



MELHORIA DO PROCESSO DE FABRICO DE UM MOLDE DE INJEÇÃO

DANIEL FILIPE RODRIGUES SILVA

Outubro de 2016

MELHORIA DO PROCESSO DE FABRICO DE UM MOLDE DE INJEÇÃO

Daniel Filipe Rodrigues Silva

2016

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

MELHORIA DO PROCESSO DE FABRICO DE UM MOLDE DE INJEÇÃO

Daniel Filipe Rodrigues Silva

Nº 1080805

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para
cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica - Especialização em Gestão Industrial, realizada sob a orientação do
Engenheiro João Augusto de Sousa Bastos

2016

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

AGRADECIMENTOS

À MOLDWORLD S.A., e a todas as pessoas que estiveram envolvidas neste projeto pelo apoio e disponibilidade prestada.

Ao Engenheiro João Bastos pela orientação ao longo desta dissertação, permitindo uma continua melhoria do mesmo.

Um agradecimento à Rita, que foi o um pilar fundamental na concretização desta meta académica.

Por fim, um obrigado a toda a minha família e amigos que ao longo destes anos contribuíram para a minha formação a nível pessoal e profissional.

PALAVRAS CHAVE

5S, Melhoria Contínua, Implementação *Lean*, Eliminação de desperdício

RESUMO

Este trabalho consiste na aplicação de metodologias *Lean* no processo produtivo de uma empresa de moldes de injeção de plástico – MOLDWORLD S.A., de maneira a aumentar a capacidade de produção bem como reduzir o tempo que não acrescenta valor ao processo.

No atual enquadramento, com os mercados nacionais e internacionais sempre em constante competitividade, é necessário estudar técnicas que permitam reduzir tempos e custos de produção nas empresas e, ao mesmo tempo, aumentar o nível de exigência e qualidade requeridas pelos clientes.

No decorrer deste trabalho foi realizada uma análise do estado atual do processo produtivo na MOLDWORLD S.A., de forma a identificar as áreas e os pontos em que é necessário intervir, de maneira a desenvolver um plano de melhoria para eliminar essas falhas, utilizando para isso ferramentas da metodologia *Lean*.

O trabalho baseou a sua estratégia de implementação na aplicação das ferramentas *Lean* que visam a redução de desperdício e a melhoria do desempenho dos processos. Com a implementação das alterações propostas constatou-se uma melhoria significativa na produtividade a nível interno e no fluxo das atividades do processo produtivo.

KEYWORDS

5s, Continuous Improvement, Lean implementation, Elimination of waste

ABSTRACT

This work consists of applying Lean methodologies in the production process of a company of plastic injection molds - MOLDWORLD S.A., in order to increase production capacity and reduce the wasted time in the process.

In the current framework, with national and international markets always in constant competitiveness, it is necessary to study technology to reduce time and costs of production in companies and at the same time increase the level of demand and quality required by customers.

In the course of this work, it was carried out an analysis of the current state of the production process in MOLDWORLD S.A., in order to identify the areas and points where action is needed in order to develop an improvement plan to eliminate these failures, using Lean methodology.

The paper based its strategy in the implementation of these tools aimed at waste reduction and performance improvement processes. With the implementation of the proposed amendments It was evidenced a significant improvement in productivity and flow of the activities of the production process.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>
BPD	<i>Business Process Diagram</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CNC	Controlo Numérico Computorizado
JIT	<i>Just In Time</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Facada	Golpe no molde feito por uma ferramenta de corte
<i>Layout</i>	Arranjo físico da empresa
MUDA	Desperdício
Rebarbas	Material plástico que sai do contorno definido pela peça

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - METODOLOGIA UTILIZADA.....	26
FIGURA 2 - ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO	27
FIGURA 3 - PEÇAS PRODUZIDAS ATRAVÉS DE MOLDES DE INJEÇÃO.....	31
FIGURA 4 – MERCADO DOS MOLDES EM PORTUGAL (CEFAMOL, 2014)	32
FIGURA 5 – PRINCIPAIS MERCADOS (CEFAMOL, 2014)	33
FIGURA 6 - PRINCIPAIS CLIENTES POR SETOR (CEFAMOL, 2014)	34
FIGURA 7 - CONSTITUIÇÃO SIMPLIFICADA DE UM MOLDE (REINERT, 2004)	34
FIGURA 8 - ESQUEMA DE UM MOLDE DE DUAS PLACAS (REINERT, 2004)	35
FIGURA 9 - DIAGRAMA DO PROCESSO DE CONCEÇÃO E FABRICO DE UM MOLDE.....	40
FIGURA 10 - BPMN ORCHESTRATION (BPMN MODELING AND REFERENCE GUIDE)	41
FIGURA 11 - BPMN CHOREOGRAPHY (BPMN MODELING AND REFERENCE GUIDE).....	41
FIGURA 12 - BPMN COLLABORATION (BPMN MODELING AND REFERENCE GUIDE)	42
FIGURA 13 - SETE TIPOS DE MUDA (KAIZEN INSTITUTE, 2010)	45
FIGURA 14 - 5S.....	46
FIGURA 15 - EXPLICAÇÃO CALENDÁRIO OEE (IANNONE & NENNI, 2013)	48
FIGURA 16 - DIAGRAMA DO PROCESSO DE FABRICO DE UM MOLDE.....	56
FIGURA 17 - PLANEAMENTO DE UM MOLDE DE INJEÇÃO	57
FIGURA 18 - LAYOUT FABRIL INICIAL (ESCALA 1:200).....	59
FIGURA 19 - LISTA DE MATERIAIS.....	60
FIGURA 20 - POSTO DE SOFTWARE CAM	61
FIGURA 21 - FLUXO DE UM MOLDE TÍPICO (ESCALA 1:100).....	66
FIGURA 22 - VISÃO DO PROJETO	74
FIGURA 23 - PROPOSTA DE NOVO LAYOUT - LAYOUT 1 -(ESCALA 1:200)	78
FIGURA 24 - PROPOSTA DE NOVO LAYOUT - LAYOUT 2- (ESCALA 1:200)	78
FIGURA 25 - PROPOSTA DE PALETE 2D.....	81
FIGURA 26 - PROPOSTA DE PALETE	82
FIGURA 27 - ESTADO INICIAL DAS BANCADAS.....	83
FIGURA 28 - ESTADO INICIAL DAS BANCADAS.....	83
FIGURA 29 - MESAS DE TRABALHO APÓS 5S	87
FIGURA 30 - ORGANIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS APÓS 5S	88
FIGURA 31 - PROTEÇÃO DAS MESAS DE TRABALHO DEPOIS DOS 5S	88
FIGURA 32 - 5S NAS BANCADAS	89
FIGURA 33 - CÉLULA DE FABRICO	90
FIGURA 34 - RECEÇÃO DE AÇO PARA PEQUENOS COMPONENTES.....	91
FIGURA 35 - ARMAZÉM INTERMÉDIO	91
FIGURA 36 - NOVO LAYOUT DA FÁBRICA (ESCALA 1:100).....	93
FIGURA 37 - NOVA LISTA DE MATERIAIS	96
FIGURA 38 - NOVOS CAMPOS DA LISTA DE MATERIAIS	97
FIGURA 39 - PALETES PREPARADAS PARA O 1º APERTO.....	98

FIGURA 40 - EXEMPLO DE DISTRIBUIÇÃO DE COMPONENTES PELA PALETE EM 3D.....	99
FIGURA 41 - MOVIMENTAÇÕES DE COMPONENTES.....	100
FIGURA 42 - FIXAÇÃO NA PALETE.....	101
FIGURA 43 - 1º APERTO.....	101
FIGURA 44 - 2º APERTO.....	102
FIGURA 45 - GRÁFICO DE COMPARAÇÃO DO OEE.....	105
FIGURA 46 - EXEMPLO DE FICHA DE CONTROLO DE PALETES.....	106
FIGURA 47 - EXEMPLO DE FICHA DE PLANEAMENTO DIÁRIO.....	107
FIGURA 48 - PLANEAMENTO GERAL DA FÁBRICA.....	108

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - CÁLCULO OEE "CNC PEQUENAS"	64
TABELA 2 - NÃO CONFORMIDADES RELATIVAS À ENCOMENDA DE MATERIAL	65
TABELA 3 - ROTAS DE TRANSPORTE (VER ANEXO B)	67
TABELA 4 - NOVAS ROTAS DE TRANSPORTE(VER ANEXO C)	94
TABELA 5 - COMPARAÇÃO DE ROTAS	95
TABELA 6 - NÃO CONFORMIDADES DO SETOR DE COMPRAS	97
TABELA 7 - COMPARAÇÃO DOS TEMPOS DE SETUP	103
TABELA 8 - COMPARAÇÃO DE QUANTIDADE DE PEÇAS PRODUZIDAS	104
TABELA 9 - CÁLCULO OEE APÓS PALETIZAÇÃO	104

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	25
1.2	OBJETIVOS	25
1.3	METODOLOGIA	26
1.4	ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	27
2	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	31
2.1	APRESENTAÇÃO	31
2.2	PRODUTOS E SERVIÇOS	31
2.3	A INDÚSTRIA DOS MOLDES	32
2.4	APRESENTAÇÃO DO PROJETO	34
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	39
3.1	ANÁLISE DE PROCESSO	39
3.2	MODELAÇÃO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO E NOTAÇÃO (BPMN)	40
3.3	METODOLOGIA <i>LEAN</i>	42
3.3.1	PRINCÍPIOS DO <i>LEAN</i>	43
3.3.2	PERDAS	44
3.3.3	FERRAMENTAS	45
3.4	<i>LEAN</i> – IMPLICAÇÕES E PERIGOS	50
3.5	IMPLEMENTAÇÃO <i>LEAN</i>	51
4	CASO DE ESTUDO	55
4.1	SITUAÇÃO INICIAL	55
4.1.1	DESCRIÇÃO DO PLANEAMENTO E CONTROLO DE PRODUÇÃO	57
4.1.2	DESCRIÇÃO DO <i>LAYOUT</i> DA FÁBRICA	58
4.1.3	DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO	60
4.2	IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS	63

4.2.1	PROCESSO PRODUTIVO	63
4.2.2	ENCOMENDA E CONTROLO DE RECEÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA	64
4.2.3	<i>LAYOUT</i>	65
4.3 SINTESE DOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS		68
5	VISÃO	73
6	PROJETO DE MELHORIAS	77
6.1	LAYOUT DA FÁBRICA	77
6.2	MELHORIAS NA PRODUÇÃO DE COMPONENTES MOLDANTES	81
6.3	ENCOMENDA E CONTROLO DE MATÉRIA-PRIMA	82
6.4	MEDIDAS DE MELHORIAS 5S	83
6.5	GESTÃO VISUAL	84
7	RESULTADOS	87
7.1	IMPLEMENTAÇÃO DOS 5S	87
7.2	LAYOUT DA FÁBRICA	90
7.3	ENCOMENDA DE MATÉRIA-PRIMA/ACESSÓRIOS	96
7.4	MELHORIAS NA PRODUÇÃO DE COMPONENTES MOLDANTES	98
7.5	GESTÃO VISUAL	106
8	CONCLUSÕES	111
BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO		115
ANEXOS		119

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

1 INTRODUÇÃO

A presente dissertação está inserida no Mestrado de Engenharia Mecânica, no ramo de Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Esta dissertação enquadra-se no âmbito da unidade curricular de Dissertação / Projeto / Estágio.

O tema proposto para a dissertação “Melhoria do Processo Produtivo de um Molde de Injeção” foi desenvolvido numa empresa dedicada ao fabrico de moldes, MoldWorld S.A. e teve como objetivo o estudo e análise do processo atual, com vista à aplicação de medidas que contribuam para a melhoria do mesmo.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O tema deste projeto surgiu pela necessidade de melhorar e aumentar a capacidade do processo produtivo de alguns componentes fabricados na empresa onde o autor está integrado.

A MoldWorld S.A. mostrou vontade em melhorar a utilização dos seus recursos, de uma maneira a cumprir com o seu objetivo de satisfazer plenamente o cliente, mas mantendo sempre a meta do menor custo possível.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal a melhoria do processo produtivo de um molde de injeção, tornando o mesmo mais eficaz e de maneira a corresponder às necessidades exigentes do cliente.

O desafio do trabalho de mestrado passa pelo estudo e análise do processo produtivo no estado atual do caso de estudo, com os seguintes pontos a considerar:

1. Identificação e mapeamento do processo atual;
2. Identificação dos pontos críticos do processo atual;
3. Identificação de oportunidades de melhoria a implementar;

4. Apresentação das oportunidades de melhoria;
5. Implementação do plano de melhorias;

1.3 METODOLOGIA

De maneira a atingir os objetivos definidos desenvolveram-se as seguintes atividades:

- Pesquisa bibliográfica;
- Análise do processo atual na organização;
- Localizar os pontos críticos de ineficiência do processo;
- Implementação das medidas de melhoria;
- Avaliação do impacto das melhorias efetuadas.

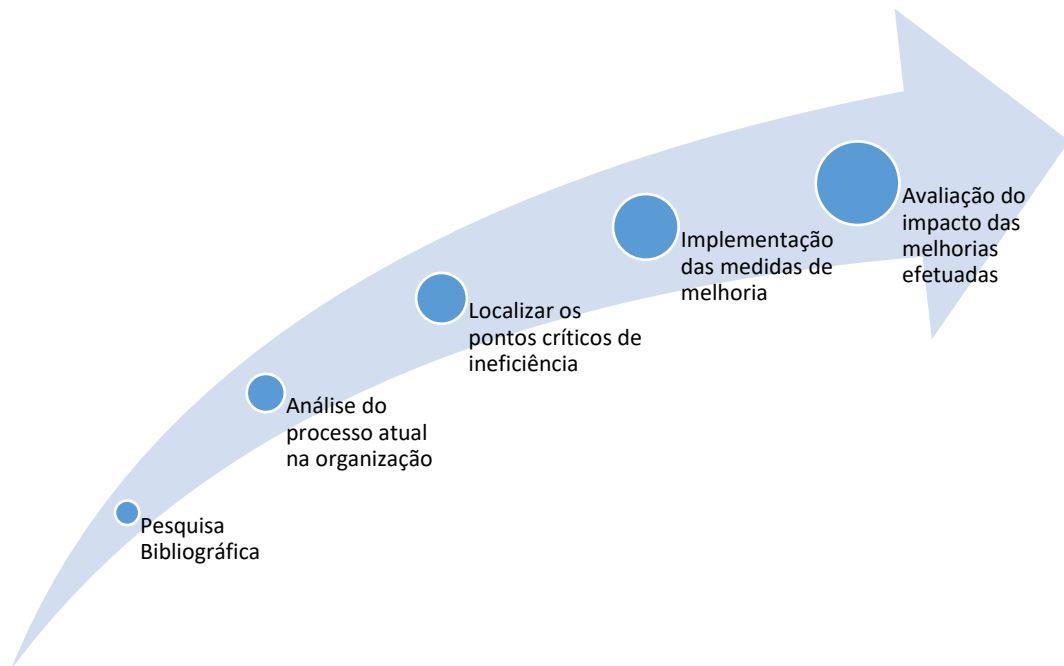


Figura 1 - Metodologia utilizada

1.4 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

Na figura 2 é apresentada a estrutura do trabalho realizado.

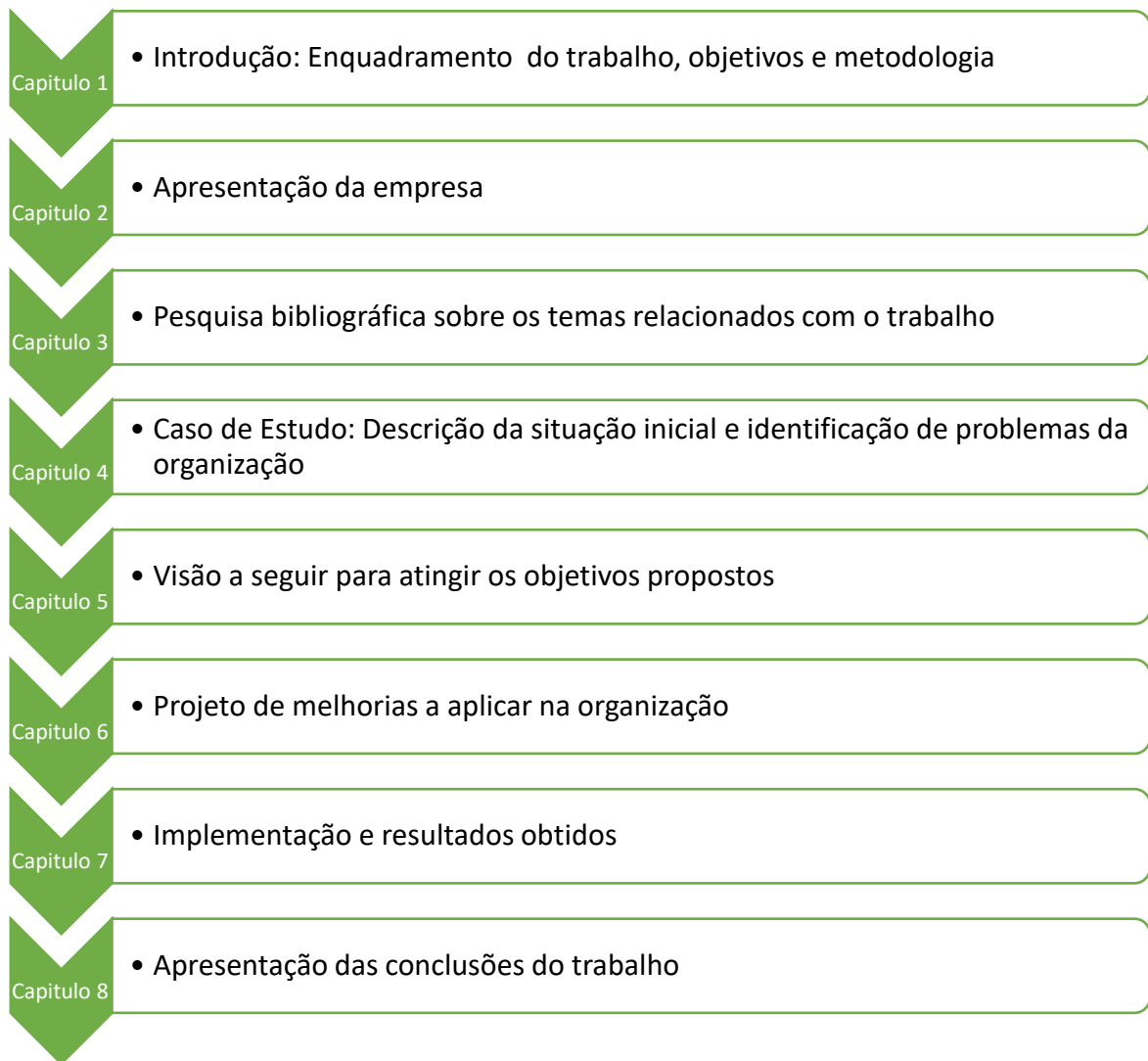


Figura 2 - Organização do documento

APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

2.1 APRESENTAÇÃO

2.2 PRODUTOS E SERVIÇOS

2.3 A INDÚSTRIA DOS MOLDES

2.4 APRESENTAÇÃO DO PROJETO

2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

2.1 APRESENTAÇÃO

A MoldWorld S.A. é uma empresa que teve início no ano de 2005 e dedica-se primariamente ao fabrico de moldes para injeção.

A empresa é dividida em dois pavilhões, um dedicado à injeção e outro ao fabrico dos moldes que atualmente são a sua principal área de negócio.

A grande maioria dos moldes produzidos na MoldWorld S.A. destina-se à exportação, principalmente para países da União Europeia como a França, Espanha, Alemanha e alguns fora da União Europeia como a Rússia.

2.2 PRODUTOS E SERVIÇOS

Os moldes encomendados pelo cliente à MoldWorld S.A. possuem certas especificações a ser respeitadas e é com base nessas especificações que a equipa responsável pelo desenvolvimento concebe o molde.

Entre todos os moldes produzidos na empresa, grande parte deles são para componentes do setor automóvel, como por exemplo painéis de portas, grelhas, filtros, entre outros. A figura 3 representa algumas peças que são fabricadas com estes moldes.



Figura 3 - Peças produzidas através de moldes de injeção

2.3 A INDÚSTRIA DOS MOLDES

O setor dos moldes a nível nacional é caracterizado por ser muito dinâmico e complexo possuindo um nível técnico muito elevado. Tem vindo a crescer e a consolidar a sua marca no mercado internacional, impulsionada pela procura externa e pela relação qualidade/preço/prazos de entrega competitivos.

Segundo dados de 2014, o Sector Português de Moldes possui cerca de 450 empresas dedicadas ao fabrico de moldes, empregando mais de 8000 trabalhadores com uma distribuição gráfica bizonal, designadamente nas regiões da Marinha Grande e Oliveira de Azeméis. A evolução da balança comercial ao longo dos últimos anos demonstra a forte exportação do setor, representada no gráfico da figura 4.

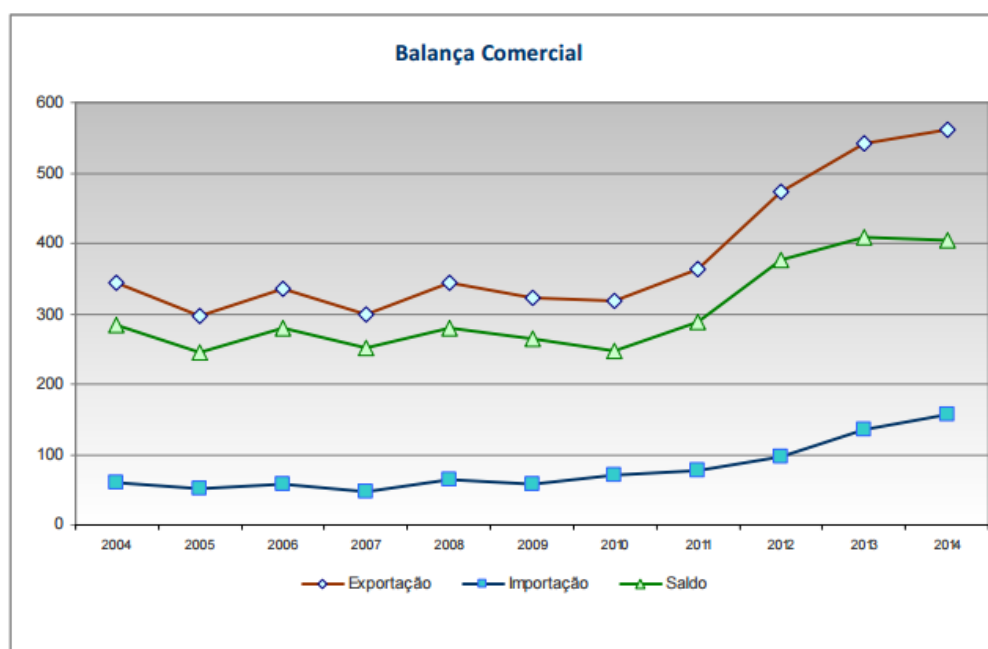


Figura 4 – Mercado dos moldes em Portugal (CEFAMOL, 2014)

Portugal encontra-se entre os principais fabricantes mundiais de moldes de injeção de plásticos e exporta atualmente mais de 85% da sua produção total (Cefamol 2014).

A totalidade do valor das exportações portuguesas em 2014 atingiu os 561 milhões de euros, sendo que as vendas foram efetuadas para 89 países, o que demonstra a dimensão global da indústria. No gráfico da figura 5 apresentam-se os principais destinos dos moldes produzidos a nível nacional.

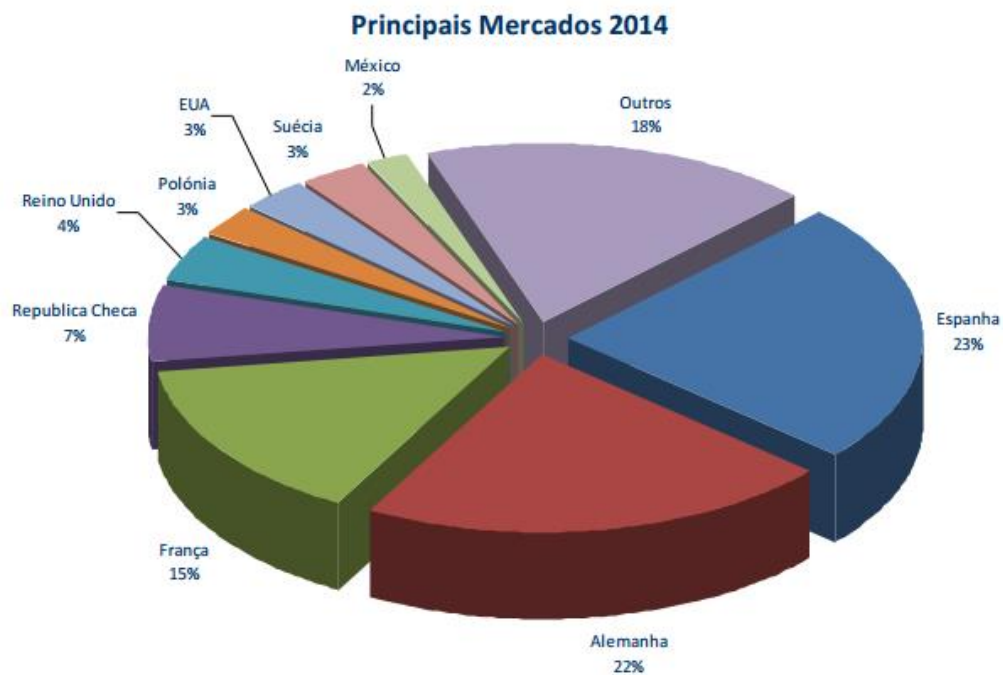


Figura 5 – Principais Mercados (CEFAMOL, 2014)

A informação referente às principais indústrias servidas pelo setor dos moldes acentua a ideia de que a indústria automóvel tem vindo a consolidar o seu crescimento e importância no desenvolvimento do setor. Com 74%, é o principal destino dos moldes feitos a nível nacional (Figura 6).

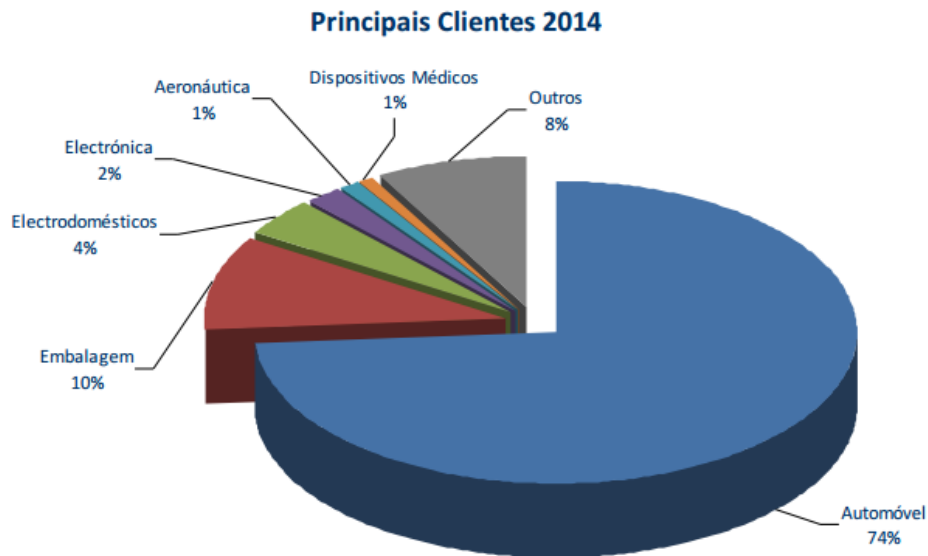


Figura 6 - Principais Clientes por setor (CEFAMOL, 2014)

2.4 APRESENTAÇÃO DO PROJETO

Um molde de injeção é um conjunto de mecanismos e sistemas funcionais que permitem a formação de peças plásticas no seu interior. Tem de produzir peças com alta qualidade no menor ciclo possível e assegurar a sua funcionalidade durante todo o seu tempo de vida.

A sua estrutura é constituída por um conjunto de placas e calços, uma parte fixa e uma parte móvel. A parte fixa é constituída pelas placas de aperto da injeção e cavidade, a parte móvel é constituída pelo macho, calços de suporte, placas de extração e placa de aperto.

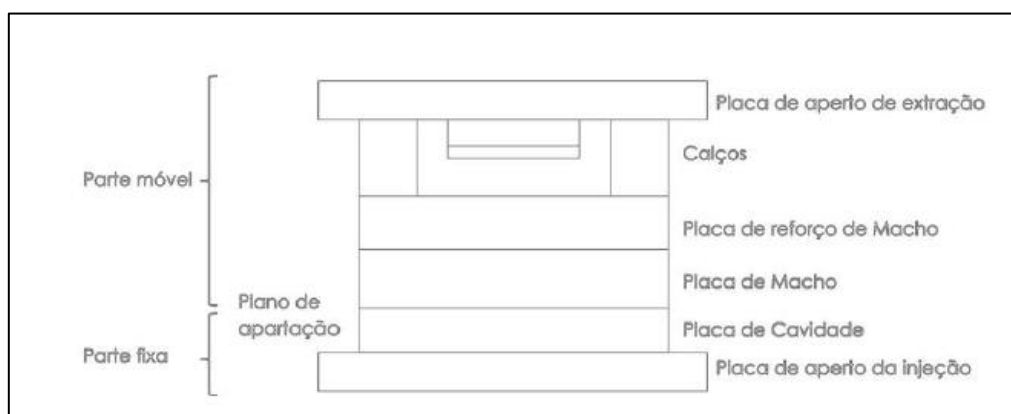


Figura 7 - Constituição simplificada de um molde (Reinert, 2004)

A figura 8 mostra um molde de injeção mais pormenorizadamente em vista explodida, onde se pode observar com maior destaque outros componentes que podem estar presentes.

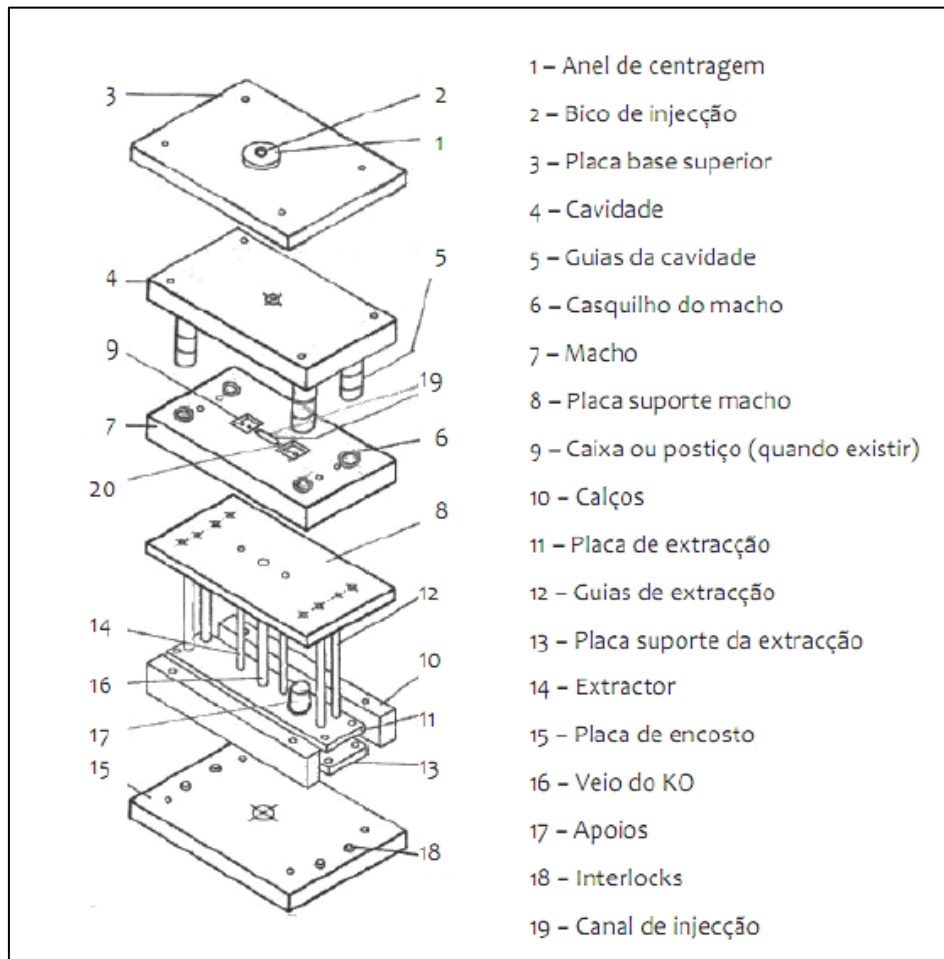


Figura 8 - Esquema de um molde de duas placas (Reinert, 2004)

O molde é essencialmente um meio de extração do calor do plástico fundido no seu interior, de maneira a dar forma à peça pretendida através dos detalhes gravados no macho e na cavidade. Geralmente a cavidade define a forma exterior da peça (parte visível) e o macho a forma interior (parte não visível).

Após concebido, o seu funcionamento segue as seguintes etapas:

1. **Fecho e trancamento do molde** – Garante que as duas partes do molde estejam fixas

2. **Injeção** – A matéria-prima é fundida e introduzida no molde através de um canal, sendo a pressão a velocidade controlados através do fuso.

3. **Pressurização** – Após o material estar injetado, é mantido sob pressão para garantir o enchimento das cavidades. No entanto esta pressão não pode ser excessiva, para não causar danos à peça, como por exemplo tensões internas que iriam dificultar a sua extração.

4. **Arrefecimento** – O sistema de refrigeração existente no molde arrefece o plástico até atingir o estado sólido. Esta fase dá-se como terminada assim que for possível a desmontagem da peça sem haver deformação.

5. **Abertura do molde** – As placas de fecho da máquina injetora recuam abrindo as duas metades do molde.

6. **Extração** – A peça acabada é extraída do molde com o auxílio dos extratores.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ANÁLISE DE PROCESSO

3.2 MODELAÇÃO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO E NOTAÇÃO
(BPMN)

3.3 METODOLOGIA *LEAN*

3.3.1 PRINCÍPIOS DO *LEAN*

3.3.2 PERDAS

3.3.3 FERRAMENTAS

3.4 *LEAN* – IMPLICAÇÕES E PERIGOS

3.5 IMPLEMENTAÇÃO *LEAN*

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ANÁLISE DE PROCESSO

O processo de fabrico de um molde de injeção pode ser dividido nas seguintes fases:

1. **Orçamentação** – O cliente envia um desenho tridimensional da peça pretendida, bem como toda a informação necessária em termos de material, tamanho e função pretendida. A partir destes dados é feito um anteprojecto, onde se realiza um estudo dos materiais e componentes necessários, bem como uma estimativa das horas de trabalho necessárias em cada setor para a elaboração do projeto para posteriormente enviar ao cliente.
2. **Conceção e Desenvolvimento** – Aprovado o orçamento, o Departamento Técnico executa um desenho preliminar do molde, que é enviado ao cliente para aprovação ou comentários. Assim que estiver aprovado, dá-se início ao desenvolvimento do projeto, em paralelo com a Produção.
3. **Produção** – Inicialmente é feito o planeamento do processo produtivo e a encomenda de matéria-prima necessária para o fabrico do molde. Quando a matéria-prima chegar ao armazém tem de ser preparada e em seguida dá-se início à gravação das zonas moldantes dos componentes (macho e cavidade, posições e movimentos). Os meios mais utilizados nestas operações são as fresadoras CNC, tornos radiais, mandriladoras e as máquinas de eletro-erosão. Quando todos os componentes estiverem fabricados procede-se à sua montagem para formar o molde.
4. **Envio ao cliente** – Quando o molde estiver completo é enviado ao cliente junto com toda a documentação requisitada bem como alguma informação auxiliar que seja necessária, relativamente a sistemas ou mecanismos inseridos no molde.



Figura 9 - Diagrama do Processo de Conceção e Fabrico de um molde

3.2 MODELAÇÃO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO E NOTAÇÃO (BPMN)

BPMN (*Business Planning Model Notation*) é uma notação gráfica de modelação de processos de negócio e é utilizado para todos os negócios comuns, processos de modelação e para muitas outras necessidades.

É uma representação simbólica de todo o processo com o objetivo de mostrar as atividades realizadas, quem as realiza e as interações entre os vários intervenientes do processo (White 2008).

O BPMN cria uma ponte padronizada para a diferença entre o processo de negócio e o desenho e implementação dos próprios processos. É definido um diagrama de processo de negócios BPD (*Business Process Diagram*), que é baseado numa técnica de fluxograma adaptada para a criação de modelos gráficos de operações de processos de negócios. Portanto, um modelo de processos de negócio é uma rede de objetos gráficos que são atividades e estas controlam o fluxo que vai definir a sequência de desempenho das atividades.

Um Diagrama de Processos de Negócios é constituído por um conjunto de elementos gráficos que permitem um fácil desenvolvimento do próprio diagrama, que será familiar para a maioria dos analistas de negócios. Os elementos escolhidos são de fácil distinção e recorrem a formas muito familiares, por exemplo, as atividades são retângulos e as decisões são diamantes (White 2004).

Desde a sua origem, o BPMN tem apoiado três categorias principais de Processos (White 2008):

- *Orchestration* – Implicam uma única perspectiva de coordenação, representam um negócio específico ou uma visão organizacional do processo. Mas um diagrama BPMN pode conter mais que uma orquestra, sendo assim cada orquestra aparece dentro da sua “Pool” (Figura 10).

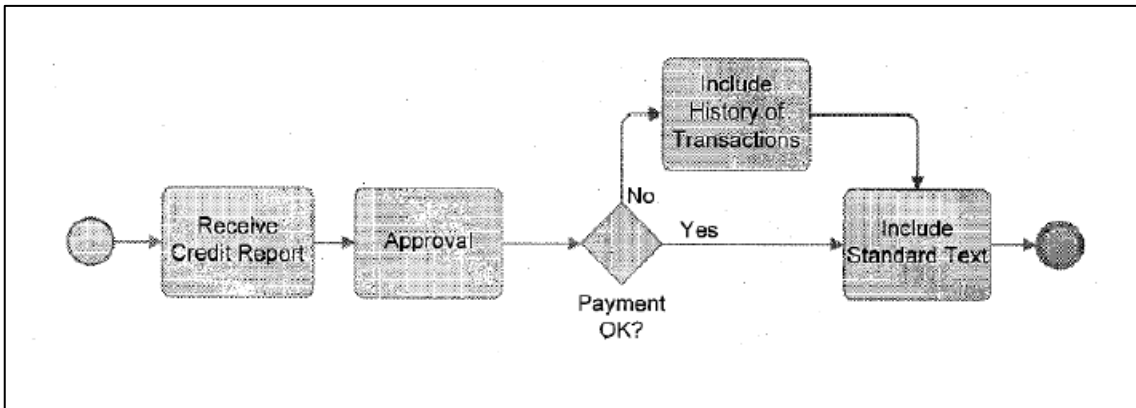


Figura 10 - BPMN Orchestration (BPMN Modeling and Reference Guide)

- *Choreography* – Representa o comportamento esperado entre a interação dos participantes. Interações são comunicações sob forma de troca de mensagens entre dois participantes. Este modelo partilha algumas características com o modelo Orquestra, na medida em que tem na mesma forma de fluxograma, inclui caminhos alternativos e paralelos e subprocessos (Figura 11).

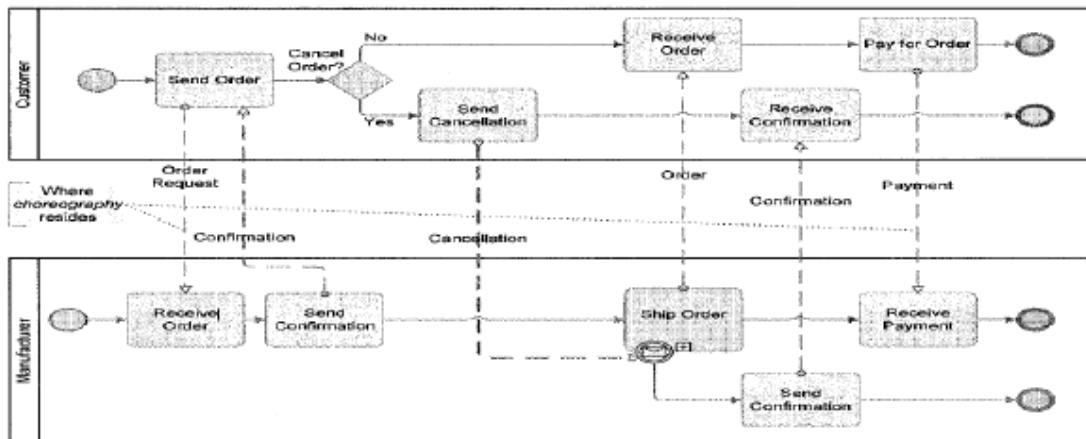


Figura 11 - BPMN Choreography (BPMN Modeling and Reference Guide)

- *Collaboration* – Diagrama que contenha dois ou mais participantes. Pode conter uma coreografia ou uma ou mais orquestras (Figura 12).

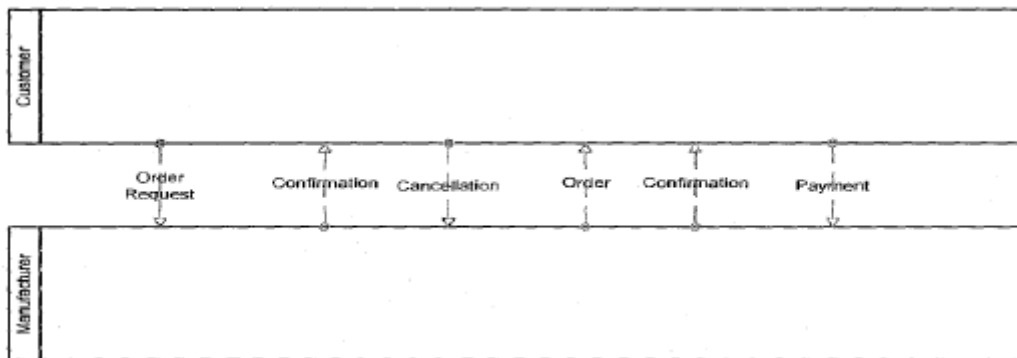


Figura 12 - BPMN Collaboration (BPMN Modeling and Reference Guide)

Numa modelação BPMN, o processo é feito por ordem cronológica e normalmente começam com um evento inicial e são desenvolvidos até ao resultado final. Todas as atividades são atribuídas a funções significativas para o negócio e é importante que todos as partes relevantes do processo estejam identificadas.

Uma modelação completa deve indicar como e para onde vai a informação importante, e as escolhas que ocorrem dentro de um processo devem determinar para onde ele irá de seguida.

3.3 METODOLOGIA LEAN

Após a 2ª Guerra Mundial, a economia japonesa sofreu uma rotura económica, levando as empresas a sobreviver um mercado em recessão e capitais limitados. Face a estas adversidades e após uma visita à *Ford*, *Taichii* e *Shigeo* decidiram desenvolver um sistema produtivo, adaptando os conceitos inicialmente introduzidos por *Henry Ford* na realidade japonesa.

Esse sistema produtivo tinha como objetivo eliminar todo o tipo de desperdício e canalizar os recursos da empresa para um objetivo comum.

Esta abordagem, inicialmente chamada de *Toyota Production System* (TPS) foi sendo gradualmente adotada por construtores automóveis americanos e europeus, e subsequentemente para outro tipo de indústrias (*Womack, Jones et al. 1990*).

Durante o final da década de 1980 e início da década de 1990, a designação *Toyota Production System* foi sendo substituída por *Just In Time* (JIT), até que chegou à designação de *Lean* que passou a ser o tópico central.

Resumindo, o termo *Lean* transmite a ideia de uma forma de produzir o máximo possível, com o mínimo possível. Alguns dos princípios desta filosofia são o ênfase no cliente e a melhoria contínua pela procura da redução do desperdício.

3.3.1 PRINCÍPIOS DO LEAN

Cada vez mais o mundo empresarial apresenta grandes níveis de competitividade e avanços tecnológicos, sendo assim imperativo concentrar todos os esforços na redução contínua dos seus custos. Segundo Womack, são 5 os princípios base da filosofia *Lean Thinking*:

- **Valor:** O princípio Valor tem duas óticas diferentes: a do cliente/consumidor, em que o produto deve ter as características que satisfaçam as suas necessidades e expectativas, e a dos gerentes e acionistas, que se foca no aumento do valor das ações de maneira a garantir futuros investimentos, que é possível através do lucro gerado pela venda dos produtos ou serviços da empresa.
- **Cadeia de Valor:** Consiste em todas as atividades realizadas desde o planejamento até à venda do produto/serviço que acrescentam valor ao mesmo, tanto para o cliente como para os acionistas. É necessário analisar todo o processo produtivo, de maneira a identificar as atividades que acrescentam valor ao produto, as que não geram, mas são necessárias e as que são um completo desperdício.

- **Otimização do fluxo:** O fluxo produtivo deve ser contínuo e sem interrupções, contendo apenas as atividades que acrescentam valor ao produto/serviço, minimizando assim o desperdício.
- **Sistema pull:** No sistema pull, é o cliente que “lidera” os processos. O objetivo é produzir apenas o necessário, guiado pela procura do produto. Cada produto funciona como um pedido à Produção, eliminando a necessidade de *stocks*.
- **Melhoria contínua:** A filosofia *Kaizen* procura a perfeição através da melhoria contínua, porque acredita que é sempre possível melhorar a partir da situação atual.

3.3.2 PERDAS

MUDA (termo japonês), significa desperdício, ou seja, tudo o que não acrescenta valor ao produto final. Este conceito identifica oito tipos de desperdício que serão necessários reduzir ou eliminar (Machado 2008):

- Excesso de produção;
- Tempos de Espera;
- Excesso de *Stock*;
- Transporte/Movimentações;
- Movimento de pessoas;
- Excesso de Processos;
- Produto defeituoso;
- Subaproveitamento de ideias.

A eliminação ou redução destas ineficiências vai de encontro à otimização dos objetivos definidos pelo *Lean*.



Figura 13 - Sete tipos de MUDA (Kaizen Institute, 2010)

3.3.3 FERRAMENTAS

Passa-se de seguida a apresentar algumas das ferramentas do *Lean*:

- **5s**

Esta ferramenta teve origem no Japão na década de 1950, é um dos principais pilares para a organização e padronização do espaço de trabalho. Os objetivos do 5s são:

1. *Seiri* (Triagem) - Separar o que é necessário e de uso frequente, do desnecessário e eliminar todos os materiais desnecessários nas atividades diárias
2. *Seiton* (Organização) – Definir locais onde colocar os materiais a ser utilizados, em que os materiais mais usados deverão estar mais próximos do local de trabalho, evitando deslocções necessárias para os operadores.
3. *Seiso* (Limpeza) – Limpar o local de trabalho, tanto materiais como máquinas e o espaço utilizado, de maneira a criar um bom ambiente de trabalho.
4. *Seiketsu* (Normalização) – Padronização das atividades e da organização do espaço, como estabelecer rotinas de limpeza do espaço de trabalho através dos operadores, identificação de ajudas visuais, estabelecimento de controlo de

processos visuais e na normalização dos equipamentos de trabalho agrupados por tipo.

5. *Shitsuke* (Disciplina) – Incentivar a melhoria continua nos operadores através de um sistema de controlo e verificação periódica, como por exemplo, a realização de auditorias periódicas com o objetivo de incutir aos operadores gosto pelo seu próprio local de trabalho e em mante-lo limpo e organizado e ao longo do tempo fazendo com que os quatro pontos anteriores comecem a fazer parte da rotina diária em vez de algo “imposto” pela Organização.

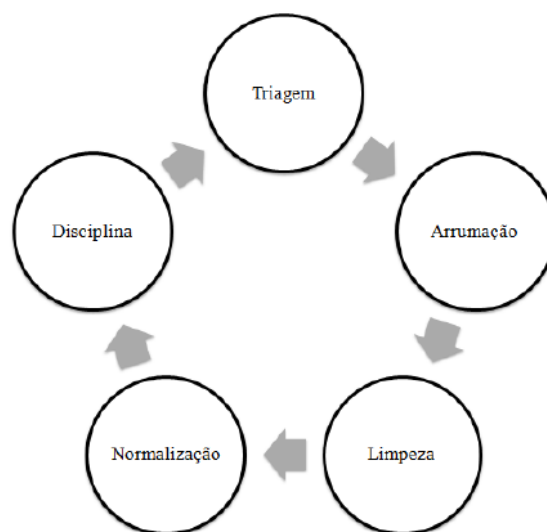


Figura 14 - 5s

- **Gestão Visual**

A gestão visual é uma ferramenta que tem como objetivo transmitir aos colaboradores a informação necessária de uma forma objetiva. Permite eliminar desperdícios de tempo na procura da informação, uma vez que toda a informação a saber está apresentada de uma forma precisa e direta ao colaborador.

É uma forma de fazer a informação fluir de maneira eficaz dentro da empresa, alinhando os esforços de todos os colaboradores com os objetivos e estratégias globais da mesma. Desta maneira a informação é vista por todos da mesma maneira, e não está restringida a um fluxo hierárquico (Greif 1991).

A forma de como a informação está disponível, facilita a comunicação entre diferentes setores bem como a detecção e resolução de problemas. Contribuindo desta forma para uma maior autonomia dos operadores e redução de erros.

- **OEE**

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) foi uma ferramenta criada por *Seiichi Nakajima* em 1989, para medir a eficiência de equipamentos. Permite avaliar e indicar a eficiência com que certo equipamento é utilizado tendo em conta fatores como a qualidade, eficiência e disponibilidade dos equipamentos utilizados (Nakajima 1988).

No entanto para além de servir como ferramenta de medição, tem como objetivo destacar os aspetos do processo que podem ser melhorados. Para maximizar a eficiência de um equipamento é necessário levar o equipamento ao seu estado de maior desempenho e mante-lo nesse nível constantemente, diminuindo ou eliminando fatores que estejam a diminuir o seu desempenho. Resumindo, o modelo de cálculo do OEE deve ser baseado na identificação das perdas que impedem um equipamento de ter o desempenho máximo.

As perdas são atividades que utilizam os recursos, mas não criam nenhum valor, podem ser divididas pela frequência em que ocorrem, a sua causa e tipo. Existem perdas crónicas ou esporádicas, as crónicas podem ser descritas como “pequenas, escondidas e complicadas” enquanto que as esporádicas acontecem rapidamente e podem ser de diversas naturezas. A frequência das perdas, combinado com a sua gravidade consegue fornecer uma medição do seu impacto na organização (Jonsson and Lesshammar 1999).

Podem ser encontradas três causas principais para as perdas:

1. Avaria do equipamento – Equipamento não funciona como é suposto;
2. Processo – Má utilização do equipamento num processo;
3. Externas – Que não podem ser melhoradas ou resolvidas pelas equipas de manutenção.

De maneira a melhorar a eficiência de um equipamento, as perdas relativas a fatores externos têm de ser retiradas e as derivadas do processo ou de avarias do equipamento podem ainda ser divididas em (Nakajima 1988):

1. *Downtime* – Quando um equipamento deveria estar a funcionar, mas está parado, normalmente devido a avarias ou manutenção não planeada.
2. Perda de velocidade – O equipamento está a trabalhar, mas não no seu ritmo desejado;
3. Perda de qualidade – Os produtos não estão a ser produzidos de acordo com as especificações necessárias, pode ser derivado a alguma avaria ou porque os parâmetros em que o equipamento está a trabalhar não são os mais adequados.

A partir destas três origens de perdas, *Nakajima* definiu as seis principais grandes perdas dos equipamentos produtivos (*Six Big Losses*).

- Falha/avaría do equipamento
- Mudança, ajustes/afinações e outras paragens
- Tempos de espera
- Redução da velocidade
- Defeitos
- Perdas no arranque e mudança do produto

É possível agora entender melhor como o *Loading Time* vai diminuindo até ao *Valuable Operating Time* (Figura 15).

CALENDAR TIME	
LOADING TIME	
Planned downtime	
OPERATING TIME	
Breakdown Set-up and adjustments	
NET OPERATING TIME	
Minor stoppages Reduced speed	
VALUABLE OPERATING TIME	Quality losses Reduced yield

Figura 15 - Explicação calendário OEE (Iannone & Nenni, 2013)

O cálculo do OEE é feito da seguinte forma:

$$OEE(\%) = Disponibilidade(\%) \times Eficiência(\%) \times Qualidade(\%)$$

- **Índice de Disponibilidade:**

$$Disponibilidade(\%) = \frac{\text{Tempo de produção medido}}{\text{Tempo de produção planejado}}$$

- **Índice de Eficiência:**

$$Eficiência(\%) = \frac{\text{Quantidade de peças produzidas}}{\text{Quantidade de produção teórica}}$$

- **Índice de Qualidade:**

$$Qualidade(\%) = \frac{\text{Quantidade de peças produzidas à primeira}}{\text{Quantidade total de peças produzidas}}$$

Onde:

- Disponibilidade – É a percentagem de tempo em que um equipamento trabalhou, em relação ao tempo total programado. O *downtime*, qualidade ou desempenho são excluídos neste cálculo.
- Eficiência – Representa a percentagem real de trabalho em comparação ao que poderia produzir teoricamente.
- Qualidade – Mede a quantidade de peças produzidas corretamente em relação ao número total de peças produzidas.

Após ter em conta todos estes fatores, todos os resultados são apresentados em forma de percentagem, o valor do OEE é a indicação do tamanho das perdas como um todo (avarias ou processo).

- **Normalização de Processos**

Normalização de processos significa que todos trabalham e realizam as tarefas do mesmo modo, seguindo a mesma sequência de operações e ferramentas. Para este

processo é necessária documentação dos modos operatórios de maneira a garantir que todos seguem o mesmo procedimento.

As principais vantagens são:

- Redução de desvios;
- Menores custos;
- Melhor previsão dos processos.

Ao tornar um processo de fabrico normalizado, é garantida uma maior consistência das operações e do produto final (Liker 2005).

3.4 LEAN – IMPLICAÇÕES E PERIGOS

A implementação do *Lean* numa empresa implica o envolvimento de três elementos chave: sistema operacional, infraestrutura de gestão e cultura organizacional (Drew, McCallum et al. 2004).

O sistema operacional é constituído pelos departamentos de uma empresa que exploram os bens da empresa de modo a criar valor e fazê-lo fluir para o cliente. Tem a visão global da cadeia de valor da empresa, desde como criar o valor à maneira de o fazer chegar ao cliente final.

Infraestrutura de Gestão é onde são definidos os objetivos a cumprir pela empresa, e engloba todos os departamentos de gestão organizacional, processos e sistemas necessários para apoiar o sistema operacional. Ambos devem seguir o mesmo “percurso” e assegurar que a filosofia *Lean* comece a ser uma prática standard de trabalho, e que o continue a ser no futuro da empresa, alinhando-se com os objetivos da mesma.

Para que os princípios *Lean* fiquem incutidos no dia-a-dia uma empresa, primeiro é preciso saber o que os colaboradores pensam, a sua maneira de atuar e os seus objetivos e metas a nível pessoal. Desta maneira consegue-se saber se o colaborador está mais aberto aos princípios *Lean*, tal como uma nova filosofia de trabalho. Num sistema produtivo, o trabalho é definido por certos standards que os colaboradores têm de respeitar e adotar independentemente da sua experiência. Para este sistema

operacional funcionar, é necessário fornecer a devida formação das técnicas que se pretende implementar, bem como o envolvimento da gestão e visibilidade dos resultados positivos, de forma a que os colaboradores se entusiasmem e tenham orgulho nas melhorias feitas.

É fundamental que exista uma ligação destes três elementos para formar a equipa de mudança *Lean* que será responsável pelas mudanças. Poder de decisão e capacidade de liderança são duas características essenciais para o sucesso desta equipa.

Um objetivo importante de um programa *Lean*, é mostrar que as melhorias são vistas tanto pela Administração e Gestão, como pelos restantes colaboradores da empresa, que ao ver o sucesso das medidas realizadas, comece a pensar de maneira diferente e a estar mais aberto à mudança.

3.5 IMPLEMENTAÇÃO LEAN

A maneira de como é implementado o *Lean* varia de empresa para empresa, pois depende todas as empresas são diferentes e com diferentes objetivos ou prioridades. No entanto existem fases de implementação que têm de existir em qualquer programa, apenas se altera a maneira de como as ferramentas e metodologias são aplicadas.

Um programa de implementação *Lean* passa pelas seguintes fases:

1. Diagnóstico inicial: É preciso analisar toda a cadeia de valor dos produtos da empresa, de maneira a saber onde atuar. A equipa de trabalho deve conhecer todo o percurso do produto, e não apenas o que é feito no seu respetivo departamento.
2. Constituição da equipa: Depois dos problemas estarem identificados e o plano de ações definido, é preciso criar uma equipa de trabalho com os recursos necessários para a implementação das ações definidas.
3. Formação dos operários: Os colaboradores que fazem parte da equipa de trabalho devem ser direcionados no sentido da filosofia *Lean* e de todos os esforços necessários para obter o resultado previsto.

4. Definição do plano de ações: Após a diagnóstico inicial e da detecção dos problemas, é necessário traçar o plano a por em prática.

5. Implementação: Por em prática as ações definidas juntamente com os colaboradores de cada setor. Numa primeira fase, iniciar com tarefas mais fáceis de fazer, de maneira a obter resultados visíveis a curto prazo de maneira a manter os colaboradores motivados na mudança.

CASO DE ESTUDO

4.1 SITUAÇÃO INICIAL

4.1.1 DESCRIÇÃO DO PLANEAMENTO E CONTROLO DE PRODUÇÃO

4.1.2 DESCRIÇÃO DO *LAYOUT* DA FÁBRICA

4.1.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

4.2 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

4.2.1 PROCESSO PRODUTIVO

4.2.2 ENCOMENDA E CONTROLO DE RECEÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA

4.2.3 *LAYOUT*

4.3 SÍNTESE DOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS

4 CASO DE ESTUDO

Neste capítulo é apresentado o processo de fabrico atual do molde. É descrita a realidade inicial das atividades e processos do planeamento da produção do molde e identificados os maiores problemas que decorrem nestas atividades e processos.

4.1 SITUAÇÃO INICIAL

O processo produtivo é caracterizado como semiautomático, visto que são utilizadas máquinas e mão-de-obra, ambas com elevada importância.

A produção é dividida em vários setores, fresadoras CNC, eletro-erosão, furação, armazenamento de matéria-prima e bancadas. Nas restantes áreas encontram-se as máquinas para apoiar na fase final do molde.

Na figura 16 está representado todo o processo de negócio da atividade produtiva desde a sua entrada no departamento comercial até à sua expedição.

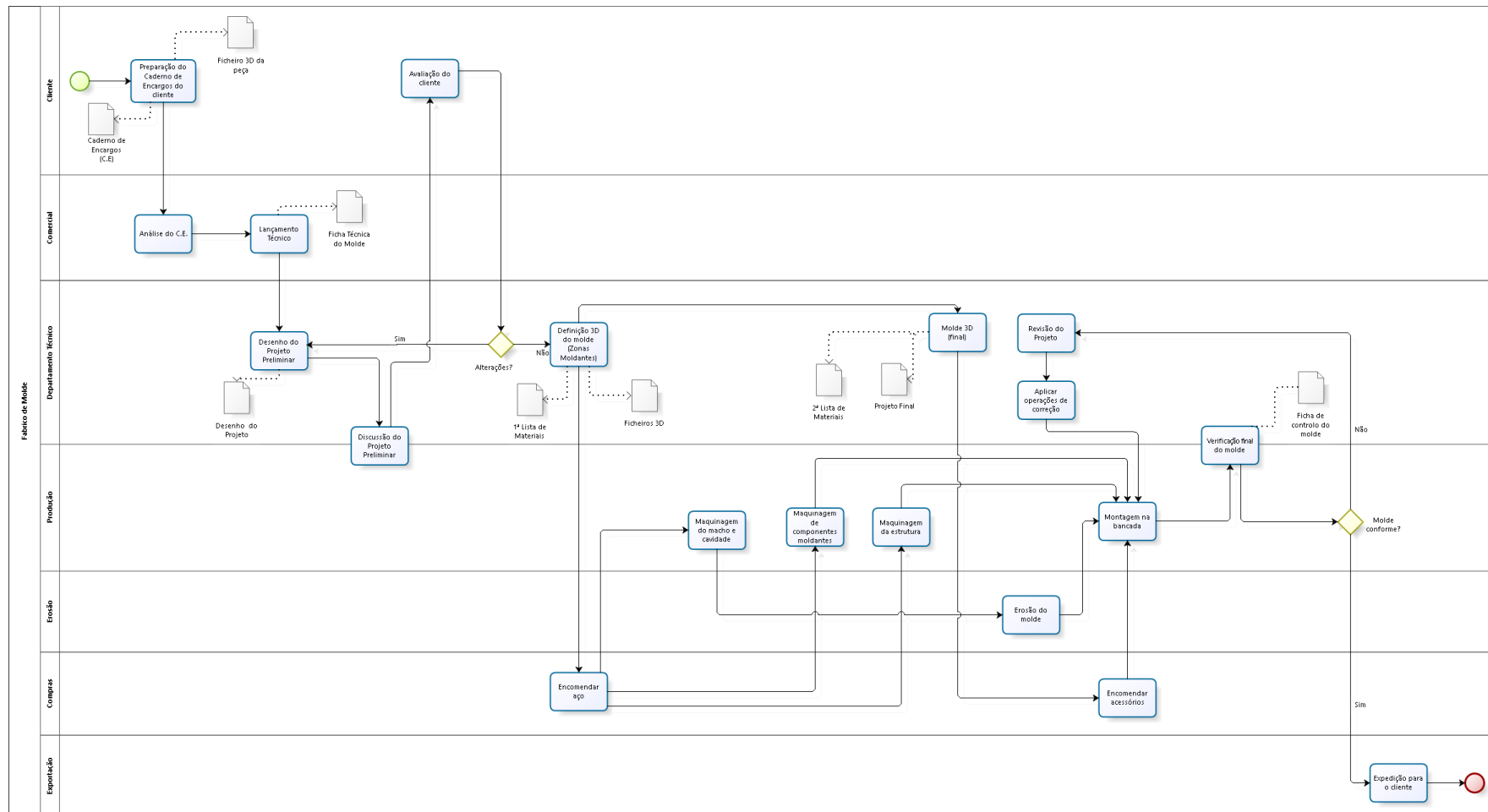


Figura 16 - Diagrama do processo de fabrico de um molde

4.1.1 DESCRIÇÃO DO PLANEAMENTO E CONTROLO DE PRODUÇÃO

O planeamento da produção é feito pelo responsável da produção com base na experiência e no conhecimento das capacidades das máquinas disponíveis. Normalmente, o planeamento vai sendo atualizado várias vezes ao longo de todo o processo produtivo, que pode ser devido a várias causas:

- Propostas de alteração pedidas pelo cliente;
- Visita do cliente antecipada para acompanhamento ao projeto;
- Alterações a nível interno do projeto;
- Erros na produção.

A recolha de informação para manter o planeamento o mais atualizado possível é feita pessoalmente consultando os vários departamentos, e em reuniões realizadas semanalmente para atualização nova informação e tomada de decisões de maior importância e que envolvam vários departamentos.

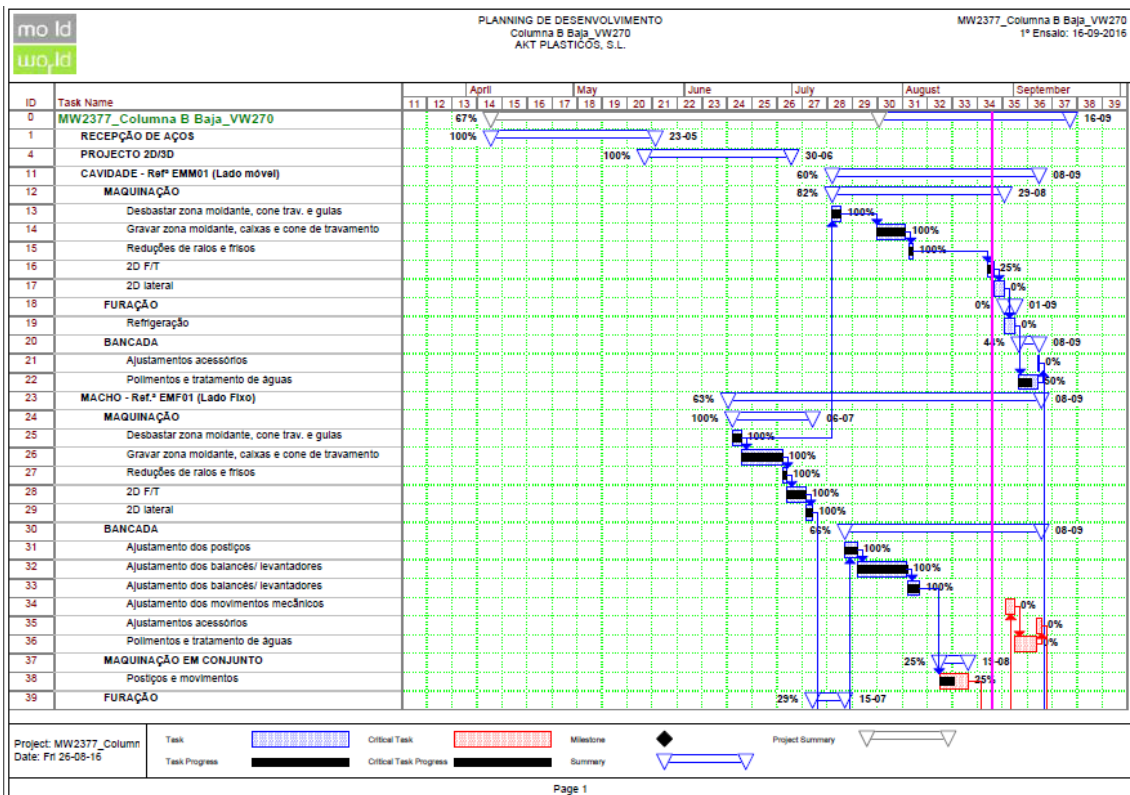


Figura 17 - Planeamento de um molde de injeção

O desenho preliminar é o esboço inicial do molde, onde se pode ver todos os componentes que o constituem. Este desenho é analisado pelos chefes dos departamentos e são definidas as operações necessárias a realizar, assim como os tempos estimados para cada uma. A calendarização destas operações é feita no software Microsoft Project (Figura 17).

4.1.2 DESCRIÇÃO DO *LAYOUT* DA FÁBRICA

O processo produtivo na empresa pode ser classificado como *job shop*, porque é um tipo de processo onde é produzido um elevado numero de artigos diferentes, em pequenas quantidades e de acordo com especificações fornecidas pelo cliente. O *layout* atual da empresa está representado na figura 18.

A empresa está dividida nos seguintes grupos:

- Desbaste – fresadoras CNC de maior porte, são utilizadas maioritariamente para desbaste, tarefas onde não seja necessário elevada precisão;
- Acabamentos – fresadoras CNC de maior precisão, para trabalhos de acabamento ou redução de aço;
- CNC Pequena – máquinas mais pequenas para maquinação dos componentes moldantes (postigos, movimentos, balancés, etc)
- Erosão – eletro-erosão de componentes moldantes;
- Furação – Operações de furação;
- Bancadas – Montagem dos componentes do molde e acabamentos

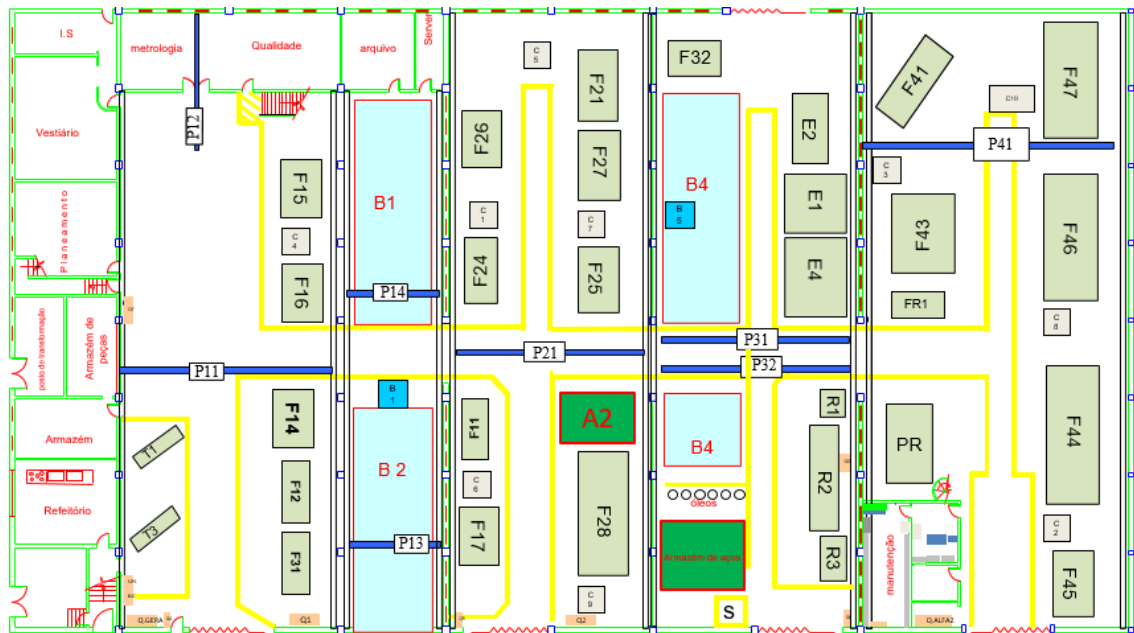


Figura 18 - Layout fabril inicial (escala 1:200)

Internamente as máquinas têm uma nomenclatura diferente de maneira a facilitar a sua identificação.

Legenda:

F – Fresadoras

B – Bancada

PR – Prensa

TR – Torno

P – Pontes

R – Retificadora

4.1.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

O primeiro passo para dar início à produção do molde é a aprovação do desenho preliminar. Após o cliente enviar a peça pretendida, o departamento de Projeto realiza o preliminar, que tem como objetivo definir as dimensões máximas do molde e dos seus mecanismos.

Depois da aprovação do cliente, o departamento de compras encomenda a matéria-prima através de uma lista de materiais com as referências e dimensões dos componentes a encomendar. Os primeiros aços a serem encomendados são os da estrutura do molde e dos blocos principais (macho e cavidade), assim como os calços e em seguida os elementos moldantes como movimentos ou posições, à medida que o departamento técnico avance no projeto. A figura 19 apresenta um exemplo de uma lista de materiais preenchida.

mo ld		LISTA DE MATERIAIS			MOLDE Nº		2362	
world					DESIGNAÇÃO	Pare Boue AVG / AVD		
					PREPARADO	J Luis	DATA	9 de abr de 16
					APROVADO	DATA		
REF.	DESCRIÇÃO	QT.	DIMENSÕES FINAIS / REFERÊNCIA	MATERIAL	TRATAMENTO TÉRMICO			OBSERVAÇÕES
					DESIGNAÇÃO	DUREZA	ESCALA	
MVF02	Movimento da cavidade	1	Ø14 x 180	Extractor				detalhe
MVM01	Movimento	1	436 x 365 x 250	1,2738				
MVM02	Movimento	1	92 x 186 x 100	1,2738				
MVM11	Movimento	1	436 x 365 x 250	1,2738				
MWF09	suporte perno mwf04	2	Ø34 x 50	1,2311	nitruar			
MWF12	Tampa da giff01	1	64x34x12	1,1730				
MWF13	BARRA DE SEGURANÇA	2	150x60x20	1,1730				
MWF14	Haste do suporte dos micros	2	Ø10x146	1,2311				detalhe
MWF16	PES MOLDE LF	2	200 x 120 x 230	1,1730				
MWF21	Accionador do micro	4	Ø20x25	1,1730				detalhe
MWF23	chapa de proteção	1	550 x 30 x 75	Nylon				
MWF24	chapa de proteção	2	230 x 30 x 75	Nylon				
MWF25	chapa de proteção	1	150 x 30 x 75	Nylon				
MWF27	Suporte dos micros	2	142 x 28 x 37	1,1730				
MWF31	Expulsor do canal	2	92 x 28 x 35	1,2311	Nitruar			
MWM01	Réguia deslize extracção	2	153x50x25	1,2311	Nitruar			
MWM02	Réguia deslize da extracção	2	103x50x25	Ampco18				
MWM03	SUPORTE NARIZ DO CILINDRO	4	77x125x14	1,2311				

Figura 19 - Lista de Materiais

Assim que a matéria prima é rececionada, é necessário fazer uma inspeção para verificar se as dimensões são as corretas. Em seguida é transportado para o armazém de aços até ser necessário para desbaste.

O processo de maquinagem dos aços é controlado pelo responsável da produção, que recebe os ficheiros e atribui os trabalhos à máquina mais apropriada para o realizar. O operador é notificado dos ficheiros disponíveis e recebe toda a documentação necessária para o fabrico do componente.



Figura 20 - Posto de software CAM

Em seguida o operador faz o programa de maquinagem usando o software PowerMILL (ver figura 20), escolhendo a estratégia de maquinação e a ferramenta mais apropriada para a operação. Quando se dá a autorização para se iniciar a maquinação, o operário tem de transportar a peça desde o armazém de aços (caso seja a primeira operação a realizar), ou do armazém intermédio (se a peça já se encontrar com alguma tarefa realizada) até ao seu posto de trabalho.

Assim que a peça se encontra na máquina, é feito o aperto e centragem e em seguida a escolha da ferramenta. Estas tarefas constituem o tempo de *setup*.

O número de apertos necessários varia com o tipo de peça. O primeiro aperto tem como função o desbaste do bloco, o segundo aperto serve para maquinar a outra face do bloco e o último é para maquinar a gravação definitiva do componente e acabamentos.

Na eletro-erosão é removido o material através de descargas elétricas sobre a peça. O eletrodo e a peça são mergulhados num líquido dielétrico que se torna condutor quando a distância entre a peça e o eletrodo são muito pequenas, libertando energia térmica que causa a remoção do material dessa zona.

A fase final da produção de um molde é a Bancada, onde o molde é montado, ajustado e onde se realizam os últimos acabamentos. Como já referido, durante o processo

produtivo podem ocorrer vários erros que dão origem a não conformidades, que derivam desde erros de maquinação, fratura de ferramentas, erros na bancada ou até erros na conceção.

Estes erros são divididos da seguinte forma:

- Alojamentos incorretos
- Alojamentos incorretos dimensionalmente
- Erro de posicionamento
- Aço mal cortado
- Aço mal encomendado
- Falta de gravação
- Furação incorreta
- Facada
- Elementos incorretos dimensionalmente
- Mau funcionamento de sistemas
- Rebarbas
- Gravação incorreta dimensionalmente

O tempo associado a cada não conformidade é registado pelo departamento da Qualidade para posterior avaliação das principais causas e custo das mesmas.

Aproximando-se o prazo para a realização do primeiro ensaio, o molde é submetido a alguns testes para verificar a funcionalidade em termos de mecânica, ajustamentos, temperaturas e todos os sistemas que o constituem.

Após o primeiro ensaio as peças são analisadas para ver como estão em termos de aspeto, rechupes ou outros defeitos que possam ter. Se a peça não estiver de acordo

com os requisitos do cliente, o molde volta ao departamento técnico e à produção para corrigir quaisquer defeitos. Se for aprovada pelo cliente, são realizados todos os procedimentos relacionados com a logística e o molde é expedido para o cliente junto com o seu dossier técnico.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

De acordo com a análise realizada a todo o processo foram identificadas algumas deficiências.

Em função do tipo de trabalho e em conjunto com a equipa que fez parte deste projeto foram identificadas três áreas a atuar: processo produtivo de componentes, encomenda e controlo de matéria-prima e *layout* fabril.

4.2.1 PROCESSO PRODUTIVO

Depois de uma análise ao processo produtivo foi possível identificar problemas, principalmente na área “CNC Pequenas”:

- Movimentações excessivas que não acrescentam valor;
- Perda de informação entre trabalhos a realizar no mesmo componente;
- Gestão incorreta da carga de trabalho em algumas máquinas;
- Excesso de *stock* de produto não finalizado;
- Tempos de *setup* muito elevado.

Os componentes maquinados nessas máquinas têm dimensões variáveis e podem ter mais ou menos gravação, portanto é difícil saber ao certo o tempo de maquinagem previsto para cada um e planear a carga das máquinas com exatidão. Para cada componente é necessário transportar o material até ao posto de trabalho, mudar para a ferramenta correta, centrar/posicionar e proceder à maquinagem. No entanto depois do 1º Aperto não existe um fluxo produtivo definido, sendo os próximos trabalhos realizados de maneira casual dependendo da carga das máquinas disponíveis. Este

método de trabalho acrescenta grande inconsistência no planeamento que o operador tem de fazer diariamente.

A tempo operacional de uma máquina é o tempo em que a máquina deveria produzir em relação ao tempo total planeado. Existem vários fatores que contribuem para esta taxa, tal como os tempos de *setup* e ajustes necessários.

Na tabela 1 encontra-se o índice OEE calculado para as máquinas constituintes do grupo “CNC Pequenas”. Não existem registos por parte da empresa para estes trabalhos, os valores apresentados foram retirados de um acompanhamento e estudo do processo durante duas semanas e com a ajuda dos operadores das máquinas (F14, F15, F16, F17, F26, F32, F31).

Tabela 1 - Cálculo OEE "CNC Pequenas"

Indicador	Total (%)
Disponibilidade	88%
Eficiência	90%
Qualidade	87%
OEE	69%

Este cálculo foi realizado para dois turnos de 6 horas, com pausas para almoço e descanso e os tempos de paragens e de ciclo ideal são uma média diária. O resultado de 69% indica a possibilidade de melhoria dos equipamentos.

4.2.2 ENCOMENDA E CONTROLO DE RECEÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA

Todas as encomendas de matéria-prima ou acessórios são feitas através da lista de materiais, no entanto nem todos os setores têm acesso à lista.

A lista é feita pelo desenhador ou desenhadores responsáveis pelo molde, assim que está terminada é disponibilizada para o departamento de compras que realiza a encomenda ao fornecedor. Quando o material chega à fábrica e é rececionado não é validado na lista de materiais, apenas é guardado o comprovativo de receção, o que causa alguns problemas como:

- Departamento Técnico não tem feedback em relação ao material que já se encontra no armazém ou não, para saber tem de ir ao departamento de compras e tem de ser procurado nos registos de receção se já chegou ou não;
- Fresadores e Bancadas não sabem onde se encontra o material sem procurar ou consultar o departamento de compras;
- Encomendas repetidas de material;
- O cortador de aço só tem acesso a uma lista em papel, se algum componente for alterado e ele não for avisado a tempo pode cortar pelas dimensões incorretas.

Na tabela 2 está o registo das Não Conformidades que ocorreram devido a erros na encomenda ou controlo de material.

Tabela 2 - Não conformidades relativas à encomenda de material

Causa	Não Conformidade
Aço mal encomendado	7
Encomenda repetida	5
Aço mal cortado	4
Erro de fornecedor	0
Total	16

4.2.3 LAYOUT

Num *layout* tipo *job shop* os equipamentos são organizados por secções, é a configuração mais usual neste tipo de empresas. É um *layout* flexível, mas de difícil gestão. As constantes deslocações originam muito tempo não produtivo, principalmente nas máquinas mais afastadas do armazém de aço.

A figura 21 explica o fluxo da matéria-prima nas operações principais do processo produtivo de um molde, as máquinas sem sinalização servem como apoio e o torno (a cinzento) funciona independentemente dos outros setores, e a prensa (elemento rosa na nave 4) é a última operação a realizar antes do ensaio e devido ao seu elevado tamanho e localização na fábrica não foi considerada para este projeto.

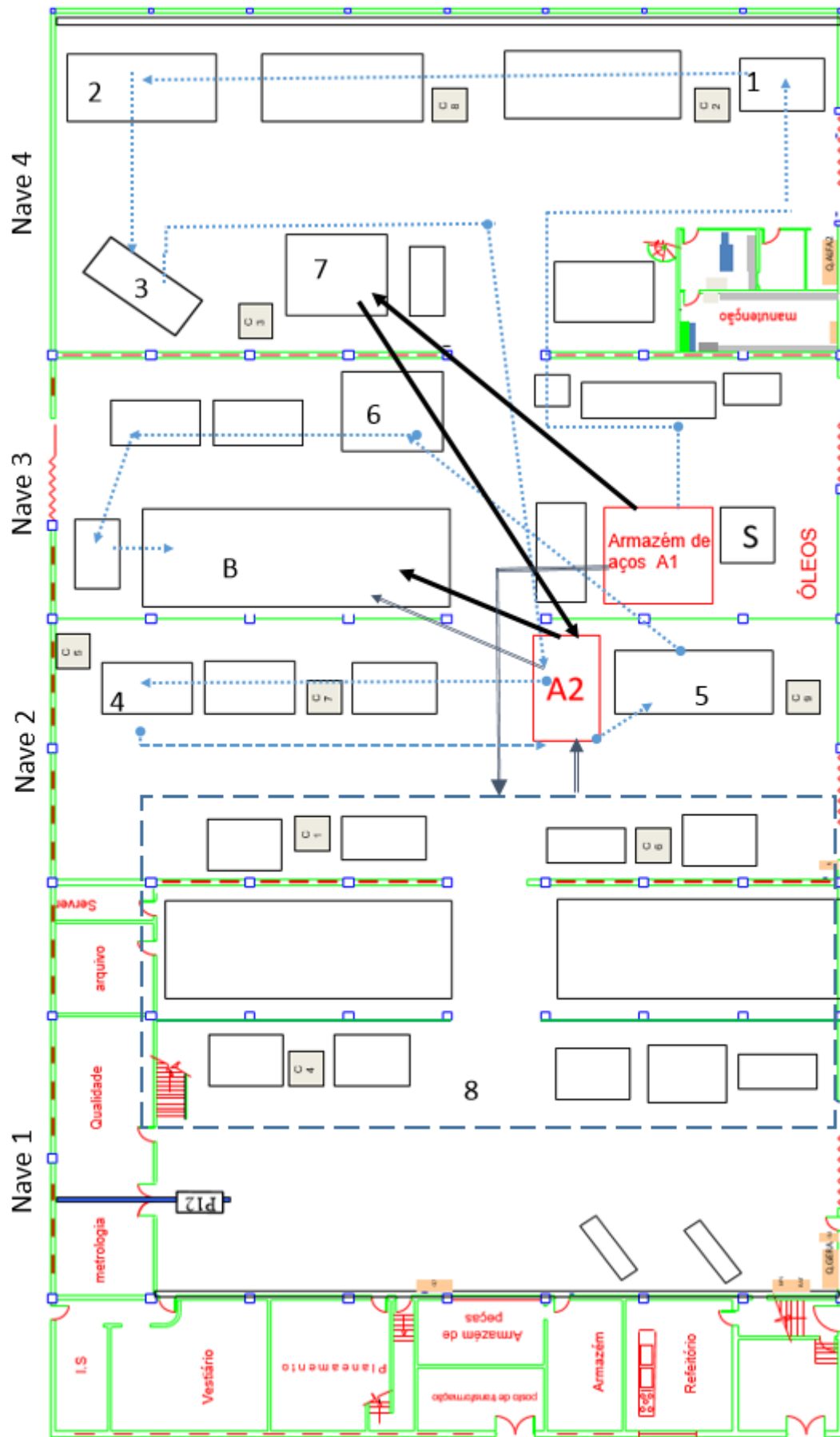




Figura 21 - Fluxo de um molde típico (escala 1:100)

Legenda:

Transportes dos blocos de macho e cavidade – 

Transportes das placas – 


Transporte dos componentes moldantes - 

Tabela 3 - Rotas de transporte (ver Anexo B)

Rotas	Observações	Distância (m)	Tempo(min)
		Total	Total
A1 – 1	Transporte dos blocos do armazém para a nave 4	20	5
1 – 2	Transporte pelas máquinas durante as operações	6	9
2 – 3	Transporte do bloco para maquinação 2D/2D lateral	6	3
3 – A2	Transporte do bloco para o armazém intermédio, em espera até proxima operação	24	8
A2 – 4	Transporte entre as operações de 2D/2D lateral	8	3
4 - A2	Transporte para o armazém A2	18	6
A2 – 5	Transporte para furação de águas	4	2
5 – 6	Transporte para o setor da Erosão	12	5
6 - B	Transporte para a bancada	6	2
A1 – 7	Transporte das placas para maquinagem e furação	16	5
7 - A2	Transporte das placas para stock intemédio até serem montadas	20	8
A2 - B	Transporte das placas para a Bancada	8	5
A1 - 8	Transporte da matéria-prima para componentes moldantes para cada máquina	26	16
8	Movimentações entre as máquinas não definidas, feitas de maneira casual	20	9
8 - A2	Transporte de componentes moldantes maquinados para o armazém intermédio	16	22
	Feito à medida que os trabalhos são terminados e individualmente		
A2 - B	Transporte dos componentes para a bancada à medida que são necessário,	10	5
	feito individualmente pelo operador responsável da máquina		
	Total	220	113

Depois da análise ao *layout* da empresa foram identificados alguns problemas no fluxo do produto e organização dos equipamentos (rotas “cinzento” na Tabela 3):

- Na nave 2, os transportes constantes de produto para o armazém intermédio causam muita afluência àquela zona e sobrecarga nas pontes de transporte.
- Muitas movimentações no corredor central em simultâneo.
- O transporte da matéria-prima para os componentes moldantes (A1 – 8) é feita individualmente pelos operadores de cada máquina de acordo com as necessidades diárias. Estes componentes são feitos tanto na nave 1 como na 2 sem ordem ou trajeto definido, portanto é difícil determinar ao certo as movimentações entre as máquinas, são realizadas de uma forma casual.
- Na nave 3, a bancada B4 está dividida pelo corredor central, dificultando as deslocções da ponte quando estão a ser montados os moldes. O setor da erosão está também dividido pelo corredor.

- A zona de armazenamento de aço A1 e serrote são muito pequenas para a quantidade de matéria-prima que é rececionada diariamente.

4.3 SÍNTESE DOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS

Após a análise detalhada às várias áreas que fazem parte do processo produtivo, apresenta-se em seguida o resumo das situações que necessitam melhorias ao longo de todo o processo:

- Encomenda de matéria-prima feita pelo departamento de compras através da lista de materiais em papel o que dificulta a identificação de alterações feitas pelo departamento técnico;
- O departamento técnico não tem *feedback* em relação à matéria-prima que é rececionada sem consultarem o departamento de compras porque não existe nenhum registo em rede para consulta;
- Falta de capacidade de produção das máquinas "CNC Pequenas", o que aumenta a necessidade de recorrer à subcontratação.
- Falhas ao nível do *setup* das máquinas, provocando desperdício de tempos.
- Desorganização na chegada de componentes à bancada para montagem. Durante o processo de maquinagem é frequente existirem componentes parados ou retidos na zona de armazenamento a aguardar a operação seguinte, o que provoca atrasos no processo de montagem na bancada;
- Nos fluxos do *layout* da produção existem movimentações e transportes inadequados. Existe uma elevada quantidade de *stock* intermédio na nave 2 o que origina uma enorme desorganização nessa área, quer de pessoas quer de equipamentos utilizados como as pontes e os carros de transporte;
- Máquinas do mesmo setor muito afastadas entre si. Origina transportes e tempos de espera desnecessários entre operações que deveriam ser consecutivas;

-
- Algumas zonas da produção apresentam desorganização e desgaste nas suas ferramentas, desde armários para arrumação às bancadas;
 - Informação como planeamentos semanais ou datas para conclusão de tarefas não está visível para os colaboradores.

Partindo desta análise foi construído um plano de ações com a identificação das possíveis melhorias a implementar. O capítulo 5 apresenta a visão do projeto.

VISÃO

5 VISÃO

Depois da análise e identificação de problemas do processo atual, foi necessário delinear uma visão que permita alcançar os objetivos pretendidos segundo o *Lean*. Esta visão tem como objetivo a melhoria contínua da empresa, eliminando o desperdício e aumentando a produtividade dos setores envolvidos.

A implementação do processo de melhoria da produção tem os seguintes objetivos:

- Aumentar capacidade produtiva das máquinas;
- Redução do desperdício;
- Redução das movimentações dentro da fábrica;
- Facilitar o acesso à informação necessária por todos;
- Melhor comunicação entre setores;
- Normalização de processos.

Esta visão enquadra a metodologia *Lean* nos processos da empresa, que consistem na eliminação do desperdício através da reestruturação e organização das áreas produtivas, normalização de processos e alteração do fluxo de informação de maneira a simplificar tarefas dentro da empresa. A figura 22 resume a Visão para o caso de estudo, apresentado os três pilares em que está assente:

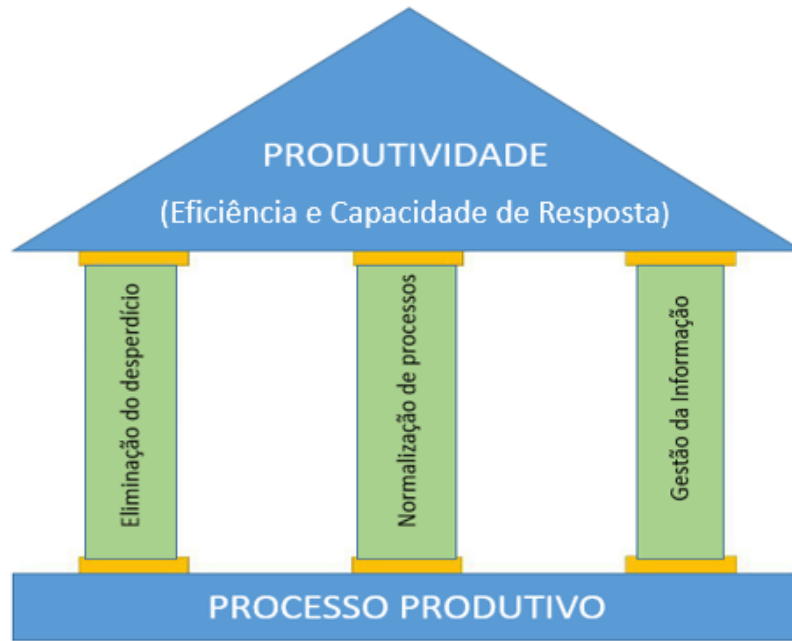


Figura 22 - Visão do Projeto

O primeiro pilar diz respeito à eliminação do desperdício. Através da análise efetuada foi possível quantificar a quantidade de movimentações e transportes irrelevantes ou redundantes no processo produtivo bem como a quantidade de tempo em que os equipamentos não produzem devido a preparação do trabalho. As ferramentas implementadas devem ser simples e com apenas a informação essencial para a resolução dos problemas para uma maior facilidade de compreensão e assimilação por parte dos colaboradores.

A estratégia de normalização de processos conduz ao segundo pilar. Ao normalizar processos é mais fácil planear um processo produtivo e identificar problemas que possam ocorrer.

A Gestão da Informação assenta numa maior disponibilidade da informação para os colaboradores de todos os setores, independentemente do setor em que exercem funções. Assim podem ter uma visão em tempo real dos objetivos pretendidos, os atrasos e onde se encontra a informação que necessitam.

O objetivo final destes pilares é aumentar a eficiência e capacidade de resposta às necessidades dos clientes. Com a conjugação destes fatores é possível manter os colaboradores motivados e envolvidos num objetivo comum.

PROJETO DE MELHORIAS

6.1 *LAYOUT* DA FÁBRICA

6.2 MELHORIAS NA PRODUÇÃO DE COMPONENTES MOLDANTES

6.3 ENCOMENDA E CONTROLO DE MATÉRIA-PRIMA

6.4 MEDIDAS DE MELHORIAS 5S

6.5 GESTÃO VISUAL

6 PROJETO DE MELHORIAS

Neste capítulo é descrito em detalhe o processo de implementação do projeto de melhoria no setor da produção da empresa.

6.1 LAYOUT DA FÁBRICA

A proposta de se estudar um novo *layout* para a fábrica advém da necessidade de reduzir movimentações desnecessárias, quer de material quer de operadores e numa melhor organização do produto em curso.

O processo de reestruturação ao nível do *layout* na fábrica consiste em implementar uma distribuição das máquinas em células produtivas. Realizar uma mudança deste tipo numa fábrica com equipamentos de dimensões e peso elevado é um processo com algumas dificuldades, principalmente nos recursos necessários para o transporte dos equipamentos e na necessidade de parar a produção.

Inicialmente foram pensadas em duas alternativas para o novo layout. A figura 23 e 24 representam as duas opções consideradas:

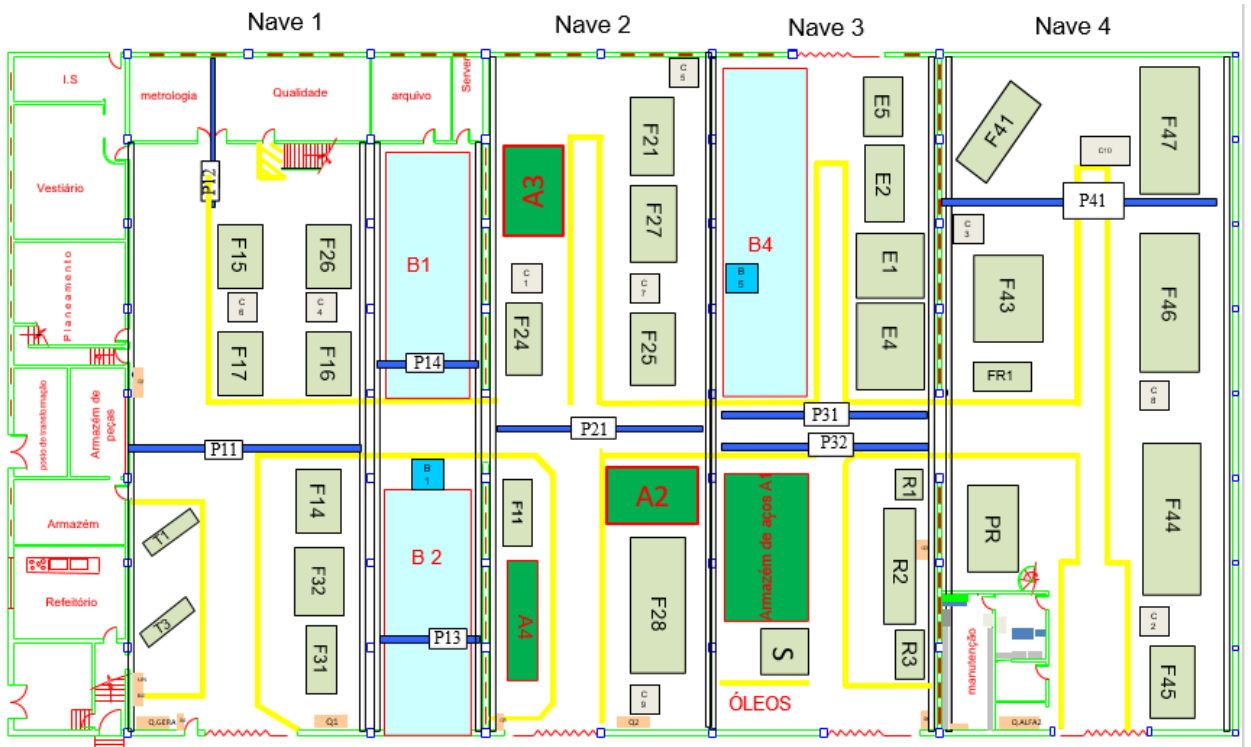


Figura 23 - Proposta de novo Layout - Layout 1 -(escala 1:200)

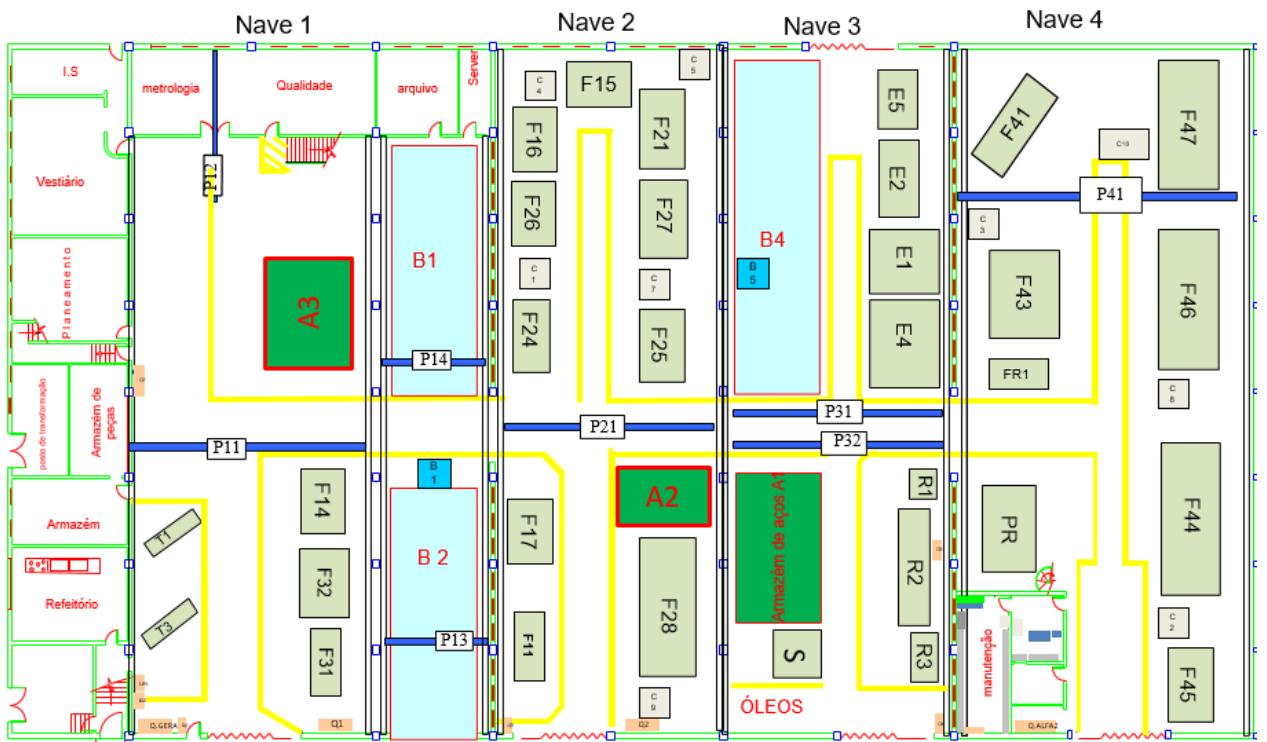


Figura 24 - Proposta de novo Layout - Layout 2- (escala 1:200)

O objetivo é deslocar todas as máquinas que constituem o grupo “CNC Pequenas” para apenas uma nave, de maneira a criar uma célula de fabrico dedicada a este tipo de componentes (postiços, movimentos, etc), de maneira a conseguir uma sequência de trabalho normalizada. O mesmo será feito no setor da Erosão da nave 3.

A equipa responsável por este centro de maquinagem será constituída por cinco colaboradores, sendo um deles o responsável a trabalhar em horário diurno, e os outros em turnos rotativos de 6 horas cada.

As vantagens desta célula de fabrico são:

- Agilizar o fluxo de materiais;
- Facilitar o processo de fabricação;
- Utilização mais eficaz de colaboradores;
- Fazer melhor uso do espaço;
- Flexibilidade de disposição e funcionamento dos equipamentos;
- Minimizar o tempo de produção;
- Facilitar a estrutura organizacional

A aplicação do *layout* em célula de fabrico envolve dois passos: determinar as famílias de componentes ou grupos e organizar o equipamento necessário para processar as operações desejadas para essa família.

Os *stocks* têm um papel crítico no fluxo do processo produtivo, quer a nível de custos, tempo e qualidade. Numa gestão de produção o ideal seria não tem *stocks*, no entanto na realidade é impossível conceber uma unidade de produção sem uma zona de armazenagem devido às variações que existem no processo de fabrico e às necessidades do cliente.

Os *stocks* da empresa devem estar separados pelas naves e por tipo para um melhor controlo. A criação de mais armazéns intermédios serve como mediador entre trabalhos

a realizar, desta maneira existe sempre um local expectável onde um operador pode encontrar o componente pretendido.

Na nave 3 a bancada B4 vai ser deslocada para ficar completa de um dos lados da fábrica sem ser interrompida pelo corredor central.

Das duas opções apresentadas, a decisão recaiu sobre o “*layout 1*” porque é possível a criação da célula de fabrico na nave 1 onde tem mais espaço e maior facilidade de transporte de componentes e trabalhadores. Nesta opção é também possível a criação de um armazém de menores dimensões perto de um dos portões da nave 2 para receção de material e de um armazém para *stock* de produto intermédio também na nave 2.

No “*layout 2*” era mais difícil a implementação da célula de fabrico na nave 2 devido ao pouco espaço disponível, para além de que iria fazer com que a nave continuasse a ter demasiada movimentação e produto em curso. O armazém para *stock* de produto intermédio ficava numa zona muito afastada do resto das máquinas.

6.2 MELHORIAS NA PRODUÇÃO DE COMPONENTES MOLDANTES

Como descrito no capítulo 2, um dos principais problemas no processo produtivo é a falta de capacidade das máquinas CNC, principalmente no grupo “CNC Pequenas”. Nesse sentido surgiu a ideia de paletização, ou multiprocessamento de componentes, que consiste em agrupar vários componentes e executar trabalhos em série sem efetuar trocas de ferramenta ou de posição (Figura 25).

Resumindo, este sistema tem como objetivos:

- Redução de tarefas e movimentações desnecessárias;
- Redução dos tempos de setup;
- Maior rentabilidade das máquinas.

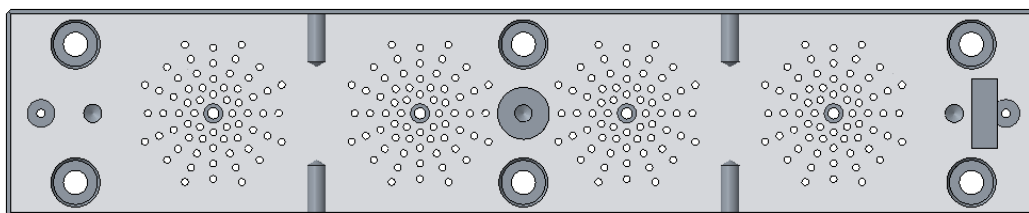


Figura 25 - Proposta de paleta 2D

Foi desenhada uma paleta adequada às necessidades das máquinas. É constituída por quatro “nuvens” onde são fixados os componentes. Essas “nuvens” são formadas por vários furos distribuídos de maneira uniforme para que seja mais fácil adaptar cada um dos componentes independentemente da sua forma.

A paleta possui uma pínula central e várias opções de fixação para poder ser utilizada em qualquer tipo de máquina (Figura 26).



Figura 26 - Proposta de palete

6.3 ENCOMENDA E CONTROLO DE MATÉRIA-PRIMA

A lista de materiais que existe atualmente é impressa em papel, e através daí são feitas todas as encomendas de material necessário para um molde. No entanto torna-se irrelevante assim que forem adicionados componentes ao molde, podendo induzir em erro tanto o cortador do aço como os operadores das máquinas

O objetivo é tornar a lista de matérias numa ferramenta essencial no controlo de matéria-prima e acessórios que cheguem à fabrica. De momento apenas pode ser acedida pelo projeto responsável pelo molde e pelo departamento de compras, mas o objetivo é que mais setores possam ter acesso para verificar os materiais que se encontram na fábrica, os que estão em processo de entrega e os que ainda faltam encomendar apenas abrindo o ficheiro da lista em qualquer lugar.

Será também possível que os operários encarregues dos descarregamentos de matéria-prima possam aceder à lista e marcar a data e hora a que a encomenda chega sem ter de passar essa informação em papel ao departamento de compras, para ser então inserido no sistema, eliminando assim tarefas desnecessárias.

6.4 MEDIDAS DE MELHORIAS 5S

Todos os setores da empresa podem apresentar melhorias com a implementação dos 5s. Para isso é preciso fazer uma limpeza ao que já não é necessário, organização das ferramentas utilizadas e restaurar alguns equipamentos.

Nas bancadas o piso atual vai ser substituído e as mesas de trabalho renovadas ou substituídas (Figura 27 e 28).



Figura 27 - Estado inicial das bancadas



Figura 28 - Estado inicial das bancadas

No caso das máquinas CNC, algumas mesas de trabalho vão ser também restauradas e protegidas porque ao longo do tempo ficam cheias de marcas e riscos causados pelo impacto constante de moldes e ferramentas.

O sistema de rede vai ser remodelado para maior facilidade de utilização por parte dos fresadores, principalmente a gestão e divisão de ficheiros que necessitem para programação das CNC.

6.5 GESTÃO VISUAL

De maneira a integrar todos os setores para um objetivo comum, é importante saber o objetivo a atingir e a meta para o atingir. O planeamento geral dos moldes deve ser afixado todas as semanas com os moldes em curso, e os que ainda estão em fase de Projeto bem como os desenhadores que estão a trabalhar em cada molde.

A cada um dos setores é também entregue o planeamento respetivo, com os objetivos a cumprir bem como as datas.

No centro de maquinagem a ser implementado, para além do planeamento e da lista de materiais irão ser colocados desenhos de como os componentes que têm de ser produzidos montam no molde e uma ficha de controlo dos componentes para maior controlo dos tempos.

RESULTADOS

7.1 IMPLEMENTAÇÃO DOS 5S

7.2 *LAYOUT* DA FÁBRICA

7.3 ENCOMENDA DE MATÉRIA-PRIMA/ACESSÓRIOS

7.4 MELHORIAS NA PRODUÇÃO DE COMPONENTES
MOLDANTES

7.5 GESTÃO VISUAL

7 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados das diferentes implementações do projeto de melhoria que foi realizado.

7.1 IMPLEMENTAÇÃO DOS 5S

Os 5s foram implementados em todos os setores da Produção. Numa fase inicial foi estabelecido o que era necessário para uso diário e procedeu-se à recolha de ferramentas em desuso ou que já não iria ser mais utilizado para serem colocadas na sucata.

Em seguida procedeu-se à restauração do local de trabalho. Algumas das mesas de trabalho são novas, outras apenas remodeladas como demonstra a figura 29.



Figura 29 - Mesas de trabalho após 5S

Foram colocados separadores nas gavetas para melhor organização do material de trabalho, e em alguns armários suportes adequados para as ferramentas de corte (Figura 30).



Figura 30 - Organização das ferramentas após 5S

Foi também colocada uma borracha de proteção no topo que tem como função prolongar o tempo de vida da mesa. Dá também um aspeto mais limpo e é de fácil limpeza (Figura 31).



Figura 31 - Proteção das mesas de trabalho depois dos 5S

Foi colocado um novo piso impermeável no setor das bancadas para evitar a contínuas infiltrações de óleo. As novas bancadas têm um revestimento de borracha de maneira a reduzir o dano causado pelos moldes na montagem. As gavetas serão substituídas por armários a colocar brevemente. Esta reestruturação foi aplicada primeiro na bancada B2 mas ao longo do tempo e mediante disponibilidade irá ser aplicada nas restantes (Figura 32).



Figura 32 - 5S nas bancadas

Para a limpeza do óleo eram usados pedaços de tecido chamado “desperdício” que era utilizado para tudo, desde limpeza dos moldes às próprias mesas de trabalho. Este desperdício está a ser gradualmente substituído por rolos de papel industrial reciclável.

7.2 LAYOUT DA FÁBRICA

As máquinas “CNC Pequenas” constituem uma célula de fabrico. As máquinas estão posicionadas frente a frente, facilitando as movimentações de componentes entre apertos e a comunicação entre a equipa (Figura 33).



Figura 33 - Célula de fabrico

Para além das mesas de trabalho com as ferramentas e material necessários para cada máquina, existe um posto central para a preparação e organização do trabalho.

Foram adicionados dois pontos de armazenamento junto ao corredor central, um para receção de aço, outro para peças finais. Quando o planeamento semanal é distribuído, o aço necessário para a realização de trabalhos dessa semana é colocado na receção por ordem de prioridade de maquinação evitando várias deslocações ao armazém de aço (Figura 34).



Figura 34 - Receção de aço para pequenos componentes

Quando as operações estiverem terminadas é colocada no armazenamento de peças finais para recolha (Figura 35).



Figura 35 - Armazém intermédio

A máquina de maquinagem de eléctrodos (F32) foi colocada junto do grupo “CNC Pequenas”. A bancada B4 e o setor da erosão foram deslocados para ficarem separados pelo corredor central, para tentar diminuir as passagens da grua e o tráfego do carro transportador de moldes nesse corredor.

Na figura 36 estão representados os transportes de acordo com o novo *layout*. As principais alterações foram feitas na nave 1 e 2. Na nave 1 foi implementada a célula de fabrico para componentes moldantes, e na nave 2 existem dois novos armazéns de *stock* intermédio. Na nave 3 a bancada (B) ficou apenas num dos lados da fábrica o que deu para aumentar a área do armazém de aços A1 e colocar o setor da erosão com as máquinas dispostas em linha. A nave 4 não sofreu alterações.

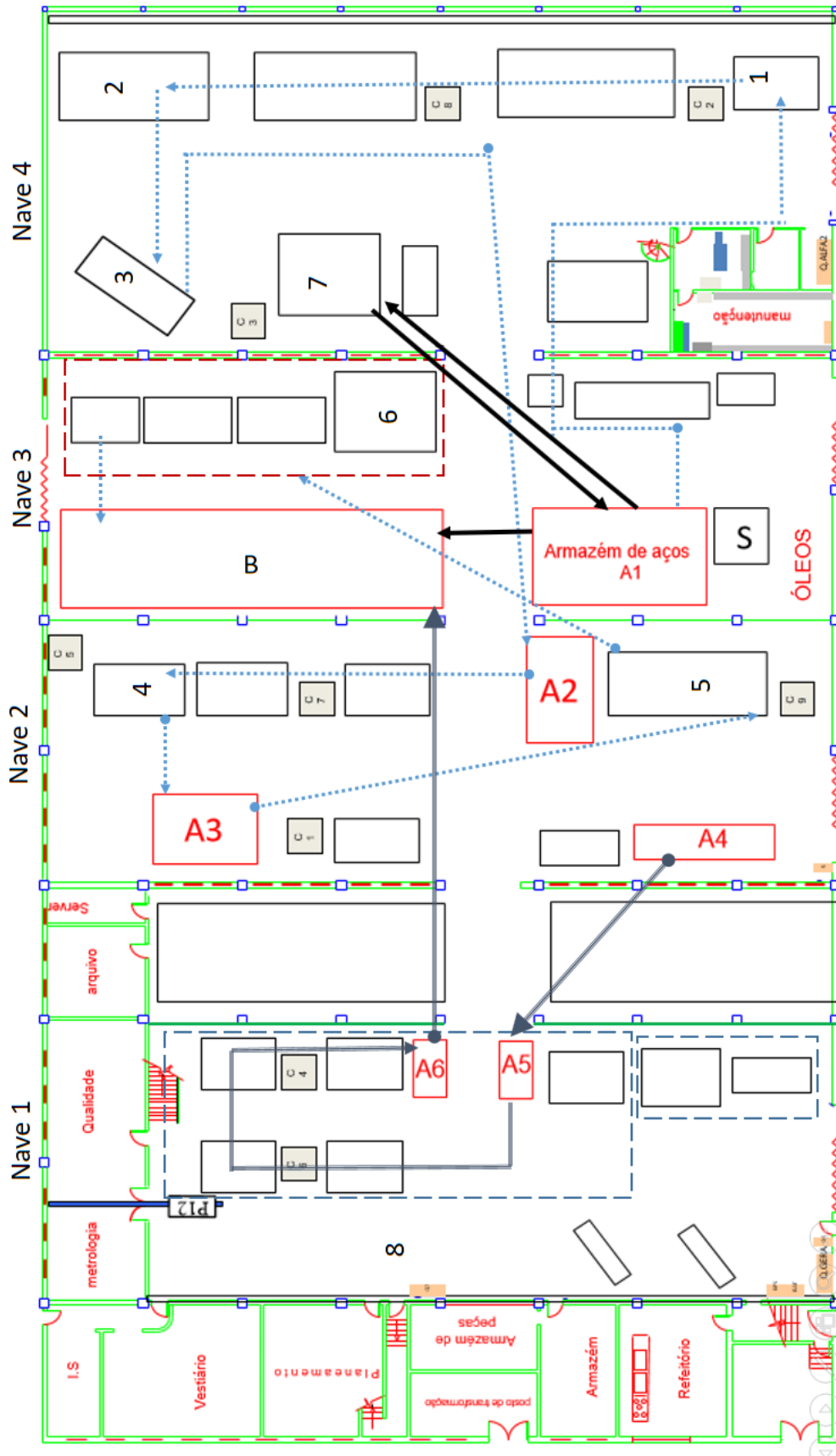



Figura 36 - Novo layout da fábrica (escala 1:100)

Legenda:

Transportes dos blocos de macho e cavidade – 

Transportes das placas – 

Transporte dos componentes moldantes - 

Tabela 4 - Novas Rotas de transporte(ver anexo C)

Rotas	Observações	Distância (m)	Tempo(min)
		Total	Total
A1 – 1	Transporte dos blocos do armazém para a nave 4	20	5
1 – 2	Transporte pelas máquinas durante as operações	6	9
2 – 3	Transporte do bloco para maquinação 2D/2D lateral	6	3
3 – A2	Transporte do bloco para o armazém intermédio, em espera até proxima operação	24	8
A2 – 4	Operações de 2D e 2D lateral	8	3
4 – A3	Transporte para o armazém A3	4	1
A3 – 5	Transporte para furação de águas	20	4
5 – 6	Transporte para o setor da Erosão	8	5
6 - B	Transporte para a bancada	4	1
A1 – 7	Transporte das placas para maquinagem e furação	16	5
7 – A1	Transporte das placas para armazém A1 até serem montadas	12	5
A1 - B	Transporte das placas para a Bancada	4	2
A4 – A5	Transporte da matéria-prima para A5	22	5
A5 – 8 – A6	Transporte durante o processo de preparação e maquinagem dos componentes	14	4
A6 – B	Transporte de produto finalizado para a bancada (carrinho de transporte)	20	4
	Total	188	64

Na tabela 4, as rotas de transporte foram alteradas pela criação da célula de fabrico “CNC Pequenas” e pelos armazéns A3 a A6. A primeira alteração foi no transporte após as operações de 2D e 2D lateral aos blocos, que anteriormente voltavam ao armazém A2 e agora são colocados em espera no armazém A3 e só quando for necessário para a furação das águas é que é movido novamente, o que por consequência altera todas as rotas seguintes para esses blocos.

As placas quando completas voltam para o armazém A1 inicial em vez do A2.

Em relação aos componentes moldantes, a matéria-prima é descarregada no armazém A4 da nave 2 e transportada pelo responsável da célula de fabrico. No final dos trabalhos a peça final é transportada para a bancada que estiver a trabalhar no molde.

Na tabela 5 estão representadas as diferenças entre o tempo e distância percorridos por molde. É possível verificar que foi eliminada uma rota e tanto o tempo como o percurso médio apresentaram melhorias.

Tabela 5 - Comparação de rotas

Antes	Depois	Distância (m)		Tempo(min)	
		Total	Diferença	Total	Diferença
A1 – 1	A1 – 1	20	0	5	0
1 – 2	1 – 2	6	0	9	0
2 – 3	2 – 3	6	0	3	0
3 – A2	3 – A2	24	0	8	0
A2 – 4	A2 – 4	8	0	3	0
4 - A2	4 – A3	4	-14	1	-5
A2 – 5	A3 – 5	20	16	4	2
5 – 6	5 – 6	8	-4	5	0
6 - B	6 - B	4	-2	1	-1
A1 – 7	A1 – 7	16	0	5	0
7 - A2	7 – A1	12	-8	5	-3
A2 - B	A1 - B	4	-4	2	-3
A1 - 8	A4 – A5	22	-4	5	-11
8	A5 – 8 – A6	14	-6	4	-5
8 - A2	A6 – B	20	4	4	-18
A2 - B		-	-10	-	-5
	Total	188	-32	64	-49

No total a distância média para um molde de simples constituição diminuiu em 32 metros e o tempo necessário para esses transportes diminuiu em 49 minutos. Isto deve-se ao produto em curso estar dividido por tipo em cada armazém, assim o operador sabe onde é expectável encontrar o componente que procura de acordo com a fase em que se encontra no processo produtivo.

A criação do armazém A4 para recepção de matéria-prima para as “CNC Pequenas” veio aumentar a organização do corredor central principalmente na nave 2. Estes componentes mantêm-se sempre na nave 1 e só são transportados para a bancada quando são necessários, portanto há menos trânsito dos carros de transporte no corredor central.

Também há vantagens no setor do Projeto porque sempre que surgir um pedido de alteração por parte da produção é mais fácil verificar se o material já foi encomendado sem ter de contactar as compras. Os novos campos para preenchimento na lista estão apresentados na figura 38.

MOLDE Nº			2362			
DESIGNAÇÃO	Pare Boue AVG / AVD					
PREPARADO	J.Luis	DATA	9 de abr de 16			
APROVADO		DATA				
TRATAMENTO TÉRMICO			FICHEIRO		RECEÇÃO	
DESIGNAÇÃO	DUREZA	ESCALA	DETALHE	MODELO 3D	DATA	ASS.

Figura 38 - Novos campos da lista de materiais

A nova lista funciona também como controlo de ficheiros, onde podem ser assinaladas as opções “3D” (caso o componente seja produzido nas CNC) ou “detalhe” (desenho 2D para o torno).

Desde a implementação desta ferramenta como controlo de aço e ficheiros por todos os departamentos, o número de não conformidades relacionadas com o departamento de compras apresenta uma diminuição, como apresentado na tabela 6.

Tabela 6 - Não conformidades do setor de compras

Causa	Não Conformidade		
	1º Trimestre	2º Trimestre	Diferença
Aço mal encomendado	7	3	-4
Encomenda repetida	5	1	-4
Aço mal cortado	4	2	-2
Erro de fornecedor	0	0	0
Total	16	6	-10

7.4 MELHORIAS NA PRODUÇÃO DE COMPONENTES MOLDANTES

A chamada “palete” é uma base feita em aço onde serão fixados os componentes a maquinar. Foi feita uma pesquisa e contacto com alguns fornecedores deste tipo de ferramentas, no entanto o investimento era muito elevado, optou-se por fazer internamente em que o único custo era o do material e da furação da chapa.

As paletes estão numeradas e os componentes fixados têm gravado o número do molde a que pertencem e a referência. Normalmente os componentes de um molde são todos colocados numa mesma palete e maquinados em sequência (Figura 39).

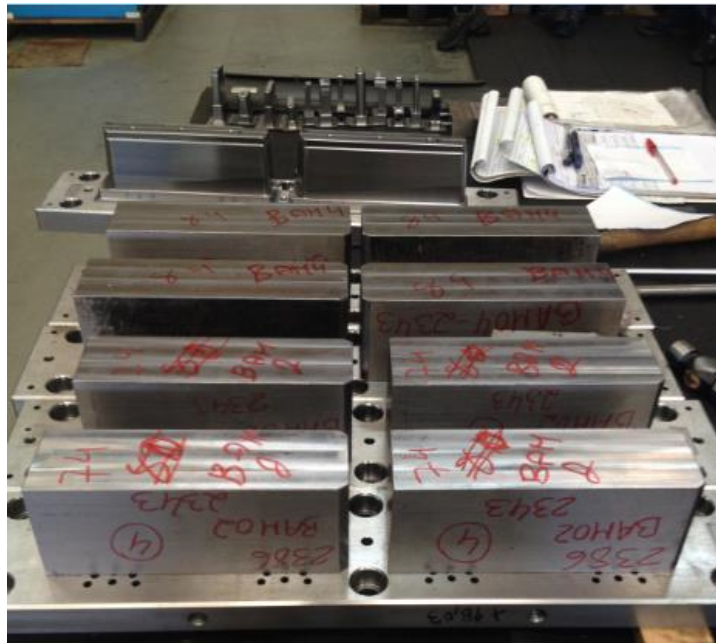


Figura 39 - Paletes preparadas para o 1º Aperto

O desenhador responsável pelo molde faz uma simulação para determinar onde serão feitos os furos para a fixação na paleta e envia os modelos 3D para a produção. Em seguida os blocos são preparados com as furações para as fixações e enviados para o centro de maquinagem (Figura 40).

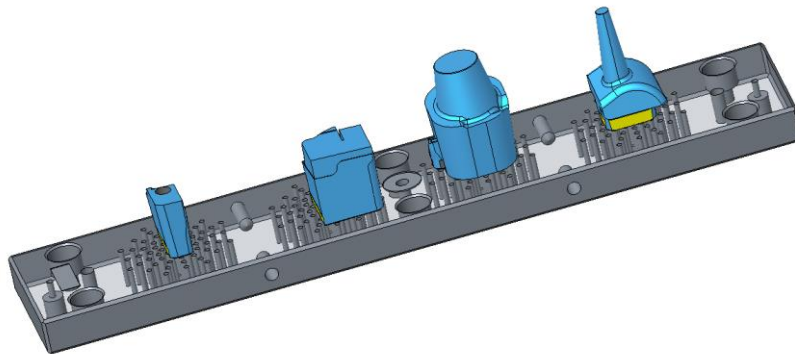


Figura 40 - Exemplo de distribuição de componentes pela paleta em 3D

Como já referido, o centro de maquinagem é constituído por quatro máquinas CNC, cada uma com a sua mesa de trabalho e uma mesa central onde se realiza a montagem das paletes.

A distribuição dos componentes pelas é feita pelo responsável do centro de maquinagem e com recurso à ficha de planeamento semanal, fornecida no início da semana.

À medida que os ficheiros chegam, são separados e distribuídos e dá-se início ao programa de maquinagem. Finalizando todos os trabalhos, é colocada no armazém de peças e a partir daí a paleta é transportada para o setor da eletro-erosão ou para a bancada para montagem, dependendo da situação.



Figura 42 - Fixação na paleta

3. **1º Aperto** – Paleta é colocada e centrada na máquina com a ajuda dos furos guia nas extremidades, depois é só dar início ao programa (Figura 43).

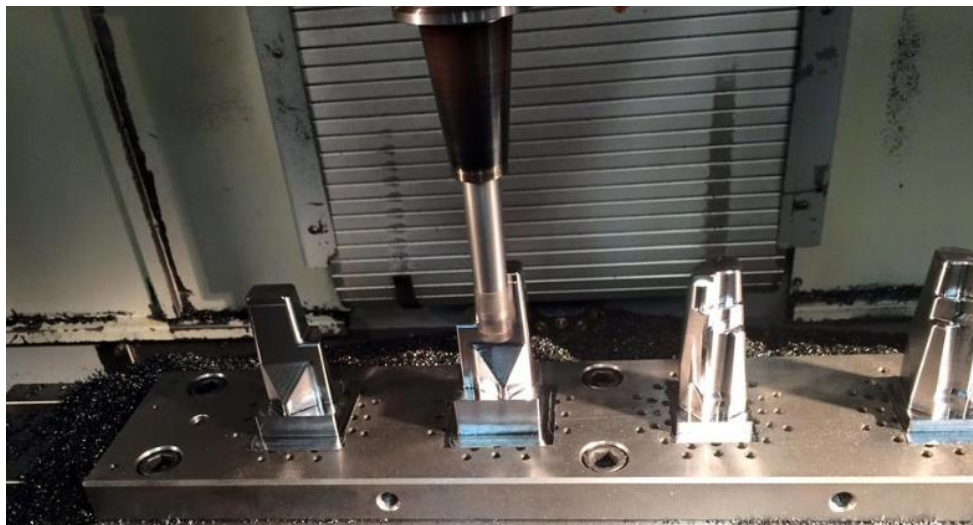


Figura 43 - 1º Aperto

4. **2º Aperto** – A paleta é retirada da máquina e colocada no posto seguinte que está preparado para fixação na vertical de maneira a fazer os trabalhos laterais na peça. Mais uma vez é só fixa-la pelos furos guia e ativar o programa (Figura 44).

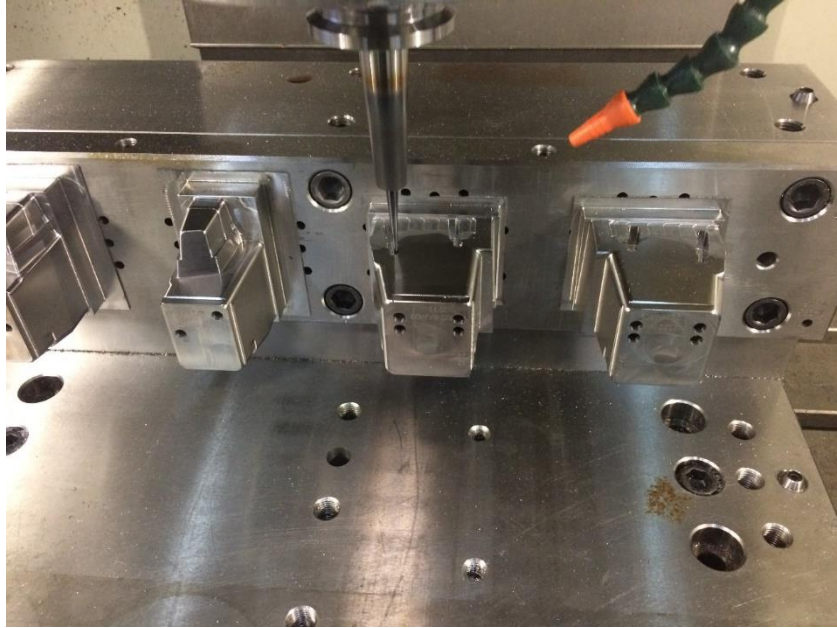


Figura 44 - 2º Aperto

5. **3º Aperto** – Igual ao 1º Aperto, mas para realizar os trabalhos de acabamento às peças.

A máquina F26 serve como apoio e é preparada para os dois tipos de aperto, no entanto na maioria das vezes é utilizada para maquinação horizontal que é onde se verifica maior estrangulamento no fluxo de produção. As duas máquinas restantes na nave 1 trabalham exclusivamente na produção de componentes standard para o molde.

As principais vantagens registadas são:

- Especialização dos operadores numa certa tarefa do processo produtivo;
- Melhor controlo dos tempos de maquinação;
- Maior facilidade na deteção de falhas;
- Maior tempo produtivo dos equipamentos;
- Eliminação do tempo de mudança de posição dos componentes na máquina;
- Redução dos tempos de *setup*;

- Maior flexibilidade na programação dos componentes e sua distribuição na palete;
- Melhor fluxo do processo produtivo.

Em relação aos tempos de *setup*, pode verificar-se o seguinte de acordo com a Tabela 7:

Tabela 7 - Comparação dos tempos de setup

Tarefa	Antes (1 peça)	Depois (2 a 4 peças)
Preparação da peça	-	5 a 20
Fixação na palete	-	2 a 10
1º Aperto	10	3
Mudança de ferramenta / 2º Aperto	13	5
Mudança de ferramenta / 3º Aperto	10	5
	33	17 / 35

É necessário recorrer a duas tarefas extra para furar e fixar os componentes nas paletes, no entanto os tempos dos apertos são diminuídos substancialmente porque a partir do momento em que a palete está completa é necessário centra-la apenas uma vez em cada um dos apertos.

Estima-se que se consiga reduzir o tempo de *setup* até cerca de 20 minutos por componente (palete completa).

Na tabela 8 consegue visualizar-se os resultados obtidos em relação ao número de componentes realizados na empresa, e comparando os dados do 1º Trimestre de 2015 com o 2º, nota-se um aumento gradual de componentes produzidos. No mês de março observa-se um decréscimo pois foi o mês em que estas mudanças estavam a ser aplicadas (formação da célula de fabrico e paletização).

Tabela 8 - Comparação de quantidade de peças produzidas

		Componentes			
		Total	MoldWorld	Subcontratação	%
1º Trimestre	Janeiro	225	182	43	80,89%
	Fevereiro	232	180	52	77,59%
	Março	190	138	52	72,63%
2º Trimestre	Abril	251	239	12	95,22%
	Maio	185	178	7	96,22%
	Junho	235	216	19	91,91%

A disponibilidade das máquinas também é maior, porque é possível planejar uma sequência de maquinagem até 8 componentes (divididos por duas paletes) e iniciar um programa que fique a trabalhar durante a noite sem a necessidade de um turno extra.

De acordo com a tabela 8, o OEE dos equipamentos teve um aumento de cerca de 15%, sendo o índice de disponibilidade o fator com maior impacto com uma subida de 8%, o que se deve principalmente ao funcionamento das máquinas durante uma média de 18 horas diárias em comparação com as 12 horas diárias realizadas anteriormente. A redução dos tempos de *setup* diários influenciaram uma subida do Índice de Eficiência e o número de componentes realizados sem defeitos aumentaram de um modo geral o Índice de Qualidade de todo o sistema (consultar Tabela 9).

Tabela 9 - Cálculo OEE após paletização

Indicador	Total (%)
Disponibilidade	96%
Eficiência	93%
Qualidade	95%
OEE	84%

No gráfico da figura tabela 45 estão representadas as diferenças do OEE entre o 1º Trimestre e o 2º Trimestre.

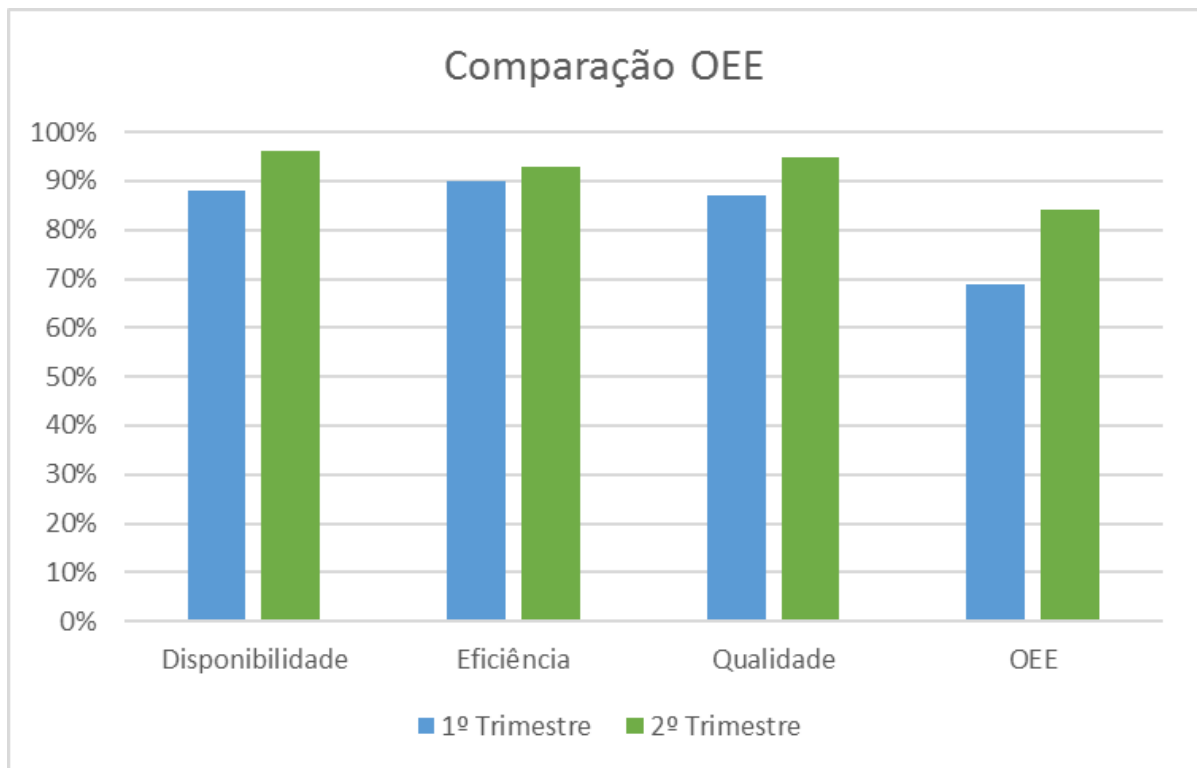


Figura 45 - Gráfico de comparação do OEE

O cálculo do OEE permitiu identificar oportunidades de melhoria das capacidades das máquinas durante um turno no setor das "CNC Pequenas". Através da informação obtida foi possível implementar melhorias no setor com sucesso.

7.5 GESTÃO VISUAL

De maneira a tornar todo o processo transparente e de fácil comunicação para todos os colaboradores, foram aplicadas algumas melhorias no que diz respeito à distribuição da informação entre setores.

1. Controlo de paletes;
2. Ficha de trabalhos a realizar;
3. Quadro geral

Controlo de paletes

Foi criada uma ficha para controlo das paletes em produção (Figura 46), que tem como objetivos:

- Controlo dos componentes que estão em cada palete e a sua localização;
- Facilitar ao operador identificar os trabalhos já feitos e que ainda faltam fazer.

mo Id
wo Id

CONTROLO DE PALETES

Semana:

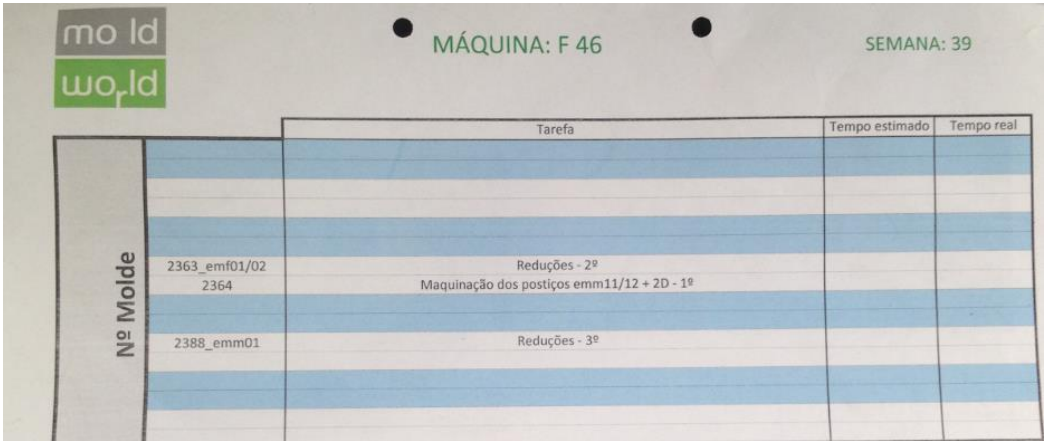
Número	Componentes	Tarefa
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figura 46 - Exemplo de ficha de controlo de paletes

Ficha de trabalhos a realizar

É uma ficha entregue ao operador com os trabalhos previstos para essa máquina nas próximas horas ou até dias (Figura 47), tem como objetivo:

- Ajudar os operadores a planearem com antecedência o trabalho que têm a fazer;
- Indicar as prioridades da produção



A ficha de planeamento diário é um formulário com o logótipo 'mo Id wo Id' no canto superior esquerdo. No topo centralizado, está escrito 'MÁQUINA: F 46' e no canto superior direito 'SEMANA: 39'. Abaixo, há uma tabela com as seguintes colunas: 'Tarefa', 'Tempo estimado' e 'Tempo real'. A primeira coluna da tabela, rotulada 'Nº Molde', contém os números 2363_emf01/02, 2364 e 2388_emm01. As tarefas correspondentes são 'Reduções - 2º', 'Maquinação dos posições emm11/12 + 2D - 1º' e 'Reduções - 3º'. As células de tempo estimado e tempo real estão atualmente vazias.

	Tarefa	Tempo estimado	Tempo real
2363_emf01/02	Reduções - 2º		
2364	Maquinação dos posições emm11/12 + 2D - 1º		
2388_emm01	Reduções - 3º		

Figura 47 - Exemplo de ficha de planeamento diário

Quadro geral

É um quadro com o planeamento geral de toda a produção bem como outras informações adicionais (Figura 48), tem como objetivo:

- Identificar as necessidades de produção em cada um dos setores;
- Identificar os moldes em situação mais crítica ou com atrasos;
- Preparar os colaboradores para visitas do cliente;
- Facilitar a comunicação entre os setores em casos de dúvidas ou problemas.

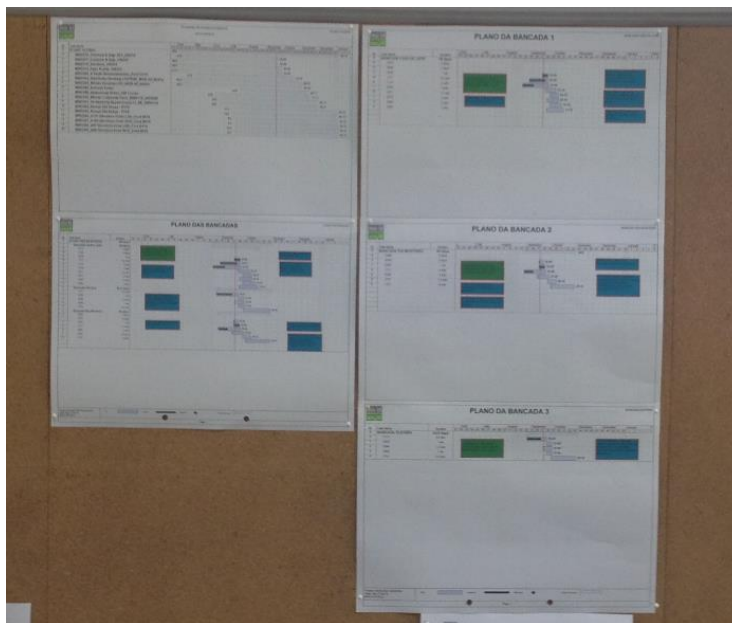


Figura 48 - Planeamento geral da fábrica

CONCLUSÕES

8 CONCLUSÕES

Esta dissertação tinha como objetivo identificar as oportunidades de melhoria no processo produtivo de um molde de injeção. Neste capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido ao longo deste projeto.

Após uma primeira análise às atividades desenvolvidas na empresa foi possível identificar um conjunto de fontes de desperdício ou deficiências, nomeadamente nas atividades de encomenda e controlo de matéria-prima, produção de componentes moldantes e *layout* fabril.

Ao nível do processo produtivo, o trabalho incidiu na aplicação da ferramenta 5S por todos os setores e na normalização de tarefas no setor de maquinagem de componentes moldantes de um molde, com vista a reduzir os tempos de *setup* e tarefas desnecessárias. A aplicação dos 5S permitiu uma melhoria a nível da organização do espaço e introdução de uma cultura de combate ao desperdício por parte dos colaboradores. Tendo como foco a diminuição do desperdício, o sistema de paletização implementado mostrou-se valioso na redução dos tempos de *setup* do processo produtivo em 30% e um aumento de 10% na quantidade de componentes produzidos.

Em relação à encomenda e controlo de matéria-prima, foi possível desenvolver um documento existente e torna-lo numa ferramenta que tem como objetivo não só a encomenda de matéria-prima, mas também controlar e gerir o produto durante toda a cadeia.

A análise do *layout* veio demonstrar a necessidade de alterações em vários setores com vista a reduzir movimentações e melhorar o fluxo produtivo. Nesse sentido a proposta de melhoria foi construída com base em alguns aspetos do *layout* que resultavam em fontes de desperdício, tanto em tempos de transporte como transportes desnecessários e desorganização do produto em curso. A criação das células de fabrico e dos armazéns para *stock* intermédio vieram reduzir as distâncias e tempos percorridos ao longo de todo o processo.

Em suma, este trabalho possibilitou o desenvolvimento de propostas de melhoria com vista ao aumento da produtividade e diminuição do desperdício. Pode-se afirmar que as propostas que foram implementadas ao longo da escrita desta dissertação apresentam resultados visíveis à exceção da implementação dos 5S na bancada que ainda se encontra em desenvolvimento em duas das três bancadas.

A grande dificuldade deste trabalho foi a recolha de dados no chão de fábrica, pois o processo de fabrico utilizado neste tipo de industria tem demasiadas variáveis quer no produto final, quer nas etapas para o conseguir. No entanto com o apoio dos colaboradores da empresa foi possível alcançar os objetivos traçados neste projeto.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE
INFORMAÇÃO**

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

Cefamol (2014). "A Indústria Portuguesa de Moldes."

Drew, J., et al. (2004). *Journey to lean. Making organizational change stick*, Palgrave MacMillan, New York.

Greif, M. (1991). *The visual factory: building participation through shared information*, CRC Press.

Iannone, R.; Nenni, M. E. (2013). *Managing OEE to Optimize Factory Performance*, Operations Management, Prof. Massimiliano Schiraldi (Ed.), InTech

Instituto Kaizen Portugal. (2010). *Manual TFM*. Portugal: Kaizen Institute

Jonsson, P. and M. Lesshammar (1999). "Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems-the role of OEE." *International Journal of Operations & Production Management* **19**(1): 55-78.

Liker, D. (2005). *JK e Meier. The Toyota Way Fieldbook*, McGraw-Hill.

Machado (2008). "*Total Flow Management na Indústria*"
Kaizen Institute da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto."

Nakajima, S. (1988). "Introduction to TPM: Total Productive Maintenance.(Translation)."
Productivity Press, Inc., 1988: 129.

Reinert, A. F. (2004). *Moldes de Injeção. Sociedade Educacional de Santa Catarina – Centro de Educação Tecnológica do Paraná –CETT PR.*

White, S. A. (2004). "Introduction to BPMN." *IBM Cooperation* **2**(0): 0.

White, S. A. (2008). BPMN modeling and reference guide: understanding and using BPMN, Future Strategies Inc.

Womack, J., & Jones, D. (2004). "Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation."

Womack, J. P., et al. (1990). Machine that changed the world, Simon and Schuster.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo A: Exemplo de Ficha Técnica de um molde

mo Id	Ficha Técnica Molde				Molde N°	Cliente N°	Índice
wo Id					2362	1125	
Designação:	Pare Boue Av D/G - P1UO - MOU02219			Referência:	MOU022194		N° Cavidades
Material a injectar				Contração:	%		1+1
Envio de Desenho Preliminar							0 dias
<input checked="" type="checkbox"/> OK Comercial	<input checked="" type="checkbox"/> CADEM	Data de Preliminar			Data de envio de preliminar		
Info							
Maquina de Injecção Prevista						Dimensões/Peso do Molde	
PRENSA			Tonelagem	2000T		Largura	mm
Aperto prensa			Entre colunas horiz.			Altura	mm
Dia. anilha centr.			Entre colunas vert.			Espessura	mm
Penetração do bico			Espessura máxima			Peso l.fixo	Kg
Raio do bico			Espessura mínima			Peso l.móvel	Kg
						Peso TOTAL	Kg
Materiais							
Componente	Material	TT	Componente	Material	TT	Componente	Ref / Marca
Estrutura	XC48		Porta Macho			Tipo de	
Cavidade	PT110		Postiços			Acessórios	
Macho	PT110					Lig. Eléctricas	
Movimentos	12738	Ntr.				Lig. Hidráulicas	
Porta Cavidade						Lig. Refriger.	
Tipo de Construção	<input type="checkbox"/> Monobloco	Numero de movimentos	<input type="checkbox"/> A Extracção	Acabamentos			
	<input type="checkbox"/> Em Elementos		<input type="checkbox"/> A Junta	Parte Fixa	320		
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Parte Móvel	320		
Injecção							
<input type="checkbox"/> Convencional	<input checked="" type="checkbox"/> Bloco quente		<input type="checkbox"/> Bico quente				
Extracção							
Curso:	mm	Accionamento	<input type="checkbox"/> KO	<input checked="" type="checkbox"/> Hidráulico	(marca)	<input type="checkbox"/>	
Marcações							
Chapas:		Datador:		N° Cav.:			
Logotipos:		Referencias:					
Elementos a fornecer pelo cliente		Data prevista	Data recepção	Obs.			
<input type="checkbox"/>	Desenho peça (papel)						
<input type="checkbox"/>	Ficheiro 2D						
<input checked="" type="checkbox"/>	Ficheiro 3D						
<input type="checkbox"/>	Modelo/amostra						
<input type="checkbox"/>	Desenho de molde						
<input checked="" type="checkbox"/>	Material para ensaios						
<input type="checkbox"/>							
Posicionamento da Modelação							
.....							
.....							
.....							
Observações							
.....							
.....							
.....							
Distribuição				Emissão			
<input type="checkbox"/> Dir Técnica	<input type="checkbox"/> Projecto	<input type="checkbox"/>	Emitido por:	Data	Rubrica		
<input type="checkbox"/> Planeamento	<input type="checkbox"/> Bancada	<input type="checkbox"/>					

mo Id		Verificação / Aprovação de Projecto		Molde Nº	
wo Id				2362	
Designação:			Pare Boue Av D/G - P1UO		Referência: MOU022194
	ESTRUTURA	✓	Observações / Alterações		Execução
1	Aços	<input type="checkbox"/>			
2	Rasgos para aperto	<input type="checkbox"/>			
3	Furos para guindaste	<input type="checkbox"/>			
4	Localização dos apoios	<input type="checkbox"/>			
5	Travamento do molde	<input type="checkbox"/>			
6	Guiamento do molde	<input type="checkbox"/>			
7		<input type="checkbox"/>			
8		<input type="checkbox"/>			
9		<input type="checkbox"/>			
	ZONAS MOLDANTES	✓			
10	Aços	<input type="checkbox"/>			
11	Tratamentos Térmicos	<input type="checkbox"/>			
12	Definição das áreas postçadas	<input type="checkbox"/>			
13	Definição da junta	<input type="checkbox"/>			
14	Ângulos de saída geral	<input type="checkbox"/>			
15		<input type="checkbox"/>			
16		<input type="checkbox"/>			
17		<input type="checkbox"/>			
	MOVIMENTOS	✓			
18	Aços	<input type="checkbox"/>			
19	Tratamentos Térmicos	<input type="checkbox"/>			
20	Guiamento	<input type="checkbox"/>			
21	Accionamento	<input type="checkbox"/>			
22	Travamento	<input type="checkbox"/>			
23	Refrigeração	<input type="checkbox"/>			
24	Curso	<input type="checkbox"/>			
25		<input type="checkbox"/>			
26		<input type="checkbox"/>			
27		<input type="checkbox"/>			
	INJEÇÃO	✓			
28	Localização dos pontos	<input type="checkbox"/>			
29	Tipo	<input type="checkbox"/>			
30	Bico de injeção	<input type="checkbox"/>			
31	Dimensões do gito e canais	<input type="checkbox"/>			
32	localização saída dos fios	<input type="checkbox"/>			
33		<input type="checkbox"/>			
34		<input type="checkbox"/>			
35		<input type="checkbox"/>			
	EXTRACÇÃO	✓			
36	Curso	<input type="checkbox"/>			
37	Dimensões dos extractores	<input type="checkbox"/>			
38	Localização dos extractores	<input type="checkbox"/>			
39	Válvulas / jactos de ar	<input type="checkbox"/>			
40	Quantidade e posição ko's	<input type="checkbox"/>			
41	Recuo	<input type="checkbox"/>			

mo Id		Verificação Final do Projecto		Molde Nº	
wo Id				2362	
Designação:			Pare Boue Av D/G - P1UO		Referência: MOU022194
Manuseamento			<input checked="" type="checkbox"/>		
1	Olhais equilibrio peça a peça	<input type="checkbox"/>			
2	Olhais equilibrio lado Fixo	<input type="checkbox"/>			
3	Olhais equilibrio lado Móvel	<input type="checkbox"/>			
4	Olhais equilibrio Molde	<input type="checkbox"/>			
5	Rasgos de alavanca	<input type="checkbox"/>			
6	Barra de Segurança	<input type="checkbox"/>			
7	Barra de Transporte	<input type="checkbox"/>			
8		<input type="checkbox"/>			
9		<input type="checkbox"/>			
10		<input type="checkbox"/>			
Injecção			<input checked="" type="checkbox"/>		
11	Tipo	<input type="checkbox"/>			
12	Saída Fios	<input type="checkbox"/>			
13	Fichas eléctricas	<input type="checkbox"/>			
14	Esquemas	<input type="checkbox"/>			
15		<input type="checkbox"/>			
16		<input type="checkbox"/>			
17		<input type="checkbox"/>			
Movimentos			<input checked="" type="checkbox"/>		
18	Curso	<input type="checkbox"/>			
19	Limitadores	<input type="checkbox"/>			
20	Ligações do accionamento	<input type="checkbox"/>			
21	Caixas de ligação	<input type="checkbox"/>			
22	Recores	<input type="checkbox"/>			
23	Micro interruptores	<input type="checkbox"/>			
24	Ligações eléctricas	<input type="checkbox"/>			
25		<input type="checkbox"/>			
26		<input type="checkbox"/>			
27		<input type="checkbox"/>			
			<input checked="" type="checkbox"/>		
28		<input type="checkbox"/>			
29		<input type="checkbox"/>			
30		<input type="checkbox"/>			
31		<input type="checkbox"/>			
32		<input type="checkbox"/>			
Extracção					
33	Curso	<input type="checkbox"/>			
34	Tipo de Accionamento	<input type="checkbox"/>			
35	Ligações accionamento	<input type="checkbox"/>			
36	Recores	<input type="checkbox"/>			
37	Caixas de ligação	<input type="checkbox"/>			
38	Micro interruptores	<input type="checkbox"/>			
39	Ligações eléctricas	<input type="checkbox"/>			
40		<input type="checkbox"/>			
41		<input type="checkbox"/>			
42		<input type="checkbox"/>			
Circuitos de Regulação			<input checked="" type="checkbox"/>		
43	Localização Entradas/Saídas	<input type="checkbox"/>			
44	Marcações	<input type="checkbox"/>			
45	Tipo de Recores	<input type="checkbox"/>			
46	Caixas de ligação	<input type="checkbox"/>			
47	Esquemas	<input type="checkbox"/>			
48		<input type="checkbox"/>			
49		<input type="checkbox"/>			
50		<input type="checkbox"/>			
Standard Cliente			<input checked="" type="checkbox"/>		
51	Placas de identificação	<input type="checkbox"/>			
52	Placas de Esquemas	<input type="checkbox"/>			
53	Sistemas de aperto rápido	<input type="checkbox"/>			
54	Anilhas de Centragem	<input type="checkbox"/>			
55	Sondas temperatura	<input type="checkbox"/>			
56	Sensores pressão	<input type="checkbox"/>			
57	Placas isolantes	<input type="checkbox"/>			
58	Marcações peça	<input type="checkbox"/>			
59	Marcações molde geral	<input type="checkbox"/>			
60	Processo Molde	<input type="checkbox"/>			
61		<input type="checkbox"/>			
62		<input type="checkbox"/>			
63		<input type="checkbox"/>			
64		<input type="checkbox"/>			
65		<input type="checkbox"/>			
OBSERVAÇÕES					
Desenhador		Gestor de Projecto		Responsável GBT	
<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Data:		Data:		Data:	
<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Legenda:					
<input checked="" type="checkbox"/>	Verificado	<input type="checkbox"/>	Aprovado		

Anexo B: Tempos de transporte (estado inicial)

Rotas	Observações	Distância (m)	Tempo(min)
		Total	Total
A1 – 1	Transporte dos blocos do armazém para a nave 4	20	5
1 – 2	Transporte pelas máquinas durante as operações	6	9
2 – 3	Transporte do bloco para maquinação 2D/2D lateral	6	3
3 – A2	Transporte do bloco para o armazém intermédio, em espera até proxima operação	24	8
A2 – 4	Transporte entre as operações de 2D/2D lateral	8	3
4 - A2	Transporte para o armazém A2	18	6
A2 – 5	Transporte para furação de águas	4	2
5 – 6	Transporte para o setor da Erosão	12	5
6 - B	Transporte para a bancada	6	2
A1 – 7	Transporte das placas para maquinagem e furação	16	5
7 - A2	Transporte das placas para <i>stock</i> intermédio até serem montadas	20	8
A2 - B	Transporte das placas para a Bancada	8	5
A1 - 8	Transporte da matéria-prima para componentes moldantes para cada máquina	26	16
8	Movimentações entre as máquinas não definidas, feitas de maneira casual	20	9
8 - A2	Transporte de componentes moldantes maquinados para o armazém intermédio	16	22
	Feito à medida que os trabalhos são terminados e individualmente		
A2 - B	Transporte dos componentes para a bancada à medida que são necessário,	10	5
	feito individualmente pelo operador responsável da máquina		
Total		220	113

Anexo C: Rotas e tempos de transporte (estado final)

Rotas	Observações	Distância (m)	Tempo(min)
		Total	Total
A1 – 1	Transporte dos blocos do armazém para a nave 4	20	5
1 – 2	Transporte pelas máquinas durante as operações	6	9
2 – 3	Transporte do bloco para maquinação 2D/2D lateral	6	3
3 – A2	Transporte do bloco para o armazém intermédio, em espera até proxima operação	24	8
A2 – 4	Operações de 2D e 2D lateral	8	3
4 – A3	Transporte para o armazém A3	4	1
A3 – 5	Transporte para furação de águas	20	4
5 – 6	Transporte para o setor da Erosão	8	5
6 - B	Transporte para a bancada	4	1
A1 – 7	Transporte das placas para maquinagem e furação	16	5
7 – A1	Transporte das placas para armazém A1 até serem montadas	12	5
A1 - B	Transporte das placas para a Bancada	4	2
A4 – A5	Transporte da matéria-prima para A5	22	5
A5 – 8 – A6	Transporte durante o processo de preparação e maquinagem dos componentes	14	4
A6 – B	Transporte de produto finalizado para a bancada (carrinho de transporte)	20	4
	Total	188	64