura 55)) onde seguidamente atua a amina enquanto catalisador para a solidificação do “macho”. As cadências médias nestas máquinas rondam as 40 aberturas por hora que correspondem, dependendo da peça e respetiva caixa, a cerca de 400 “machos”.



Figura 55 Exemplo de uma caixa de machos

Também neste setor o sistema de Qualidade tem um controlo rigoroso, não permitindo por exemplo que os machos sejam utilizados sem cumprir o seu tempo de cura ou secagem (aproximadamente 1 hora), sejam entregues á produção com durezas fora de especificação ou por exemplo sejam entregues á produção com defeitos que possam proporcionar maus resultados nos componentes finais (defeitos visuais ou *reworks* elevados devido a mau fabrico do “macho”).

### 4.1.3. ACABAMENTOS

O setor de acabamentos assumirá um papel preponderante, conforme se perceberá com o desenrolar deste trabalho, pois assume grande importância na globalidade do processo produtivo já que se encarrega das últimas operações e controlos ao produto, incluindo a colocação em embalagem de cliente e entrega ao armazém de produto acabado.

Na Sakthi Portugal o setor de acabamentos, tal como outras vertentes do processo já abordadas, estão divididos no apoio à moldação vertical e à moldação horizontal existindo duas áreas distintas para o acabamento de componentes provenientes das Disas e da GF.

Primeiramente importa perceber que funções e responsabilidades estão afetas a este setor tendo em conta que neste ponto do processo produtivo estamos perante componentes já produzidos e arrefecidos, mas que ainda não estão 100% prontos para poder seguir para armazém de produto acabado. Neste setor efetuam-se, entre outras atividades de suporte, três tipos de controlo imprescindíveis aos componentes produzidos na Sakthi Portugal: controlo visual, controlo dimensional e controlo metalúrgico.

O controlo visual visa o cumprimento na totalidade de um caderno de defeitos afeto a cada peça. Os controladores visuais (colaboradores formados e aptos para o controlo visual dos componentes) garantem que o componente cumpre com as especificações do cliente, segregando todos os defeitos de superfície e garantindo que as zonas a maquinar se encontram conforme o especificado. No controlo visual estão consideradas as tarefas de *rework*, como eliminação de rebarbas, rugosidades, areias destacadas ou qualquer defeito visual de superfície que permita ser recuperado.

O controlo dimensional visa o cumprimento a 100% de todas as cotas críticas do componente, variando de peça para peça e entre famílias de produto. Para este fim, usam-se calibres mecânicos e eletrónicos que garantem a aceitação de todo o produto a nível dimensional. Os calibres mecânicos permitem que a peça assente em repouso e mediante mecanismos “passa – não passa” aferem a aceitação das cotas críticas. São usados em praticamente todo o tipo de componentes desde as caixas diferenciais, corpos e *brackets* de travão e componentes do motor. Os calibres eletrónicos utilizam sondas analógicas nos pontos críticos que mediante a proximidade do metal e posicionamento da peça aceitam ou rejeitam. São maioritariamente utilizados no *bracket* de travão. De referir que existem componentes que não tem controlo dimensional nos acabamentos, apenas durante a

produção de forma periódica, por amostragem e em máquina de verificação 3D no laboratório.

O controlo metalúrgico efetuado no setor de acabamentos é por ultra-sons que testam a nodularidade aos componentes produzidos. No *mix* de produtos da Sakthi Portugal praticamente todos os componentes são sujeitos a este teste, á exceção das caixas diferenciais e alguns componentes de motor que por alguns motivos não necessitam deste teste (ou por histórico de estabilidade, ou por não-especificação do cliente ou porque tem outros controlos associados ao longo do processo produtivo). Através de pequenos tanques/ recipientes que contém um liquido especificado, as peças são colocadas manualmente e a titulo individual numa ferramenta, submersa no liquido referido acima, que contém um cilindro pneumático que mediante uma picagem na peça e processamento do tempo de resposta do sinal a atravessar a peça, esta é rejeitada ou aceite no que respeita à qualidade do metal (sinalização de aceite semáforo verde aceso e rejeição, lâmpada vermelha acesa).

A secção de acabamentos Disa é constituída por 5 linhas de acabamento com auxilio robotizado e 10 células/ postos de acabamento tradicional. As linhas de acabamento (Figura 56) armazenam no inicio (zona traseira da linha) os contentores com componentes já produzidos que por meio de um operador as coloca numa prensa hidráulica responsável por quebrar os alimentadores e gitagens que não pertencem á peça na sua essência.

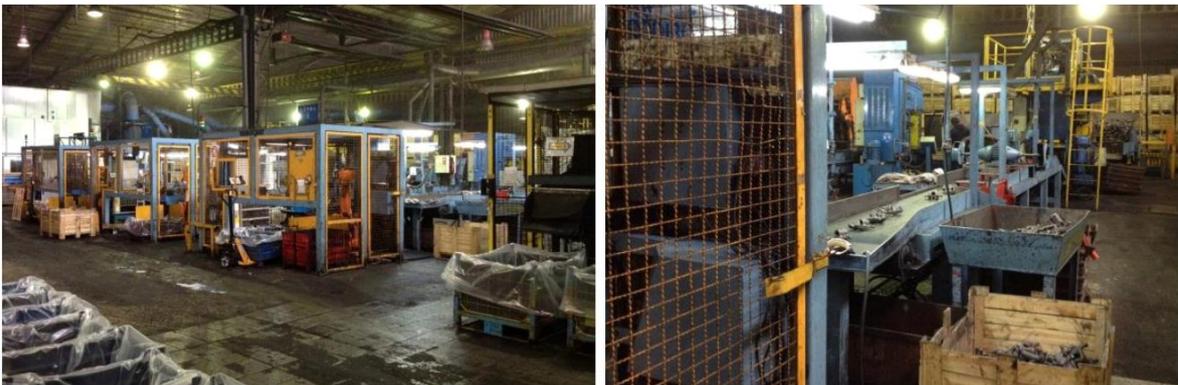


Figura 56 Linha de acabamento com auxilio robotizado

O mesmo operador encarrega-se de retirar o componente da prensa e coloca-la num pequeno transportador de tela encaminhando a peça até ao próximo operador que através de equipamentos como discos de rebarbagem, mós esmeriladoras ou retificadores pneumáticos se encarrega dos retrabalhos na peça (*rework*) como rebarbas, rugosidades, areias destacadas ou outros defeitos de superfície. Novamente por meio de uma pequena tela transportadora a

peça chega a outro operador que efetua o controlo visual ao componente e o coloca num prato giratório que alimenta um robô com dois braços, introduzindo os componentes no tanque de ultra-sons e mediante o resultado colocar a peça em contentor final de cliente ou em contentor de produto não conforme.

Nas células, ou postos, de acabamento (Figura 57) o processo é na globalidade o mesmo no entanto sem auxílio robotizado, sendo um operador a colocar as peças individualmente num tanque de ultra-sons. Nestas células de trabalho, o espaço é reduzido condensando prensa hidráulica, disco de rebarbagem, tanque de ultra-sons, banca de controlo visual e dimensional para que um operador por cada uma destas tarefas garanta a especificação do componente.



Figura 57 Célula/ posto de acabamento tradicional Disa

Na secção dos acabamentos Disa a produção é planeada pela Logística, responsável por mapear a alocação das referências produzidas a cada posto de trabalho existente. Importa referir que existem postos que estão preparados para determinadas referências obrigando a permutas na alocação de referências suprimindo as necessidades de entrega a cliente. As cadências rondam as 450 peças/h por linha e 250 peças/h por célula.

#### **4.1.4. TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE**

A pintura ou tratamento de superfície é outro departamento que constitui o processo produtivo da Sakthi Portugal. Alguns dos componentes produzidos e por solicitação do cliente, são pintados nas instalações da empresa antes da expedição. A pintura é feita por cataforese, ou seja, por eletrodeposição. Mediante a aplicação de uma carga elétrica (cátodo) nas peças, enquanto na tinta é aplicada a carga elétrica oposta (ânodo). O consequente fecho do circuito elétrico é feito durante a imersão das peças, fazendo com que a tinta se fixe à

superfície da peça. O desengorduramento, a lavagem com água, a fosfatação, a pintura por cataforese e a polimerização em forno são etapas principais que constituem o tratamento de superfície.

Os componentes são colocados manualmente em bastidores (Figura 58) com capacidade para diversas quantidades e circulam num transportador automático que vai encaminhando os bastidores carregados pelas diversas etapas do processo até ao embalamento e entrega ao armazém de produto acabado.



Figura 58 Componentes dispostos em bastidor de pintura (A. M. M. Almeida, 2014)

#### **4.1.5. DEPARTAMENTOS AUXILIARES**

Para além das áreas acima referidas, o processo produtivo da Sakthi Portugal rola paralelamente á intervenção e auxílio dos departamentos auxiliares ou áreas assistenciais. Além da presença normal, como na grande maioria das organizações, de áreas como Recursos Humanos, Marketing e Vendas, Área Financeira ou Logística, a especificidade deste processo ou produto leva a existência de departamentos como: Qualidade, Ambiente e Segurança e Engenharia ou Desenvolvimento do Produto.

Tal como referido anteriormente no documento, este processo produtivo está assente num forte sistema de gestão da qualidade. Para esse efeito surge o departamento da Qualidade enquanto entidade reguladora da qualidade do produto e do serviço prestado. Para além da aferição de critérios de qualidade em parceria com o cliente para componentes conformes e

não conformes, é também da responsabilidade deste departamento o tratamento e gestão das reclamações bem como os custos associados (comumente denominados de custos de não qualidade), revisões aos fluxogramas produtivos para cada produto, verificação e análise na receção das matérias-primas e controlos afetos ao produto ou processo (ensaios destrutivos e não destrutivos, análises a raio-x, controlo dimensional e de estrutura, entre outros).

A robustez e risco elevado que caracterizam este tipo de processos industriais, obrigam á presença de uma entidade que controle aspetos ambientais e a segurança dos que diariamente circulam na organização. Surge então o departamento de Ambiente e Segurança que gere a totalidade dos resíduos da empresa e devido encaminhamento para entidades de recolha e tratamento. Além disso este departamento regista e trata todos os acidentes de trabalho, por forma a ajudar na melhoria dos espaços da empresa e conseqüentemente nos índices de dias perdidos devido a acidentes. O controlo de emissões de gases, ruídos, índices de luminosidade, controlo de equipamentos de segurança entre outros, são exemplos de outros assuntos ao cargo do Ambiente e Segurança.

A Engenharia ou Desenvolvimento do Produto é responsável por aferir, em parceria com o cliente, o *design* e todas as especificações de cada componente. Acordam todos estes pressupostos para a criação de uma placa molde para primeiros ensaios e prototipagens até aos volumes de produção para fornecimento. No dia a dia da empresa, este departamento assume a responsabilidade da manutenção das placas molde programadas para produção bem como de todas as ferramentas afetas ao controlo final de cada componente. Enquanto *developers* do produto, auxiliam também na parametrização de cada peça nas respetivas máquinas de moldar.

Como resumo e auxílio na compreensão deste capítulo, surge na Figura 59 o fluxograma do processo produtivo da Sakthi mostrando as etapas abordadas para o fabrico de determinado produto. Verifica-se o inicio do processo na fusão das cargas e respetivo tratamento do metal, bem como a preparação e transporte de areia ás linhas de moldação. Posteriormente o metal é vazado nas moldações de areia que após arrefecimento, são desfeitas desagregando areias e limpando as peças para controlo final. Por fim podem existir componentes sujeitos a pintura.

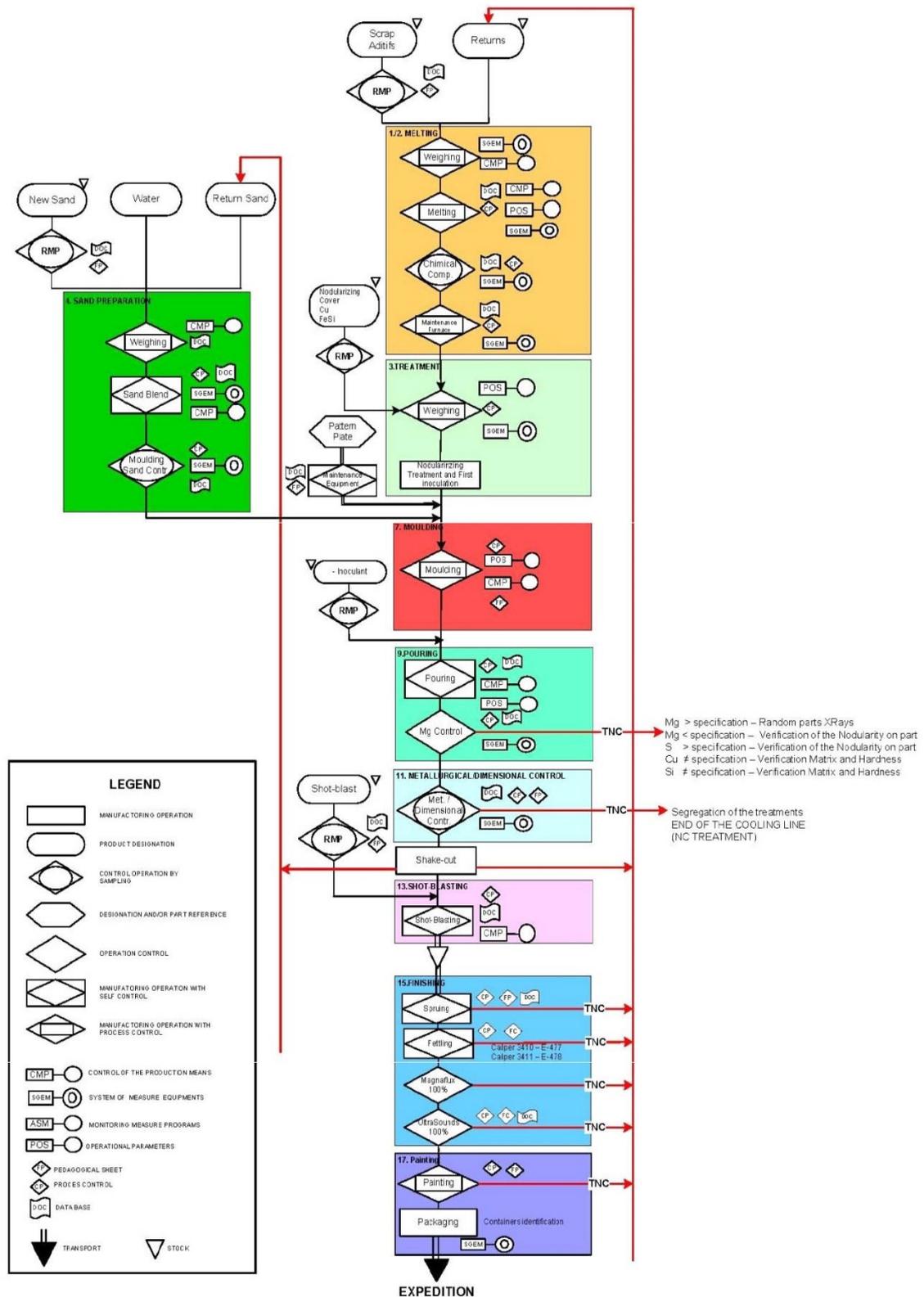


Figura 59 Fluxograma do processo produtivo da Sakthi Portugal S.A.

## **4.2. ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL DO SETOR DE ACABAMENTOS**

Pretende-se analisar a situação atual do setor de acabamentos, bem como problemas identificados que prejudicam a organização no cumprimento dos seus indicadores e no serviço prestado aos seus clientes.

### **4.2.1. FLUXO DA OPERAÇÃO**

Tal como descrito anteriormente, na secção referente à análise do processo produtivo atual, a última etapa antes do setor de acabamentos a que um componente produzido é sujeito, é a granalhagem (projeção de pequenas esferas que auxiliam na limpeza de areias ainda agregadas aos componentes e rebarbas pequenas).

Após a granalhagem os componentes são retidos em contentores de quarenta á saída das caleiras de transporte pertencentes ás maquinas de granalhar. Estes contentores são transportados e enlotados pelos empilhadores pertencentes ao setor para as zonas referentes a componentes produzidos, mas ainda a aguardar operações por realizar (WIP de produção). Diariamente o departamento de logística tem a seu cargo a alocação das referências e respetivas quantidades a cada um dos postos de trabalho existentes no setor, sendo novamente responsabilidade dos empilhadores o abastecimento de contentores por controlar e a retirada de contentores de cliente prontos a seguir para armazém de produto acabado.

Em cada um dos centros ou postos de trabalho o processo consiste em primeiro separar o grito (excedente de metal que não é peça, apenas auxilia no processo metalúrgico de produção da peça) do componente propriamente dito, com recurso a prensas hidráulicas, para a seguir ser submetido aos controlos também já referidos: controlo visual, metalúrgico e dimensional. Em grande parte dos casos, do controlo visual ou dimensional resulta a necessidade de *rework* ou retrabalho nos componentes, recorrendo-se a mós esmerilhadoras, discos de rebarbagem ou retificadores pneumáticos para garantir a conformidade do produto com as especificações do cliente.

A Figura 60, refere-se ao layout atual do setor de acabamentos Disa onde é possível verificar a existência das 5 linhas de acabamento com auxílio robotizado e as 10 células/postos de acabamento tradicional.

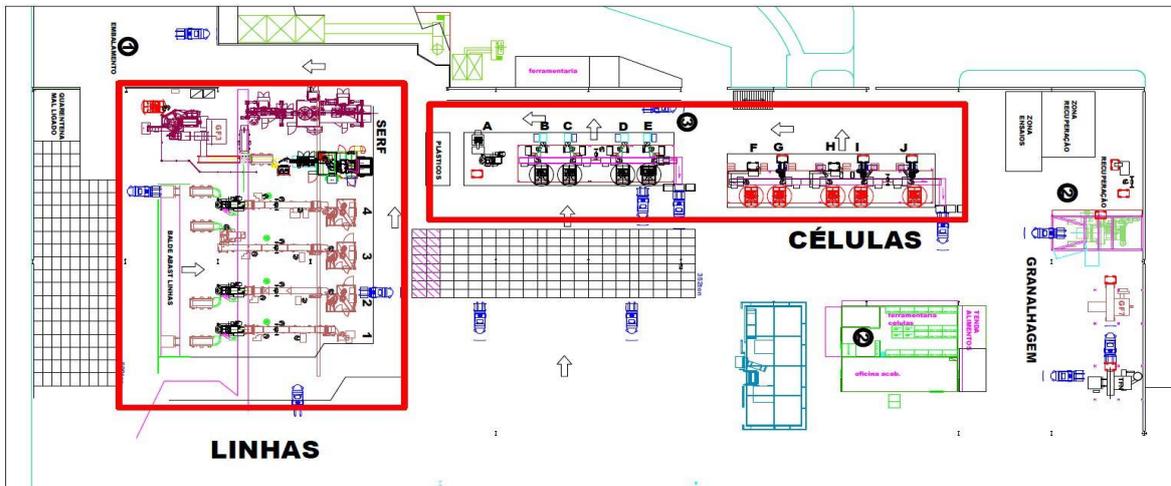


Figura 60 *Layout* pré alterações do setor de acabamentos

#### 4.2.2. OPERADORES E MÁQUINAS

Relativamente a colaboradores, o setor de acabamentos conta com cerca de 180 pessoas dispostas nos três turnos de laboração da unidade fabril. A laboração continua, já referida anteriormente no documento, também se verifica neste setor com cerca de 60 colaboradores em cada um dos três turnos (23h30 - 06h30; 06h30 – 15h00 e 15h00 – 23h30). As funções inerentes ao setor são várias e alteram essencialmente nas suas competências: controladores visuais, rebarbadores, operadores especializados de prensas, empilhadores, operadores de raio-x, entre outros. No caso dos controladores visuais, a formação e aquisição de competências padece de um plano bastante mais rigoroso tendo em conta que executam uma das verificações mais importantes aos componentes produzidos. O controlo visual exige enorme conhecimento do produto, essencialmente ao nível dos cadernos de defeitos acordados com os clientes, que tem implicações em processos a montante como a maquinagem ou a pintura. Para que haja *output* de um posto ou centro de trabalho é imperativo que esteja pelo menos um controlador visual que garante a conformidade do componente para poder seguir para contentor de expedição para cliente. Segundo a hierarquia de funções a coordenação está a cargo de um chefe geral do setor por turno que: coordena e gere a equipa, programa a produção e gere infraestruturas segundo plano de necessidades compilado pela logística. O setor conta ainda com o apoio de um grupo de 6

afinadores/ serralheiros responsáveis por preparar ferramentas, *setups*, mudanças de produto e manutenção de equipamentos.

Relativamente a máquinas, tal como já referido, a secção de acabamentos Disa é constituída por 5 linhas de acabamento com auxílio robotizado e 10 células/ postos de acabamento tradicional (Figura 61). As cadências médias rondam as 450 peças/h por linha e 250 peças/h por célula, conforme já referido. Alguns dos postos de controlo existentes são preparados para trabalhar especificamente com determinados produtos. Relembrando o que foi dito anteriormente no documento, no caso das linhas, cada uma está munida de uma prensa hidráulica no início, onde após colocação manual dos componentes a máquina quebra partes excedentes não pertencentes à peça. No final um prato giratório semiautomático alimenta um robô *ABB* de 3 eixos que coloca as peças no tanque de ultra-som para teste e consequentemente as coloca em contentor de cliente ou de rejeição. Pelo meio é possível os colaboradores recorrerem ao disco de rebarbagem ou mó para operações de retrabalho. No caso dos postos tradicionais, tal como mencionado acima, o processo é na globalidade o mesmo no entanto sem auxílio robotizado. As prensas operam de igual modo, alterando apenas fabricante ou modelo. No caso dos tanques de ultra-som o controlo e atuação de sinais elétricos é menos robusto com recurso ao *LOGO Siemens* (pequeno autómato com capacidade e processamento reduzidas) ao contrário de autómatos *Allen Bradley* utilizados nos robôs *ABB*.



Figura 61 Prensa hidráulica, robô ABB e posto tradicional

### **4.2.3. LOGÍSTICA E PLANEAMENTO**

Primeiramente importa perceber que a empresa funcionava em paradigma *push*, sendo os lotes produzidos armazenados em zonas intermédias, ou seja, criando em curso (WIP). Aí ficam até serem integradas no planeamento da produção do setor de acabamentos. O departamento de logística é o único responsável pela gestão das necessidades dos clientes, ou seja, é responsável pela execução do plano de produção afeto a cada posto de trabalho nos acabamentos.

O abastecimento aos centros de trabalho é puxado pelas ordens de trabalho emitidas pela logística, que informa a sequência de referências de produto a acabar e respetivas quantidades, alocadas a cada posto. Com isto, são supridas apenas as quantidades pedidas pelo cliente independentemente de os lotes ficarem incompletos, continuando a existir WIP. As necessidades de entrega aos clientes tidas como urgentes são obviamente priorizadas e alocadas a um centro de trabalho imediatamente após produzidas. Cumpridas as quantidades de um lote pedido pela logística para determinada referência, o posto de trabalho será sujeito a novo *setup* para substituição das ferramentas afetas aos diversos controlos (sondas de ultra-som, calibres de aferição dimensional, cassetes adaptáveis das prensas hidráulicas ou configurações e componentes dos robôs). O facto já referido, de alguns postos de trabalho serem dedicados a determinadas referências é um problema para a eficiência e cumprimento do plano pois por vezes existe necessidade de acabar em volumes maiores outros produtos, deixando o posto dedicado parado com *down-time* por falta de carga (que na realidade não se verifica).

O fluxo logístico no setor em questão, é também assegurado pelo departamento da logística, contemplando atividades como: a movimentação de cargas entre embalagens cheias e vazias, prontas a expedir ou a aguardar alguma operação, a preparação das diferentes embalagens de cliente, abastecimento de produto não acabados aos centros de trabalho e entrega ao APA de produto pronto a entregar.

### **4.2.4. OEE**

Para o cálculo aproximado do OEE do setor, foi necessário recorrer a dados de produção de anos anteriores, que apesar de imprecisos são aproximados da realidade. Recordando, o valor do OEE resulta da multiplicação de três fatores: a disponibilidade, a performance ou rendimento e a qualidade.

Para o fator da disponibilidade foi necessário saber o tempo de produção planeado (ou tempo total de trabalho, TTT) e o tempo operacional (ou tempo total de produção, TTP). No TTT,

foram subtraídas às 24 horas disponíveis dos 3 turnos, as 3 paragens de 30 min do setor em cada turno, para refeições. O TTT considerado, em segundos, foi 81000 resultantes de 22,5 horas de tempo de produção planeado. No TTP, foi necessário recolher valores médios e aproximados de *down-time* diário, apesar da imprecisão dos dados, para subtrair ao TTT. O valor médio de *down-time* considerado foi 5 horas e 15 minutos diários, dispersos por perdas de tempo registadas em afinações de equipamentos, falta de carga para os postos de trabalho dada a pouca flexibilidade dos mesmos, *setups* e paragens induzidas por esperas de empilhador para retirada ou colocação de contentores, equipas de manutenção, afinadores, entre outros. O gráfico circular da Figura 62 apresenta a distribuição em peso percentual afeta a cada motivo de paragem identificado.

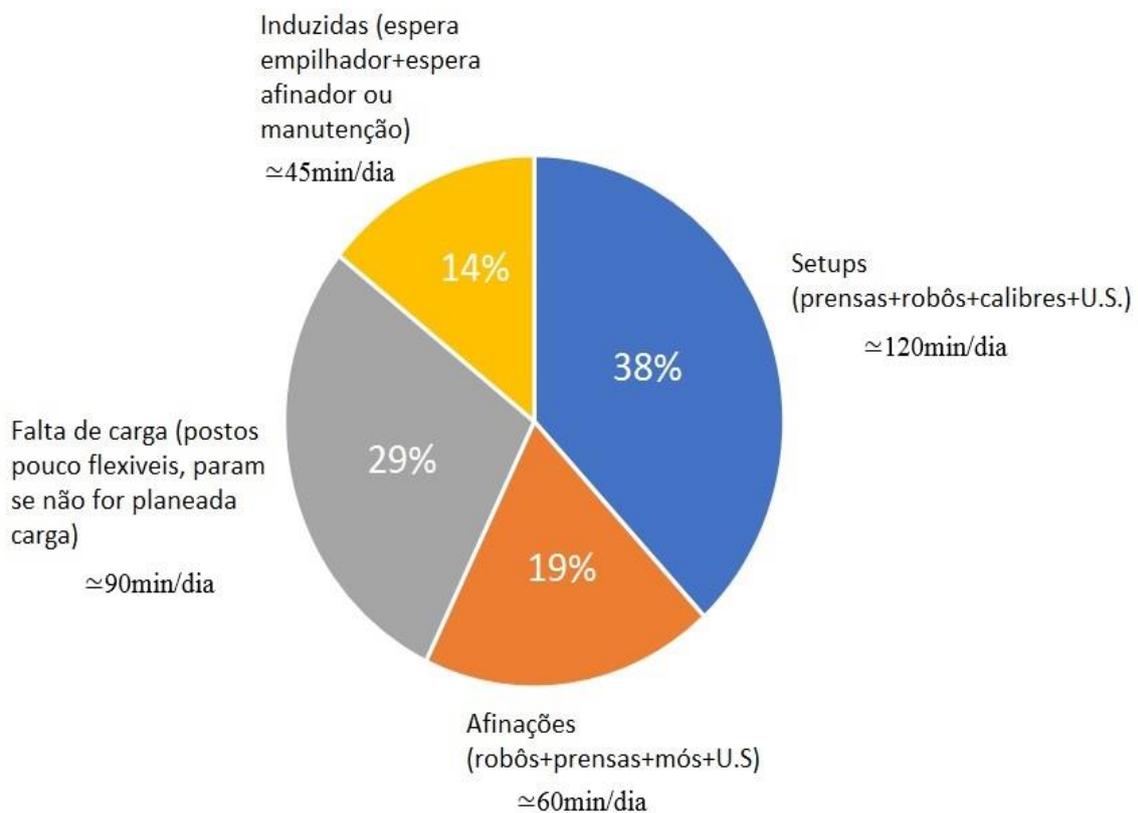


Figura 62 Distribuição percentual dos principais motivos de paragem do setor

Para calcular o valor final da disponibilidade, segundo a formula apresentada no capítulo terceiro referente ao enquadramento teórico, dividiu-se o TTP (62100 segundos) pelo TTT (81000 segundos), obtendo um fator de 0,77 para o peso da disponibilidade no cálculo final do OEE.

Relativamente ao fator qualidade, recorreu-se ao histórico da empresa que regista valores médios de refugo ou não-qualidade interna entre 2012/2015 na ordem dos 15% de rejeição (ou 15000PPMs, peças por milhão, numa linguagem mais atual). Posto isto, o peso do fator qualidade para o cálculo final do OEE será igual a 0,85.

No último fator, a performance ou rendimento, foi necessário recorrer a históricos por forma a obter médias de peças acabadas diariamente. O *output* médio dos 15 postos de trabalho ronda as 56000 peças diárias. Atendendo ao tempo operacional e ao total médio diário de peças, o ciclo real é aproximadamente 0,90 peças/ segundo de *output* do setor. O tempo *standard* ou teórico da engenharia do produto é de 1,50 peças/ segundo. Posto isto, o peso do fator performance para o cálculo final do OEE será de 0,60.

**Tabela 4 Cálculo do OEE para acabamentos em fluxo tradicional**

DISPONIBILIDADE	PERFORMANCE	QUALIDADE
0,77	0,6	0,85
<b>OEE (FLUXO TRADICIONAL)</b>		
<b>39%</b>		

O cálculo do OEE para a situação do setor a operar em fluxo por células tradicionais é de 39%, conforme a Tabela 4. Tal como referenciou Raffaele Nenni (Iannone & Nenni, 2013), segundo Nakajima o OEE médio em plantas maioritariamente com processos de manufatura ronda os 60%, enquanto que nas *non-process industries* um valor aceitável deve estar compreendido entre os 80% e 95%, para ser considerado *World Class OEE* (Nakajima, 1989). Neste caso a percentagem baixa obtida espelha grandes deficiências ao nível de performance, disponibilidade e qualidade é em grande parte fundamentada pelo subcapítulo apresentado de seguida.

### **4.3. PROBLEMAS E DESPERDÍCIOS IDENTIFICADOS NOS ACABAMENTOS**

Após a elucidação do estado dos acabamentos, pretende-se de seguida apresentar os principais problemas registados no fluxo atual do setor. O objetivo é que se identifiquem as principais fontes de desperdício, consolidando o estudo e a proposta de oportunidades de melhoria.

#### **WIP elevado**

Sendo o *bootleneck* do processo produtivo, a determinado momento a gestão e organização geral do setor tornou-se bastante complicada e limitada. O facto de o ritmo das linhas de moldação ser consideravelmente superior ao ritmo dos acabamentos provocou um aumento de *stock* em armazém intermédio, resultando em valores bastante elevados de produto em curso (WIP). Valores de produto em curso referentes a períodos de 2013 e 2014 apontam para médias que rondam as 1500 toneladas, o que representa aproximadamente entre 5 a 6 dias de operação em WIP (assumindo um valor médio de *output* diário da moldação a rondar as 270 toneladas). Todo o produto em espera e em grandes lotes ocupa espaços desnecessários. Isto leva a um distanciamento natural entre as várias fases de produção e leva à criação descontrolada de zonas de armazenagem ou quarentena.

Este problema está intimamente ligado, conforme se perceberá de seguida, com uma série de outros problemas também identificados e com repercussões em diversos indicadores chave da organização como os níveis de qualidade, a segurança e ergonomia dos colaboradores, custos desnecessários ou até mesmo incumprimento de cláusulas para com os clientes. É desde logo visível em primeira observação que o WIP elevado causa enormes transtornos no que respeita a acessos, tendo em conta que o espaço confinado ao setor ia sendo reduzido devido á ocupação por contentores de produto a aguardar.

A desorganização no produto em curso passou a ser de tal forma que até mesmo no abastecimento aos diversos centros de trabalho se verificam *down-times* pela dificuldade de os empilhadores encontrarem ou terem acesso a referências que constem no plano de produção diário. A Figura 63 retrata o período crítico em que o WIP apresentava valores elevados.



Figura 63 Excesso de *WIP* no armazém intermédio

### **Lead time elevado**

Tal como foi enunciado nos fundamentos teóricos por E. Coimbra e aliando ao estado atual do setor, o sistema “empurrado” como se gere tem como consequência *lead-times* elevados. O *WIP* elevado, a quantidade de lotes incompletos ou completos e as operações a que os componentes são sujeitos resultam em tempos bastante elevados desde que um componente é produzido numa linha de moldação até que se encontre em APA pronto a expedir.

O tempo que o produto demora a fluir desde produzido até acabado e em contentor de cliente pronto a expedir é elevado quando comparado com o tempo de processamento de uma unidade numa linha de moldação. Este facto prejudica bastante a flexibilidade da empresa responder á necessidades dos clientes, tornando-a pouca competitiva relativamente ao mercado concorrente.

O *lead-time* é, portanto, um indicador crítico em termos de capacidade de resposta da fábrica e no caso da Sakthi Portugal S.A. é elevado. Tendo em conta o valor apresentado acima, referente a dados de 2013 e 2014, o *stock* em *WIP* eram cerca de 1500 toneladas de produto. A procura média diária (refere-se ao número médio de peças que diariamente são efetivamente expedidas para cliente) ronda as 90000/ 95000 peças. Importa referir que este valor apenas diz respeito às 3 linhas de moldação vertical, pois tendo em conta o que foi mencionado anteriormente no documento, a zona referente aos acabamentos apenas é partilhada

pelas três linhas. Tal como foi dito, a linha de moldação GF fica situada noutra parte da fábrica tendo o seu fluxo contínuo e integrado, não havendo neste caso um volume de WIP tão elevado. A procura média diária resulta de um volume de vendas mensal, em 2013 e 2014, a rondar as 5000 toneladas de componentes, o numero médio de dias trabalhados por mês 22 e o peso médio do componente cerca de 2,5 Kg. Dividindo o volume de *stocks* em WIP pela procura média diária, consegue-se estimar o valor do *lead-time*:

$$\text{Lead - time} = \frac{\text{WIP (em peças)}}{\text{Procura dia (em peças)}} = \frac{600000}{90000} \simeq 6 / 7 \text{ dias}$$

### **FIFOs**

Tal como referido a quando do enquadramento teórico, processos com fluxo tradicional padecem de problemas no cumprimento de FIFOs. Na Sakthi Portugal S.A. este facto também se verifica, com algum enfase no cumprimento de FIFOs entre o acabamento final, armazenamento em APA e entrega ao cliente. Com desperdícios, claramente vinculados, como os que já foram enunciados é de prever que não seja fácil, e até em alguns casos impossível, para a organização garantir o *first in first out* na entrega de componentes ao final da cadeia.

Num exemplo de simples perceção, um lote produzido com elevado índice de *rework* (retrabalhos) ou até mesmo de não-qualidade poderá permanecer por largos períodos de tempo em *stand-by* nos acabamentos devido ao tempo que cada componente demorará até estar pronto a expedir ou devido aos níveis de não-qualidade altos não possibilitarem que se consiga o numero de componentes conformes para suprir o lote desejado.

Tendo em conta o impasse, a logística opta por planear a produção do mesmo lote na expectativa de se obter o número de componentes necessários. Como prejuízo, os lotes mais antigos e com mais problemas permanecem na Sakthi Portugal, enquanto os lotes mais recentes são expedidos por forma a se conseguir suprir a necessidade de entrega. Perante este cenário, a situação é então de não cumprimento do FIFO.

Para este tipo de industrias, e no caso particular da Sakthi Portugal, alguns clientes a nível mundial já exigem contratualmente para o período de prestação do serviço o cumprimento de FIFOs. A tendência neste ponto é que cada vez mais os clientes tomem o FIFO como uma exigência assumida.

## Refugo

O refugo ou não-qualidade será sempre um dos indicadores do processo mais importantes, já que traduz aquilo que de bom e de mau foi produzido. Para que as relações de confiança com os clientes não se quebrem e por outro lado até se possam tornar mais fortalecidas é importante que o processo responda com taxas de não-qualidade baixas e que representem melhoria nos resultados com o passar do tempo.

Em 2013/2014 a não-qualidade interna na Sakthi Portugal rondava os 150000 PPMs (peças por milhão), ou seja, a cada milhão de peças produzidas o processo rejeitava em média 150000 peças não conformes. Os valores eram elevados relativamente a outros concorrentes a nível mundial, sendo também objetivo da administração que estes valores pudessem sofrer uma melhoria significativa.

A não-qualidade ou o defeito no fabrico tem grande repercussão no fluxo de trabalhos do setor dos acabamentos. Os principais problemas identificados neste ponto prendem-se essencialmente com a falta de comunicação entre os diversos setores da produção, a grande deficiência em controlos ou métodos que permitam prevenir o defeito e a pouca capacidade de acompanhamento e reação durante uma produção, não descurando o facto de que pelas características do processo um componente demora em média 1 hora e 30 minutos desde que é vazado até à saída das máquinas de granalhagem. Na prática, o défice no acompanhamento da produção leva a dizer que o processo flui sobre um efeito retrovisor, onde toda a comunidade só tem noção dos problemas e defeitos quando todo o lote já está produzido aniquilando todas as possibilidades de reação e tomada de ações corretivas. A inexistência de controlos, métodos ou *check-lists* que permitam certificar que todas as variáveis do processo se encontram conformes antes mesmo de a produção arrancar, leva a que por vezes no instante do arranque algo já não esteja conforme e mesmo assim prossegue-se com a produção. Com os componentes já produzidos, apesar de se aferirem os defeitos existentes não é possível voltar atrás e corrigir problemas no processo com o objetivo de atenuar níveis de refugo ou de *rework*.

## Retrabalhos elevados

Ao longo do trabalho foi referido por diversas vezes que o *rework* ou retrabalho nos componentes produzidos apresenta índices bastante elevados. A necessidade de operações extra não acrescenta valor ao produto e ainda aumento o tempo necessário para que o componente possa estar conforme e em embalagem de cliente.

A primeira grande necessidade é o recurso a prensas hidráulicas em 100% dos componentes com o objetivo de partir ou separar os gitos ou canais que representam excedentes de metal que não pertencem á peça no seu estado bruto (conforme Figura 64).

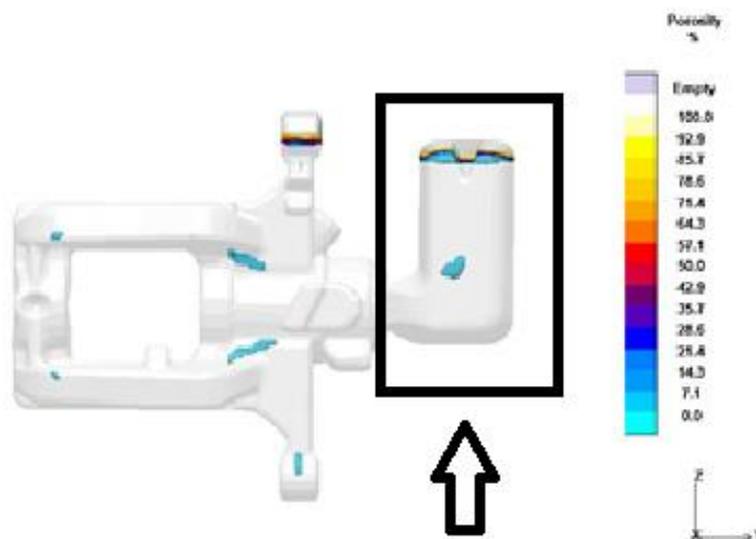


Figura 64 Exemplo de componente com alimentador agarrado

A pouca comunicação entre setores e a falta de controlos e exigência também se verifica na entrega e manuseamento de machos na moldação. Este fator também tem grandes implicações no fluxo do trabalho a realizar nos acabamentos. O manuseamento do macho contempla o transporte (normalmente em paletes), a colocação manual na tela de abastecimento e a colocação manual na máscara do coloca-machos que se encarregará de entregar automaticamente o macho á moldação. Em todas estas etapas é necessária a inspeção visual constante para aferir machos esmurrados, deslocções do macho, areias agarradas ou fugas de ar no sistema de sucção do macho.

Uma moldação produzida sem os cuidados referidos traduz-se em *rework* no produto final. A Figura 65 procura refletir precisamente a falta destes cuidados.

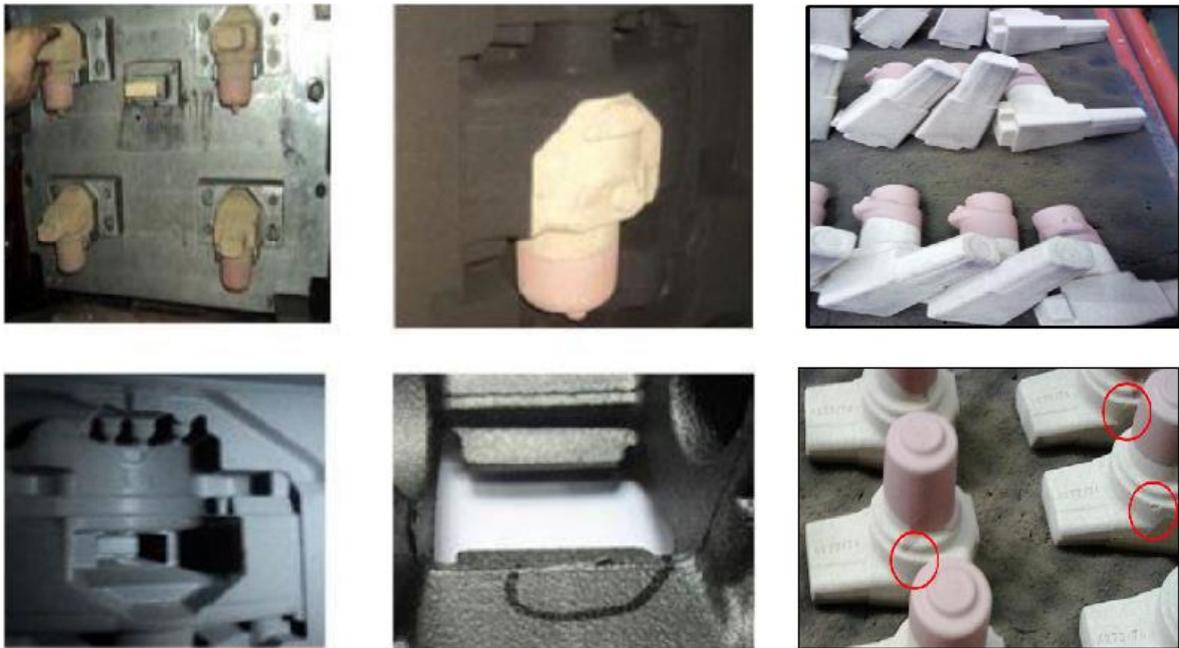


Figura 65 Manuseamento de machos na moldação

Outro fator importante e objeto de pouco cuidado pelos intervenientes é a inspeção das placas molde, equipamento chave para a produção dos diversos componentes. Descurar a inspeção das placas molde antes e após uma produção contribui bastante para níveis de retrabalho e não-qualidade elevados. A verificação e inspeção das zonas da placa assinaladas na Figura 66 é de cariz extremamente importante:

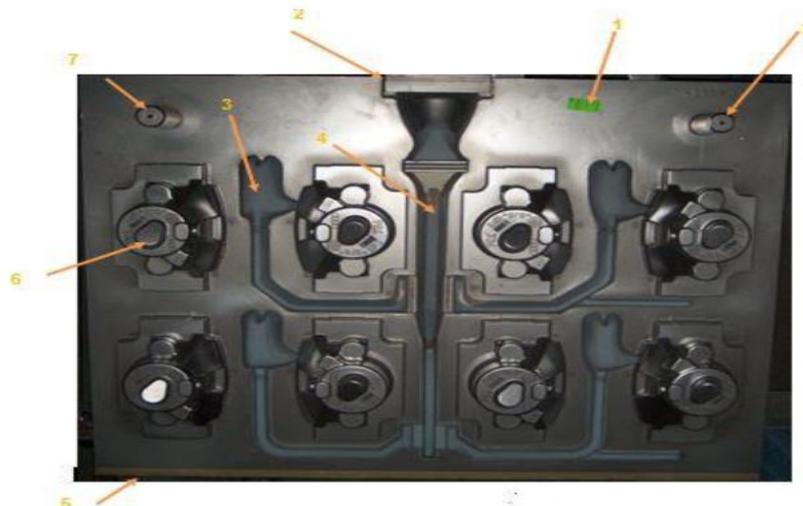


Figura 66 Exemplo de placa molde e zonas críticas de inspeção

Verificar se a placa é entregue á moldação com selo verde (1), aferir o bom estado da bacia de vazamento (2), alimentadores sem desgaste (3), canais de gitagem não devem estar soldados ou estalados (4), boa fixação da raspadeira (5), cavidades referentes às peças sem quebras

nem desgastes (6) e cavilhas com cotas corretas e sem desgaste (7), o cumprimento destes passos deveria ser imperativo.

### **Ergonomia e segurança**

A ergonomia e segurança dos colaboradores é outro fator importante para se atingirem boas performances, e também um problema identificado nos acabamentos da Sakthi Portugal S.A. Os índices de acidentes de trabalho e dias perdidos devido aos mesmos é bastante elevado, sendo que alguns casos com registo de lesões massivas e para o resto da vida.

Os históricos da Sakthi Portugal para períodos entre 2011 e 2014 apresenta registos de mais de 50 participações de acidente de trabalho por ano, com os dados a indicarem que cerca de 30% a 40% dos acidentes representam dias de trabalho perdido por baixa médica. Particularmente no setor de acabamentos a incidência dos acidentes de trabalho tem grande ênfase nos olhos, nos membros superiores, no tronco, flexões lombares e lesões musculares.

As principais fontes de contributo para um elevado numero de acidentes de trabalho no setor de acabamentos são a utilização constante de prensas hidráulicas e o recurso permanente a discos de rebarbagem ou mós esmerilhadoras, equipamentos com elevados riscos para os colaboradores. A projeção de partículas, o funcionamento constante de máquinas e órgãos mecânicos de grande risco, a fraca iluminação em algumas zonas de controlo visual são fatores extremamente propícios a lesões quer a curto quer a médio prazo.

Do ponto de vista ergonómico a primeira grande desvantagem é o abastecimento de peças às diversas máquinas ou ferramentas da operação, onde o operador tem a função de recolher dos contentores metálicos as peças produzidas (conforme Figura 67).

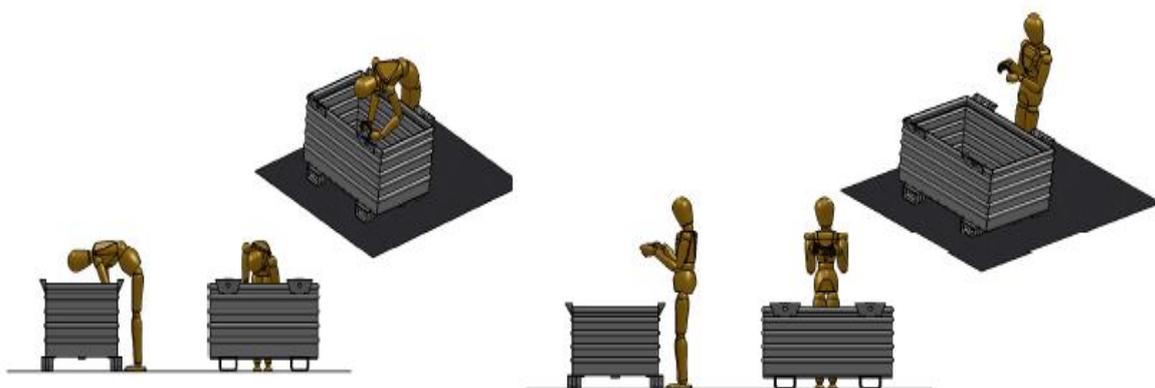


Figura 67 Posições ergonômicas incorretas

Abastecem repetidamente (dependendo do ciclo do equipamento) prensas hidráulicas em primeira instância, discos de rebarbagem ou mós, robôs ou tanques de teste ultra-som controlando-as qualitativamente, cumprindo os requisitos do cliente (Figura 68). Durante o processo de controlo visual, o operador pega na peça de um contentor e apos controla-la visualmente marca-a e coloca-a noutro contentor. As pecas pesam, conforme já referido anteriormente, entre 1 a 5 Kg e os contentores de cliente podem variar entre 200 a 850 unidades. Problemas como posição incorreta (coluna vertebral fletida ou cabeça baixa), iluminação insuficiente, riscos de corte ou esmagamento nas prensas e nos discos, são fatores importantes da análise de riscos deste tipo de equipamentos.



Figura 68 Riscos com prensa (esq.), disco (centro), abastecimento ao robô

### **Custos/ gastos excessivos**

Os problemas e desperdícios identificados até aqui desencadeiam outra questão desfavorável e prejudicial à gestão, os gastos elevados em várias vertentes. Os pontos seguintes elucidam para alguns custos identificados como desperdícios:

- Custos com horas extraordinárias. Na produção (moldação) ou apenas no setor de acabamentos, a empresa recorria com frequência ao trabalho extraordinário para suprir necessidades de entrega aos clientes. Para além dos custos elevados também se traduz no cansaço e performance dos colaboradores;
- Custos com volumes de WIP elevados. As dificuldades em controlar e gerir os stocks intermédios, resultam em custos. Tentando atenuar o estrangulamento no setor recorre-se a armazéns ou espaços externos ao setor ou à organização, traduzindo-se num desperdício de custos;

- Custos elevados com baixas e seguros médicos. Estes resultam dos elevados índices de acidentes de trabalho e dos problemas de ergonomia e segurança já referidos.;
- Custos com manutenção e sobresselentes. Os equipamentos identificados nos acabamentos (prensas hidráulicas, discos de rebarbagem, mós esmerilhadoras ou robôs semiautomáticos) suportam custos de manutenção e *stocks* de sobresselentes muito elevados. Quando comparada a sua rentabilidade com o valor que acrescentam ao produto, não justificam os gastos;
- Custos em ferramentas de controlo. O número elevado de referências de produto ativas na empresa e postos de controlo no setor, resultam em investimentos consideráveis para aquisição de ferramentas de controlo dedicadas a cada referência. Sondas e tanques de ultra-som, calibres mecânicos e elétricos, cassetes de adaptação para as prensas hidráulicas, sondas e adaptáveis para os robôs resultam num gasto com expressão considerável;
- Custos elevados com reclamações ou não-qualidade externa. Dados da organização, que remontam de 2011 a 2014, apresentam custos anuais com reclamações em média equivalentes a 200.000€/ ano. O número de reclamações por ano (em média 70 para o mesmo período) é igualmente alto para os ideais e estratégia da administração.



Figura 69 Reclamações referentes a defeitos no cliente

Na Figura 69, apresenta-se alguns exemplos de defeitos provocados por má operação em prensas hidráulicas, discos de rebarbagem ou retrabalhos. Estes casos representam alguns dos exemplos que resultam em maiores custos de não-qualidade para a organização já que provocam danos irreversíveis em ferramentas ou componentes dos maquinadores ou montadores automóveis.

Por outro lado, devido a problemas já referidos anteriormente, relacionados com falhas nos controlos ou inspeções durante a produção dos componentes podem surgir reclamações, em alguns casos com custos menores, mas sem nunca deixar uma quebra de confiança bastante critica nos clientes, tendo em conta o setor industrial e os componentes de que se tratam. A Figura 70 mostra alguns desses exemplos.

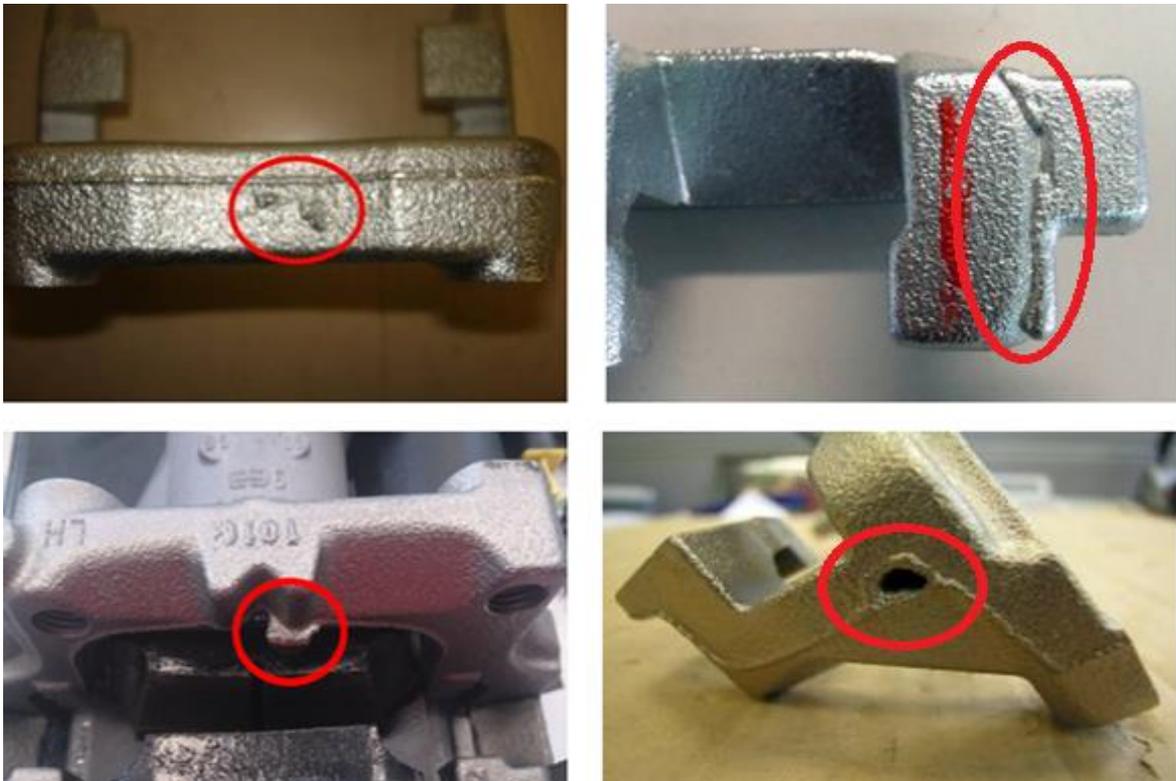


Figura 70 Exemplos de defeitos provocados por falhas no processo

#### 4.4. VISÃO PARA A MELHORIA

O crescimento nos últimos anos de operação da Sakthi Portugal S.A. é notoriamente positivo. Paralelamente a isto a organização pretende estar em condições de acompanhar a tendência, também crescente das previsões de aumento de procura para o mercado automóvel.

Em 2013/ 2014, a organização foi alvo da implementação de um projeto em cooperação com os Institutos *Kaizen* e *Azterlan* (peritos em consultoria e especialistas em fundição ao nível industrial), que reposicionou e repensou a gestão da produção com forte incidência no *gemba*, o projeto Formula 1 (A. M. M. Almeida, 2014). O fundido aproveitado médio alcançado num dia de produção (histórico até aproximadamente 2013/ 2014) rondava as 260/280 toneladas.

Com este projeto, recorrendo a um baixo investimento (acompanhamento à produção com três elementos nos setores chave: um speaker da moldação, um speaker da fusão e um speaker em *backoffice* e o recurso a walkie-talkies promovendo a comunicação entre etapas do processo), adotando uma postura forte na implementação da gestão visual, e reestruturando com a logística o *mix* de produtos afeto a cada máquina de moldar, foi possível catapultar o fundido aproveitado para médias diárias próximas das 360 toneladas (record atual da organização de 416 toneladas de fundido aproveitado num dia de trabalho (figura 20, Kamishibai da produção Sakthi em 10 de Outubro de 2016). Isto representou aumentos na ordem dos 25-35% nos volumes médios de produção diária.

Contudo, após a implementação deste projeto e dos ganhos obtidos rapidamente com consistência, nem todas as etapas do processo responderam da mesma forma. Especificamente no setor de acabamentos, a organização sentiu dificuldades com os valores de WIP a aumentarem e vincando este setor como o *bottleneck* do processo.

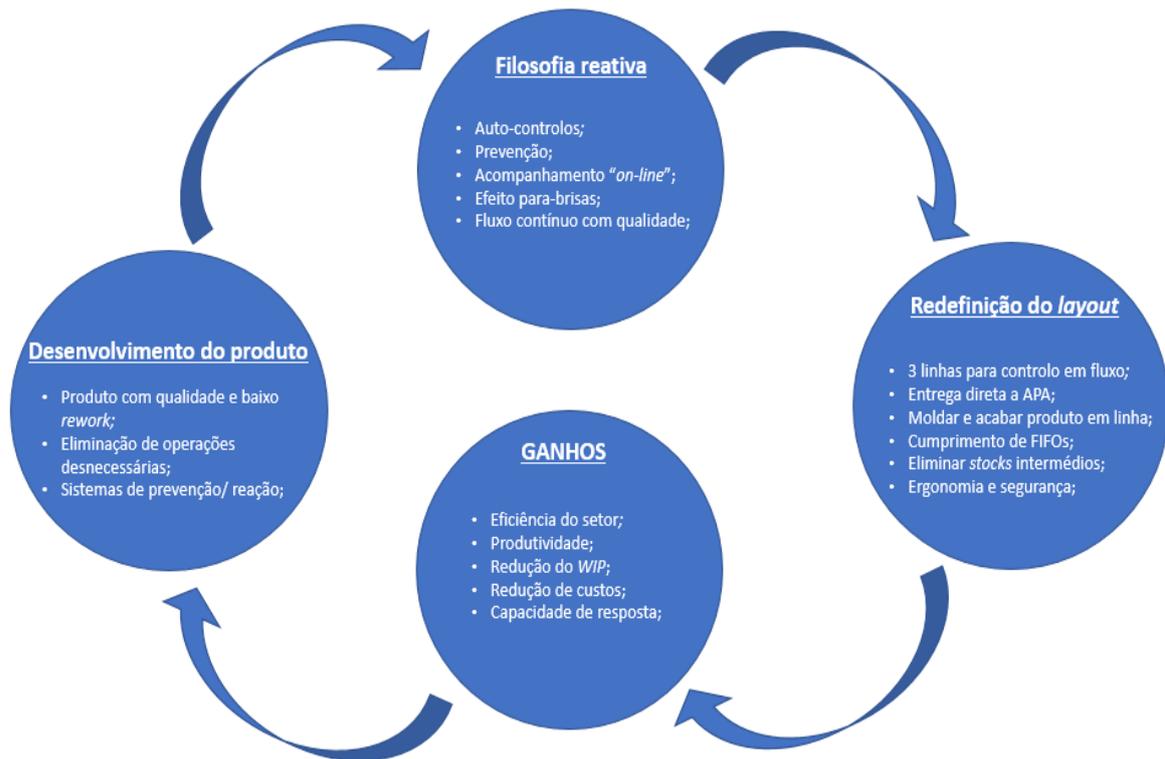


Figura 71 Diagrama referente à visão futura a alcançar

Depois de analisada a situação atual e de identificados os principais problemas e desperdícios, foi necessário criar uma visão futura. Partindo das questões identificadas ao longo deste capítulo, foi reformulada a estratégia com vista a medidas que suportam a criação de um futuro melhorado, alcançando ganhos de produtividade e propensão para o fluxo continuado do produto.

A visão acima, representada na figura 71, enquadra-se no pressuposto da melhoria contínua e privilegia o envolvimento de equipas multidisciplinares. Ambos suportam os eixos principais da visão futura:

- ✓ Desenvolver o produto: foco na qualidade e retrabalho do produto, eliminação de operações desnecessárias e sistemas que promovam a reação e prevenção;
- ✓ Promover uma filosofia reativa: estimular o autocontrolo, o acompanhamento “on-line” do processo produtivo com foco na fluidez continuada e com qualidade do produto;

- ✓ Redefinir um *layout* que possibilite o fluxo contínuo e possibilite moldar, acabar e entregar diretamente ao APA, cumprindo FIFOs e sem *stocks* intermédios que prejudiquem a fluidez do setor.

O objetivo tal como já referido anteriormente na introdução do documento, é para além do fluxo contínuo no setor, gerar ganhos ao nível de indicadores importantes como a produtividade, a eficiência global do setor, redução de *stocks* intermédios e não-qualidade, entre outros.

# 5. PROPOSTAS DE MELHORIA

Ao longo deste capítulo serão descritas as principais propostas de melhoria desenvolvidas na empresa, tendo sempre em conta os problemas referidos no capítulo anterior. O principal objetivo do trabalho é aumentar a produtividade do setor, reduzindo para níveis aceitáveis os efeitos dos problemas identificados anteriormente. Reduzir as tarefas que não acrescentam valor afetas ao acabamento, promover o fluxo contínuo do produto até ao armazenamento final, promover um efeito reativo nos desvios ao processo beneficiando a qualidade e salvaguardando a ergonomia e a segurança dos colaboradores do setor.

## **5.1. ENGENHARIA DO PRODUTO NO ÂMBITO DOS RETRABALHOS**

Conforme já assumido anteriormente, a melhoria contínua é um pilar bastante presente na Sakthi Portugal. Após melhorias substanciais na produção que resultaram em aumentos nos resultados diários de fundido aproveitado, foi também referido que o objetivo da administração era mudar o paradigma no setor dos acabamentos. Aumentar a produtividade e responder às exigências da produção interna e conseqüentemente às solicitações do mercado são premissas importantes a alcançar. Não querendo aprofundar em demasia conceitos metalúrgicos por não se tratar do âmbito principal do trabalho e mantendo a coerência com pormenores de confidencialidade da empresa, elucido cada um dos seguintes pontos de uma forma global e centrada no âmbito do documento.

### 5.1.1. NOVO DESIGN DE ALIMENTADORES

O primeiro grande pressuposto para se pensar na reestruturação do setor rumo ao fluxo contínuo passa por um contributo bastante importante do Desenvolvimento ou Engenharia do Produto.

O foco é reduzir o *rework* nos componentes produzidos, diminuindo o tempo de processamento destes nos acabamentos. Investindo numa técnica que reconfigura o design dos alimentadores (elemento que metalurgicamente auxilia no enchimento dos moldes ou peças numa moldação vazada) foi possível eliminar o recurso às prensas hidráulicas. Criaram-se condições para que os alimentadores se quebrem durante o fluxo do processo até aos acabamentos (desmoldação e granalhagem) (Hlousek & Kavicka, 1989).

Segundo a configuração clássica de dimensionamento dos alimentadores e respetivas entrada na peça, estes devem ter tamanhos consideravelmente grandes que favoreçam o arrefecimento do metal e previnam o aparecimento de problemas metalúrgicos. Tal como mostra a Figura 72, a secção de entrada do componente é de dimensão considerável o que obriga ao recurso de prensas para a sua quebra antes de controlos finais (Havlicek & Elbel, 2011).

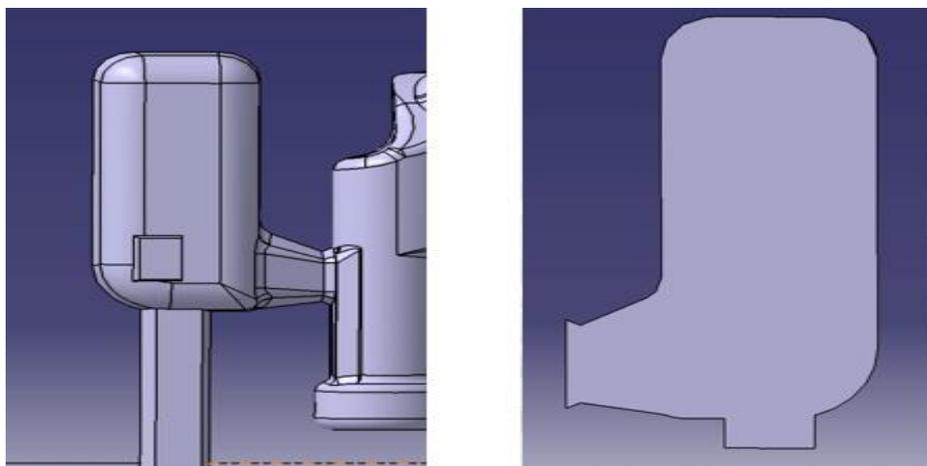


Figura 72 Design clássico dos alimentadores pré-alteração (S.A., 2015)

Segundo o novo conceito no design de alimentadores, a ideia é aproveitar o baixo índice de transmissão de calor da areia de moldação e a temperatura nas zonas de envolvimento da peça junto ao alimentador. Assim é possível a conceção de entradas com menores dimensões (Figura 73), sem prejudicar o tempo de alimentação.

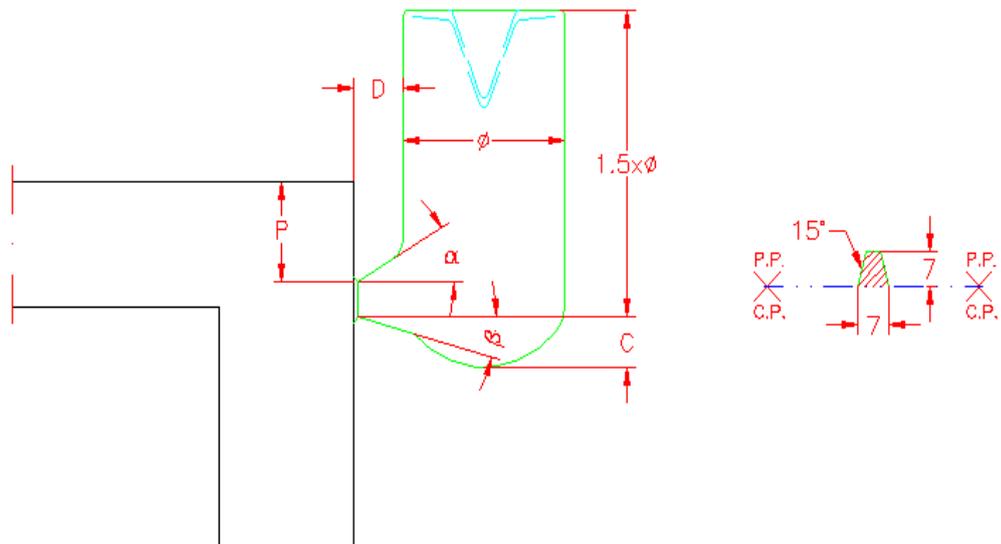


Figura 73 Dimensionamento de um alimentador com secções reduzidas (S.A., 2015)

Os cálculos consideram a distância entre a entrada e o alimentador, os ângulos de saturação e a forma do fundo do alimentador. A Figura 74 mostra um alimentador dimensionado segundo o novo conceito, onde são perceptíveis as diminuições nas secções que facilitam a quebra do alimentador durante o processo, conforme já referido.

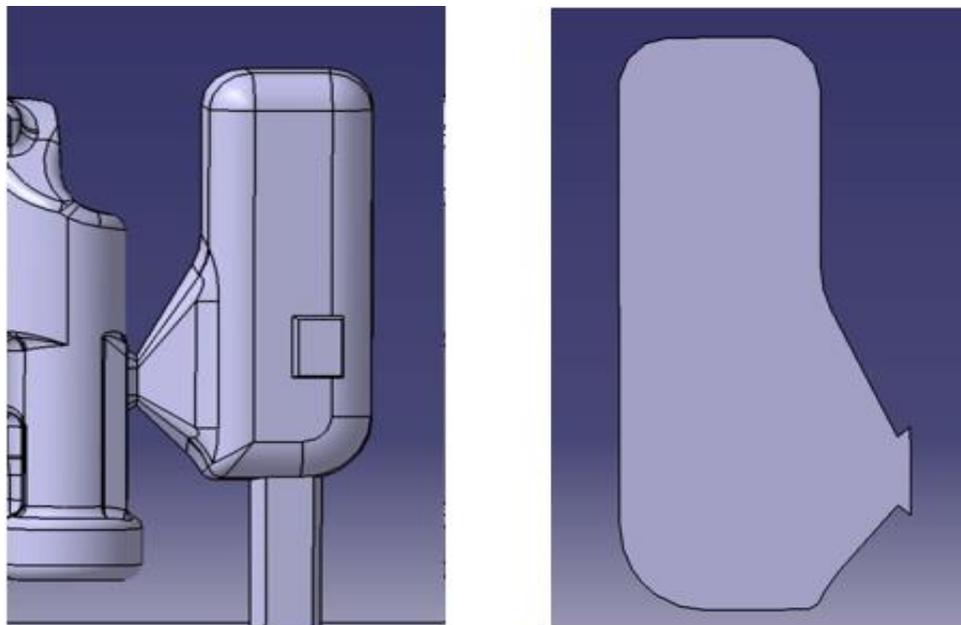


Figura 74 Novo design dos alimentadores pós-alteração (S.A., 2015)

### 5.1.2. ALTERAÇÃO NO MATERIAL DE CANAIS E GITAGENS

Outro investimento conducente ao aumento da qualidade do produto e na mesma relacionado com o desenvolvimento do produto e a produção é a alteração dos materiais utilizados na construção dos canais, gitagens e alimentadores das placas molde. As resinas vulgares utilizadas, face a estudos e registos de refugo e *rework*, revelam altos índices de propensão a inclusões de areia nos componentes (produto defeituoso em grande parte dos casos) e imperfeições ou outros materiais agarrados (elevadas taxas de *rework* ou refugo). Para além da desvantagem com manutenções constantes aos equipamentos (placas molde de produção) este material obriga a reposições da totalidade de gitagem em períodos médios de 20000 moldações produzidas. A Figura 75 refere-se a um exemplar de placa molde com canais e gitagem vazados a resina vulgar.



Figura 75 Exemplo de placa molde com gitagem em resina vulgar

Após consultas e ensaios com diferentes materiais, a comparação de resultados registou melhorias na qualidade do produto produzido. Optou-se por iniciar a alteração de gitagens em equipamentos com volumes de produção consideráveis e registo de melhoria na qualidade. A resina maquinada oferece maior resistência à areia de moldação tendo por isso maiores índices de durabilidade, não obrigando a manutenções tão constantes. Sendo baixa a propensão ao desgaste as gitagens são muito menos propícias ao aparecimento de inclusões, existindo registos de diminuição de refugo por inclusões superiores a 50%. Os períodos de reposição da totalidade de gitagens e alimentadores nos equipamentos a resina maquinada é, segundo o histórico atual, próximo das 250000 moldações, o que representa outro ganho de rentabilidade. Outro material testado, mas ainda com menor expressão devido ao investimento mais elevado, é a construção de gitagens em ferro. Segundo os

ensaios realizados também apresentam performance assinalável na prevenção de inclusões. A Figura 76 mostra alguns exemplos de placas molde em ambas as circunstâncias descritas.

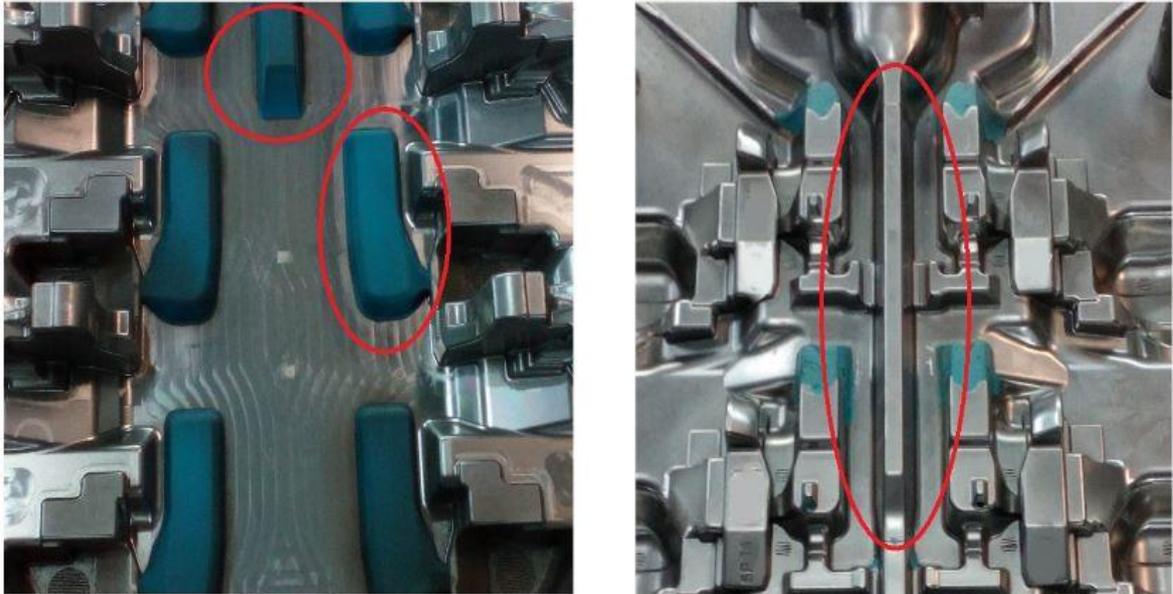


Figura 76 Gitagem em resina maquinada (esq.) e gitagem em ferro (dir.)

### 5.1.3. CONTROLO DE VARIAÇÕES DIMENSIONAIS NAS MÁQUINAS DE MOLDAR

Para que se consiga trabalhar consistentemente e num nível estável relativamente a desvios que possam prejudicar níveis de *rework* e não qualidade é também importante que se garanta a estabilidade dimensional das máquinas de moldar. Para além do controlo e registo do estado das máquinas em ambiente estático é também vantajoso verificar dinamicamente o comportamento das mesmas, evitando *rework* como rebarbas ou defeitos como esmagamento ou deformação, conforme apresentados na Figura 77.



Figura 77 Exemplo de rebarba (esq.) e esmagamento (dir.)

Para melhor controlo e análise foram criadas placas especificamente concebidas para verificação de variações no estado dimensional das máquinas, particularmente em componentes que afetam diretamente a qualidade da moldação até á solidificação das peças, como as placas verticais (PP e SP), o coloca-machos (CSE) e o primeiro transportador automático (AMC).

### **Placa PP/SP**

Tratam-se de duas placas (montadas uma na PP e outra na SP) como as normais de produção com 5 argolas posicionadas em zonas específicas da placa (conforme Figura 78). São vazadas e cumprem o fluxo como uma peça normal, ate serem recolhidos 3 cachos já limpos após a granalhagem.

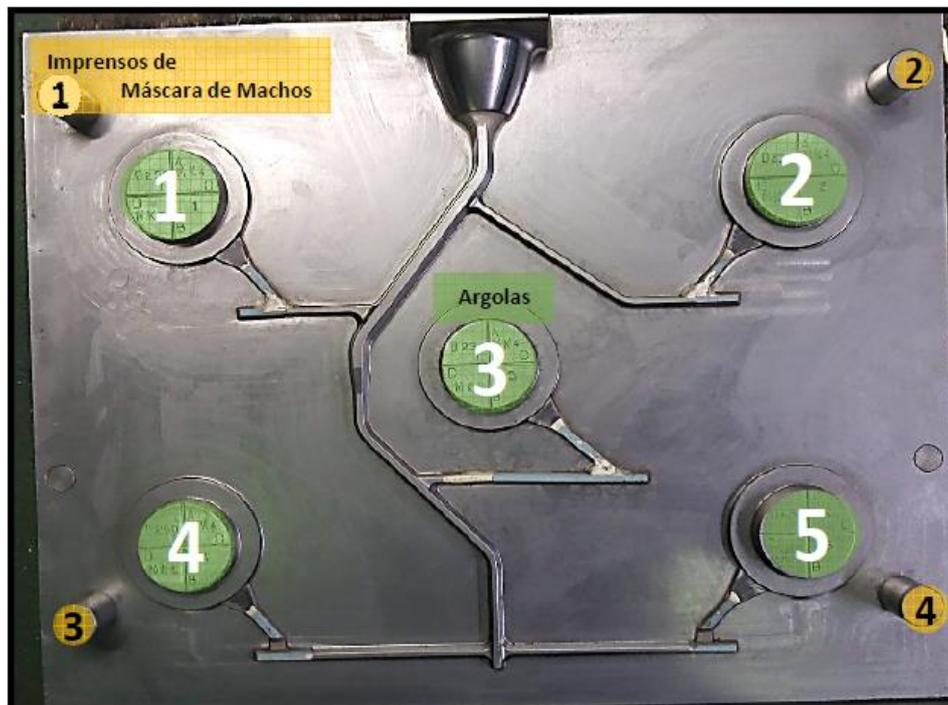


Figura 78 Placa de verificação dinâmica PP/SP

Recolhidas à saída da granalhadora, deve ter-se em conta que não se escolham argolas com rugosidade ou irregularidades para não influenciar os resultados. São enviadas ao laboratório para medição em máquina 3D ou com recurso a um comparador (ver Figura 79) e são registados os respetivos resultados no OPC do processo, o DataPro conforme já mencionado anteriormente.

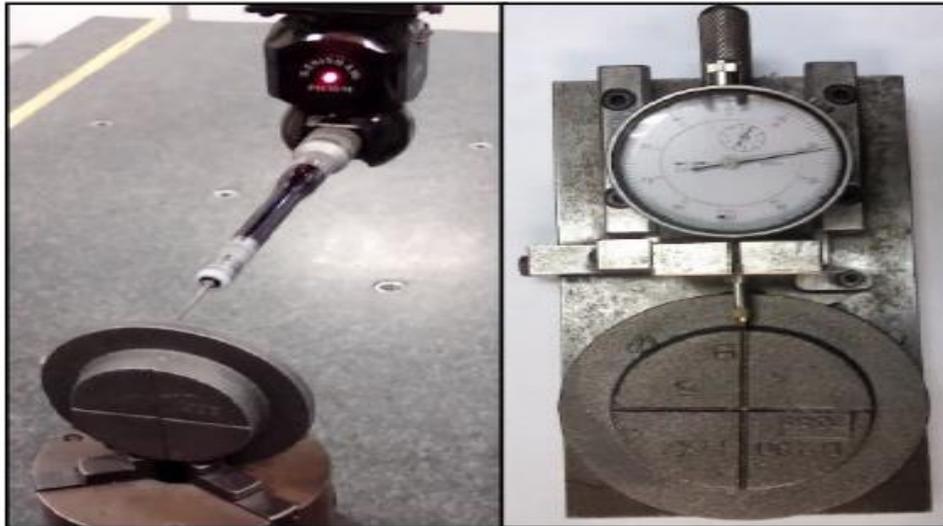


Figura 79 Argola em medição 3D e por comparador

### Placa CSE

Recorrendo a quatro tacos colocados nas extremidades de uma placa criada especificamente para o efeito, é possível aferir o estado de afinação do coloca-machos. A placa em questão é montada no CSE, de forma igual aos equipamentos comuns da produção. Produzindo cerca de 5 moldações com ciclo de CSE ativado é possível inspecionar na moldação o arrastamento de areias na zona de atuação dos tacos (Figura 80). Este fator é bastante importante para que se consiga obter uma correta entrega do macho à moldação em modo automático, evitando problemas como rebarbas ou deformações nos componentes.

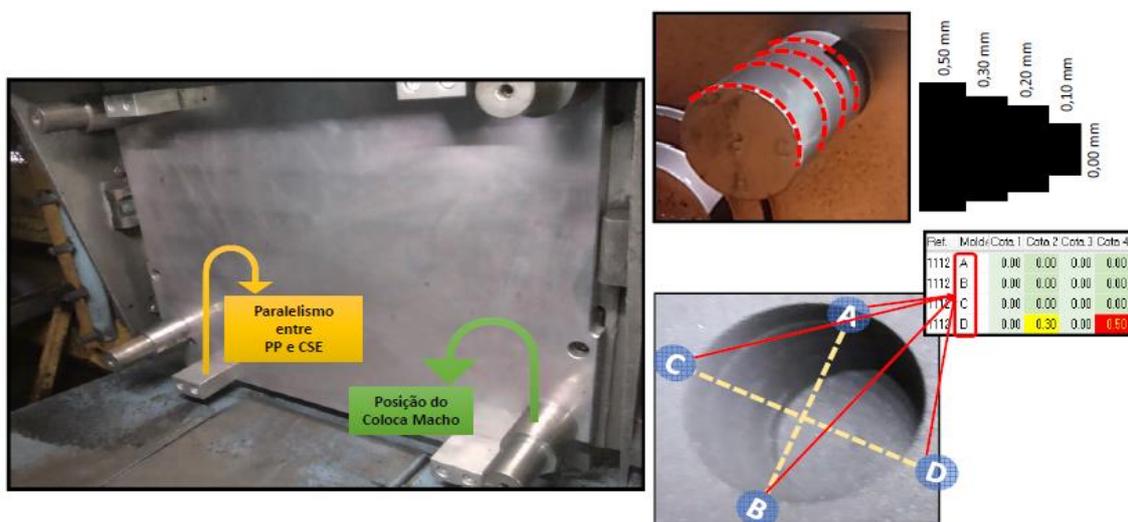


Figura 80 Placa CSE e respetivo procedimento

A Figura 80 representa a placa montada no CSE (esquerda) onde é possível visualizar os tacos criados para verificação da esquadria do coloca-machos. Após análise do escalão correspondente à zona de contacto em cada um dos quatro pontos os valores são igualmente registados no DataPro. Desvios superiores a 0,5mm devem ser entendidos como críticos e objetivo de análise pelas equipas de manutenção.

### **Tacos de desencontro**

A colocação de tacos nas duas extremidades superiores das placas molde de produção (em ambas as placas PP e SP) permite avaliar desencontros entre moldações, provocados por desníveis entre barramentos do AMC ou variações entre PP e SP.

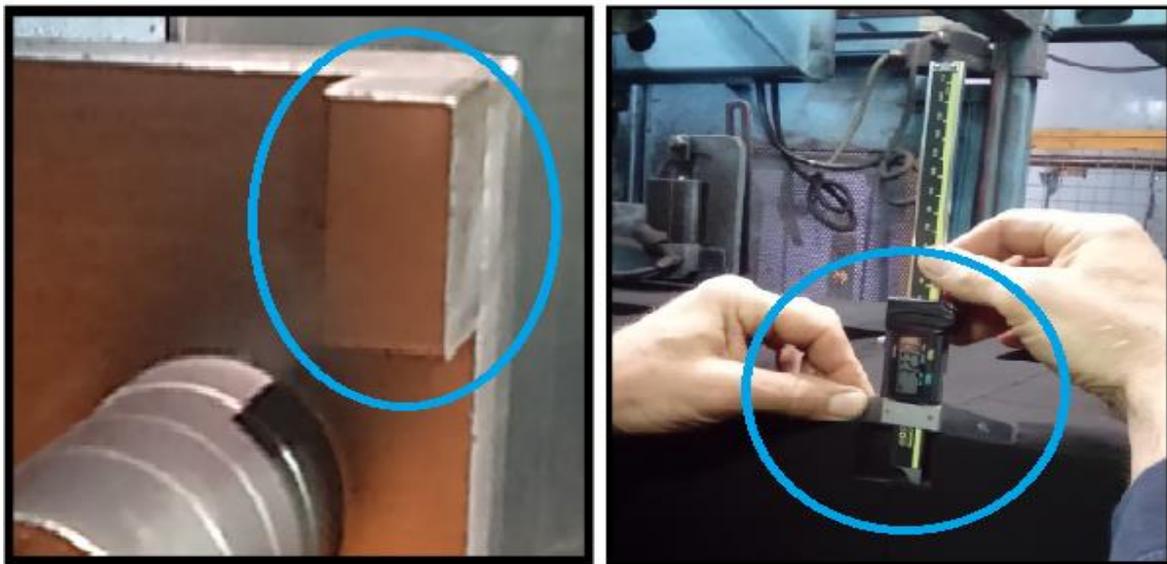


Figura 81 Taco criado e respetiva medição com batímetro

Tal como mostrado na Figura 81, utilizando um batímetro mede-se diretamente entre moldações a altura e profundidade da reentrância provocada pelo taco permitindo aferir desvios laterais ou em altura, na metade pertencente á PP e igualmente na metade pertencente á SP. As medições são igualmente registadas no DataPro para facilitar avaliações e permitir a análise de históricos (Figura 82). Os desvios devem criar alerta para valores superiores a 0,2 mm, quer a nível vertical como horizontal.

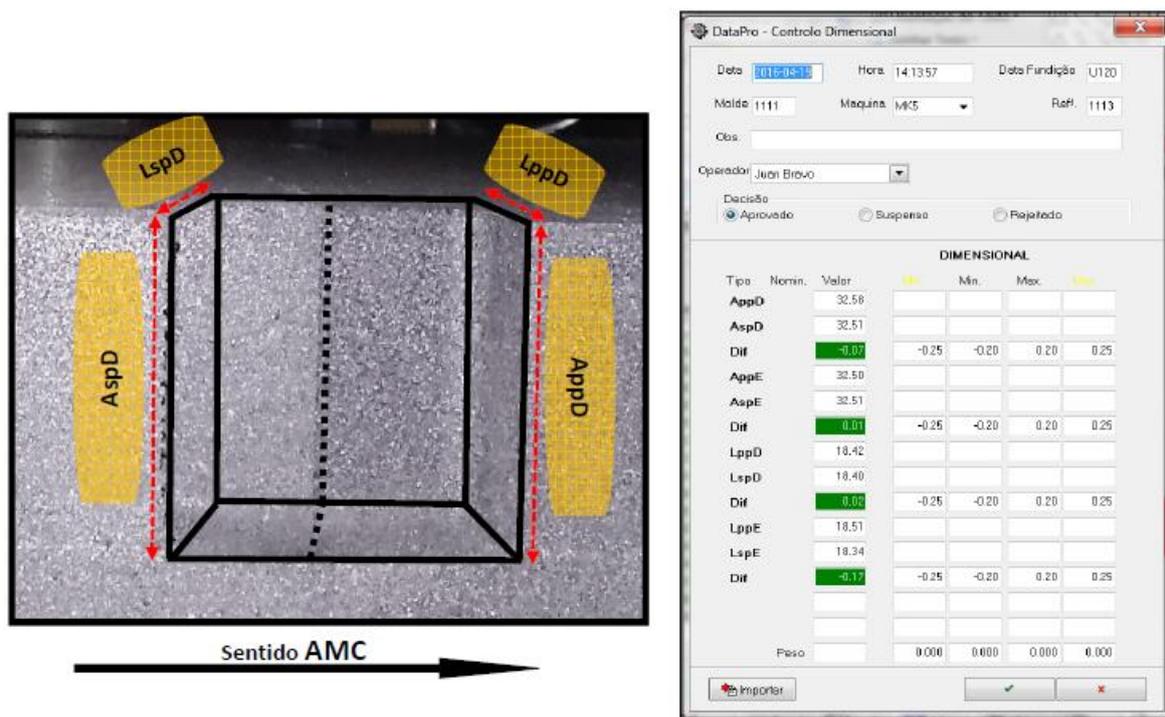


Figura 82 Mecanismo, medições e registo no OPC

## 5.2. REAÇÃO A DESVIOS

A Sakthi Portugal S.A. detém, conforme já referido, um consistente Sistema de Gestão da Qualidade tendo em conta a criticidade do produto em causa. No entanto é necessário reposicionar alguns pontos do processo que auxiliem e suportem a mudança para um processo em fluxo contínuo desde o início até á expedição. Para tal o *target* deverá ser a alteração da filosofia relativamente à reação a desvios ou problemas que surjam no dia a dia. A falta de sincronização entre acabamentos e linhas de moldação, a pouca presença de *feedbacks* e auto-controlos entre processos são pontos onde se pretende evoluir. De seguida serão apresentadas algumas melhorias no âmbito da alteração da filosofia pretendida, com efeito direto na qualidade do processo e do produto.

### 5.2.1. NOVA FILOSOFIA E EFEITO PARA-BRISAS

O primeiro grande ponto onde é necessária mudança é a filosofia de como pensar e encarar o dia a dia do processo produtivo. Tal como já referido, detetar anomalias apenas no final de uma produção e operar num pressuposto de efeito retrovisor não privilegia a qualidade nem a reação atempada a problemas ou desvios.

Tendo em conta o tipo de processo, mostrado numa fase inicial do documento, e as alterações pretendidas é necessário que exista maior e melhor sincronização entre as linhas de moldação e os acabamentos ou postos de controlo final. Os *feedbacks* imediatos são bastante úteis para que se consiga analisar e atuar mais rapidamente num problema. Contrariando o efeito retrovisor em que processo assenta atualmente, pretende-se que o processo opere com perspetivas de antecipação e prevenção a desvios, “olhando para a frente” (efeito para-brisas) com o objetivo claro de não continuar ou terminar produções com problemas previamente diagnosticados.

Neste sentido e no âmbito de potenciar o poder de reação, serão apresentadas propostas de melhoria implementadas e diretamente relacionadas com o objetivo de alterar a filosofia de análise do processo. Na evolução a este nível pretende-se:

- Implementar autocontrolos em etapas do processo com repercussões diretas nos acabamentos;
- É importante que os colaboradores dos diversos setores percebam que os acabamentos não solucionam problemas ou ineficiências da moldação ou da produção;
- Propiciar a comunicação e *feedbacks* constantes entre a moldação e os acabamentos;
- Definir novos critérios de aceitação dos componentes junto do departamento de qualidade e controladores-visuais;
- Antecipar desvios e evitar sobre-qualidade (operações e *reworks* desnecessários);
- Formar e dotar os colaboradores, não só os controladores-visuais, dos novos critérios, pressupostos e filosofia a implementar.

### **5.2.2. CRIAÇÃO DA FRONTEIRA**

A retirada de cachos já vazados na zona do primeiro transportador automático da linha de arrefecimento (AMC) é um procedimento já existente. Esta tarefa permite retirar, com auxílio de um equipamento de elevação (garibaldi manual ou diferencial elétrico de elevação, por exemplo), componentes numa zona em que já se encontram solidificados (apesar de ainda rondarem os 500°C de temperatura) e analisar aspetos visuais ou dimensionais. Apesar da existência da tarefa, a periodicidade de realização era algo

indefinida e as condições para a execução não permitiam o melhor aproveitamento como suporte à qualidade do processo produtivo. A Figura 83 representa a retirada de um cacho com 6 componentes (caixas diferenciais) na zona do AMC.



Figura 83 Retirada de cacho no AMC

Com o objetivo de auxiliar na avaliação do arranque e decorrer de uma produção, foi criado um espaço físico entre a moldação e os acabamentos que tem como objetivo ser o elemento regulador da qualidade dos componentes em produção.

Este espaço físico, denominado especificamente de fronteira (Figura 84), foi propositadamente colocado entre a moldação e os acabamentos para que de forma mais rápida se consiga granalhar, analisar e registar em DataPro o controlo dos cachos. Construído com condições reforçadas de iluminação para facilitar a análise dos componentes e fácil acesso via computador ao módulo de registo e controlo de cachos. O objetivo deste espaço é receber nas periodicidades definidas os cachos recolhidos, analisar com recurso a um elemento do Controlo da Qualidade e regista-los. No caso de defeitos ou problemas detetados, surgem automaticamente alertas para ações corretivas nos computadores de controlo de cada linha de moldação. Os cachos periódicos durante uma produção cumprem o fluxo normal do processo, não havendo necessidade de limpeza e sendo apenas necessário análise de aspetos visuais e dimensionais. O respetivo registo de problemas ou defeitos é analisado por molde. No caso de cachos de arranque, tendo em conta que são retirados no AMC e dada a necessidade de serem limpos de forma eficiente para facilitar a análise foi

montada uma granalhadora de pequeno porte especificamente para a fronteira para que se possam registar resultados de forma mais rápida e eficiente.



Figura 84 Espaço criado para a fronteira e controlo de cachos

O plano de controlo de cada componente foi revisto, tendo sido criadas rotinas para frequências de retirada de cachos no arranque e no decorrer de cada produção obrigando ao controlo frequente do produto. O registo e consequente comunicação via OPC despoletam ações corretivas. No arranque deverá ser retirado para análise nos primeiros 10/15min de produção, no caso do decorrer da produção as frequências podem variar entre períodos de 30 em 30 minutos ou de hora em hora (depende do tipo de produto ou características especiais no plano de controlo). O registo de um cacho permite identifica-lo em campos como hora de análise e registo, máquina de moldar responsável pela produção, data de fundição do componente e defeitos registados. Assim como representado pela Figura 85, os defeitos são registados a azul (*rework*), amarelo (defeitos ou *rework* aceitável) e vermelho (componente não OK). Para cada molde de um cacho é assinalado o defeito encontrado para facilitar a análise, no caso de um cacho sem problemas este é assinalado com gravidade 0 “Sem defeitos”. Dados como o peso do cacho ou da peça e a verificação dimensional (caso

se aplique na fronteira) são também registados no mesmo módulo, para análise de outras variáveis no processo. A Figura 80, refere-se ao módulo de controlo de cachos do OPC.

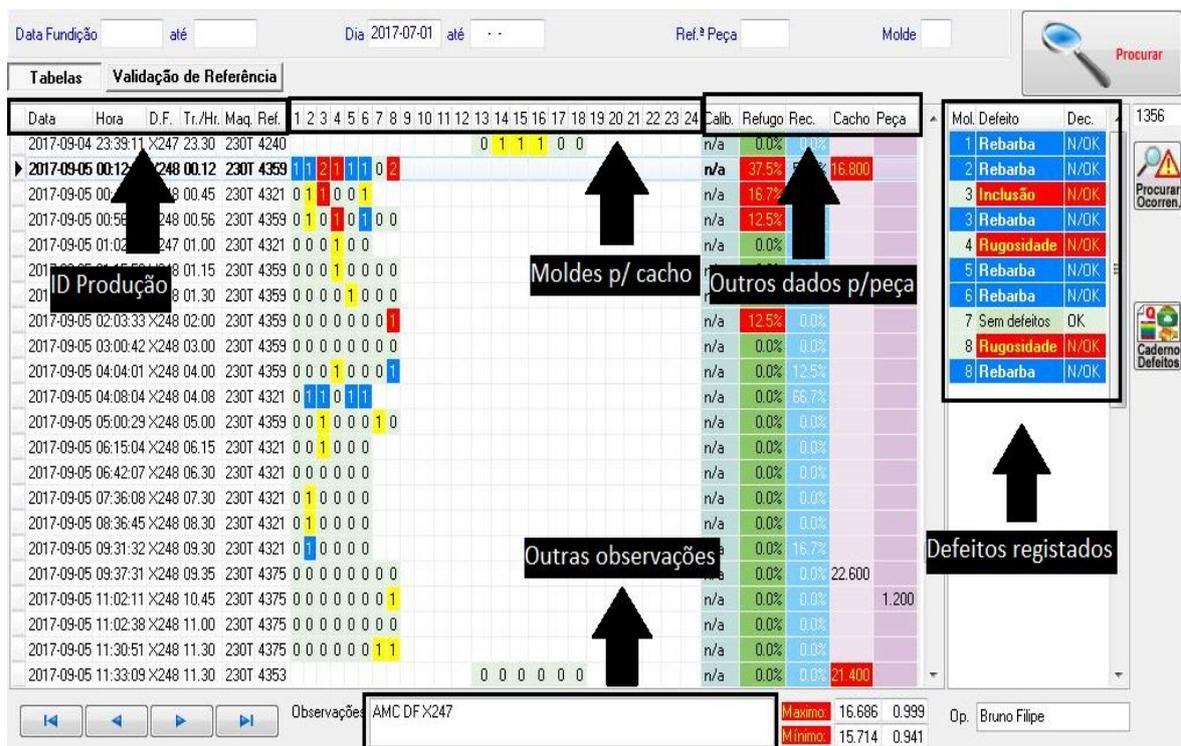


Figura 85 Módulo de registo e controlo de cachos

### 5.2.3. CRIAÇÃO DE CHECK-LISTS DE VALIDAÇÃO

Em linha com o que foi dito anteriormente aquando dos prolemas e desperdícios identificados, descurar pormenores como a inspeção de placas-molde antes do arranque de uma produção pode ser bastante prejudicial para a não-qualidade ou retrabalhos a jusante.

Alicerçando a mudança de filosofia que se pretende, foram criados *check-lists* de validação dos *set-ups* de linha quer em termos de placas-molde do lado da moldação, como das condições do posto de controlo do lado dos acabamentos. Com o sentido de colocar a responsabilidade também nos colaboradores, os procedimentos devem obrigatoriamente ser preenchidos antes de um *set-up*. Todos os campos dos *check-lists* devem ser preenchidos e verificados atenciosamente para evitar problemas ou desvios. A Figura 86 apresenta o *check-list* criado para a validação de placas-molde.

Referência	Placa	Máquina
Equipa Adequada para produção refª?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Composição química OK?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Areia OK? (Compactabilidade/ R. Compressão/ B.Activa)	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
<b>Macharia</b>		
Referência tem macho?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Qualidade machos OK?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Embalamento OK?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
<b>Equipamentos (molde e coloca machos)</b>		
Equipamento apto para produzir?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Alimentadores OK?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Canais OK?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Respiros e Filtros OK?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Bacia e raspadeira OK?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Chapas OK?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Banheira OK? (Ver Validação banheira)	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Estado Máquina OK? (validação argolas/ AMC) - IT MOLD 24	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Coloca Machos OK? (ver validação coloca machos) - IT MOLD 24	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
<b>Validação da Moldação</b>		
Dureza Moldação OK?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Colocação e afinação machos OK?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Sucção machos adequada?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Fecho e abertura moldação OK?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Estado Bica OK?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não
Moldação abate?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não

Figura 86 *Check-list* de validação de placa-molde para produção

No caso da moldação o procedimento deve ser cumprido assim que os equipamentos (placas-molde) são entregues em cada linha de moldação, antes de serem colocados em pré-aquecimento para posterior entrada em produção. No caso de pontos assinalados como “Não OK” dependendo do problema verificado o responsável pela linha de moldação decide ou não derrogar a produção. Nestes casos a placa é suspensa no DataPro e retorna á serralharia de moldes para reparação ou nova manutenção. Neste *check-list*, rápido e de fácil compreensão para os colaboradores, são assinalados entre OK (sim) e Não OK (não) campos relacionados com as diversas vertentes que interferem no processo, entre outros:

- Qualidade da areia (compressibilidade ou bentonite activa);
- Composição química do metal entregue á linha de moldação;
- Aspetos da placa-molde (alimentadores, chapas, raspadeira, entre outros);

- Estado da máquina (argolas e CSE);
- Afinação e sucção de machos;
- Aspetos no vazamento (estado da bica, abatimento da moldação, entre outros).

Outra vantagem é a integração dos *check-lists* na base de dados do OPC da organização, permitindo a análise de históricos ou suportando auditorias internas ou externas no âmbito de clientes ou normas do setor industrial. Na Figura 87 é possível verificar a validação de várias referências em determinado período, referentes a uma das linhas de moldação.

Data	Hora	Máq	Ref#	Equip.	C.Quim.	Areia	Qual M.	Embal	Eq Apto	Aliment.	Canais	Res/FR	Bac/Ras	Chapas	Banh	Estado	C.Mach	Dur.Mold.	Col/Afin	Suc.	Fec./Ab	Bica	Abate	Data	Conh.
2017-09-30	23:42:13	230T	4301	OK	OK	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N/A	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	2017-09-31	
2017-09-31	00:57:15	230T	4335	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	2017-09-31	
2017-09-31	01:51:33	230T	4147	OK	OK	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N/A	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	2017-09-31	
2017-09-31	07:04:00	230T	4367	OK	OK	OK	N/OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	2017-09-31	
2017-09-31	13:15:09	230T	4240	OK	OK	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N/A	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	2017-09-05	
2017-09-31	18:43:15	230T	4147	OK	OK	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N/A	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	2017-09-05	
2017-09-31	22:02:46	230T	4353	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	2017-09-05	
2017-09-31	23:46:17	230T	4353	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	2017-09-05	
2017-09-01	07:24:10	230T	4368	OK	OK	OK	N/OK	N/OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	2017-09-05	
2017-09-01	13:37:51	230T	4341	OK	OK	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N/A	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	2017-09-05	
2017-09-01	18:15:44	230T	4294	OK	OK	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N/A	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	2017-09-05	
2017-09-04	00:38:47	230T	4354	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	2017-09-05	
2017-09-04	08:35:01	230T	4303	OK	OK	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N/A	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	2017-09-05	
2017-09-04	15:37:18	230T	4320	OK	OK	OK	N/OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	2017-09-05	
2017-09-04	20:31:51	230T	4240	OK	OK	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N/A	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	2017-09-05	
2017-09-04	22:48:12	230T	4321	OK	OK	OK	N/OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	2017-09-05	
2017-09-04	23:55:49	230T	4359	OK	OK	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N/A	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	2017-09-05	
2017-09-05	04:04:02	230T	4321	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	2017-09-05	
2017-09-05	09:13:43	230T	4375	OK	OK	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N/A	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	2017-09-05	
2017-09-05	10:41:44	230T	3603	OK	OK	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N/A	OK	N/A	N/A	OK	OK	OK	2017-09-05	
2017-09-05	10:42:06	230T	4353	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	2017-09-06	
2017-09-05	23:34:55	230T	4353	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	2017-09-06	

Figura 87 Histórico de validação de placas-molde

No caso de *set-ups* do lado dos acabamentos, antes do arranque de um posto de controlo é também importante que se atue numa perspetiva de prevenção e antecipação. Paralelamente foi também criado um *check-list*, mantendo a estrutura de validação aplicada na moldação e descrita acima. Apesar da mesma estrutura e do mesmo objetivo o *check-list* criado para os acabamentos contém, como é obvio, campos de verificação diferentes. A Figura 88 apresenta o controlo criado para os acabamentos no arranque de um posto de controlo.

Validação de Linha	
Esta peça tem plano de controlo ?	<input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/>
Esta peça tem método de fabrico ?	<input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/>
Esta peça tem ficha de defeitos ?	<input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/>
Esta peça tem controlo com calibre ?	<input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/>
O calibre existe para efectuar o controlo ?	<input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/>
O calibre tem padrão associado?	<input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/>
Padrões disponíveis no posto estão conformes com o plano de controlo?	<input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/>
Esta peça tem controlo de planeza?	<input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/>
Existe o plano para efectuar o controlo?	<input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/>
Esta peça tem controlo Magnatest?	<input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/>
O Equipamento e suportes existem?	<input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/>
Existem todos padrões definidos?	<input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/>
Esta peça tem controlo de Ultra-sons?	<input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/>
O Equipamento encontra-se em funcionamento?	<input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/>
Existem todos padrões definidos?	<input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/>
<input type="button" value="✓ OK"/> <input type="button" value="✗ Cancelar"/>	

Figura 88 *Check-list* de validação nos acabamentos

Neste *check-list*, os primeiros três pontos são fulcrais e comuns a qualquer tipo de componente produzido na Sakthi Portugal. Os colaboradores não deverão efetuar o *set-up* de um posto de controlo sem acesso a documentação como o plano de controlo do componente, o método de fabrico e a ficha de defeitos. Os restantes pontos prendem-se com a existência de determinados controlos e variam de componente para componente. No caso de a peça ter controlo dimensional a 100% é necessário aferir antes do *set-up* que o calibre se encontra em boas condições (mecânicas e elétricas) e que os padrões OK e Não OK se encontram disponíveis no posto de trabalho. No caso do controlo metalúrgico de ultra-sons, que acontece na quase totalidade dos produtos, caso exista devem ser garantidos pormenores como a boa montagem das ferramentas de ultra-som (sondas analógicas em bom estado e montagem mecânica com apertos garantidos) e a existência dos padrões de calibração do equipamento de ultra-som. Para outros controlos (frequências naturais, *magnatest* ou planos de empeno) deve ser sempre garantido que os padrões de aferição estão presentes no posto

de trabalho e em boas condições assim como a documentação de suporte (métodos de fabrico e planos de controlo). A Figura 89 é referente á ficha de defeitos de um corpo ou *housing* do sistema de travagem automóvel e permite acompanhar os critérios de admissibilidade do componente.

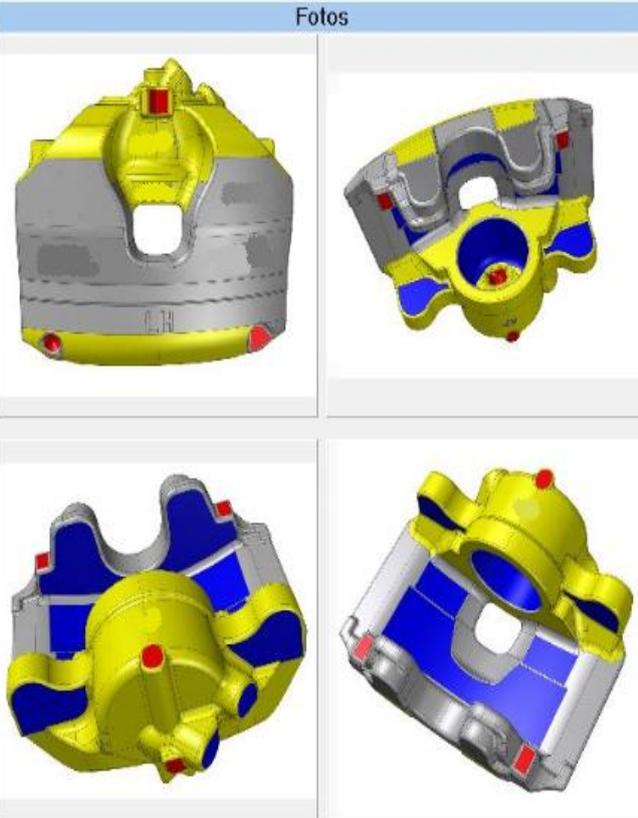
Ficha Defeitos				
Ref. Peça: 4370	Familia: 4369_4370	Cliente: ContiTeves	Ref.º Cliente: 11.3571-9739.9	
Critérios Maximos		Fotos		
Defeito	Nº Dimensão Diâmetro Local			
Altura Gito	1.5 Máx			
Altura linha apatiação	1.2 mm má			
Areia Destacada				Aleir CQI
Deformação				Aleir CQI
Desencentro	0.5 Máx			Geral
Gito Dentro	1.0 Máx			
Inclusão Areia	1 Prof.1 2 mm			Zona Maquinada
Inclusão Areia	3 Prof.1 2 mm			Zona Cinzenta
Inclusão Areia	3 Prof.0.5mm 1 mm			Zona Amarela
Inclusão escória	1 Prof.0.5 1 mm			Geral
Maço esmagado	1 não adm não adm			Para Função CORPO
Mossas		Aleir CQI		
Qualquer Defeito		Zona Pontos Apoi		
Rugosidade		Aleir CQI		
Observações				
Norma ATE N 113.50.12.23.05.06 Valores descritos em "mm"				
Norma base ATE N 700.54.00				
Não Admissivel				
Mal cheio, Mal ligado, Rechupe na entrada, Rugosidade, Oxidação, Granalhagem excessiva, Fissuras.				

Figura 89 Exemplo de ficha de defeitos de um componente

#### 5.2.4. IMPLEMENTAÇÃO DAS LPA – *LAYERED PROCESS AUDIT*

As LPA consistem em auditorias internas ás diferentes etapas ou setores do processo produtivo, realizadas por diversos níveis de gestão garantindo que o processo é visto por diferentes perspetivas e criando padrões viáveis para o processo com o intuito de reduzir o erro humano e consequentemente os desvios no processo (Zhiming & Jun, 2008). Estas auditorias devem focar os aspetos considerados como de risco e com impacto no produto final, gerando relatórios que permitem análise de históricos no sentido da prevenção e da melhoria continua. Os principais objetivos da implementação destas rotinas são:

- Levantamento de problemas e possíveis soluções;

- Cumprimento do processo produtivo;
- Standardização das diversas tarefas;
- Otimização dos processos;
- Envolvimento e responsabilização de todos os intervenientes no processo.

Pretende-se que as auditorias internas ao processo assentem em diferentes periodicidades para os diferentes níveis de gestão. A Figura 90 representa as periodicidades e funções de cada nível de gestão nas LPA.

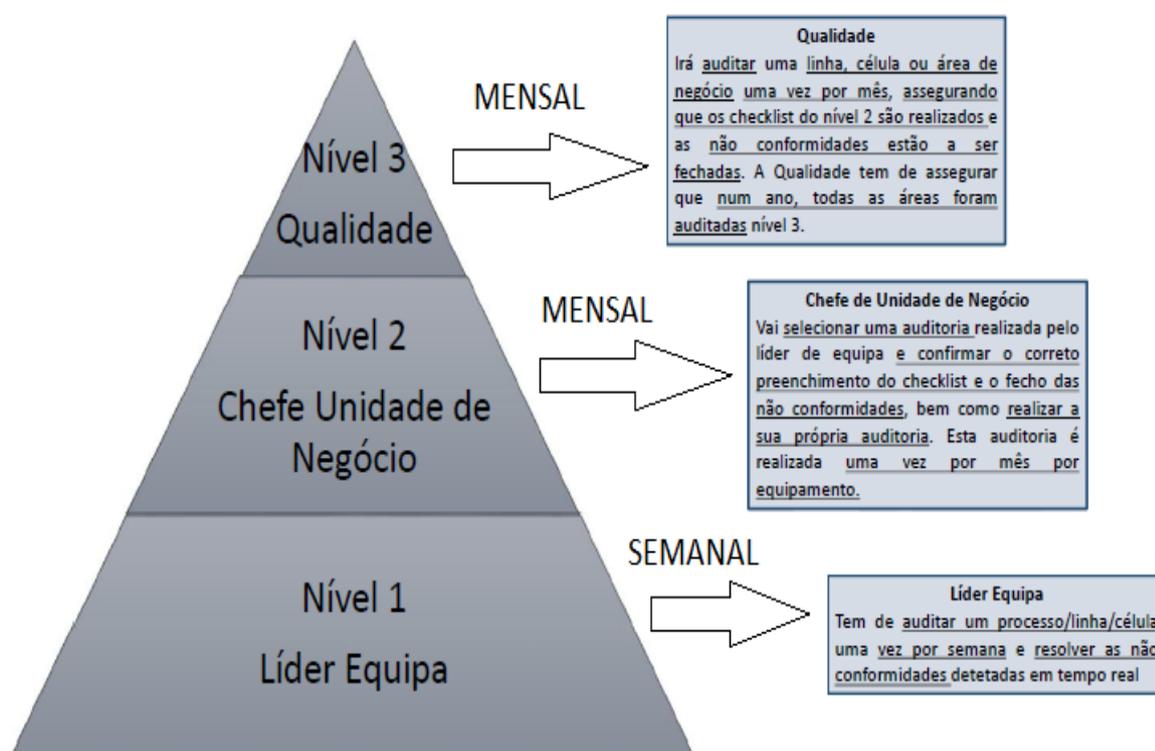


Figura 90 Periodicidades e funções nos diferentes níveis de gestão

Para que se possa tirar maior rentabilidade da implementação das LPA, os responsáveis de cada linha de moldação, setor ou departamento assistencial devem assegurar o cumprimento dos *check-lists* e auditorias. É função de quem audita verificar não conformidades de níveis anteriores, sendo que o departamento de qualidade deve garantir a formação aos diferentes intervenientes para a realização das auditorias e que estas se cumprem nas periodicidades estipuladas.



APA. O layout do setor pré-alterações, conforme já apresentado nos capítulos 2 e 4, padecia de diversas fragilidades e pontos fracos:

- Os tanques para o teste ultrassónico, devido ao ambiente fechado, provocam humidades e desperdícios consideráveis do líquido utilizado para o teste. Isto resulta num aspeto fraco e sujo dos postos de trabalho existentes, devidos aos fracos e rudimentares sistemas de drenagem;
- O manuseamento de peças em ambiente húmido e com grandes deficiências de iluminação dificulta a inspeção visual e o controlo dimensional por calibres;
- Para componentes que não necessitam de teste ultrassónico, como por exemplo as caixas diferenciais, o tanque e ferramentas prejudicam o espaço de trabalho;
- O ambiente é extremamente ruidoso devido ao trabalho mecânico de prensas hidráulicas, discos e mós de rebarbagem, queda de componentes para os contentores metálicos em alturas completamente desajustadas;
- Dificuldade em controlar o ambiente e espaço afeto aos acabamentos devido aos *stocks* intermédios, pó e poluição ambiente, luz, temperatura ou ruídos;
- Sistemas de contagem de peças OK e Não OK e sistemas de alerta por sinalização de componentes rejeitados no calibre ou ultra-som, pouco eficientes, descontinuados em termos de automação e controlo que induzem os utentes do posto de trabalho em erro;
- A extração dos componentes mais leves (*brackets* ou pontes de travão automóvel) após o teste ultrassónico é manual, o que prejudica o ciclo de cada colaborador e desfavorece fatores ergonómicos devido à repetitividade.
- Após as operações comuns de retrabalho nas prensas, discos e mós, o facto de se afetar as tarefas de inspeção visual, controlo dimensional e controlo metalúrgico (ultra-sons) a uma pessoa leva a que o aparelho ultrassónico seja subutilizado.

A eliminação de algumas operações intermédias que não acrescentam valor ao produto, como a quebra automática dos alimentadores e gitagens, a redução substancial de retrabalhos devido a melhorias e aos autocontrolos implementados não só em máquinas,

mas também em etapas importantes da produção, vincando a filosofia constante de prevenção e antecipação, permite ter uma perspectiva diferente para a reconfiguração do setor. Para que se consiga atingir uma situação próxima do ideal para o fluxo contínuo do produto, onde as peças saem das granalhadora após limpeza e são apenas sujeitas a inspeções visuais ou controlos impostos pelos clientes seguindo diretamente para armazém de produto acabado, é necessário repensar o *layout* do setor em questão.

A proposta para a reconfiguração do layout do setor de acabamentos é desativar todas as linhas com auxilio robotizado e células de trabalho tradicionais, substituindo estes por linhas de controlo diretamente conectadas à saída das granalhadora (ver Figura 92). Relembrando aspetos apresentados aquando da apresentação do processo produtivo, a Sakthi dispõe de duas máquinas de granalhar para suportar os componentes produzidos pelas três Disas verticais (MK5 e duas D230). Sendo assim é necessário criar três linhas, separadas entre si, que serão responsáveis pelo controlo final dos componentes produzidos em cada linha de moldação.



Figura 92 Proposta de novo layout para os acabamentos

O novo conceito de linha de controlo final integra:

- 5 postos de controlo também repensados e reconfigurados;
- Integração de tanque para teste ultrassónico com flexibilidade multiproducto (setup apenas exige montagem e desmontagem da ferramenta de ultra-som associada a cada referência em produção) e sistema de abastecimento e retenção do liquido;

- Tela transportadora principal para transporte dos componentes (24.8m de comprimento e 1.20m de largura) com motor 1.5 kW;
- Desviadores com atuação pneumática via seletor de 2 posições para colocação doseada dos componentes em cada banca de trabalho;
- Sistema integrado de transportadores pequenos para recolha dos componentes Não OK por cada posto de controlo, assegurando rastreabilidade;
- Ligações pneumáticas (3/4'') para retificadores e módulo de ligações elétricas para sondas analógicas de calibre e ultra-som em todos os postos de controlo;
- Pequena banca de *rework* no final de cada linha, apenas com disco de rebarbagem de pequeno porte e ligação pneumática para que se possa suprir algum retrabalho que surja em percentagem diminuta;
- Autómato Siemens S7-1200 (*racks* a processar sinais analógicos e digitais) por cada posto, que controla todos os sensores, atuadores, válvulas ou contadores. Permite contagem automática de componentes OK e Não OK;
- Extrator automático via cilindro pneumático dos *brackets* após aceitação no teste ultrassónico;
- Portinhola automática por posto, para queda dos componentes OK em contentor de cliente com altura ajustada precavendo empenos nos componentes e ruído no setor. Possibilidade de parametrizar a quantidade de componentes para abertura da portinhola de saída;
- *Conveyor* de duas posições para contentor de cliente em utilização e próximo contentor a usar, com atuação mecânica, controlo automático ou manual via painel;
- Iluminação reforçada com armaduras luminárias LED (IP65, 36W, 4680 lumens), colocadas uma para cada controlador visual;
- Painel tátil (*HMI*) para interface com o operador e integração com o *OPC* (DataPro) para acompanhamento do refugo de linha em *real time*;
- Sistema de segurança com bloqueio total e corte geral da linha via cordel de segurança;
- Conservação dos colaboradores ao nível ergonómico, recorrendo a bancas de trabalho e movimentações necessárias com alturas devidamente ajustadas. Bancos de encosto, tapetes reforçados e almofadados foram aspetos tido em conta na prevenção dos membros inferiores e lesões associadas.

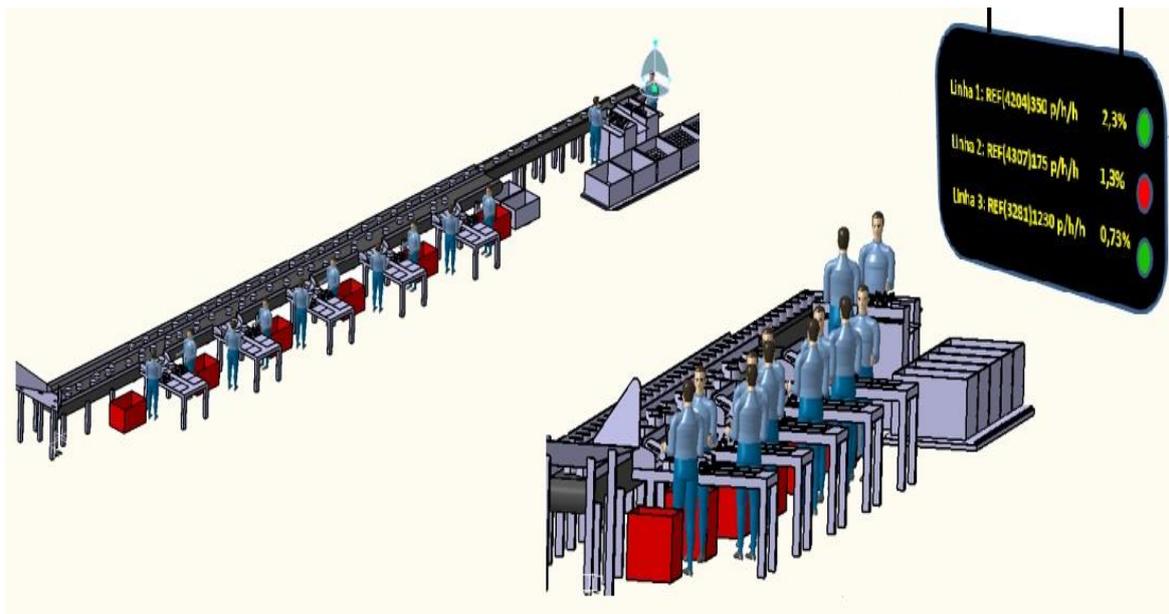


Figura 93 Perspetiva geral do novo conceito de linha de controlo final

A Figura 93 pretende mostrar, em ambiente de simulação 3D, a perspetiva geral da linha de controlo final. É desde logo perceptível que a inexistência de equipamentos como prensas, discos ou mós de grande porte proporciona um ambiente mais limpo, controlado e com sentido conservador do ponto de vista ergonómico. É também de salientar a integração em tempo real de indicadores de produção como: refugo posto e por linha, referência de produção a circular na linha e cadências por hora por operador estimulando a filosofia de reação e prevenção ao problema. O fluxo contínuo, grande foco desta mudança, está intrínseco pela forma como o produto circula nas linhas e tendo em conta a proximidade ao armazém de produto acabado (conforme layout da Figura 92).



Figura 94 Versão final de linha e postos de controlo instalados na Sakthi

A Figura 94 refere-se á versão final das linhas de controlo final e respetivos postos de controlo, instaladas na Sakthi Portugal S.A. Apesar desta escolha, são diversas as possibilidades para configurar e construir as linhas com fluxo continuo integrado. A titulo de curiosidade a Figura 95 refere-se a outras possibilidades que diferem entre si nos seguintes aspetos: preço de implementação, tecnologia utilizada na automação e controlo, construção mecânica, fiabilidade dos transportadores, rastreabilidade, contagem de componentes entre outros.

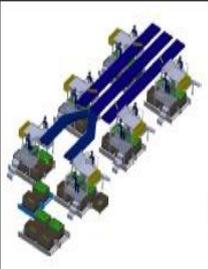
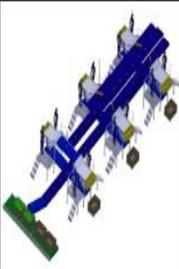
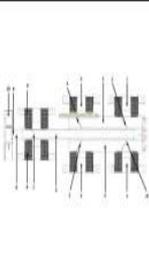
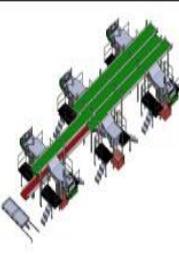
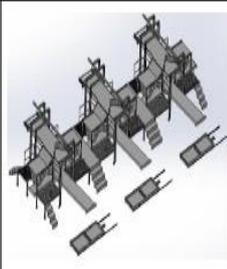
					
Preço	350.000 € + IVA	338.500,00 € + IVA	329.136,00 € + IVA (Marcação 12 postos)	157.717 € + IVA	?
Rastreabilidade					
Marcação peças	Não é necessário, modelo de rastreabilidade igual à Sakthi Maia;	Marcação a tinta;	Marcação a tinta;	Não contemplado na oferta;	
Contagem peças	Contagem por barreiras em cada posto e diretamente para contentor;	Contagem por barreiras em cada posto e por pesagem através de tremonha para contentor.	Contagem por barreiras em cada posto e por pesagem através de tremonha para contentor.	Não contemplado na oferta;	
Construção mecânica					
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automação e inovação;</li> <li>• Não é necessária marcação de peças pois o embalamento é realizado posto a posto;</li> <li>• Abertura para posterior sistema de transporte automático de contentores para APA;</li> <li>• Em caso de avaria é possível continuar a carregar/descarregar contentores lateralmente via empilhador;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil manutenção;</li> <li>• Abertura para posterior sistema transporte automático de contentores para APA;</li> <li>• Em caso de avaria é possível continuar a carregar/descarregar contentores lateralmente via empilhador;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Layout simples e aproximado ao atual;</li> <li>• Fiabilidade transportadores de tela VS sistema de rolos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Layout simples e aproximado ao atual;</li> <li>• Apenas fornecimento de construção mecânica possibilita maior versatilidade na escolha do caminho a seguir relativamente a sistemas de contagem, marcação, rastreabilidade e embalamento de peças;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solução possivelmente mais barata e versátil;</li> <li>• Projeto e conceito inicial do Kasanova Júpiter. Existem 3 versões diferentes tendo sido a terceira escolhida como o modelo a apresentar na consulta a fornecedores;</li> </ul>
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complexidade;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marcação de peças necessária;</li> <li>• Soluções apresentadas para marcação pouco exploradas e explicadas por parte do fornecedor;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marcação de peças necessária;</li> <li>• Soluções apresentadas para marcação pouco exploradas e explicadas por parte do fornecedor;</li> <li>• Má experiência a nível elétrico com o fornecedor na instalação do protótipo de Kasanova Maia atual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apenas construção mecânica, necessários custos extra para automação, contagem e marcação de peças;</li> <li>• Necessário tempo extra de projeto para que os desenhos de construção estejam de acordo com o pretendido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessário tempo extra de estudo e projeto de forma a que os desenhos de construção estejam com o nível de detalhe necessário e de acordo com o pretendido;</li> <li>• Possibilidade de derrape no orçamento;</li> </ul>

Figura 95 Outras propostas para configurações do *layout* das linhas

As melhorias já enunciadas convergem para um processo produtivo autocontrolado, com poder de reação, preventivo e com foco no acompanhamento em tempo real. Com estas premissas foi possível pensar em produzir componentes com menos operações intermédias até ao APA e com melhores níveis de qualidade. Estes fatores permitem redesenhar o setor de acabamentos, sendo criadas linhas de controlo final que permitem que o produto conforme flua continuamente até ao APA.

A nova configuração no controlo final permite, em condições normais, acabar e entregar para expedição todos os componentes produzidos pelas linhas de moldação. A reconfiguração aloca 12 colaboradores por cada linha (2 por cada posto de controlo) em cada um dos três turnos de laboração. Este pressuposto resulta ainda numa redução dos *stocks* intermédios (*WIP*) e consequentemente a possibilidade de cumprir FIFOs. Os espaços libertados pela redução do *WIP* e reorganização do *layout* destinam-se a: alocar de forma seccionada contentores e embalamentos específicos por cliente, criar zonas de quarentena por linha de moldação para algum produto que eventualmente necessite de análise e por fim reestruturação da ferramentaria (calibres e ferramentas de ultra-som) e raio-x, possibilitando intervenções mais atempadas e próximas dos postos de controlo.

#### **5.4. SEGURANÇA E ERGONOMIA**

As melhorias apresentadas têm um impacto considerável também ao nível da ergonomia e segurança. Prevenir posturas incorretas de trabalho, diminuir os riscos com segurança e reduzir o número de acidentes graves foram pontos fortes que resultaram da retirada de equipamentos com criticidade elevada na análise de riscos (prensas, discos e mós) e fontes recorrentes na contribuição para o número de acidentes graves.

A iluminação, até então insuficiente, para tarefas de controlo visual deve situar-se segundo a norma ISO em valores entre 300 e 500 LUX de luminância em cada banca de controlo. Para isto contribui a melhoria mencionada no subcapítulo anterior, de reforço da iluminação nas novas linhas de controlo com armaduras luminárias LED para o espaço de cada controlador visual. Os últimos relatórios de inspeção interna e via entidades externas (2015) apontam para valores de luminância nos postos de controlo visual a rondar os 420 LUX, valor aceitável para a execução da tarefa segundo a norma ISO.

As bancadas de trabalho, são outro fator ergonómico melhorado a ter em consideração. Tendo em conta que o abastecimento de componentes às bancas é via transportador de tela

e desviador pneumático, são necessárias menos movimentações dos membros superiores dos colaboradores. O manuseamento dos componentes é feito a uma altura mais ajustada, o que também previne as lesões musco-esqueléticas. O recurso mais constante a movimentações com os membros superiores é também atenuado consideravelmente com a implementação do extrator automático. Com a extração automática do componente após o teste, já não é necessária mão humana para a tirada da peça para a portinhola de queda em contentor final.

Tendo em conta a repetibilidade das tarefas e o número de horas diárias a que os controladores visuais permanecem em pé, foram recentemente adotadas medidas como prevenção. A colocação de tapetes anti-fadiga, cobrindo toda a área de chão nos postos de controlo, e possibilidade de utilização de banco ergonómico regulável, que permite que o colaborador descanse os seus membros inferiores em vários períodos, são exemplos como demonstra a Figura 96.



Figura 96 Tapete anti-fadiga e banco ergonómico para os postos de controlo

Foi também feita referência a mecanismos de segurança integrados na linhas e postos de controlo. Nomeadamente, cordel de segurança que atua o corte geral da linha e betoneira de emergência no painel de interface de cada colaborador que imobiliza todos os sensores e atuadores de cada posto de trabalho. Estes permitem parar de imediato a linha ou posto em caso de encravamentos, sendo necessário o rearme manual no quadro elétrico da linha ou do posto, evitando o arranque intempestivo. A Figura 97 mostra ambos os sistemas.



Figura 97 Cordel para bloqueio de linha e betoneira para bloqueio do posto

Não menos importante em matéria de segurança, e nunca em exagero de realçar, é o uso permanente dos equipamentos de proteção individual (EPIs). Para este tipo de indústria é obrigatório que a execução de toda e qualquer tarefa de trabalho se faça cumprir dos devidos equipamentos de proteção, assinalados na análise de riscos de cada posto de trabalho. No caso particular do controlo visual nas linhas em fluxo continuo é obrigatório que os colaboradores utilizem (ver Figura 98):

- ✓ Óculos de proteção: Proteção ocular contra projeção de liquido ou metal. Nas manobras de *rework* que surgirem com recurso ao retificador pneumático protegem da projeção de limalhas;
- ✓ Botas de proteção: Protegem os pés para o caso de queda de componentes ou outras ferramentas do trabalho;
- ✓ Luvas de proteção: Protegem as mãos no manuseamento dos componentes, evitando contacto com o liquido de ultra-som, com superfícies quentes que possam surgir nos componentes, outros resíduos existentes nos postos, prevenindo fatores como cortes ou abrasão;
- ✓ Proteção auditiva: É também um EPI de utilização obrigatória, para proteção auditiva. Para postos mais próximos de caleiras ou outras fontes de ruido deve ser assegurado o reforço da proteção auditiva;
- ✓ Capacete: Não é de utilização obrigatória nas linhas de controlo final, dado que não existem cargas suspensas acima dos postos de trabalho. No entanto dada a necessidade

de circulação por outras zonas do processo produtivo a sua utilização é entendida como inevitável.



Figura 98 EPIs utilizados nas linhas de controlo final

## 6. RESULTADOS DO PROJETO

Neste capítulo é feita a apresentação e discussão dos resultados obtidos com as propostas de melhoria referidas no capítulo anterior. Pretende-se mostrar o comportamento e respetivos ganhos em indicadores de relevo no pré e pós alterações. Os valores considerados para o pós alterações remontam ao período de 2016/17, que representa uma fase mais matura após as alterações permitindo uma amostra mais representativa. Considerou-se também para efeitos de avaliação, não contemplar fins de semana, feriados ou trabalho extraordinário como tempo de produção, bem como paragens assumidas pela administração. Os meses referentes a paragens ou arranques de produção, pré e pós períodos de férias, também não foram contabilizados em médias para que os valores obtidos correspondam a períodos de ocupação considerável na nave fabril. Estas considerações permitem tornar as amostragens mais representativas.

Num projeto com esta abrangência é de referir que os resultados vão surgindo de forma gradual após a implementação. É bastante importante que todos os colaboradores e membros da organização se identifiquem com a solução e filosofias pretendidas, percebendo que o trabalho realizado por cada um contribui para que atinjam boas performances. Deve assumir-se que o processo de melhoria continua não tem fim e é compreendido e adotado por todos na organização.

## **6.1. GANHOS NA PRODUTIVIDADE**

O crescimento da produtividade na Sakthi Portugal S.A. foi notório no período após as alterações implementadas. Este crescimento é fundamentado não só pelo aumento no volume de vendas anual da empresa (ver Figura 10, secção 2.5), mas também pela redução na mão de obra necessária aos trabalhos no setor de acabamentos da organização.

Conforme se referiu nos dois capítulos anteriores, 4 e 5, um dos objetivos foi redesenhar o setor de acabamentos numa configuração que permitisse operar em linhas de controlo em fluxo contínuo onde operações como rebarbagem e recuperação excessiva dos componentes, quebra por prensa, abastecimento manual de robôs e postos de trabalho fossem eliminadas. A redefinição do setor associada a outras melhorias referidas anteriormente, permitiu conforme se disse, implementar 3 linhas (afetas a cada Disa vertical) onde laboram 12 controladores visuais em cada linha, por cada turno.

Após implementações e com o setor a operar em fluxo contínuo, este é constituído por 108 controladores visuais que compõem as linhas. Afetos aos custos do setor estão ainda 6 técnicos distribuídos pelos 3 turnos para afinações e calibrações nos postos de controlo. Para suprir o absentismo por faltas ou ausências prolongadas, existe uma equipa de 9 colaboradores dispostos pelos três turnos, que tendo em conta a sua versatilidade na matriz de competências executam diversas funções e suprem ausências nas linhas quando necessário. O total atual considerado no setor é então de 123 colaboradores por dia.

Para o cálculo da produtividade utilizou-se novamente o gráfico de vendas da Sakthi Portugal S.A. mostrado na Figura 10, por forma a se obterem as médias de toneladas vendidas no período de 2014/15 (antes de alterações) e 2016/17 (depois das alterações).

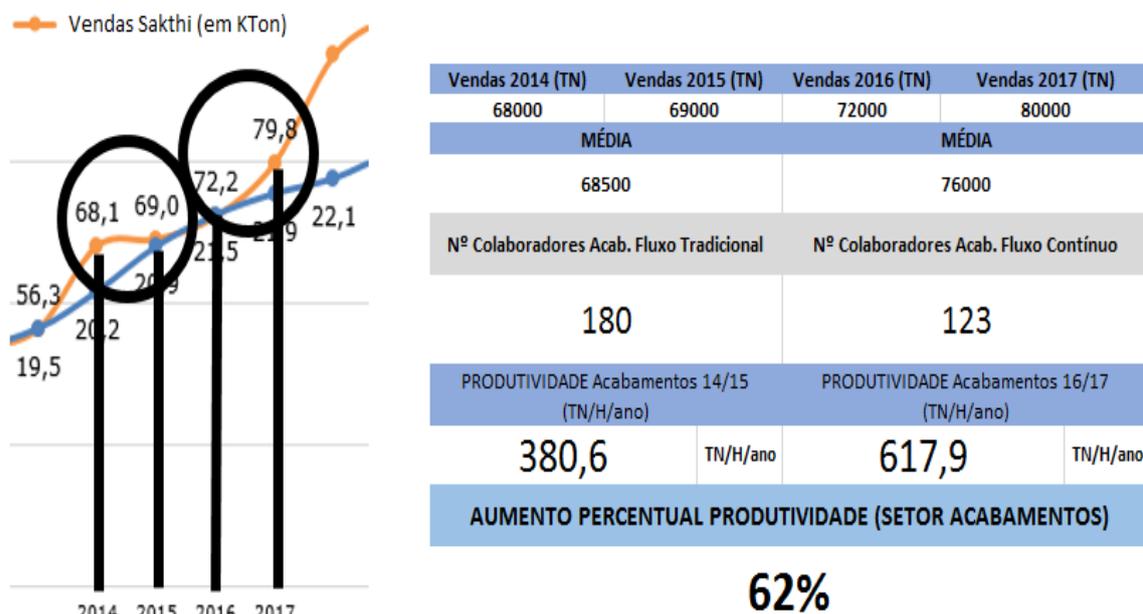


Figura 99 Cálculos de produtividade e constatação do aumento percentual

Tal como mostra a Figura 100, a produtividade no período que compreende os anos de 2014 e 2015 é aproximadamente de 381 toneladas por homem por ano. O aumento registado pós alterações no setor, período de 2016/17, coloca este indicador na ordem das 618 toneladas por homem por ano. O aumento obtido foi na ordem dos 62% o que representa um valor bastante positivo para a organização, espelhando não só o aumento nas vendas, mas também melhores performances no setor com mais output e menos mão de obra.

## 6.2. GANHOS EM STOCKS INTERMÉDIOS

Os *stocks* intermédios ou WIP, muitas vezes abordados ao longo do trabalho, tinham também objetivo de ser reduzidos consideravelmente tendo em conta os constrangimentos (lotes alargados em stock intermédio, espaço ocupado, falta de segurança, dificuldade na gestão de resultados, entre outros referidos anteriormente) que deste problema surgiam.

Também neste indicador os resultados até à data são satisfatórios, conforme representado nos dados mostrados em baixo. A redução do WIP é notória e possibilitou a alocação do espaço até então ocupado por lotes, para outras finalidades no âmbito da reorganização do setor. O gráfico da Figura 100 permite visualizar a linha de tendência decrescente dos valores de WIP desde 2013 até 2017. O foco está na transição do período de 2013/14 para 2016/17, referente ao pré e pós alterações implementadas, conforme já mencionado.

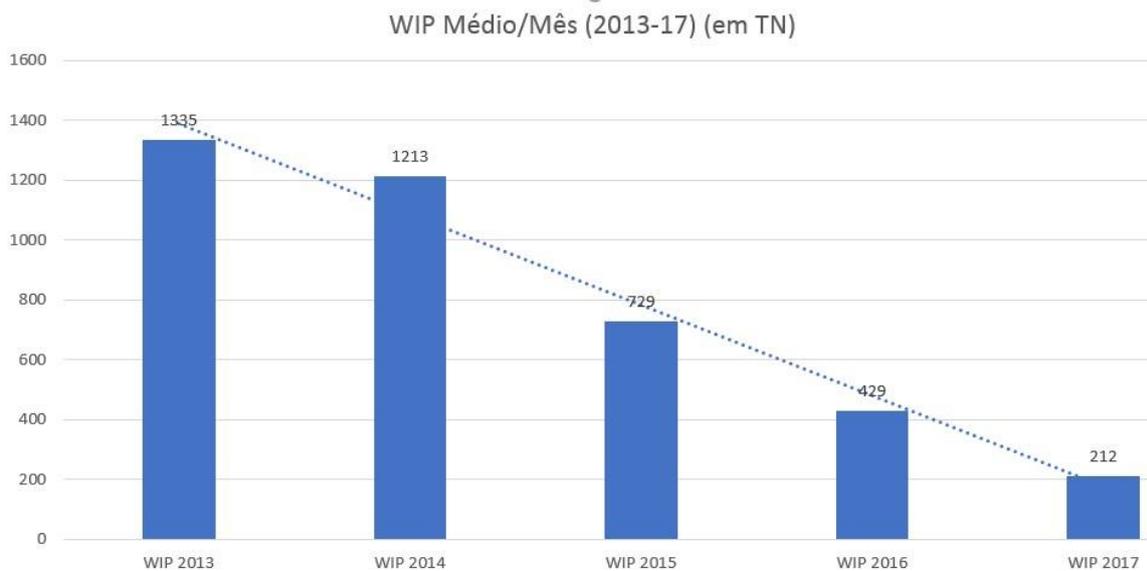


Figura 100 Evolução dos stocks intermédios no período de 2013 a 2017

Os valores até a data no ano de 2017 registam números médios na ordem das 200 toneladas de produto em WIP para acabamento por mês. Pela análise da Figura 101 percebe-se a redução substancial nos anos de 2016 e 2017, períodos referentes ao pós alterações implementadas. Apesar de o objetivo ser WIP igual a zero, tal facto é justificado com o SOP (*Start Of Production*) de inúmeros produtos entre o final de 2016 e o decorrer de 2017. Assume-se que no arranque de um novo projeto em produção, as condições do produto à chegada às linhas de controlo final possam ainda não corresponder aos ideais de qualidade e retrabalho nas primeiras produções.

**WIP médio por mês (em TN) 2013 - 2017**

2013	2014	2015	2016	2017
1335	1213	729	429	212
<b>Redução WIP 14-15 (em %)</b>		<b>Redução WIP 15-16 (em %)</b>		<b>Redução WIP 16-17 (em %)</b>
<b>-40%</b>		<b>-41%</b>		<b>-51%</b>
<b>Redução 2013/14 (antes) para 2016/17 (depois) (em %)</b>				
<b>-75%</b>				

Figura 101 Redução percentual do WIP entre períodos do pré e pós alterações

É de salientar que a redução entre os anos considerados é sempre superior a 40%, e permite constatar que a redução de stocks intermédios entre 2013 e 2017 até à data é na ordem dos 75% de redução. Este facto está diretamente ligado ao cumprimento dos FIFOs, pois reflete o ideal desejado de moldar e acabar o produto em linha proporcionando ao APA e logística

ferir o FIFO sem constrangimentos provocados por produto a aguardar operações intermédias.

### **6.3. GANHOS NA QUALIDADE**

Ao nível da qualidade os ganhos refletem-se em dois indicadores de relevo para a organização, a não qualidade interna (ou refugo geral de fábrica) e os custos de não-qualidade (ou custos com reclamações de cliente). O número de reclamações, apesar de registar também bons índices de melhoria, não será alvo de análise na evolução atendendo ao facto de que o número de reclamações não é proporcional aos custos de não-qualidade.

A linha de tendência do gráfico de evolução do refugo geral da fábrica é notoriamente decrescente, refletindo o efeito de melhorias anteriormente referidas como: filosofia reativa, preventiva, autocontrolada e que atue em efeito para-brisas, melhorias ao nível do desenvolvimento do produto, melhorias no acompanhamento “on-line” das produções, entre outras mencionadas. É de salientar, pelos resultados mostrados a seguir, que a redução de refugo expressa de 2014 para 2015 reflete uma baixa menos acentuada relativamente à passagem de 2015 para 2016. Este facto justifica-se, pois, no ano 2015 efetuaram-se as principais alterações de fundo nas placas-molde, assumindo-se desta forma o aparecimento de problemas provenientes dos ensaios e constantes alterações efetuadas ao *design* dos equipamentos de produção.

O gráfico da Figura 102 pretende representar a evolução da não qualidade interna da organização ao nível dos históricos recolhidos para cada trimestre de cada ano desde 2013 a 2017. Optou-se por esta representação aproveitando o facto de a organização medir, avaliar e redefinir internamente objetivos de qualidade a cada período de 3 meses.

REFUGO GERAL DE FÁBRICA 2013/2017 (em PPMs)

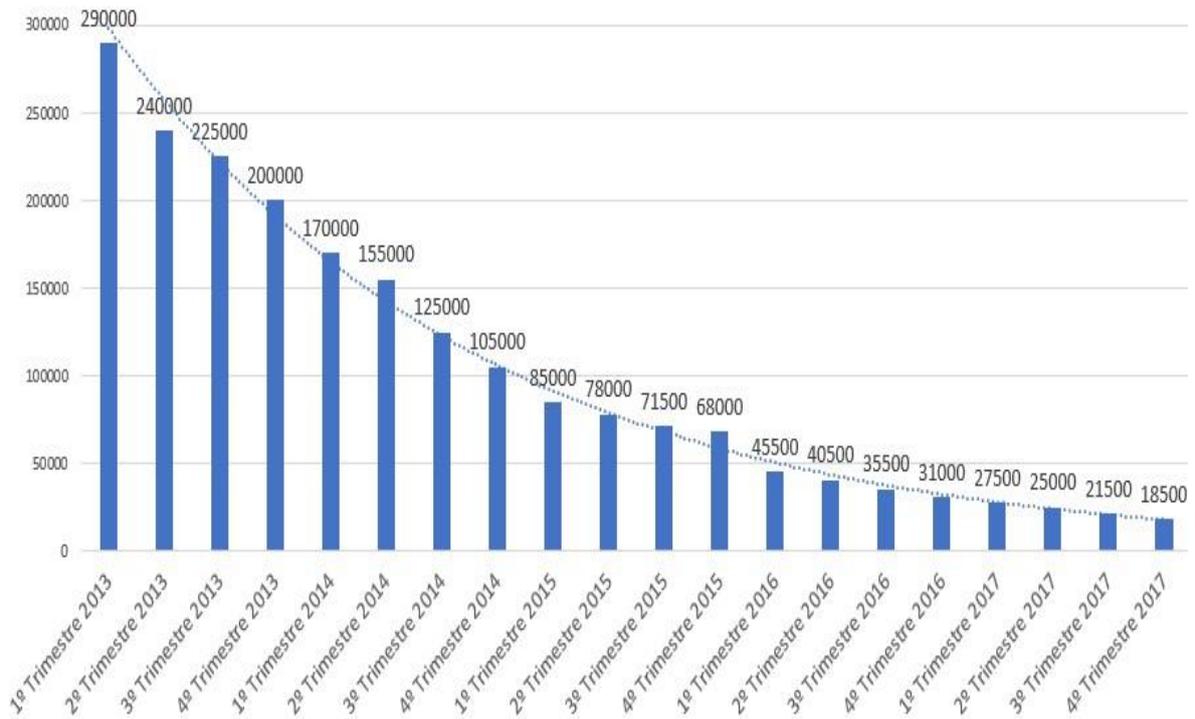


Figura 102 Evolução da não-qualidade interna no período de 2013 a 2017

O valor referente a 2017 representa a previsão para o fecho do ano, tendo em conta que o objetivo para o refugo interno no ultimo trimestre é 18500 PPMs, conforme mostra o gráfico da Figura 102. Pelos históricos analisados e médias obtidas, o refugo médio entre 2013/14 (pré implementações) tal como referido no capítulo 4, regista valores aproximados das 150000 PPMs de refugo interno. Atualmente, recorrendo a médias de 2016 e 2017 até á data, o refugo ronda os 30000 PPMs, o que representa uma redução percentual do refugo na ordem dos 80% (ver Figura 103).

Média Refugo Trimestral 2013 (PPMs)	181250	Redução (%) 13 - 14	<b>-29%</b>	Refugo médio 13/14 (PPMs)	155000	<b>Redução Percentual do Refugo Pré e Pós alterações</b>
Média Refugo Trimestral 2014 (PPMs)	128750					
Média Refugo Trimestral 2015 (PPMs)	75625	Redução (%) 14 - 15	<b>-41%</b>	Refugo médio 16/17 (PPMs)	30625	
Média Refugo Trimestral 2016 (PPMs)	38125	Redução (%) 15 - 16	<b>-50%</b>			
Média Refugo Trimestral 2017 (PPMs)	23125	Redução (%) 16 - 17	<b>-39%</b>			

Figura 103 Cálculos e respetiva redução percentual da não-qualidade interna

A redução da não qualidade a um nível interno potencia o aparecimento de produto não conforme no controlo final em menor expressão. Não sendo linear a comparação entre refugo interno e custos com reclamações, é expectável que se reduzam os gastos com produto não conforme no cliente (ver gráfico da Figura 104). Para os dados relativos a estes indicadores, os valores referentes a 2017 correspondem ao obtido até à data.

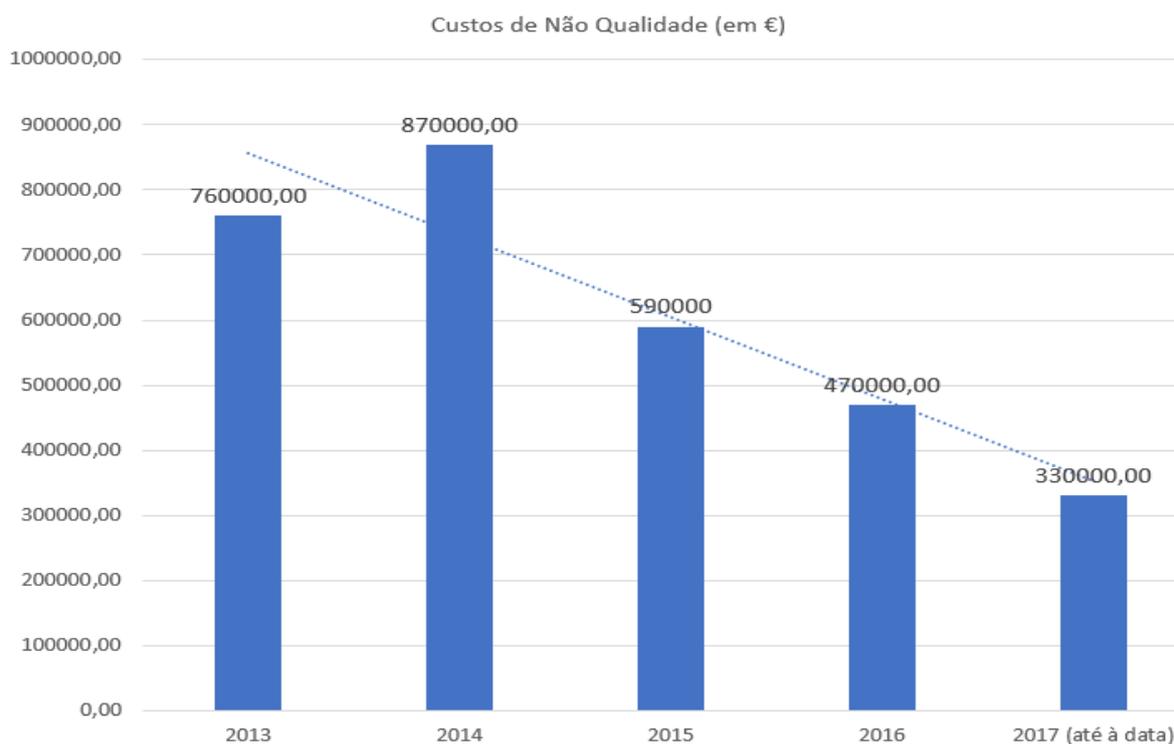


Figura 104 Evolução dos custos de não-qualidade (2013 – 2017)

Também neste ponto a melhoria tem uma expressão positiva, com as médias em custos de não qualidade em 2016/17 a serem 46% inferiores aos valores médios registados de 2013, 2014 e 2015, conforme demonstrado na Figura 105.

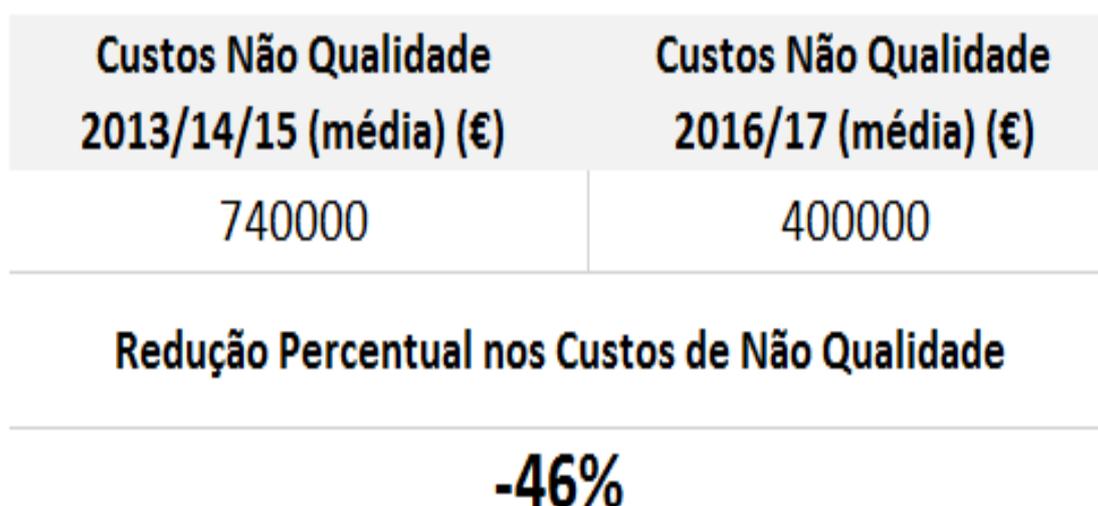


Figura 105 Redução percentual em custos de não qualidade

#### 6.4. GANHOS NO OEE

Para o cálculo do OEE aproximado da realidade atual, mantiveram-se os mesmos pressupostos utilizados na secção 4.2.4 a quando da estimativa do OEE para a situação pré alterações no setor.

Para o fator da disponibilidade foi novamente necessário saber o tempo de produção planeado (ou tempo total de trabalho, TTT) e o tempo operacional (ou tempo total de produção, TTP). Para o TTT, assumiu-se uma nova filosofia na gestão das paragens programadas das linhas de controlo. Contrariando o pressuposto antigo, que conforme referido anteriormente, assumia 3 paragens de 30 min por turno para refeições, no novo conceito assume-se que as linhas nunca param a 100% existindo apenas rotatividade na saída dos colaboradores para refeição. No sistema de rotatividade os controladores visuais dispõem na mesma da sua meia hora para refeição, simplesmente vão saindo á vez em pares. Para efeitos de cálculo assumiu-se que às 24 horas disponíveis dos 3 turnos, é subtraído o equivalente a 1h30 diária em que a linha opera a 80% da performance. O TTT considerado foi 82080 segundos resultantes de 22,8 horas de tempo total de trabalho. Para o TTP, foi necessário conhecer o *down-time* associado á realidade atual. Tal como seria de esperar, retirando pressas, operações de valor não acrescentado para o produto, criando uma área fluida para os empilhadores circularerem sem constrangimentos, entre outros motivos já mencionados, o *down-time* é significativamente mais baixo. Isto reflete-se, conforme se perceberá, no aumento da disponibilidade do setor. O valor médio considerado para paragens diárias foi de 115 minutos diários, aproximadamente 2 horas e 32 minutos, provenientes de *setups* (montagem de ferramenta para teste ultrassónico e calibre para aferição dimensional), avarias técnicas (elétricas e mecânicas) e paragens induzidas, que apesar de em menor expressão, ainda se verificam. Novamente com recurso ao gráfico circular da Figura 106, mostra-se a distribuição em peso percentual afeta a cada motivo de paragem identificado como relevante.

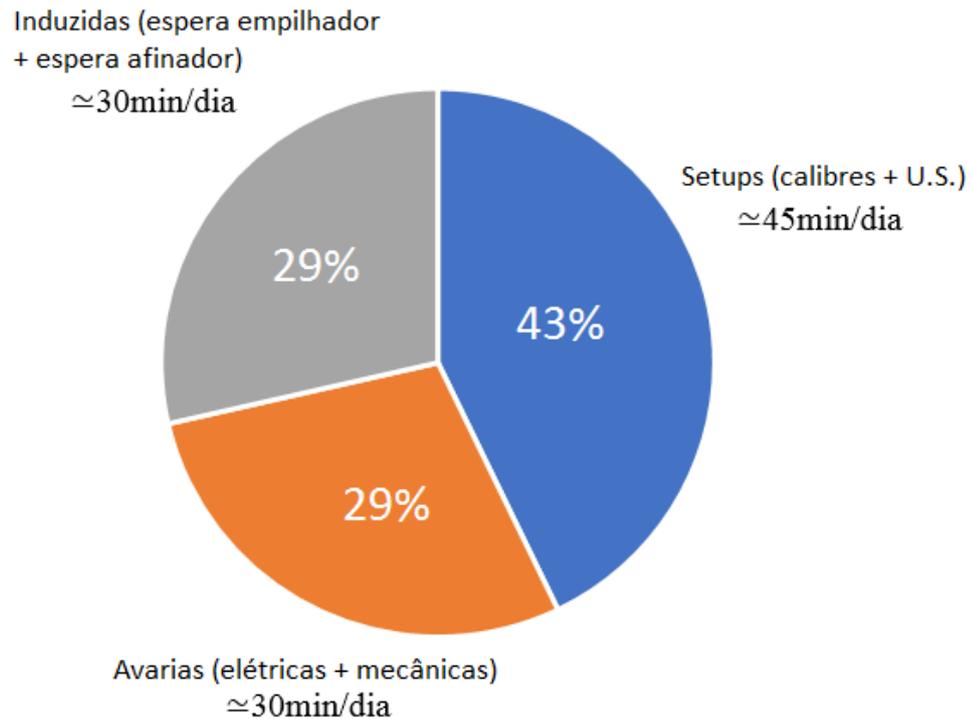


Figura 106 Percentagem afeta aos motivos de paragem das linhas de controlo final

Para calcular o valor final da disponibilidade, dividiu-se novamente o TTP (75780 segundos) pelo TTT (82080 segundos), obtendo um fator de 0,92 para o peso da disponibilidade no cálculo final do OEE.

Relativamente ao fator qualidade, optou-se por utilizar um valor médio do refugo para o ano de 2017 (assumindo a previsão até ao fecho do ano). Posto isto, a não-qualidade interna média para o ano de 2017 rondará as 20000PPMs, ou 2% de rejeição interna, o que significa que o peso do fator qualidade para o OEE atual é 0,98.

Para o último fator, a performance ou rendimento, os registos da empresa mostram um *output* médio das 3 linhas de controlo em fluxo a rondar as 135000 peças diárias acabadas. Atendendo ao tempo operacional e ao total médio diário de peças, o ciclo real é aproximadamente 1,78 peças/ segundo de *output* do setor. O tempo *standard* ou teórico da engenharia do produto é de 2,23 peças/ segundo. Posto isto, o peso do fator performance para o cálculo final do OEE será de 0,80.

Tabela 9 Cálculo do OEE para acabamentos em fluxo contínuo

DISPONIBILIDADE	PERFORMANCE	QUALIDADE
0,92	0,8	0,98
<b>OEE (FLUXO CONTINUO)</b>		
<b>72%</b>		

O cálculo do OEE para a situação do setor a operar em fluxo por células tradicionais é de 72% (ver Tabela 5). Relembrando o valor calculado no capítulo 4.2.4, para o OEE pré alterações, de 39% é notório o aumento na eficiência global do setor. O aumento percentual obtido é na ordem de grandeza dos 85% de incremento.

Relativamente às melhorias implementadas face aos resultados obtidos é importante referir que a interferência nos indicadores analisados tem pesos distintos. No OEE do setor, a interferência das melhorias do projeto é direta. A otimização do produto, do processo e do *layout* possibilitaram os ganhos obtidos na disponibilidade, performance e produto rejeitado nos acabamentos.

No caso da produtividade do setor, as melhorias e os resultados tiveram um peso significativo na redução do número de colaboradores necessários à operação e no aumento do *output* do setor. No entanto no ganho percentual obtido, o aumento do volume anual de vendas da organização tem um peso bastante significativo. Para este fator contribuíram outros projetos e desenvolvimentos na organização, como políticas de proximidade ao cliente, novos produtos, vantagens logísticas, entre outros.

Na redução de WIP e não-qualidade o cenário é semelhante. Apesar da interferência bastante considerável nos ganhos obtidos em rejeição interna e custos com reclamações, não deve ser descurado o peso de outras ações a decorrer em paralelo. Projetos no desenvolvimento do produto e rendimento das placas molde, otimização da manutenção e performance dos equipamentos de produção ou reformulações no sistema de gestão da qualidade são exemplos que também contribuíram para os resultados.



# 7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo serão apresentadas as principais conclusões relativas à Dissertação e consequente trabalho realizado. Serão analisados os resultados atingidos, principais dificuldades e pontos fortes retirados desta experiência sentida em pleno ambiente industrial. Numa segunda parte do capítulo pretendem-se referir algumas abordagens relativas a trabalhos futuros que potenciam o crescimento da organização.

## 7.1. CONCLUSÕES

Antes de conclusões com os resultados obtidos, foi essencial perceber e tratar os indicadores de produção que periodicamente permitem avaliar a performance da organização e compreender de que forma o processo pode ser melhorado, retornando ganhos. Tal como referido ao longo do documento, é importante que cada colaborador tenha noção de que forma as suas funções tem interferência no produto e de que forma podem ser melhoradas. Neste ponto, é também importante referir que, inicialmente houve alguma resistência por parte dos colaboradores, tendo em conta que a implementação de uma filosofia de reação suportada por autocontrolo levou à alteração e criação de muitas rotinas alterando o paradigma normal a que o *shop floor* estava habituado. Seria importante para o futuro

investir consideravelmente em metodologias como o TPM, dotando os colaboradores de capacidade para dependerem, cada vez mais, de si próprios para exponenciar a disponibilidade dos seus postos de trabalho.

Relativamente ao trabalho, na essência dos seus objetivos iniciais, é possível concluir que o grande objetivo de melhorar o setor de acabamentos da Sakthi Portugal S.A foi conseguido. As melhorias desenvolvidas e implementadas foram um suporte bastante sólido para que os resultados traduzissem ganhos para a organização. Estimular a proatividade e envolvimento dos colaboradores num processo reativo e preventivo, desenvolver o produto de forma a ser possível eliminar operações desnecessárias e redefinir um *layout* que possibilite o fluxo contínuo do produto, foram fatores cruciais para o desenvolvimento dos indicadores de produção, recolocando a organização na vanguarda da competitividade e conquista de novos mercados.

A análise de resultados, tal como mostrado no capítulo sexto, revela ganhos satisfatórios do pré para o pós alterações, ao nível: da produtividade (com aumento percentual na ordem dos 62%), na redução do WIP (na ordem dos 75% de redução de *stocks* intermédios), na não qualidade interna (com 80% de redução do refugo geral fábrica) e não qualidade externa, reduzindo em 46% os custos anuais com reclamações. A globalidade de todos estes fatores contribuiu diretamente para o aumento da disponibilidade, performance e qualidade do processo, resultando no aumento do OEE do setor de acabamentos de 39% para 72%, na nova configuração em fluxo contínuo.

Tendo em conta os resultados é possível tecer algumas considerações. Ao nível da redução do WIP, apesar do resultado positivo equivalente a menos 75% de *stocks* intermédios existentes, ainda se verifica a existência de algum WIP. Tal como justificado no capítulo 6, o arranque de muitos projetos novos (referências de produção novas) entre 2016 e 2017 contribui para este fator. Outro fator que justifica a existência de uma quantidade base de *stocks*, está relacionada com pormenores contratuais em que os clientes exigem “*stocks* de segurança” que conferem confiança ao cliente para que haja capacidade de resposta às flutuações de pedidos.

Relativamente à disponibilidade, apesar da melhoria apresentada, ao nível de paragens induzidas ainda se registam alguns tempos de paragem relacionados com um pormenor difícil de controlar, o embalamento final. Contratualmente está estipulado com praticamente

todos os clientes dispersos pelo globo, que a responsabilidade de entrega e posse das embalagens está com os próprios. Por vezes isto traduz-se em ineficiências, já que é necessário produzir os componentes para embalagem alternativo, aguardando a entrega por parte do cliente e sujeitando o processo a mudar a embalagem para a original, à posteriori.

Também ao nível da não-qualidade interna, será proveitoso para a organização repensar o futuro deste indicador, já que a redução demonstrada e os níveis atuais posicionam a organização num grau próximo da excelência relativamente à concorrência. A limitação tecnológica do processo de moldação está sempre inerente à existência de peças recusadas (em *setups*, validações de produção, amostras para validação em laboratório, entre outros). Tendo em conta a robustez do processo e os níveis atualmente atingidos, que cumprem com o contratualmente exigido pelos clientes, pode não ser proveitoso no futuro continuar a fazer investimentos altos na deteção para obter ganhos pouco expressivos.

É ainda proveitoso concluir que ao nível da redefinição do *layout*, o setor beneficia de um espaço mais limpo, organizado e fluido. Os *layouts* antes e depois de alterações podem ser vistos de forma mais precisa nos anexos D e E.

## **7.2. TRABALHOS FUTUROS**

Relativamente a trabalhos ou projetos futuros a ideia da organização é manter a filosofia de melhoria continua constante, por forma a alcançar a vanguarda da tecnologia na fundição de componentes automóveis. Com o objetivo futuro de exponenciar ainda mais a produtividade e o aumento da eficiência global, referem-se de seguida três projetos que suportam um futuro mais eficiente e sustentado focado na satisfação do cliente. Tendo em conta que ainda se encontram em fase de projeto ou ensaios, apenas serão retratadas as ideias gerais de cada.

### **Retirada do controlo ultrassónico**

Em estudo à alguns meses está a possibilidade de retirada do controlo ultrassónico no controlo final. Este projeto prevê a integração de vários sistemas ou processos, baseado na criação de um software robusto ao nível de base de dados e processamento rápido e constante dos resultados metalúrgicos. Recorrendo a amostras especificamente criadas para analisar o comportamento de todas as variáveis identificadas com interferência na qualidade do metal

que circula na produção, o objetivo é que o sistema antecipe propriedades metalúrgicas em tempo real.

Mediante o processamento de dados e os resultados obtidos é possível identificar nas linhas de moldação os cachos ou tratamentos que apresentam problemas. Pretende-se que as moldações, após vazadas e depois dos resultados devolvidos pelo sistema, sejam identificadas e segregadas automaticamente, com recurso a um cilindro hidráulico, para um percurso diferente do original para produto conforme. Desta forma é possível garantir que produto não conforme não chega às etapas finais do processo.

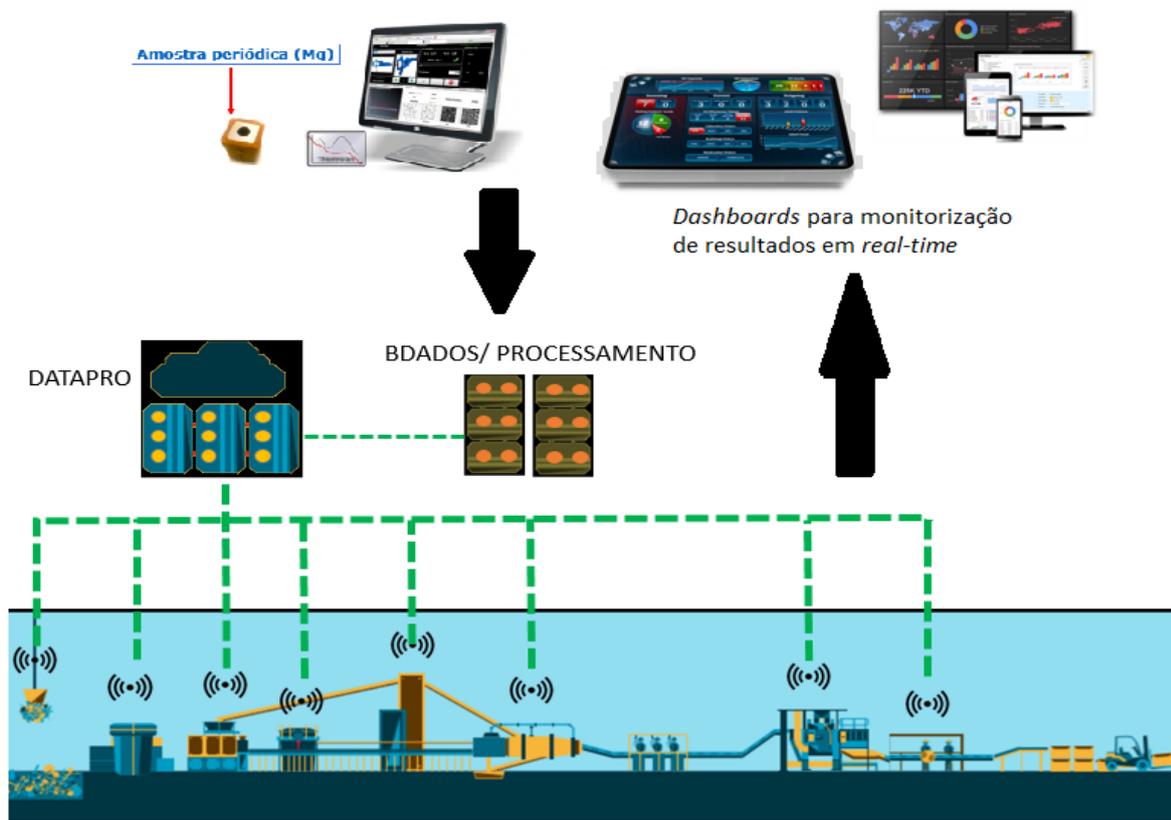


Figura 107 *Draft* geral da integração de sistemas

Garantindo em paralelo a antecipação de propriedades metalúrgicas e a segregação de produto não conforme é possível pensar na retirada do teste ultrassónico no controlo final. Tendo em conta o que foi no capítulo 5 e 6, são expectáveis ganhos na produtividade tendo em conta que se elimina mais uma operação afeta ao controlo final. O objetivo é que também ao nível da qualidade interna surjam ganhos satisfatórios pois evitasse que algum do refugo interno chegue às linhas de controlo final.

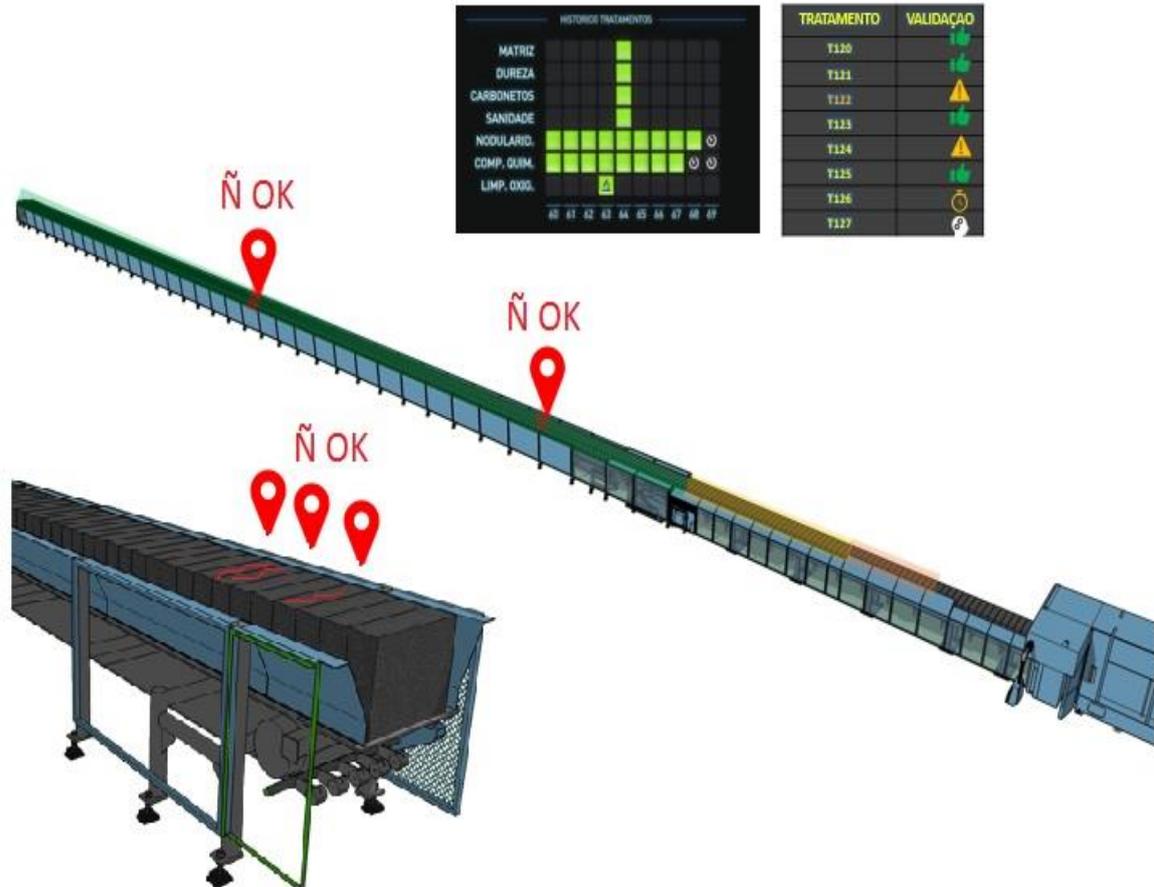


Figura 108 Visão global pretendida para o sistema

### Arrefecimento das peças

Outro investimento que pode ser útil e traduzir melhoria no futuro está relacionado com a temperatura a que os componentes chegam às linhas de controlo final. Registos recentes mostram que próximo da época do verão, como é expectável, a temperatura sobe. Em dias ou períodos mais quentes, pode ser bastante prejudicial para o rendimento das linhas tendo em conta que é bastante complicado para os controladores visuais o manuseamento das peças. Para além deste pormenor, torna-se por vezes complicado para o supervisor da instalação de areias, manter a melhor relação relativamente á quantidade de água e areia pois a introdução de água a mais pode provocar encravamentos graves na instalação. Este facto pode também levar a períodos do dia em que a temperatura dos componentes à chegada às linhas de controlo final é elevada e prejudicial ao rendimento dos colaboradores. A imagem mostrada a seguir refere-se ao *draft* geral do sistema em estudo para implementação futura.

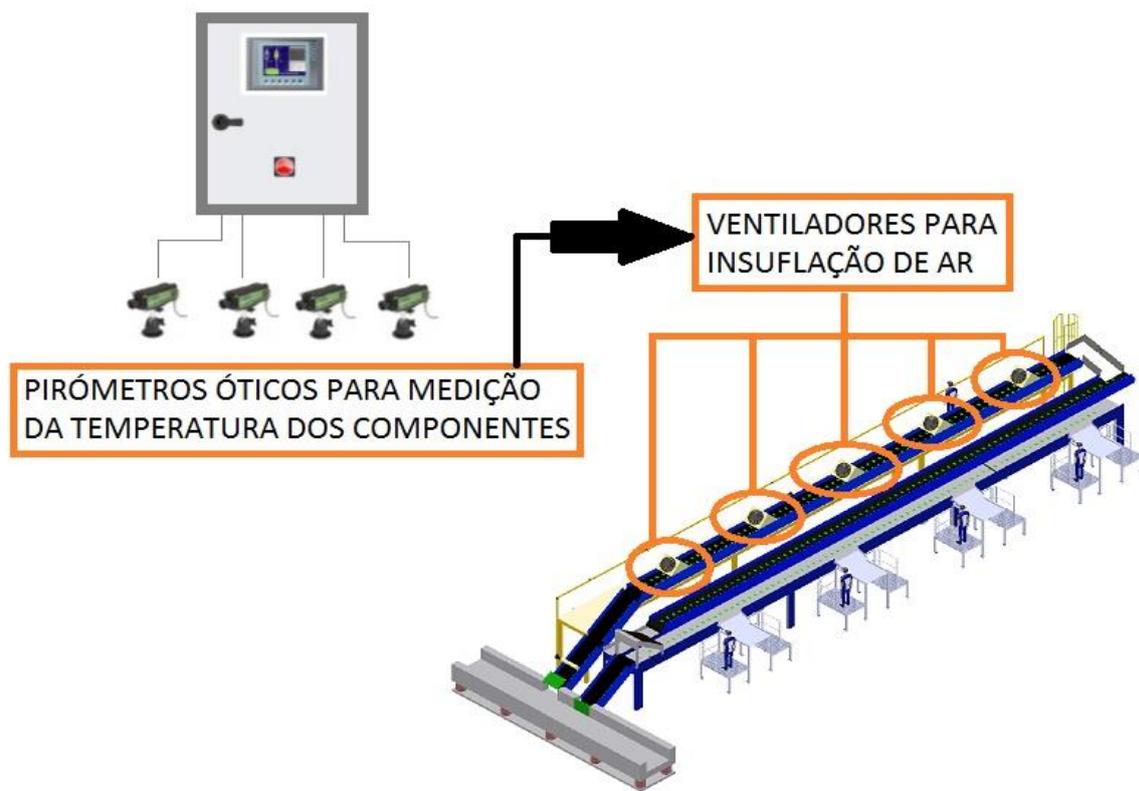


Figura 109 *Draft* geral do sistema de arrefecimento

O sistema da Figura 109 pressupõe a construção de um troço em tela transportadora com o mesmo comprimento da tela principal das linhas de controlo e montado a uma altura ligeiramente superior. Com isto pretende-se que as peças circulem em mais 20m de comprimento estimulando a baixa de temperatura. Pretende-se ainda que o troço a construir tenha 5 ventiladores para insuflação de ar, forçando mais ainda a redução da temperatura nos componentes. Para controlar a atuação dos ventiladores é possível colocar pirómetros óticos (24VDC, 4-20mA) à entrada e saída das máquinas de granalhar, obtendo registos constantes da temperatura dos componentes sem contacto nem intervenção humana. Mediante o controlo de sinais elétricos via autómato e painel HMI é possível parametrizar quando ligar ou desligar os ventiladores, bem como gerir de forma automática a introdução de água na instalação de areias.

## Visão artificial no controlo final

Outra das melhorias que pode estar em foco para o futuro, e com grandes perspetivas de ganhos na produtividade, poderá ser a implementação da visão artificial para o controlo final efetuado nas linhas de controlo final. Apesar de neste tipo de industria e componentes em específico, os exemplos de implementação ainda serem muitos remotos, vão surgindo no mercado algumas hipóteses relacionadas com o recurso à visão 2D e 3D para o controlo visual de peças produzidas. Uma das possibilidades tidas em conta pode ser a SICK, empresa sediada na Alemanha e dispersa por todo o mundo, que há mais de 40 anos se dedica á criação de soluções industriais relacionadas com visão via sensores 2D e 3D (SICK, 2016). A Figura 110 é referente ao funcionamento geral do sistema, desde a aquisição de sinais via sensores óticos ou câmaras, processamento no módulo de ligações e exemplo de implementação.

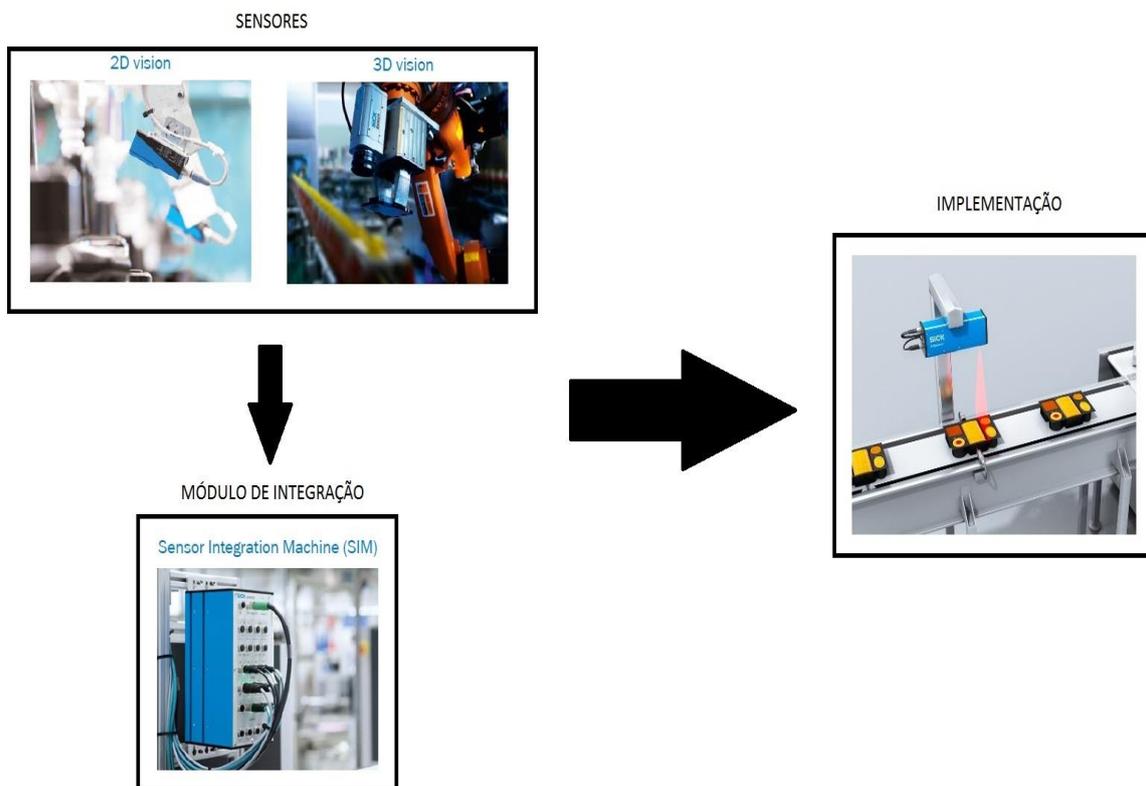


Figura 110 *Draft* geral do sistema de visão artificial

Segundo as características recolhidas no site do fabricante, este sistema permite a inspeção de componentes em movimento e garante fiabilidade mesmo com variações de cor, posição e geometrias dos componentes. O comissionamento, operações de montagem e substituição rápidas, calibração e interface intuitivo com o operador poderão ser outras vantagens da

utilização deste sistema. Contudo, tendo em conta a robustez do processo, vasto leque de produtos, conseqüentes diferenças nas geometrias e pouco histórico de implementação noutras fundições com características semelhantes, será necessário suportar esta ideia para o futuro com fundamentos sólidos e pensados. Também ao nível do investimento, terá de se refletir acerca da relação entre o investimento a realizar e os ganhos potenciais ao nível da deteção de produto não conforme.



## *Referências Documentais*

ACEA. (2016). Economic and Market Report - EU Automotive Industry (Quarter 3 - 2016).

Aguiar, S. (2002). *Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa seis sigma*: Editora de Desenvolvimento Gerencial.

Almeida, A. M. M. (2014). *Melhoria do processo produtivo na Sakthi Portugal aplicação da metodologia Kaizen*.

Almeida, F. (2012). *Implementação de princípios e ferramentas de produção lean na secção de acabamentos de uma empresa de peças metálicas para automóveis*.

Banchhor, R., & Ganguly, S. (2014). Critical Assessment of Green Sand Moulding Processes. *International Journal of Recent Development in Engineering and Technology Website: www.ijrdet.com (ISSN 2347-6435 (Online) Volume 2, Issue 4, 90*.

Batalha, C. R. M. (2016). *Melhoria de Fluxo da Logística Interna*.

Coimbra, E. (2008). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*.

Coimbra, E. (2013). *Kaizen in logistics and supply chains*: McGraw Hill Professional.

Corporation, T. M. (2017). *Toyota Production System*.

de Araujo, L. C. G. (2001). *Organização, sistemas e métodos e as modernas ferramentas de gestão organizacional: organização, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total, reengenharia*: Atlas.

DISA. (2017). *Disa Shaping Industry*.

E-CraneWorldwide. (2008). *5S method implemented by E-Crane Worldwide*.

Felisberto, A. D. (2012). *kaizen nas unidades hospitalares: Unidade Local de Saúde Matosinhos*.

Figueira, E. d. P.-F. L. (2014). *Lean Manufacturing*.

Furmans, K. (2005). *Models of heijunka-levelled kanban-systems*. Paper presented at the 5th International Conference on Analysis of Manufacturing Systems-Production and Management.

Garcia, P. P. L. (2014). *Implementação da metodologia Kaizen no entreposto de logística inversa da Worten*.

- Hallam, C. R., Muesel, J., & Flannery, W. (2010). *Analysis of the Toyota Production System and the genesis of Six Sigma programs: An imperative for understanding failures in technology management culture transformation in traditional manufacturing companies*. Paper presented at the Technology Management for Global Economic Growth (PICMET), 2010 Proceedings of PICMET'10:.
- Havlicek, F., & Elbel, T. (2011). Geometrical modulus of a casting and its influence on solidification process. *Archives of foundry engineering*, *11*, 189-194.
- Hlousek, J., & Kavicka, F. (1989). Analytical and Numerical Solution of the Thermal Field of Casting. *Slevarenstvi*(7), 283-286.
- Iannone, R., & Nenni, M. E. (2013). Managing OEE to optimize factory performance *Operations Management: InTech*.
- Institute, K. (2015). 5 passos de ouro para organizar as áreas de trabalho.
- Institute, K. (2017). KMS - Kaizen Management System.
- Kokudai, H. (2011). Kamishibai. from Hiroaki Kokudai
- Kumar, R., & Kumar, V. (2012). *Lean manufacturing system: an overview*. Paper presented at the Proceedings of the National Conference on Trends and Advances in Mechanical Engineering, YMCA. University of Science & Technology, Faridabad, Haryana.
- Marques, M. (2016). Produção de Automóveis - Principais tendências. PwC Portugal.
- Moen, R., & Norman, C. (2006). Evolution of the PDCA cycle.
- Mourão, F. (1996/97). Gestão da Produção: JIT e TQC. from Universidade de Coimbra - DEI
- Nakajima, S. (1989). *TPM development program: implementing total productive maintenance*: Productivity press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*: crc Press.
- S.A., S. P. (2015). *Sakthi Portugal - Desenvolvimento do Produto*. Sakthi Automotive Group.
- SakthiPortugal. (2017). <http://sakthiportugal.pt>.
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint*: CRC Press.
- SICK. (2016). Vision - A new dimension in vision. from SICK
- Silveira, C. B. (2017). Just in time: conceito, definição e objetivos.
- Titu, M. A., Oprean, C., & Grecu, D. (2010). *Applying the Kaizen method and the 5S technique in the activity of post-sale services in the knowledge-based organization*. Paper

presented at the Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists.

Total Productive Management - TPM. (2017).

Trancoso, F. M. R. (2012). *Implementação do TFM na Sakthi Portugal com recurso à metodologia Kaizen*. Instituto Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Vallespir, B., & Alix, T. (2010). *Advances in Production Management Systems: New Challenges, New Approaches: International IFIP WG 5.7 Conference, APMS 2009, Bordeaux, France, September 21-23, 2009, Revised Selected Papers* (Vol. 338): Springer.

Vilela, F. (2012). Uma Visão sobre a produção de ferro nodular. *Revista da Associação Portuguesa de Fundição*, 266.

Vorne, I. (2008). The fast guide to OEE. Retrieved February, 26, 2009.

Vyas, K. C. (2011). *Toyota production system*.

Zhiming, C., & Jun, Y. (2008). *The process conducting and member audit in the distributed enterprise modeling*. Paper presented at the Asia-Pacific Services Computing Conference, 2008. APSCC'08. IEEE.

## Anexo A. Níveis das LPA

<b>Área</b>		<b>Moldação</b>				<b>Macharia</b>		<b>Areias Space</b>		<b>Areias GF</b>		
Fusão <input type="checkbox"/>		D230P <input type="checkbox"/>	D230T <input type="checkbox"/>	MKS <input type="checkbox"/>	GF <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
<b>Acabamentos</b>		<b>Moldação</b>				<b>Pintura</b>						
D230P <input type="checkbox"/>		D230T <input type="checkbox"/>	MKS <input type="checkbox"/>	GF <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<b>Posto trabalho</b>						<b>Qualidade</b>						
<b>Data</b>			<b>Turno</b>			<b>Lider Equipa</b>			<b>Chefe U.Negocio</b>			
<b>Nº</b>	<b>Elemento do Processo</b>					<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>	<b>Não Conformidade/Ação</b>		<b>Conclusão</b>	<b>Resp</b>
<b>1- SEGURANÇA</b>												
1,1	Estão afixados no posto de trabalho os equipamentos de Segurança, a equipa utiliza-os?											
1,2	Tarefas específicas: (Empilhador, Soldador, Electricistas, ...) O operador encontra-se qualificado/Certificado?											
1,3	Sistemas de segurança estão activos e a serem bem utilizados? (ex. Botão emergencia, barreiras de segurança, ...)											
<b>2- Organização Posto de Trabalho</b>												
2,1	o Posto de trabalho encontra-se limpo e arrumado?											
2,2	Matérias-Primas correctamente identificadas, arrumadas e nos níveis de stock definido?											
2,3	As entradas e Saídas de material estão correctamente identificadas?											
2,4	A Traçabilidade está a ser cumprida?											
2,5	Os Não Conformes ou produtos suspeitos estão correctamente identificados e nos locais próprios?											
2,6	o F.I.F.O. está a ser cumprido?											
<b>3- Set-Up</b>												
3,1	As Instruções de Trabalho/Ajudas Visuais necessárias para o desempenho tarefa (de acordo com Plano de Controlo) estão disponíveis?											
3,2	As Instruções de Trabalho específicas para o arranque estão a ser seguidas?											
3,3	Validação e registo da 1ª peça OK realizado e no local?											
<b>4- Formação/Qualificação</b>												
4,1	Os operadores encontram-se identificados na Matriz de Polivalencia de acordo com a tarefa a desempenhar?											
4,2	O operador encontra-se a realizar as tarefas de acordo com o definido?											
<b>5- Plano de Controlo</b>												
5,1	As operações definidas no Plano de Controlo estão a ser cumpridas de forma correcta na amostragem e na frequencia definida?											
5,2	Os resultados encontram-se dentro da especificação(dentro Limites de Controlo)? Se não, o operador reage com definição e registo da acção correctiva)											
5,3	Eventos importantes durante a produção/turno? São registados e comunicados (utilização de Livro de Bordo)?											
<b>6- Equipamentos de Medida</b>												
6,1	Os Sistemas à Prova de erro estão a funcionar/Monitorizar?											
6,2	Esses sistemas estão a ser verificados de acordo com Plano de Controlo?											
6,3	Os equipamentos de medida estão disponíveis no posto de trabalho de acordo com o Plano de Controlo?											
6,4	Os Equipamentos de Medida e calibres estão numerados, calibrados? Existem padrões? Estão validados?											
<b>7- Comunicação</b>												
7,1	Os trabalhadores estão informados acerca das últimas reclamações da Qualidade/Alertas Cliente e objectivos das Unidades de Negócio?											
								$\frac{\text{nº Não Conformidades}}{\text{nº Item Auditados}} \times 100\%$				

Nº	Elemento do Processo
<b>1- SEGURANÇA</b>	
1,1	Estão afixados no posto de trabalho os equipamentos de Segurança, a equipa utiliza-os?
1,2	Tarefas específicas: (Empilhador, Soldador, Electricistas, ...) O operador encontra-se qualificado/Certificado?
1,3	Sistemas de segurança estão activos e a serem bem utilizados? (ex. Botão emergencia, barreiras de segurança, ...)
1,4	Produtos quimicos estão sob Bacias de retenção? É assegurada a separação de residuos
1,5	Operador encontra-se a trabalhar em condições de Segurança?

Nº	Elemento do Processo	SIM	NÃO	NA	Não Conformidade/Ação	Conclusões	Resp
<b>8- Resultados do Processo (Out-Put/Melhoria)</b>							
8,1	Cumprimento do Planeamento Dia/Semana?						
8,2	Indicadores dentro dos objectivos? Se não, definição plano de Acções?						
8,3	Tendencia positiva de melhoria?						
8,4	Se não, definição plano de Acções?						
8,5	Dimensionalmente equipa de acordo com necessidades Nº efectivos/qualificações)?						
8,6	Se não, definição plano de Acções?						
8,7	Quadros de equipa actualizados?						
8,8	Realização reuniões de equipa e out-puts?						
<b>9- Rework</b>							
9,1	O Rework está a ser realizado de acordo com especificado e devidamente identificado?						
9,2	Existe Plano de Acções para eliminar esta operação?						
<b>10- Manutenção Preventiva</b>							
10,1	As actividades de manutenção Preventiva estão a ser asseguradas de acordo com planeamento?						
10,2	Eficácia das Acções de Manutenção versus Down Time?						
<b>11- Layered Process Audit</b>							
11,1	Estão a ser realizadas na frequência estipulada?Estão a ser realizadas na frequência estipulada?						
11,2	Definidos Planos de Acções Correctivas?						
11,3	Reincidencia de problemas ?						

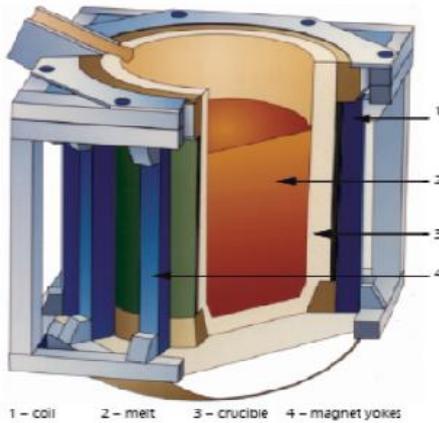
					<b>nº Não Conformidades</b> <b>nº Item Auditados</b>		<input type="text"/> %
--	--	--	--	--	---	--	------------------------

<b>Área</b>		<b>Moldação</b>				<b>Macharia</b>	<b>Areias Space</b>	<b>Areias GF</b>		
<b>Fusão</b>	<input type="checkbox"/>	<b>D230P</b>	<input type="checkbox"/>	<b>D230T</b>	<input type="checkbox"/>	<b>MKS</b>	<input type="checkbox"/>	<b>GF</b>	<input type="checkbox"/>	
<b>Acabamentos</b>	<input type="checkbox"/>	<b>D230P</b>	<input type="checkbox"/>	<b>D230T</b>	<input type="checkbox"/>	<b>MKS</b>	<input type="checkbox"/>	<b>GF</b>	<input type="checkbox"/>	
<b>Posto trabalho</b>					<b>Qualidade</b>					
<b>Data</b>		<b>Turno</b>		<b>Lider Equipa</b>		<b>Chefe U.Negocio</b>				
<b>Nº</b>	<b>Elemento do Processo</b>				<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>	<b>Não Conformidade/Ação</b>	<b>Conclusão</b>	<b>Resp</b>
<b>1- SEGURANÇA</b>										
1,1	Estão afixados no posto de trabalho os equipamentos de Segurança, a equipa utiliza-os?									
1,2	Tarefas específicas: (Empilhador, Soldador, Electricistas, ...) O operador encontra-se qualificado/Certificado?									
1,3	Sistemas de segurança estão activos e a serem bem utilizados? (ex. Botão emergencia, barreiras de segurança, ...)									
1,4	Produtos químicos estão sob Bacias de retenção? É assegurada a separação de residuos									
1,5	Operador encontra-se a trabalhar em condições de Segurança?									
1,6	Tendencia positiva dos indicadores de Segurança na área?									
1,7	Se não, estão definidos Planos de Acções de Melhoria?									
<b>2- Organização Posto de Trabalho</b>										
2,1	o Posto de trabalho encontra-se limpo e arrumado?									
2,2	Matérias-Primas correctamente identificadas, arrumadas e nos níveis de stock definido?									
2,3	As entradas e Saídas de material estão correctamente identificadas?									
2,4	A Traçabilidade está a ser cumprida?									
2,5	Os Não Conformes ou produtos suspeitos estão correctamente identificados e nos locais próprios?									
2,6	o F.I.F.O. está a ser cumprido?									
<b>3- Set-Up</b>										
3,1	As Instruções de Trabalho/Ajudas Visuais necessárias para o desempenho tarefa (de acordo com Plano de Controlo) estão disponíveis?									
3,2	As Instruções de Trabalho específicas para o arranque estão a ser seguidas?									
3,3	Validação e registo da 1ª peça OK realizado?									
<b>4- Formação/Qualificação</b>										
4,1	Os operadores encontram-se identificados na Matriz de Polivalencia de acordo com a tarefa a desempenhar?									
4,2	O operador encontra-se a realizar as tarefas de acordo com o definido?									
<b>5- Plano de Controlo</b>										
5,1	As operações definidas no Plano de Controlo estão a ser cumpridas de forma correcta na amostragem e na frequencia definida?									
5,2	Os resultados encontram-se dentro da especificação(dentro Limites de Controlo)? Se não, o operador reage com definição e registo da acção correctiva)									
5,3	Eventos importantes durante a produção/turno? São registados e comunicados (utilização de Livro de Bordo)?									
5,4	Estão identificadas características Criticas produto/processo?									
5,5	Estas Características estão a ser controladas de acordo com a especificação?									
5,6	A Documentação está na última versão de alteração?									
5,7	o Plano de Controlo está relacionado com FMEA e Fluxograma e vice verso?									

Nº	Elemento do Processo	SIM	NÃO	NA	Não Conformidade/Ação	Conclusões	Resp
<b>6- Equipamentos de Medida</b>							
6,1	Os Sistemas à Prova de erro estão a funcionar/Monitorizar?						
6,2	Esses sistemas estão a ser verificados de acordo com Plano de Controlo?						
6,3	Os equipamentos de medida estão disponíveis no posto de trabalho de acordo com o Plano de Controlo?						
6,4	Os Equipamentos de Medida e calibres estão numerados, calibrados? Existem padrões? Estão validados?						
6,5	Existem Não Conformidades (refugo/Reclamações) originadas pela NOK, má utilização sistemas de medida e/ou sistema à prova de erro?						
6,6	Se sim, existe um plano de acções?						
<b>7- Comunicação</b>							
7,1	Os trabalhadores estão informados acerca das últimas reclamações da Qualidade/Alertas Cliente e objectivos das Unidades de Negócio?						
<b>8- Resultados do Processo (Out-Put/Melhoria)</b>							
8,1	Cumprimento do Planeamento Dia/Semana?						
8,2	Indicadores dentro dos objectivos? Se não, definição plano de Acções?						
8,3	Tendencia positiva de melhoria?						
8,4	Se não, definição plano de Acções?						
8,5	Dimensionalmente equipa de acordo com necessidades Nº efectivos/qualificações)?						
8,6	Se não, definição plano de Acções?						
8,7	Quadros de equipa actualizados?						
8,8	Realização reuniões de equipa e out-puts?						
8,9	Os requisitos de Cliente estão garantidos produto/processo?						
8,10	O tamanho do lote está de acordo com as necessidades do processo seguinte, de forma a garantir o cumprimento dos indicadores?						
8,11	Os produtos são manuseados de forma a garantir a qualidade do produto?						
8,12	De acordo com a tendencia dos indicadores, existem evidencias sugestão Melhoria?						
<b>9- Rework</b>							
9,1	O Rework está a ser realizado de acordo com especificado e devidamente identificado?						
9,2	Existe Plano de Acções para eliminar esta operação?						
<b>10- Manutenção Preventiva</b>							
10,1	As actividades de manutenção Preventiva estão a ser asseguradas de acordo com planeamento?						
10,2	Eficácia das Acções de Manutenção versus Down Time?						
<b>11- Layered Process Audit</b>							
11,1	Estão a ser realizadas na frequencia estipulada?Estão a ser realizadas na frequencia estipulada?						
11,2	Definidos Planos de Acções Correctivas?						
11,3	Reincidencia de problemas ?						
					$\frac{\text{nº Não Conformidades}}{\text{nº Item Auditados}} \%$		

## Anexo B. Recursos da Produção

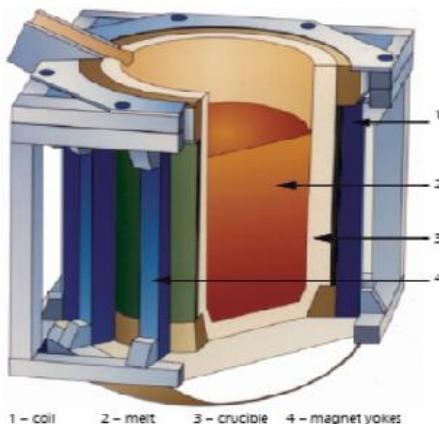
### Fornos Indução ABP1 (Forno A) e ABP2 (Forno B)



1 - coil 2 - melt 3 - crucible 4 - magnet yokes

- Média Frequência: 250Hz
- Potência: 8300 kW
- Capacidade de fusão /h: 14.4Tn/h
- Capacidade do forno: 12Tn
- Material refratário: Sílica mix c/ elemento ligante boro
- Possibilidade de arranque c/ carga a frio

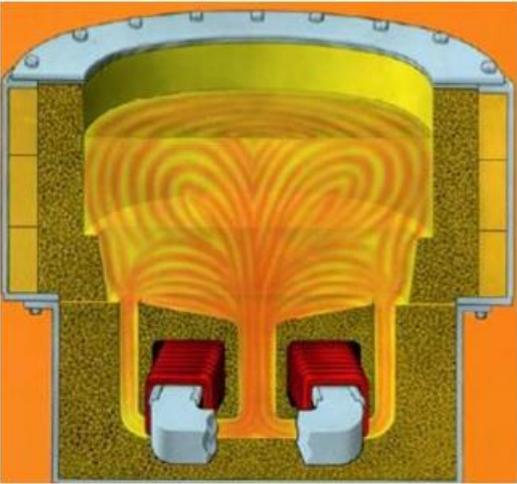
### Fornos Indução Inductotherm 1(Forno I4) e Inductotherm 2 (Forno I5)



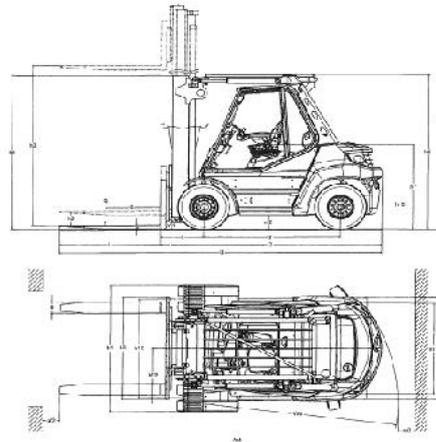
1 - coil 2 - melt 3 - crucible 4 - magnet yokes

- Média Frequência: 270Hz
- Potência: 3500 kW

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidade de fusão /h: 6Tn/h</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidade do forno: 5.5Tn</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material refratário: Sílica mix c/ elemento ligante boro</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilidade de arranque c/ carga a frio</li> </ul>

<p>Fornos Manutenção (<i>Holdings</i>) ASEA1 (LFR30) e ASEA2 (LFR15)</p>	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frequência de rede: 50Hz</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potência: 550 kW (ASEA1) / 450 kW (ASEA2)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidade elevação de temperatura: 15°C/h ambos</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidade do forno: 42Tn (30disp.) (ASEA1) / 25Tn (15disp.) (ASEA2)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material refratário: Silício aluminoso em ambos</li> </ul>	

Empilhadores transportadores de metal liquido – LINDE H60-D



- Garfos giratórios c/ balança

- Capacidade: 6Tn

- Velocidade máxima: 20Km/h

- Motor: 87kW (2200rpm)

- Velocidade de elevação: 530mm/s

- Largura bitola dianteira/ traseira: 1594mm/ 1600mm

- Comprimento total: 4639mm

Máquina de moldar horizontal – GF Turbo Air Impact



- Ano de construção: 1989

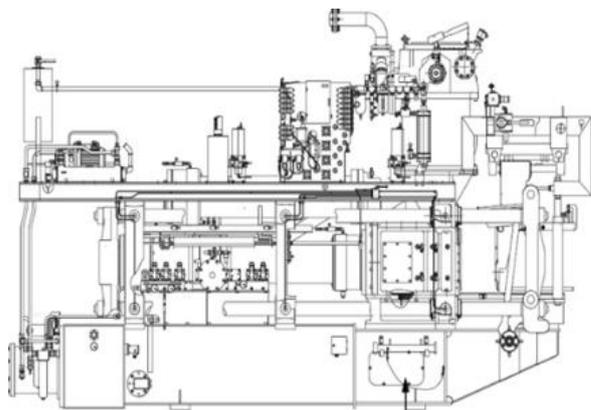
- Moldação por impacto a alta pressão HY (160bar) c/ caixas

- Dimensões da moldação: 790x590mm

- Cadência: 90moldações/ hora

- Tempo arrefecimento: 45 minutos

Máquina de moldar vertical – DISA MKVB



- Ano de construção: 1986

- Dimensões da moldação: 650x535

- Cadência: 400moldações/ hora

- Tempo arrefecimento: 45 minutos

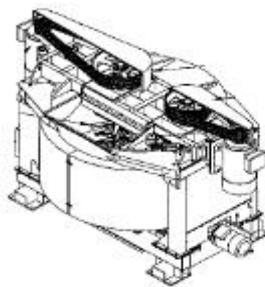
- Comprimento arrefecimento: 18m (AMC) + 40m (SBC)

## 2 Máquinas de moldar vertical – DISA 230B



- Ano de construção: 2000
- Dimensões da moldação: 650x535
- Cadência: 500moldações/ hora
- Tempo arrefecimento: 35 minutos
- Comprimento arrefecimento: 18m (AMC) + 44.5m (SBC)
- Tambor rotativo DISACOOOL c/ 3.2m diâmetro, 12.5m comprimento, 2 rotações/min

## Galga misturadora de areia – SPACE



- Capacidade útil: 5800Kg
- Tempo ciclo total: 155seg / Tempo mistura: 90seg
- Bentonite por *batch*: 90Kg aprox.
- 2 varinhas misturadoras / rotação da cuba: 6,7 rpm

## Anexo C. Layouts

