



Projeto

Mestrado em Engenharia Mecânica-Produção Industrial

***Aplicação dos princípios LEAN MANAGEMENT ao
projeto de moldes para injeção***

José António Gomes Ferreira

Leiria, fevereiro de 2016



Projeto

Mestrado em Engenharia Mecânica-Produção Industrial

***Aplicação dos princípios LEAN MANAGEMENT ao
projeto de moldes para injeção***

José António Gomes Ferreira

Projeto de Mestrado realizado sob a orientação da Doutora Irene Sofia Carvalho Ferreira, Professora da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e coorientação do Doutor Joel Oliveira Correia Vasco, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, fevereiro de 2016

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

“Não podemos resolver os problemas usando a mesma forma
de pensamento que usamos quando os criamos”.

Albert Einstein

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Agradecimentos

A elaboração deste trabalho foi o início de uma nova etapa da minha vida pessoal e profissional. Para que este objetivo fosse possível de alcançar, além de um grande esforço pessoal, foi fundamental o apoio dado pelos familiares, amigos, professores e colegas, assim, como todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

Em especial, quero agradecer há minha esposa e filhas pela motivação e apoio dado no decorrer desta caminhada.

Aos meus orientadores, Professora Doutora Irene Ferreira e Professor Doutor Joel Vasco pela sua disponibilidade, pelo imprescindível auxílio, pelo acompanhamento dado na realização deste trabalho e pelo privilégio que foi trabalhar em conjunto, estimulando-me intelectualmente.

Ao Eng.º Eduardo Carregueiro que me despertou o interesse pela filosofia *Lean* nos seus ensinamentos.

À direção da Tecnifreza pela disponibilidade manifestada em fornecer a informação necessária para a realização deste estudo.

A todos os meus colegas de trabalho e de mestrado pelo companheirismo, ajuda, disponibilidade e motivação.

Aos professores que conheci na Escola Superior de Tecnologia e Gestão e que me auxiliaram na construção desta caminhada de conhecimento.

A todos o meu sentido e sincero obrigado.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Resumo

Num mercado globalizado e extremamente competitivo, a escolha de uma metodologia de gestão é determinante para ditar o sucesso ou fracasso de uma empresa.

O investimento em capital humano e tecnológico deve ser acompanhado por uma gestão de processos, rápida e eficaz, que direcione a organização para uma redução dos custos de um produto ou serviço.

Nos últimos anos, vários autores têm demonstrado que uma das estratégias utilizadas para atingir este objetivo tem sido a aplicação da metodologia *Lean Management*, que ganhou reputação pelos resultados positivos alcançados.

Este projeto foi elaborado em contexto industrial, no departamento de projeto da empresa Tecnofreza S.A., e teve como principal objetivo demonstrar que é possível obter uma diminuição do tempo de execução do projeto de um molde (*lead time*), através da aplicação dos princípios *Lean Management*.

A metodologia utilizada assentou no registo detalhado de atividades predefinidas, ocorridas durante o projeto, baseada numa amostra constituída por nove moldes que melhor representam a realidade/tipologia produtiva da empresa.

Após a análise dos dados obtidos, verifica-se que o desvio médio é de 91,7% entre o tempo de projeto inicialmente previsto pela direção e o tempo efetivo registado. Identificaram-se ainda as principais atividades que não acrescentaram valor aos projetos em estudo. Estas atividades, consideradas como desperdícios, perfazem no seu conjunto 34,6% do tempo total. Foram então sugeridas propostas de melhoria, de modo a reduzir ou eliminar estes tempos. De forma a avaliar o impacto destas propostas, foram realizadas estimativas tendo por base os dados de um molde tipo.

Os resultados obtidos demonstram que, com a implementação das propostas de melhoria, são alcançados ganhos significativos na redução do *lead time* do projeto e consequentemente no tempo total de fabrico do molde. A antecipação na entrega dos desenhos 3D para a fabricação revela-se bastante evidente, existindo ainda um aumento no nivelamento da entrega de projetos para a fabricação.

Face aos resultados apresentados verifica-se que a implementação de princípios *Lean* no departamento de projeto mostra-se potencialmente vantajosa, em particular com a introdução de células de trabalho e a realização do ciclo PDCA.

Palavras-chave: *Lean, moldes, projeto, muda, lead time.*

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Abstract

In a highly competitive and globalized market, the selection of a management methodology is determinant for the success or failure of a company.

The investment in human and technological capital needs to be accompanied by a fast and effective process management that leads the organization to a cost reduction of the product or service.

In recent years, many authors have shown that one of the strategies used to achieve this goal has been the application of the Lean Management methodology, which earned reputation based on the positive results obtained.

This project was carried out in an industrial context in the engineering department of Tecnifreza SA. Its primary goal was to demonstrate that it was possible to obtain a decrease in the execution time of a mould (lead time) through the application of Lean Management principles.

The used methodology was based on a detailed record of default activities that occurred during the project, built on a sample of nine moulds, which better represent the production reality/typology of the company.

After the analysis, it stands that the average deviation between design time initially planned by the management and the actual time recorded is 91,7%. The main activities that did not add any value to the project were identified. These activities which were considered waste, represented as a whole, 34,6% of total time. Therefore, some improvement proposals were suggested in order to reduce or eliminate this waste time. A study based on a typical mould was developed to evaluate the impact of those proposals.

The obtained results show that, with the implementation of those improvement proposals, it is possible to achieve a significant reduction of the project's lead time and consequently, a reduction in the total time of the mould production. As a result, it is achieved an anticipation of the delivery of the 3D drawings to the production line, as well as a more balanced delivery of the projects to the manufacturing.

Given the results achieved, it is possible to conclude that the implementation of Lean principles show improvement potential to the mould engineering department, in particular with the introduction of working cells and the execution of the PDCA cycle.

Keywords: *Lean, moulds, design, muda, lead time.*

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de figuras

Figura 1 - Fluxograma das etapas de gestão da informação do projeto (Adaptado de Harada, 2006).	5
Figura 2 - Casa do TPS (Pinto, 2009b adaptado de Liker et al., 2004).	11
Figura 3 - Separação entre o homem e a máquina (<i>Takt Consultoria Lean</i>).	13
Figura 4 - Conceito do <i>Jidoka</i> (Shingo, 1989).	13
Figura 5 - Princípios <i>Lean</i> (Adaptado de <i>Lean Enterprise Institute</i>).	15
Figura 6 - Casa do <i>Lean</i> (Gonçalves, 2010).	21
Figura 7 - Oito pilares do TPM (Ahuja e Khamba, 2008).	25
Figura 8 - Melhoria contínua baseada no ciclo PDCA (Adaptado de Pinto, 2009b).	33
Figura 9 – Tecnofreza.	40
Figura 10 - <i>Layout</i> da sala de projeto (Tecnofreza S.A.).	40
Figura 11 - <i>Template</i> da folha de registo da análise de tempos.	43
Figura 12 – Modelo 3D do molde nº 1.	46
Figura 13 – Modelo 3D do molde nº 2.	46
Figura 14 – Modelo 3D do molde nº 3.	47
Figura 15 – Modelo 3D do molde nº 4.	47
Figura 16 – Modelo 3D do molde nº 5.	48
Figura 17 – Modelo 3D do molde nº 6.	48
Figura 18 – Modelo 3D do molde nº 7.	49
Figura 19 – Modelo 3D do molde nº 8.	50
Figura 20 – Modelo 3D do molde nº 9.	50
Figura 21 – Análise do <i>lead time</i> previsto vs real.	51
Figura 22 – <i>Lead time</i> médio dos nove moldes: previsto vs real.	52
Figura 23 – Análise de tempos de execução do molde nº 1.	54
Figura 24 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 1.	55
Figura 25 – Análise de tempos de execução do molde nº 2.	55
Figura 26 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 2.	56
Figura 27 – Análise de tempos de execução do molde nº 3.	57
Figura 28 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 3.	57
Figura 29 – Análise de tempos de execução do molde nº 4.	58
Figura 30 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 4.	59

Figura 31 – Análise de tempos de execução do molde nº 5.	59
Figura 32 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 5.	60
Figura 33 – Análise de tempos de execução do molde nº 6.	61
Figura 34 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 6.	61
Figura 35 – Análise de tempos de execução do molde nº 7.	62
Figura 36 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 7.	63
Figura 37 – Análise de tempos de execução do molde nº 8.....	63
Figura 38 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 8.	64
Figura 39 – Análise de tempos de execução do molde nº 9.	65
Figura 40 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 9.	65
Figura 41 – Média da análise do <i>lead time</i> no projeto.	66
Figura 42 – Distribuição das atividades que não agregam valor ao projeto.	67
Figura 43 – Distribuição das etapas do projeto (dois projetistas).	71
Figura 44 – Fluxo dos projetos: 1. Sem equipas de trabalho (A); 2. Com equipas de trabalho (B).	71
Figura 45 – Horas eliminadas/ não eliminadas.	82
Figura 46 – Diagrama de <i>Gantt</i> do <i>lead time</i> esperado.	84
Figura 47 – Comparação de <i>lead time</i>	85
Figura 48 – Tempos de entrega de desenhos 3D para fabricação.	86
Figura 49 – Moldes desenhados anualmente na metodologia atual (dois projetistas).	87
Figura 50 – Moldes desenhados anualmente na metodologia <i>Lean</i> (dois projetistas).	88
Figura 51 – Projetos realizados anualmente.	89

Lista de tabelas

Tabela 1 - Especificações para execução de um desenho preliminar (Centimfe, 2006).....	4
Tabela 2 - Sete tipos de desperdícios da indústria de moldes (Peças <i>et al.</i> , 2003).....	35
Tabela 3 - Dez classes de desperdícios adaptados ao departamento de projeto (Adaptado de Bauch, 2004).	36
Tabela 4 - Atividades/tarefas consideradas no cronograma.....	44
Tabela 5 – Reunião de abertura de projeto.....	73
Tabela 6 – Mecanismos utilizados no projeto de moldes.....	75
Tabela 7 – Tempo despendido por atividade no molde nº9.	79
Tabela 8 – Redução de tempos na atividade nº2.	80
Tabela 9 – Redução de tempos na atividade nº3.	80
Tabela 10 – Redução de tempos atividade nº4.....	81
Tabela 11 – Redução de tempos atividade nº7.....	81
Tabela 12 – Total de tempos não eliminados.....	82
Tabela 13 – Registo de tempos em cada fase do projeto (molde nº9).....	83

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de siglas

- 2D** - Bidimensional
- 3D** - Tridimensional
- 5S** - Cinco Sentos
- CAD** – Desenho Assistido por Computador (*Computer Aided Design*)
- CAM** – Maquinação Assistida por Computador (*Computer Aided Manufacturing*)
- CNC** – Comando Numérico Computadorizado
- ETO** – Produção por Encomenda (*Engineer-to-order*)
- GM** - *General Motors*
- IED** – Mudança de Ferramenta Interna (*Internal exchange of die*)
- IP** – Protocolo de Comunicação de Rede (*Internet Protocol*)
- ISO** – Organização Internacional de Normalização (*International Organization for Standardization*)
- JIT** - No Momento Certo (*Just-in-Time*)
- MTM** - Método de Medição dos Movimentos Elementares (*Methods-time measurement*)
- NC** - Controlo Numérico (*Numerical Control*)
- NHS** – Sistema Nacional de Saúde (*National Health Service*)
- OED** - Mudança de Ferramenta Externa (*Outer exchange of die*)
- PDCA** – Planear, Executar, Verificar, Agir (*Plan, do, check, act*)
- SMED** – Mudança Rápida de Ferramenta (*Single Minute Exchange of Die*)
- TI** - Tecnologias de Informação
- TMC** - *Toyota Motors Corporation*
- TPM** – Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance*)
- TPS** – Sistema de Produção Toyota (*Toyota Production System*)
- TQM** – Gestão de Qualidade Total (*Total Quality Management*)
- VSM** – Mapa do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping*)
- WIP** – Trabalho em Curso (*Work-in-Progress*)

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice

AGRADECIMENTOS	V
RESUMO	VII
ABSTRACT	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABELAS	XIII
LISTA DE SIGLAS	XV
ÍNDICE	XVII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.1.1. Conceção e desenvolvimento de moldes.....	3
1.2. Relevância do tema.....	5
1.3. Objetivos.....	6
1.4. Estrutura do trabalho.....	7
2. ESTADO DA ARTE – LEAN MANAGEMENT	9
2.1. Origem de <i>Lean</i>	9
2.2. <i>Toyota Production System</i> - TPS.....	10
2.2.1. <i>Just-in-Time</i> - JIT.....	11
2.2.2. <i>Jidoka</i>	12
2.3. Definição de <i>Lean Management</i>	14
2.4. Os cinco princípios <i>Lean</i>	15
2.5. Os sete desperdícios.....	17
2.6. Ferramentas <i>Lean Management</i>	21
2.6.1. VSM – Mapeamento do fluxo de valor.....	21
2.6.2. 5 S (sensos).....	22
2.6.3. TPM – Manutenção produtiva total.....	24
2.6.4. Qualidade na origem “ <i>Poka-yoke</i> ”.....	26
2.6.5. Gestão visual.....	26
2.6.6. Trabalho padronizado “ <i>Standard work</i> ”.....	27
2.6.7. SMED - Redução do <i>setup</i>	28
2.6.8. Redução da dimensão do lote “ <i>one piece flow</i> ”.....	29
2.6.9. Produção em célula de fabrico (em fluxo contínuo).....	29

2.6.10. <i>Takt Time</i> – Balanceamento da produção.....	30
2.6.11. <i>Heijunka</i> - Nivelamento da produção.....	31
2.6.12. <i>Kanban</i> – Sistemas de puxar.....	31
2.6.13. <i>Kaizen</i> – Melhoria contínua.....	32
2.7. <i>Lean</i> na indústria de moldes.....	34
2.7.1. <i>Lean</i> na produção de moldes.....	34
2.7.2. <i>Lean</i> no projeto de moldes.....	36
3. CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO E METODOLOGIA	
UTILIZADA.....	39
3.1. Caracterização do caso de estudo.....	39
3.1.1. Apresentação da empresa.....	39
3.1.2. Departamento de projeto - Tecnofreza.....	40
3.2. Metodologia utilizada.....	43
3.2.1. Descrição do objeto de estudo.....	45
4. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	51
4.1. Análise preliminar.....	51
4.2. Análise do <i>lead time</i> no projeto.....	53
4.2.1. <i>Lead time</i> dos nove moldes.....	53
4.2.2. Análise de resultados do <i>lead time</i> no projeto.....	66
4.3. Propostas de melhoria com a aplicação de princípios <i>Lean Management</i>	70
4.3.1. Mudanças de trabalho.....	70
4.3.2. Correções / alterações.....	72
4.3.3. Falta de informação externa.....	76
4.3.4. Paragem de trabalho/outros.....	76
4.3.5. Erros ou falhas das TI.....	77
4.3.6. Falta de informação interna.....	77
5. RESULTADOS ESPERADOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DAS PROPOSTAS	
DE MELHORIA.....	79
5.1. <i>Lead time</i> esperado após aplicação dos princípios <i>Lean Management</i>	83
5.2. Ganhos expectáveis após aplicação dos princípios <i>Lean Management</i>	85
5.2.1. Ganhos no <i>lead time</i>	85
5.2.2. Ganhos na antecipação da entrega dos desenhos 3D para a produção.....	86
5.2.3. Ganhos no nivelamento da produção.....	87
5.2.4. Ganho anual de moldes projetados.....	88

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	91
6.1. Conclusões finais	91
6.2. Trabalhos futuros	94
BIBLIOGRAFIA	97

ANEXOS

ANEXO I - Plano de Produção	
ANEXO II - Análise de Tempos: Molde nº1	
ANEXO III - Análise de Tempos: Molde nº2	
ANEXO IV - Análise de Tempos: Molde nº3	
ANEXO V - Análise de Tempos: Molde nº4	
ANEXO VI - Análise de Tempos: Molde nº5	
ANEXO VII - Análise de Tempos: Molde nº6	
ANEXO VIII - Análise de Tempos: Molde nº7	
ANEXO IX - Análise de Tempos: Molde nº8	
ANEXO X - Análise de Tempos: Molde nº9	
ANEXO XI - Propostas de Melhoria com a Aplicação de Princípios <i>Lean Management</i>	
ANEXO XII - <i>Checklist</i> de Verificação do Projeto	
ANEXO XIII - Reunião de Abertura de Projeto	
ANEXO XIV - <i>Lead Time</i> Esperado - Diagrama de <i>Gantt</i>	

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Nas últimas décadas, as empresas têm enfrentado desafios cada vez mais exigentes devido principalmente à elevada concorrência resultante da inovação e da globalização dos mercados de bens e serviços. Deste modo, para se manterem competitivas as empresas são forçadas a atuar de forma rápida, eficaz e com qualidade, sem excluïrem a necessidade de suportar os custos inerentes à manutenção da sua competitividade perante as solicitações de um mercado, onde a procura é variada e ao mesmo tempo extremamente exigente (Alves, 2010).

A necessidade de obter a vantagem competitiva leva as organizações a realizarem investimentos em diversas áreas (tecnologia, inovação, marketing, etc.) porém, existe uma alternativa que passa pela eliminação de desperdícios nos processos existentes internamente.

Este cenário faz com que a metodologia de gestão organizacional *Lean Management* tenha vindo a assumir um particular destaque no mercado industrial, pois permite às empresas atuar sobre os desperdícios e melhorar a sua flexibilidade, qualidade, capacidade de resposta, eficiência e em simultâneo diminuir os custos. Tal facto, confere às empresas uma maior atratividade para os clientes e quota de mercado.

Este pensamento organizativo veio reestruturar por completo o método de produção que o universo empresarial adotou desde os seus inícios. Consiste numa filosofia completamente diferente em comparação com as utilizadas na produção em massa, que fez explodir a conceção de automóveis no início do século XX (Gonçalves, 2010). Esta metodologia, proveniente do Toyota Production System (TPS), tem como objetivo principal eliminar todo o tipo de desperdícios, identificando as atividades que absorvem recursos, mas que não criam valor aos processos, concedendo prioridade às necessidades do cliente. Sustentado nesse aspeto, o TPS trabalha num sistema integrado de informações no qual os processos, as pessoas e as ferramentas são simultaneamente interligadas e interdependentes, procurando continuamente, fazer o melhor e ao mesmo tempo, evitando todo o tipo de desperdício (Medeiros, 2010).

O conceito *Lean* não se aplica apenas e exclusivamente aos sistemas de produção industrial (*Lean Production*), podendo adaptar-se às variadíssimas áreas de negócio

empresarial ou público, como por exemplo aos serviços (*Lean Services*), à construção civil (*Lean Construction*) ou até mesmo à saúde (*Lean Healthcare*), entre outros.

Esta filosofia tem vindo a crescer no panorama empresarial nacional e a indústria de moldes metálicos para peças plásticas não é exceção, apesar de por vezes não parecer ser aplicável em ambientes de produção por encomenda ou ETO (*engineer-to-order*).

Nos últimos anos, a criação de novos projetos que visam desenvolver a aplicação *Lean Management* na indústria de moldes, como por exemplo o *Tooling Edge* (produção sustentável de elevado desempenho), cujo objetivo principal é o desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico, metodologias de trabalho e organização inovadoras adaptadas ao setor dos moldes, têm contribuído de uma forma positiva para a sensibilização da necessidade da aplicação deste conceito de gestão no processo de produção (Associação Pool-Net, 2010).

A comunidade académica também tem contribuído de forma significativa para o desenvolvimento de projetos, através da pesquisa de informação e aplicação do conhecimento à realidade das empresas do sector.

Com vista à obtenção de melhorias no trinómio custo/tempo/qualidade, tem-se constatado que neste setor industrial a aplicação de princípios e técnicas da metodologia *Lean* têm sido tendencialmente utilizadas na área da produção. No entanto, a fase de conceção e desenvolvimento do molde assume igual importância, uma vez que um molde projetado dentro do prazo previsto e tecnicamente bem estruturado, evita desperdícios em fases posteriores de todo o processo produtivo. A negligência destas consequências pode levar à perda de confiança por parte do cliente e em determinados casos conduzir a penalizações monetárias por incumprimento dos prazos de entrega.

De salientar que nem todas as técnicas, princípios e ferramentas de *Lean Management* são adequadas ao departamento de projeto, devendo para tal, ser adaptadas ao contexto dos processos a melhorar.

Por forma a integrar o *Lean* nos departamentos de engenharia, surgiu nos últimos anos o conceito *Lean Engineering*. É um processo de melhoria contínua e foi desenvolvido para aumentar a eficiência e capacidade dos departamentos de engenharia dentro das empresas de produção, tornando-os mais competitivos (D3 Technologies, 2010).

1.1.1. Conceção e desenvolvimento de moldes

O aumento do desenvolvimento tecnológico no fabrico de moldes para injeção de termoplásticos tem sido impulsionado pela produção de peças cada vez mais complexas, nas quais a exigência de alta qualidade está sempre associada. A crescente pressão para a redução dos custos de produção exige conseqüentemente quedas significativas no custo de fabricação dos moldes, sem que o padrão de qualidade seja posto em causa.

A conceção cuidada de um molde é o principal ponto para garantir um alto nível de produção e uma baixa manutenção ao molde. Portanto, durante o seu desenvolvimento devem ser analisados diversos fatores técnicos, de modo a que a possibilidade de existirem erros/falhas seja minimizada, evitando assim um inflacionamento dos custos finais de fabricação. Esses fatores técnicos implicam elevadas exigências na área do projeto, principalmente quanto à garantia obtida no resultado final, permitindo assim uma produção mais eficiente.

O desempenho eficaz de um molde de injeção está diretamente relacionado à responsabilidade com que o projeto foi desenvolvido, quer na conceção a nível funcional, quer na definição dos materiais e processos a utilizar (Harada, 2006).

A redução do tempo de fabrico de um molde, resultante da pressão dos mercados, origina que a produção do molde se inicie quase simultaneamente com a etapa de conceção e desenvolvimento. Esta proximidade exige ao departamento de projeto uma resposta rápida e eficaz, de modo a que não existam tempos de espera na produção.

De acordo com o Centimfe (2003), o valor de referência para o tempo de elaboração de um projeto ocupa 1/3 do tempo útil para o seu fabrico. Este tempo pode ser reduzido, se inicialmente for efetuada uma recolha detalhada de toda a informação existente, quer no que respeita ao produto (peça plástica), quer no respeitante ao molde a fabricar. Geralmente, este processo é realizado pelo departamento comercial que posteriormente envia toda a informação para o departamento de projeto.

A Tabela 1 apresenta algumas das especificações necessárias a obter para iniciar a elaboração de um desenho preliminar do molde. Entende-se como desenho preliminar ou anteprojecto à designação atribuída a uma primeira abordagem ao projeto de um molde para uma peça plástica. Normalmente é caracterizado por ser um desenho de execução rápida, pouco detalhado a nível de pormenores e dimensões, e que de uma forma clara e perceptível, define os elementos e mecanismos fundamentais do molde. O preliminar no fim de executado deverá ser sempre submetido à aprovação do cliente (Cefamol, 2006).

Tabela 1 - Especificações para execução de um desenho preliminar (Centimfe, 2006).

Sobre o produto (peça plástica)	Sobre o molde
<ul style="list-style-type: none">• Desenhos e/ou ficheiros	<ul style="list-style-type: none">• Tipo de molde
<ul style="list-style-type: none">• Material a moldar (características)	<ul style="list-style-type: none">• Quantidades de cavidades
<ul style="list-style-type: none">• Fator de contração	<ul style="list-style-type: none">• Materiais e tratamentos (ex. aços)
<ul style="list-style-type: none">• Tolerâncias	<ul style="list-style-type: none">• Acabamentos das superfícies
<ul style="list-style-type: none">• Aplicação da peça (funcionalidade)	<ul style="list-style-type: none">• Ciclo exigível
	<ul style="list-style-type: none">• Durabilidade (produção peças/ano)
	<ul style="list-style-type: none">• Princípio de funcionamento (manual ou automático)
	<ul style="list-style-type: none">• Tipo de injeção, extração e elementos
	<ul style="list-style-type: none">• Máquina de injeção
	<ul style="list-style-type: none">• Uso de robô ou não
	<ul style="list-style-type: none">• Normas (estrutura e acessórios)

A gestão e recolha da informação é por vezes uma tarefa complexa e demorada uma vez que a entrega de todas as especificações do molde que são da responsabilidade do cliente nem sempre são efetuadas atempadamente. Por vezes são entregues de uma forma faseada, correndo o risco de duplicar informação, incorrer em interpretações erróneas e criar incoerências ao longo do desenvolvimento do projeto do molde tornando-o mais longo.

O fluxograma seguinte (Figura 1) demonstra as etapas de trabalho e gestão da informação recebida do cliente pelo departamento de projeto, desde a entrada até à sua conclusão para fabricação (Harada, 2006).

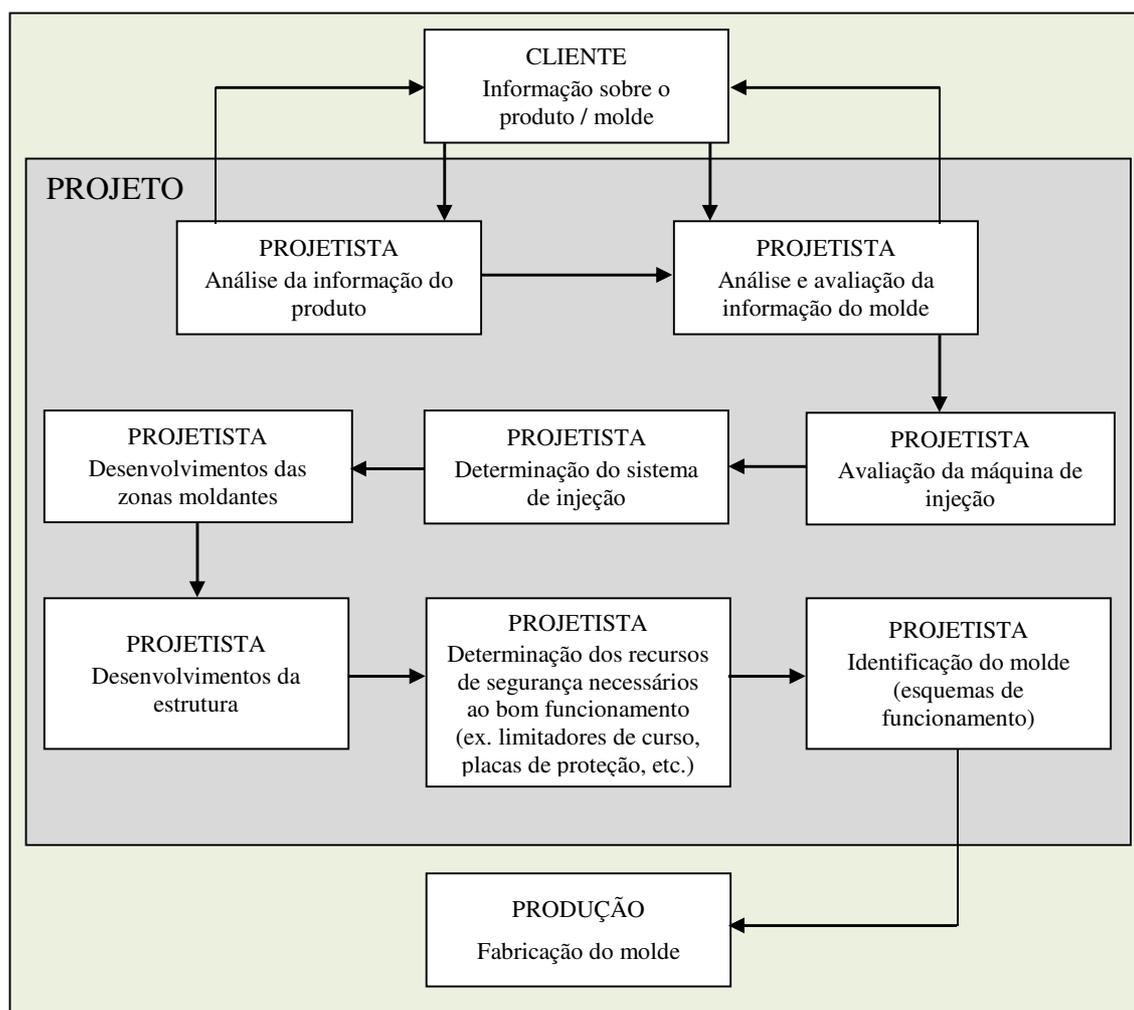


Figura 1 - Fluxograma das etapas de gestão da informação do projeto (Adaptado de Harada, 2006).

1.2. Relevância do tema

As empresas do sector dos moldes para a injeção de plásticos competem cada vez mais entre si e entre empresas de países dos vários continentes, principalmente com os do leste europeu e asiáticos, o que as leva a empenharem-se no cumprimento dos prazos de entrega e na qualidade dos seus produtos, procurando deste modo, otimizar processos para conseguir retirar a máxima eficiência dos recursos existentes, por forma a reduzir os tempos de fabrico.

Das várias etapas que constituem o fabrico do molde a conceção e desenvolvimento é tida como de extrema importância para o cumprimento do prazo final, uma vez que é a partir desta que se desenvolvem todos os processos de fabricação. Torna-se assim necessário

que, tal como as etapas que constituem da área produtiva, existam melhorias na otimização de processos de forma a reduzir tempo de realização dos mesmos. Esta necessidade leva a questionar a aplicação de novas metodologias de trabalho que visem atingir resultados cada vez mais satisfatórios.

Foi este contexto que suscitou o interesse e motivação para estudar a aplicabilidade da metodologia de gestão *Lean* na fase de conceção e desenvolvimento, uma vez que esta se encontra muito pouco explorada.

Deste modo, pretende-se com a elaboração deste trabalho de Mestrado, contribuir de forma positiva para a melhoria do desempenho do departamento de projeto de uma empresa fabricante de moldes de injeção. Para tal será elaborado um diagnóstico, apontadas algumas sugestões de intervenção que conduzam a mais-valias para a indústria de moldes em geral.

1.3. Objetivos

O presente projeto de Mestrado propõe-se atingir os seguintes objetivos:

1. Identificar e compreender todos os aspetos teóricos e práticos dos princípios *Lean Management* desenvolvidos para a produção, definindo-os e caracterizando-os no contexto da conceção e desenvolvimento da indústria de moldes;
2. Analisar os tempos previstos no plano de produção inicial para a execução do projeto de nove moldes exemplo;
3. Recolher tempos de execução do projeto dos nove moldes, tendo como base os registos efetuados;
4. Comparar o tempo previsto e o tempo real de execução e verificar se existe desfasamento entre eles;
5. Identificar as possíveis causas do desfasamento, caso se comprove;
6. Analisar as atividades consideradas relevantes (agregam valor) e irrelevantes (não agregam valor) no *lead time* do projeto de um molde;
7. Diagnosticar as principais causas que originam atividades que não agregam valor no *lead time* do projeto;
8. Propor melhorias nos diversos processos do departamento de projeto baseadas em princípios *Lean Management* com vista a reduzir o *lead time* do projeto;
9. Determinar os resultados esperados (*lead time* e ganhos) após a aplicação das melhorias propostas.

1.4. Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em seis capítulos, que se encontram estruturados de forma a permitir uma melhor compreensão do tema em geral.

Após o capítulo introdutório, o segundo capítulo faz uma abordagem teórica referente à metodologia de gestão *Lean (Lean Management)*: a sua origem; a sua definição; os princípios; a relação entre *Lean* e o *Toyota Production System (TPS)* e os seus pilares de sustentação (*just-in-time* e *jidoka*); os sete desperdícios identificados nas empresas e as principais ferramentas utilizadas na eliminação dos desperdícios numa organização. A teoria abordada sobre *Lean Management* é apresentada de uma forma geral, aplicando-se a todo o tipo de organização, seja esta industrial ou de serviços.

Neste mesmo capítulo é ainda referida a aplicabilidade de *Lean Management* ao fabrico de moldes, embora este tipo de indústria apresente a particularidade de ter um sistema de produção unitária, em que o produto fabricado é tipicamente único e não repetitivo. Enumeram-se os desperdícios identificados nesta metodologia, ajustados à indústria de moldes em geral e ao departamento de projeto em particular.

No terceiro capítulo é caracterizado o caso de estudo, que inclui a descrição da empresa Tecnofreza, assim como o departamento de projeto. Segue-se a descrição da metodologia utilizada e do objeto de estudo envolvido.

No quarto capítulo é efetuada uma análise preliminar aos nove moldes em estudo, onde são comparados os tempos de execução previstos no plano de produção e o reais. São ainda identificadas as causas que podem originar diferenças entre os referidos tempos. De seguida, é efetuada uma análise detalhada aos dados recolhidos dos nove moldes que constituem o objeto de estudo. Esta análise identifica e quantifica as atividades/tarefas (predefinidas) que agregam valor ao projeto em curso ou são consideradas um desperdício. Para cada uma destas atividades são elaboradas propostas de melhoria recorrendo a princípios *Lean Management*, com vista a reduzir o tempo de execução do projeto.

O quinto capítulo apresenta os resultados esperados com as propostas de melhoria, tal como os ganhos obtidos após a sua aplicação.

Por último, o sexto capítulo apresenta uma síntese das principais conclusões a retirar dos resultados obtidos. Neste capítulo, são ainda apresentadas sugestões sobre temas adicionais a considerar em trabalhos futuros.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

2. Estado da Arte – *Lean Management*

2.1. Origem de *Lean*

O conceito *Lean* surgiu no Japão, após a II Guerra Mundial na *Toyota Motor Corporation Ltd.*, num contexto em que os recursos materiais eram escassos, o mercado interno e a logística internacional eram praticamente inexistentes. Deste modo, o desperdício poderia significar a diferença entre o sucesso das empresas e das pessoas.

Devido ao fracasso inerente à conjuntura da época, a Toyota entendeu que não era possível competir com as empresas norte-americanas *Ford* e *General Motors* que utilizavam o método de produção em massa, concluindo que devia desenvolver um sistema de produção que fosse capaz de eliminar radicalmente os desperdícios gerados nos processos produtivos.

Para criar uma filosofia de gestão de sucesso na Toyota, Eiji Toyoda, responsável pela empresa e sobrinho do fundador Kiichiro Toyoda¹, visitou diversas vezes os Estados Unidos da América, de modo a observar os métodos de produção da empresa concorrente líder no mercado automóvel, i.e. Ford.

Com base no observado, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, engenheiro responsável por redesenhar o processo produtivo, concluíram que a produção em massa não funcionaria no Japão, tal como estava implementado na fábrica da Ford em Rouge, Detroit.

Enquanto a indústria americana despendia um grande esforço para reduzir os custos de produção com base na produção em grande volume, a indústria japonesa do pós-guerra limitada pela conjuntura da época, era reconstruída sobre três pilares: redução de custos, redução de material e redução de mão-de-obra. A necessidade de produzir uma vasta gama de veículos: carros de luxo para as autoridades governamentais; camiões grandes para transporte de mercadorias; camiões pequenos para os agricultores e carros pequenos para as cidades populosas a baixo custo, levou o engenheiro da Toyota a desenvolver um sistema de produção disciplinado diferente do habitual modelo “*Fordista*” (Rentes *et al.*, 2003; Womack *et al.*, 1990).

¹ **Kiichiro Toyoda** foi um empresário japonês, filho de Sakichi Toyoda, fundador da *Toyoda Loom Works* que era uma empresa de tecelagem. Kiichiro percebeu a influência que a economia americana exercia sobre a japonesa, Assim decidiu entrar no fabrico de automóveis criando a *Toyota Motor Corporation*, o maior fabricante do mundo automóvel (Toyota, 2012).

Neste contexto, Taiichi Ohno deu início à criação do Toyota Production System (TPS), constituindo o início do que hoje é conhecido como *Lean Thinking*, sistema inovador de produção que visava colmatar os problemas específicos e distintos do mercado japonês relativamente ao mercado americano (Womack *et al*, 1990).

Apesar de o TPS ter sido iniciado nos anos 50, foi só em 1990 que este ficou conhecido com a designação "*Lean*" aquando da publicação do livro "A Máquina que Mudou o Mundo" (*The Machine that Changed the World*) de Womack e Jones, que se referiam a *Lean* como o "antídoto para o desperdício" (Pinto, 2008a).

A validade dos princípios e das soluções *Lean* foi comprovada pelo sucesso de empresas como a *Toyota Motor Corporation* (TMC), que em 2007 alcançou o patamar de topo da indústria automóvel ao destronar da primeira posição a *General Motors* (GM) que, desde 1930, era classificada como a maior empresa do sector (Pinto, 2009a).

2.2. *Toyota Production System - TPS*

Segundo Pinto (2009b), das várias correntes de gestão existentes, a que está na origem de "*Lean*" é o Toyota Production System (TPS), dando este, nos anos quarenta, os seus primeiros passos pela mão de Taiichi Ohno, e sendo seguido mais tarde por Shigeo Shingo.

O TPS tem como objetivo fornecer ferramentas para que as pessoas que nele trabalham encontrem soluções de melhoria contínua do seu desempenho. Mais do que um conjunto de ferramentas de identificação de desperdícios e de uma forma de resolução de problemas, o TPS é uma cultura focada no objetivo de reduzir custos e aumentar o desempenho de processos (Liker, 2004). Neste sentido, deverá existir um empenho diário em toda a organização, para que todos os problemas sejam resolvidos antes que os seus efeitos se propaguem.

O TPS aparece frequentemente representado com a forma de uma casa (Figura 2). No telhado estão representadas todas as metas a atingir para a satisfação do cliente. Como suporte de sustentação existem dois grandes pilares: o *Just-in-Time* e o *Jidoka*. Na base assentam os aspetos essenciais ao sistema, nomeadamente, todos os princípios e valores da filosofia Toyota: a gestão visual, o trabalho padronizado e o nivelamento de produção (*Heijunka*).

Ghinato (2000a) afirma que este modelo tem como objetivo resolver da melhor forma as necessidades do cliente, fornecendo produtos ou serviços da mais alta qualidade, ao mais baixo custo e no menor tempo “*lead time*” possível. Tudo isto deve ser assegurado por um ambiente de trabalho onde a segurança e a moral dos colaboradores constitui a preocupação fundamental da empresa. É de ressaltar que dentro deste conceito, nenhuma das estruturas é considerada como definitiva, podendo ser estas ser constantemente modificadas face às necessidades tecnológicas e competitivas exigidas.

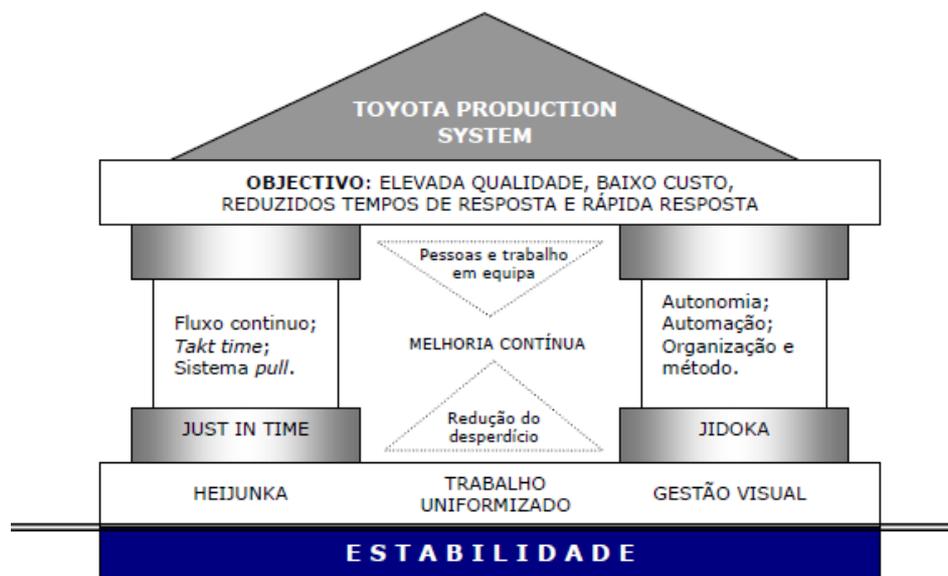


Figura 2 - Casa do TPS (Pinto, 2009b adaptado de Liker et al., 2004).

2.2.1. *Just-in-Time* - JIT

Para Ohno (1982), o conceito de *just-in-time* (JIT) surgiu da ideia de Kiichiro Toyoda no contexto da indústria automóvel onde, segundo este, o ideal seria ter todas as peças ao lado das linhas de montagem no momento exato de sua utilização.

Em Japonês as palavras "*just-in-time*" significam “oportuno”, “no momento certo” ou “no tempo preciso”, i.e. exatamente no tempo determinado. O termo representa muito mais do que “oportunamente”, porque a empresa ao concentrar-se apenas no prazo de entrega, pode ser estimulada a criar *overproduction* (excesso de produção) o que origina atrasos desnecessários. Deste modo, o *just-in-time* deve ser enquadrado dentro da filosofia Toyota de *stock zero* (Shingo, 1989).

Em suma, *just-in-time* significa que cada processo deve ser realizado com os itens certos e na qualidade exigida, no momento certo, na quantidade certa e no local certo. Assim,

a aplicação do *just-in-time* passa por identificar, localizar e eliminar as perdas, garantindo um fluxo contínuo da produção (Ghinato, 2000a).

2.2.2. *Jidoka*

Em 1926, a família Toyoda tinha ainda como atividade principal a área têxtil, onde Sakichi Toyoda desenvolveu um tear capaz de parar automaticamente quando a quantidade programada de tecido fosse alcançada ou quando os fios da malha se partissem. Assim, durante a produção não seria necessário um acompanhamento constante, possibilitando a supervisão simultânea por um operador a diversos teares.

Mais tarde, esta inovação foi implementada na Toyota pelo recém-formado engenheiro mecânico Taiichi Ohno, começando por introduzir mudanças nas linhas de produção da fábrica Koromo da *Toyota Motor Corporation* (Ghinato, 2000b).

Para Ohno havia duas formas de aumentar a eficiência nas linhas de produção: i) aumentar a quantidade produzida; ii) ou reduzir o número de trabalhadores. Como nessa época o mercado no Japão era bastante discreto e apenas para consumo interno, era evidente que o aumento da eficiência só poderia ser obtido a partir da diminuição do número de trabalhadores. Nessa lógica, Ohno procurou organizar as linhas de produção de forma que um trabalhador pudesse operar 3 ou 4 máquinas ao longo do ciclo de fabricação, conseguindo assim, aumentar a eficiência da produção de 2 a 3 vezes mais (Ghinato, 2000b).

Para Ohno (1982), a invenção de Sakichi Toyoda originou uma tomada de consciência de que, para aumentar a produção com os mesmos recursos humanos, era necessário aumentar o grau de automação - *jidoka*.

Atualmente, o conceito *jidoka* refere que deve ser anulada a relação biunívoca homem-máquina, ou seja, não é necessário um operador para cada máquina. Com a automação devem existir dispositivos capacitados para evitar erros (*poka-yoke*) ou anomalias no decorrer do processo produtivo, de modo a que não seja necessário um colaborador apenas para verificar se a máquina está a funcionar corretamente, deixando este livre para a execução de outras tarefas ou de outras máquinas (Figura 3).

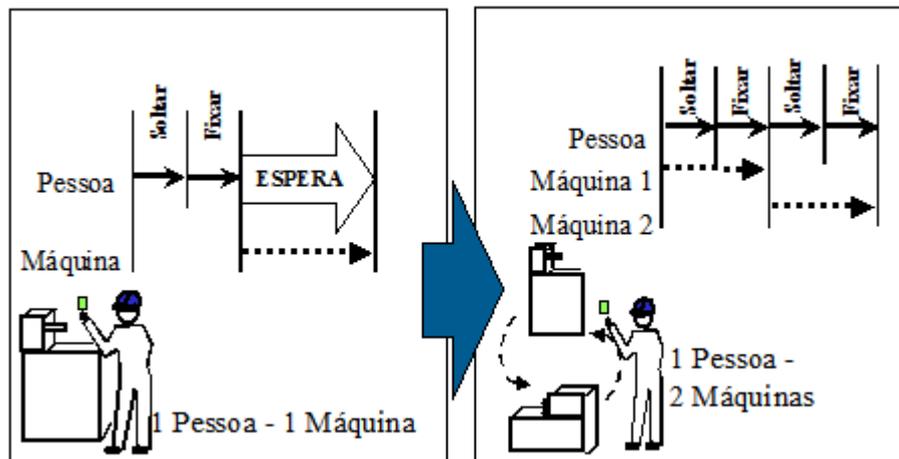


Figura 3 - Separação entre o homem e a máquina (*Takt Consultoria Lean*).

Embora o *jidoka* esteja associado à automação, este conceito não é apenas restrito às máquinas, uma vez que pode ser também utilizado nas linhas de produção operadas manualmente. Neste caso, cabe ao operador a tarefa de parar a linha de produção quando for detetada alguma anomalia.

O principal objetivo é impedir o aparecimento e a propagação de defeitos, eliminando qualquer erro de processamento no fluxo de produção. Quando uma máquina ou operador interrompem a linha de produção devido a uma anomalia, o problema deve ser imediatamente identificado devendo ser desencadeando um esforço conjunto de forma a descobrir a principal causa do erro e eliminá-la, evitando a repetição do problema e consequentemente reduzindo as interrupções da linha de produção (Figura 4) (Ghinato, 2000b).



Figura 4 - Conceito do *Jidoka* (Shingo, 1989).

2.3. Definição de *Lean Management*

A designação *Lean Management* (“gestão magra”) é um modelo de gestão empresarial japonesa mundialmente aplicado (Pinto, 2009b), capaz de se adaptar rapidamente a qualquer mudança do seu ambiente, utilizando apenas a energia necessária e sem desperdícios (Courtois *et al.*, 2006).

Atualmente, a gestão *Lean* é conhecida de diversas formas como *Lean Thinking* (pensamento magro), *Lean Production* (produção magra) ou simplesmente *Lean*.

Esta metodologia tem sido estudada e comentada por vários profissionais e por vezes torna-se difícil encontrar uma definição concisa em que todos os autores estejam de acordo (Yu Cheng, 2009).

Segundo Womack e Jones (2003), *Lean* é uma abordagem sistemática para a identificação e eliminação de desperdícios (atividades sem valor acrescentado), através da melhoria contínua, fazendo os produtos fluir, sempre que a exigência do cliente os encaminha para a perfeição.

Lean é também definido por Medeiros (2010) como uma filosofia de gestão que procura otimizar a organização, de modo a dar resposta às necessidades do cliente, no menor prazo possível, com a mais alta qualidade e ao mais baixo custo. Em simultâneo, aumenta a segurança e a moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só a produção, mas todas as partes envolvidas da organização. O autor acrescenta ainda que esta é uma filosofia na qual a empresa desenvolve competências de forma a eliminar desperdício e a gerar valor.

Pinto (2008b) refere que *Lean* é uma consequência da evolução de metodologias de gestão como o TPS, o TQM e o JIT às quais foram adicionados novos conceitos como cadeia de valor e serviço ao cliente.

Lean tem como principal objetivo maximizar a criação de valor para o cliente e minimizar os desperdícios, utilizando o menor número de recursos possíveis, tornando assim, as empresas mais competitivas através da redução de custos, melhoria da qualidade e o aumento da satisfação do cliente.

No decorrer da implementação da metodologia *Lean* é necessário respeitar alguns princípios e aplicar várias ferramentas, tais como: *Value Stream Mapping* (VSM); 5S; *Total Productive Maintenance* (TPM); *Kanban*; *Single Minute Exchange Die* (SMED); *Poka-Yoke*; células de produção, entre outras. Estes princípios e ferramentas aplicam-se a muitas empresas de produção ou serviços, independente do seu tamanho ou mercado de atuação.

É importante salientar que o sucesso da implantação de *Lean* numa organização não depende apenas da aplicação das ferramentas nas melhorias dos processos, mas depende também da capacidade das pessoas solucionarem os problemas, para que seja estabelecida uma cultura permanente de melhoria contínua.

As empresas que têm obtido bons resultados com a implementação, são aquelas que aplicam as suas ferramentas e alargam o conceito de eliminação de desperdícios a toda a organização, do processo de compra à faturação, do produto ao serviço (Taktica, 2010).

2.4. Os cinco princípios *Lean*

O valor de um produto ou serviço é aquilo que o cliente considera como necessário, útil para sua vida e está apto a pagar pelo mesmo. Quem define o que deve ser produzido é o cliente e não a empresa. Partindo da satisfação do cliente como um todo, *Lean* adotou como base cinco princípios conforme demonstra a Figura 5 (Womack e Jones, 2003):

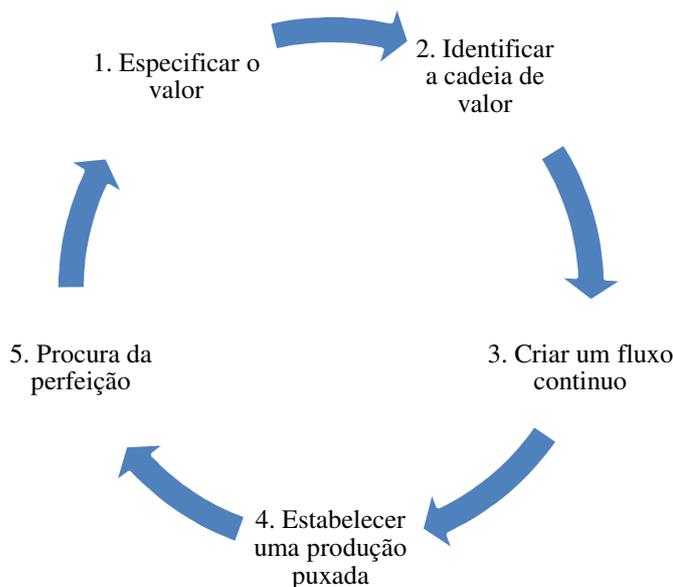


Figura 5 - Princípios *Lean* (Adaptado de *Lean Enterprise Institute*).

Com maior detalhe podem-se descrever os cinco princípios como:

- 1) **Especificar o valor** – Conhecer as necessidades do cliente. O valor só é relevante quando é expresso num determinado produto/serviço, que vai ao encontro das necessidades do cliente num preço e prazo específico (Womack e Jones citado por Medeiros, 2010). Deste modo, todas as características de um produto ou

serviço que não correspondam às expectativas do cliente devem ser encaradas como uma oportunidade de melhoria (Pinto, 2008b);

- 2) **Identificar a cadeia de valor** – Segundo Pinto (2008b) entende-se como cadeia de valor o conjunto de todas as etapas e ações que são necessárias para a concretização da satisfação dos pedidos do cliente. Para que tal seja possível, é necessário que a empresa identifique e examine ao pormenor todo o processo do produto ou serviço, desde o fornecedor até ao cliente final. Assim, poderão entender-se quais são as atividades que acrescentam ao produto algo que o cliente valoriza e as que são unicamente desperdícios, porque apenas acrescentam custos à empresa;
- 3) **Criar um fluxo contínuo** – Após a identificação do valor, do mapeamento da cadeia de valor e da eliminação de todas as etapas que geram desperdício, então deixam-se fluir todas as etapas que acrescentam valor ao produto ou serviço, sem interrupção do processo. Medeiros (2010) define fluxo como a redução a zero da quantidade de tempo desperdiçado num produto ou serviço, devido à espera para ser realizado. O mesmo autor refere também que o objetivo do fluxo não é apenas fazer com que os materiais ou informações se movimentem rapidamente, mas fundamentalmente deve criar uma ligação entre pessoas e processos de modo a que os problemas existentes sejam identificados de imediato;
- 4) **Estabelecer a produção puxada “pull”** – Pinto (2009b) refere que nas cadeias de valor deve ser implementado o *pull system*, de modo a que seja o cliente a liderar os processos. Compete ao cliente desencadear o pedido e não deve ser a empresa a empurrar-lhes o que julga ser a necessidade deste. Deve apenas ser produzido o que é necessário quando for necessário, evitando a acumulação de *stocks* prejudiciais à empresa;
- 5) **Procura pela perfeição** – Concentrar todas as sinergias da empresa na procura incessante pela perfeição. Procurar a situação ideal para o desperdício zero, ouvindo e motivando todas as partes envolvidas na organização. Entender que as necessidades e expectativas do cliente estão em constante evolução, respondendo com rapidez de forma a conseguir a sua satisfação. Procurar dia após dia, uma melhoria contínua (*Kaizen*) na organização (Pinto, 2008b).

2.5. Os sete desperdícios

No decorrer do desenvolvimento do TPS, e conseqüentemente em *Lean*, foram identificadas sete formas de desperdícios globais presentes nas organizações. Estes desperdícios ou *Mudas* (i.e. desperdício em japonês) consomem tempo e recursos, fazendo com que os produtos ou serviços disponibilizados no mercado sejam mais dispendiosos do que deveriam ser, retirando competitividade às empresas (Pinto, 2009b). Womack *et al.* (2003) definiram ainda o *Muda* como toda a atividade humana que absorve recursos mas não cria valor.

Em suma, desperdício é tudo o que não agrega valor ao produto/serviço, e por isso deve ser eliminado, devendo para cada tipo de desperdício ser aplicada uma estratégia diferente.

Segundo Medeiros (2012) a capacidade de trabalho atual de uma organização é igual ao trabalho real (esforço gasto para produzir um bem) mais os desperdícios gerados. A Equação (1) obtida é considerada válida quando é aplicada a trabalhadores individuais, assim como a uma linha inteira de produção.

$$\text{Capacidade atual} = \text{trabalho} + \text{desperdício} \quad (1)$$

Neste contexto, Taiichi Ohno enunciou que a verdadeira melhoria na eficiência surge quando é produzido zero desperdícios, conduzindo a percentagem do trabalho para os 100%. Ohno descreveu ainda os sete desperdícios mais frequentes que estão presentes nos processos de produção, e que deverão ser eliminados, nomeadamente:

1. Excesso de produção;
2. Espera;
3. Transporte;
4. Sobreprocessamento;
5. Inventário;
6. Movimentação;
7. Defeitos.

1) Excesso de produção:

O excesso de produção é considerado o desperdício mais perigoso porque permite esconder outros desperdícios. Entre todos, este é também o mais difícil de ser eliminado (Ghinato, 2000). Existem dois tipos de desperdícios por excesso de produção, nomeadamente:

- Desperdício por excesso de produção em quantidade, i.e. o desperdício por produzir mais do que o volume programado ou solicitado (sobram peças/produtos);
- Desperdício por antecipação, i.e. o desperdício resultante da produção realizada antes do momento necessário, ou seja, o produto fabricado fica em *stock* à espera de ser utilizado em etapas posteriores.

2) Espera:

Os tempos de espera são todos os períodos de paragem de pessoas, informação, equipamentos ou materiais, que resultam em fluxos irregulares ou longos *lead times*. Estes tempos podem ser originados por vários motivos, tais como: espera de autorizações; falta de autonomia das pessoas; processos burocráticos; atrasos nas entregas; avarias dos equipamentos, entre outros (Pinto, 2009a).

Na espera destacam-se basicamente três tipos de desperdícios (Ghinato, 2000):

- Desperdício por espera no processo – acontece quando um lote aguarda o término do processamento do lote anterior, i.e. até que o operador ou o equipamento esteja disponível;
- Desperdício por espera do lote - ocorre quando uma peça processada de um lote aguarda o processamento das restantes peças para que possam seguir para a operação seguinte;
- Desperdício por espera do operador – surge quando a peça tem de esperar pela disponibilidade do operador. Por exemplo, quando o operador é forçado a permanecer junto da máquina, de modo a monitorizar o processamento do início ao fim.

3) Transporte:

É considerado transporte, qualquer movimentação ou transferência de um produto, acabado ou semiacabado, de um local para o outro por uma razão específica. Esta atividade não agrega valor ao produto e tem alguns resultados negativos, tais como: o aumento dos

custos; a ocupação de espaço na empresa; o aumento do tempo de fabrico e por vezes leva a que alguns produtos se danifiquem (Pinto 2009b).

A redução ou mesmo a eliminação completa do transporte deve ser considerada como uma das principais prioridades no esforço de redução dos custos, uma vez que, o transporte em média ocupa 45% do tempo total de fabricação de um produto (Ghinato, 2000).

Para reduzir as perdas por transporte é necessário implementar melhorias, geralmente, conseguidas através de um planeamento de operações ajustado e de correções de *layouts* que dispensem ou eliminem as movimentações dos materiais. Alguns métodos utilizados para reduzir ou eliminar o fluxo de transportes são: a utilização de células de trabalho; a produção *pull*; equipamentos flexíveis e produtos e serviços modulares (Pinto, 2009b).

4) Sobreprocessamento:

O sobreprocessamento engloba todas as operações de processamento que podem ser reduzidas ou eliminadas sem afetar as características e funções básicas do produto ou serviço. Podem ser classificadas como desperdícios no próprio processamento, em que o desempenho do processo está além da condição ideal.

Conforme refere McBride (2003), a expressão que caracteriza o sobreprocessamento é como "usar uma marreta para quebrar uma noz," uma vez que por ex. são utilizados equipamentos dispendiosos e de alta precisão onde as ferramentas mais simples seriam suficientes para efetuarem todo o processo. Neste campo a Toyota é conhecida pelo uso de automação de baixo custo, combinada com uma boa manutenção. Sempre que possível, deve-se investir na automatização com equipamentos pouco complexos, mais flexíveis e eficientes, na criação de células de trabalho e na formação dos colaboradores.

5) Inventário ou *stock*:

As perdas sob a forma de *stock* de matéria-prima, material em processamento ou produto acabado são uma enorme barreira no combate à redução de custos (Ghinato, 2000). Erradamente, em muitas empresas o excesso de inventário é visto como uma “vantagem” que proporciona alívio aos problemas de sincronia entre os processos. No entanto, estes são indicativos de um problema gerador de desperdício que é difícil de quantificar.

McBride (2003) refere ainda que o trabalho em curso (*Work in Progress-WIP*) é considerado uma forma de inventário, uma vez que o produto inacabado requer ainda mais processamento, montagem ou inspeção. Este tipo de inventário é normalmente encontrado

dentro de etapas ou subprocessos de um processo produtivo, onde as matérias-primas que iniciaram uma tarefa de valor acrescentado são classificadas como WIP.

6) Movimentação:

As perdas por movimentação estão relacionadas com os movimentos desnecessários (i.e. não acrescentam valor ao produto ou serviço) efetuados pelos operadores na realização de uma operação. Este tipo de desperdício pode ser eliminado através de melhorias baseadas no estudo de tempos e movimentos².

A redução de movimentos nas operações pode ser obtida também através da automatização de operações, transferindo para a máquina, atividades realizadas pelo operador. No entanto, a introdução de melhorias nas operações via automatização, é recomendada apenas após terem sido esgotadas todas as possibilidades de melhorias na movimentação do operário e eventuais mudanças nas rotinas das operações (Ghinato, 2000).

7) Defeitos:

O desperdício por defeitos é o resultado da fabricação de produtos que apresentem alguma característica de qualidade fora de uma especificação ou de um padrão estabelecido e que por esta razão não satisfaçam a requisitos do cliente (Ghinato, 2000). Aos defeitos estão também associados todos os custos de inspeção, as reparações e as respostas às queixas dos clientes. Quando estes ocorrem com maior frequência, por vezes é necessário aumentar a inspeção, de modo a evitar que passem para o cliente (Pinto, 2009b).

Posteriormente integrou-se ao *Lean* o oitavo desperdício: o não aproveitamento da criatividade dos operadores ou a não utilização do potencial humano (Liker citado por Maia *et al.* 2011). Este significa não aproveitar a capacidade intelectual dos colaboradores na identificação de oportunidades de melhoria, independentemente de sua função dentro da organização (Maia *et al.* 2011).

² **Método de Medição dos Movimentos Elementares** (*Methods – Time Measurement – MTM*) é um sistema de tempos pré-determinados desenvolvido por H. B. Maynard, G. J. Stegemerten e J. L. Schwab em 1948. Esta metodologia baseou-se em investigações realizadas por Frederic W. Taylor e tinha como objetivo o estudo de tempos e movimentos envolvidos no fabrico de um produto de forma a melhorar as operações numa linha de produção (Novaski e Sugai, 2002).

2.6. Ferramentas *Lean Management*

No âmbito da metodologia *Lean* existem diversas técnicas e ferramentas que podem ser utilizadas no combate aos desperdícios das organizações. É importante que estas sejam aplicadas nas situações adequadas e de uma forma sistemática. Assim, consegue-se eliminar desperdícios e melhorar continuamente as aptidões dos colaboradores e o desempenho da empresa. Contudo, antes da utilização das técnicas e ferramentas é necessário uma mudança cultural e a vontade de querer mudar por parte de todos os colaboradores, desde o topo até à base da pirâmide hierárquica. Só com uma tomada de consciência e envolvimento se consegue atingir o sucesso desta metodologia de gestão (Pinto, 2009a).

As ferramentas *Lean* mais utilizadas podem ser representadas sob a forma de casa, chamada a “Casa do *Lean*”. Tem como porta de entrada o VSM e como telhado o *Kaizen* ou melhoria contínua (Figura 6).

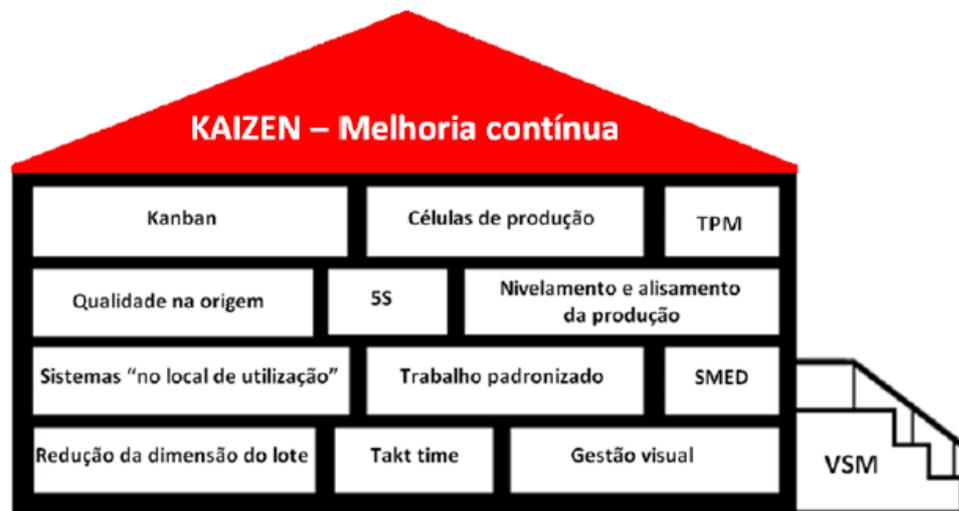


Figura 6 - Casa do *Lean* (Gonçalves, 2010).

2.6.1. VSM – Mapeamento do fluxo de valor

O *Value Stream Mapping* (VSM) ou mapeamento da cadeia de valor é uma ferramenta para redesenhar e visualizar o percurso ao longo da cadeia de valor de um produto ou serviço. Permite distinguir todas as atividades que acrescentam valor ao processo, desde a adjudicação até à entrega ao cliente. É uma ferramenta de planeamento, simples e eficaz que numa fase inicial identifica os desperdícios e potencia soluções para os eliminar ou

minimizar (Pinto, 2009b), pois tem como objetivo a análise do fluxo de materiais, produtos e informações necessárias, de modo a fornecer o produto ou serviço desejado.

O VSM foi considerado por Womack e Jones (2003) como a ferramenta mais importante da gestão *Lean*, colocando-o como técnica de suporte ao segundo princípio desta metodologia. É visto como uma porta de entrada ou um ponto de partida na implementação de outras ferramentas.

Neste contexto, a construção do VSM permite o mapeamento do processo que tem como objetivo identificar as ações de melhoria necessárias para eliminar/minimizar os desperdícios no fluxo de valor de uma empresa e criar uma linguagem comum de avaliação dos processos.

A aplicação do VSM permite obter os seguintes benefícios: explicar a dependência dos processos; identificar as oportunidades para a aplicação de outras ferramentas *Lean* adequadas; ajudar na compreensão de processos mais complexos e dar prioridade às ações de melhoria (Ghinato, 2000).

Na implementação *Lean* podem considerar-se três aplicações diferentes do VSM:

- Produção – das matérias-primas ao cliente;
- Conceção – do conceito ao lançamento do produto;
- Administrativo – da receção da encomenda à expedição.

2.6.2. 5 S (senso)

Os 5S são um conjunto de práticas/procedimentos que visam a redução do desperdício e a melhoria do desempenho das pessoas e processos assentando na manutenção das condições ótimas dos locais de trabalho (i.e. limpar, organizar, manter e desenvolver o *gemba*³). Foi desenvolvido no Japão, e assenta em cinco práticas (senso), designadas por palavras iniciadas pela letra S (Pinto, 2009b).

1º Senso - SEIRI – Separar e segregar: Fazer uma triagem e remover o que não tem utilidade no posto de trabalho. Separar e identificar o que é menos utilizado e guardar fora do local de trabalho (Ghinatto, 2000).

³ *Gemba* é uma palavra japonesa que significa local de trabalho ou “*shop floor*”, geralmente associada à metodologia *Lean* (Pinto e Gonçalves, 2007).

2º Senso - SEITON – Arrumar e organizar: Organizar o local de trabalho de forma a torná-lo funcional evitando as “buscas inúteis”. Todos os materiais, ferramentas e utensílios devem ter as suas respectivas localizações, e estas, devidamente identificadas, para que a procura seja mais rápida e simplificada. A acessibilidade de cada material deve estar de acordo com a sua frequência de utilização e todos os materiais e utensílios de limpeza devem ser guardados em locais apropriados e cada posto de trabalho deve ter os seus (Courtois *et al.*, 2006).

3º Senso - SEISO – Limpar: Limpar as áreas de trabalho, equipamentos e todas as zonas envolventes, mesmo que não sejam locais de trabalho. Esta etapa não é subsequente às duas anteriores, mas deve ser executada em paralelo.

Devem ser analisados cuidadosamente todos os focos de sujidade e eliminá-los, uma vez que a limpeza na perspetiva dos 5S não visa apenas o ato de limpar, mas também evitar a sujidade.

Num ambiente limpo, uma fuga ou qualquer outra anomalia pode ser mais facilmente detetada. A limpeza regular pode ser considerada uma forma de inspeção servindo para controlar o funcionamento dos equipamentos (Courtois *et al.*, 2006).

4º Senso - SEIKETSU – Normalizar: Instituir normas e procedimentos escritos de modo a manter a ordem e a limpeza. É necessário formalizar regras e definir normas envolvendo todo o pessoal, de modo a não permitir regressar “aos velhos hábitos”. A participação de todos os colaboradores responsabiliza e facilita o cumprimento das regras de limpeza, tornando o local mais agradável e motivador (Courtois *et al.*, 2006).

5º S - SHITSUKE – Respeitar e disciplinar: Manter e respeitar as normas através do treino, empenho e disciplina. Esta etapa pode ser vista também como um controlo da aplicação de todas as regras e decisões dos quatro sentidos anteriores. Deve ser um processo dinâmico, passível de ser modificado e desenvolvido com vista a promover a melhoria contínua - *Kaizen* (Courtois *et al.*, 2006).

Face ao exposto, poder-se-á resumir que a implementação dos 5S procura, através de uma abordagem simples, a redução de desperdícios e o aumento do desempenho das pessoas e dos processos nos seus locais de trabalho (Pinto, 2009b). Ghinatto (2000), refere ainda que com a aplicação dos cinco sentidos verifica-se um sentimento de posse do local de trabalho

pelo operador, contribuindo para que este se sintam melhor e mais motivado, facilitando e melhorando a manutenção e a produtividade. Aumenta ainda a segurança e as condições de saúde e higiene. Liberta espaço nos locais de trabalho e permite que a empresa esteja sempre preparada para as visitas de clientes e outros visitantes, apoiando a promoção do negócio.

2.6.3. TPM – Manutenção produtiva total

A manutenção produtiva total, geralmente abreviada TPM (*Total Productive Maintenance*) é um conceito moderno de manutenção introduzido na Toyota nos inícios dos anos 70 (Cabral, 2006).

Willmott e McCarthy (2001) definem TPM como um conjunto de métodos de gestão que identificam e eliminam perdas existentes nos processos produtivos, garantindo a fiabilidade dos equipamentos e a qualidade da produção. Mais especificamente, o TPM visa maximizar a eficácia dos equipamentos alterando a cultura corporativa, i.e. desenvolvendo conhecimentos capazes de reeducar as pessoas para ações de prevenção e melhoria contínua.

Para que o sucesso desta filosofia de gestão da manutenção seja alcançado, deve existir um envolvimento de todo o pessoal da organização, a todos os níveis, incentivando a criação de um ambiente no qual os esforços de melhoria da fiabilidade, de qualidade, da redução de custos e da criatividade são uma presença constante.

Os objetivos da manutenção produtiva total são atingidos, devido a vários pilares de sustentação que o constituem. Inicialmente, este processo era composto por cinco pilares basilares que permitiam o seu desenvolvimento, dos quais estavam integradas a manutenção autónoma; a manutenção centrada; a manutenção planeada; a manutenção da qualidade e a formação e o treino. No entanto, com as exigências do mercado concorrencial e a globalização, existiu a necessidade de introduzir mais três pilares: o pilar da segurança, saúde e meio ambiente; o pilar do TPM administrativo e o pilar da manutenção da melhoria (Ahuja e Khamba, 2008).

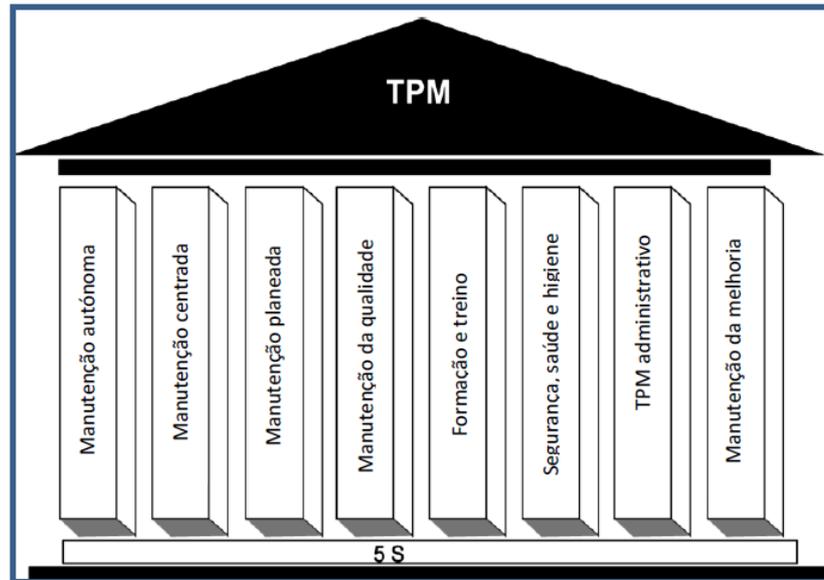


Figura 7 - Oito pilares do TPM (Ahuja e Khamba, 2008).

De acordo com a Figura 7 apresentada por Ahuja e Khamba (2008), o TPM tem como base a ferramenta 5S, uma vez que nenhum problema poder ser devidamente identificado e corrigido se o local de trabalho se encontrar sujo e desorganizado.

Numa organização, o TPM permite eliminar diversas perdas existentes. Entre estas, as mais notórias são conhecidas como as sete grandes perdas (Cabral, 2006):

- Avaria ou falha por paragens acidentais;
- Mudança de produto (*setup*);
- Perdas em moldes e ferramentas;
- Pequenas paragens e funcionamento sem carga;
- Quebra de velocidade ou aumento do tempo de ciclo;
- Produtos com defeito;
- Arranque das máquinas.

Silva (2008) refere, que ao implementar o TPM numa empresa, é fundamental seguir cinco princípios básicos: maximizar a eficácia global dos equipamentos; criar um sistema de manutenção preventiva dos equipamentos ao longo do seu ciclo de vida; implementação do TPM em todos os setores da organização; participação de todos os colaboradores (desde a gestão de topo à produção) e implementação baseada em atividades de pequenos grupos.

2.6.4. Qualidade na origem “*Poka-yoke*”

A qualidade na origem é uma metodologia da qualidade, que atribui aos diversos postos da produção, a responsabilidade de alcançar as especificações e cumprir as normas pretendidas pelo cliente.

Embora, esta filosofia seja baseada num cenário ideal teórico, podem alcançar-se grandes melhorias da qualidade aplicando todos os conceitos e princípios a ela associados. O principal objetivo é detetar e corrigir os erros o mais cedo possível, incluindo na fase de conceção e projeto, uma vez que os defeitos são um desperdício que aumentam de magnitude à medida que o produto se move ao longo do fluxo de valor (Silva, 2008).

A qualidade na origem aborda diversos pontos, tais como: a inspeção na fonte dos materiais e componentes adquiridos; os operadores inspecionam o seu próprio trabalho, assim como o produto resultante dos operadores dos processos anteriores; e instalação de dispositivos à prova de erro nos processos produtivos e nos próprios produtos (Silva, 2008).

O dispositivo à prova de erro (*error proofing*), também conhecido pela designação em Japonês *Poka-Yoke* é um dos elementos fundamentais no conceito básico da qualidade na origem da gestão *Lean*. Shingo, o criador do *Poka-Yoke*, considera que este dispositivo não é só por si um sistema de inspeção, mas antes um método de detetar defeitos ou erros e que pode ser usado para realizar uma determinada função de inspeção.

Este conceito pode também ser aplicado em determinadas situações que envolvam risco elevado, de modo a evitar acidentes de trabalho, uma vez que o seu objetivo não é especificamente a deteção de erros mas sim a sua prevenção (Pinto 2008b).

2.6.5. Gestão visual

A gestão visual é um processo que permite que a informação flua de forma eficaz e eficiente dentro de uma organização, tornando os processos visíveis, lógicos e intuitivos (Pinto, 2009b). Assim, a informação sobre processos de produção, instruções de manutenção ou atividades diárias num formato visual, deve afixada nos locais onde é necessária e de maior visibilidade.

A visualização de dados sobre o desempenho e objetivos a atingir é também considerada relevante, indicando primeiro os dados seguidos dos objetivos. Estes devem ser previamente discutidos, assim como dadas as razões pelas quais os objetivos são alcançáveis. Silva (2008) considera-a como uma potente ferramenta de longo prazo de apoio ao *Lean*,

que deve ser utilizada para melhorar e para manter o desempenho, e nunca só como meio de “exibição”.

Esta ferramenta é fundamental também para o processo de mudança de uma empresa, porque permite uma maior compreensão sobre as mudanças e conseqüentemente um maior envolvimento de todos os colaboradores. A gestão visual não está limitada apenas a quadros de indicadores, símbolos instrutivos ou sinais de precauções, mas a todo um conjunto de técnicas que completam a informação nos sistemas operativos, de forma a agregar valor a cada tarefa a executar.

2.6.6. Trabalho padronizado “*Standard work*”

Segundo Pinto (2008b) a normalização de processos é considerado um dos aspetos mais importantes na filosofia do TPS. Este termo é também conhecido por uniformização ou trabalho padronizado e significa que todos os colaboradores que fizerem as mesmas operações, as executa nas mesmas sequências e utiliza as mesmas ferramentas.

Imai (1996) refere ainda que o trabalho padronizado consiste em definir procedimentos padronizados para cada tarefa e para cada colaborador, tendo por base os seguintes elementos: *Takt Time*, taxa a que os produtos ou serviços devem ser executados e os serviços realizados para satisfazer a procura; sequência de trabalho em que um operador realiza as suas tarefas dentro do *Takt Time*; *Stock* padrão exigido para manter o processo a operar normalmente.

A normalização de processos passa pela descrição dos modos operatórios garantindo que todos seguem os mesmos procedimentos, utilizam os mesmos equipamentos e sabem o que fazer quando confrontados com diversas situações (Pinto, 2008b).

Com a implementação desta ferramenta *Lean*, consegue-se os seguintes benefícios: aumentar a eficácia da formação e treino dos colaboradores; suportar a melhoria dos processos e produtos ou serviços; reduzir a variabilidade e oscilação de processos garantindo uma maior consistência das operações, produtos ou serviços; e reduzir os custos de formação de novos colaboradores (Silva, 2008).

2.6.7. SMED - Redução do *setup*

SMED é a sigla do inglês *Single Minute Exchange of Die* e é uma ferramenta, que tem como objetivo reduzir as perdas nos tempos de preparação e mudança de ferramentas num processo produtivo. Este método, desenvolvido por Shigeo Shingo em 1950, permite de uma forma rápida e eficiente a mudança de um produto (ou série) para o produto seguinte. Esta mudança rápida ou *quick changeover*, como também é conhecido o SMED, é fundamental para reduzir o tamanho dos lotes, melhorando, deste modo todo o fluxo produtivo (Dave e Sohani, 2012).

A expressão “*single minute*” não significa que todas as trocas e arranques (startups) de um produto o serviço devem ser efetuadas em apenas um minuto, mas que devem ter menos de 10 minutos (segundo Shingo estas devem ser realizadas em tempo que perfaça apenas um dígito – *single digit minute*, i.e. menos de 10 minutos).

Aquando do desenvolvimento do SMED, Shingo (1985) estabeleceu que existiam dois tipos de operações para realizar as mudanças de ferramentas *ou setups*:

- i) *Setup* interno (IED- *internal exchange of die*) – operações que só podem ser efetuadas com a máquina parada;
- ii) *Setup* externo (OED – *outer exchange of die*) – operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento.

A implementação do SMED numa organização apresenta uma grande variedade de benefícios (Silva, 2008):

- Reduz o tempo de *setup*;
- Elimina ou diminui erros de *setup*;
- Aumenta a flexibilidade na escolha dos operadores;
- Aumenta o índice de rendimento das máquinas;
- Aumenta a flexibilidade e a rapidez de resposta às variações da procura;
- Possibilita a redução do tamanho dos lotes;
- Aumenta a disponibilidade e a capacidade de produção;
- Reduz o inventário (consequência do tamanho de lote);
- Aumenta a segurança dos operadores.

2.6.8. Redução da dimensão do lote “*one piece flow*”

A redução do tamanho do lote é uma abordagem da produção, focada na redução da dimensão do lote a produzir, através da eliminação das restrições dos sistemas que obrigam ao fabrico de grandes lotes (Silva, 2008). Esta metodologia, também conhecida como produção peça-a-peça (*one piece flow*), é fundamental para uma organização atingir o verdadeiro *Just-in-Time*, i.e. ao reduzir o tamanho do lote, consegue-se dar uma resposta mais rápida ao pedido do cliente. O cenário ideal na redução do lote seria alcançar a produção unitária.

Inicialmente é necessário que a empresa compreenda que a redução da dimensão do lote é uma questão diferente da redução do tempo de *setup*. A dimensão do lote é condicionada por limitações existentes no próprio processo e nada tem a ver com o *setup* ou com a dimensão das encomendas (Silva, 2008). As restrições podem ser de diversas ordens: cultural (“sempre fizemos assim”); falta de formação (“não sei como fazer”); limitações do equipamento (“a máquina só trabalha assim”); limitações do material (“sempre fizemos esta quantidade”) e insegurança (“é melhor produzir várias peças para se ver o resultado”).

2.6.9. Produção em célula de fabrico (em fluxo contínuo)

Segundo Alves *et al.* (2003) a produção em célula é um agrupamento integrado de postos de trabalho constituído por pessoas, materiais, equipamentos e métodos necessários para a execução de um conjunto de tarefas complementares e que constituem a produção de um produto ou serviço.

Silva (2008) entende que a produção em célula é uma abordagem do sistema de produção na qual os equipamentos e os postos de trabalho são dispostos numa área limitada de modo a facilitar a produção em pequenos lotes e em fluxo contínuo. Ou seja, no âmbito da metodologia *Lean*, existem tarefas ou sequências de tarefas que devem ser realizadas por um grupo de colaboradores que operam em conjunto e estão interligados em termos de tempo, espaço e informação. Assim, a mesma equipa executa uma tarefa do início ao fim, sendo a mesma responsável pela sua correta execução, de forma que não existam falhas ou

perdas de transmissão de informação a outro grupo de trabalho que posteriormente poderia concluir a tarefa.

A implementação da produção em célula demonstra a evolução do compromisso dos colaboradores com a empresa, pois a sua aplicação interfere diretamente na criação da tecnologia de grupo, onde não existe a figura do especialista, todos na célula de trabalho possuem múltiplas funções, podendo operar em qualquer máquina ou realizar qualquer tipo de tarefa (Eckardt *et al.*, 2009).

A implementação desta metodologia traduz-se em benefícios com impacto geral sobre todas as áreas de uma empresa, cujas principais vantagens são: melhor utilização dos recursos de produção (físicos e humanos); melhoria na qualidade dos produtos, serviços ou processos; capacidade de produção em lotes mais pequenos devido à aproximação das máquinas; mais fácil controlar a ocorrência de defeitos ou erros; simplificação do controlo da produção dentro das células; movimentação mínima dos materiais; diminuição do prazo de entrega e trabalhadores capazes de desempenhar múltiplas tarefas (Carvalho, 2008).

2.6.10. *Takt Time* – Balanceamento da produção

Takt é uma palavra de origem alemã que significa ritmo ou compasso, que englobada no contexto produtivo significa ritmo da produção. Alvarez e Antunes Jr. (2001) definem *Takt Time* como sendo o ritmo da unidade de produção necessário para atender a um determinado nível considerado de procura, tendo em conta as restrições da capacidade da linha ou célula de produção.

O principal objetivo é determinar o ritmo exato a que a produção necessita ser realizada, para que se consiga acompanhar a procura real. Assim, a empresa, célula ou linha de produção produz apenas as quantidades necessárias, ao ritmo necessário e na ocasião solicitada.

O *Takt Time* deve ser calculado com base nas informações de venda. Logo, o cálculo é dado pela razão entre o tempo disponível para um período de produção e a procura em unidades durante esse período de produção (Silva, 2008).

Com a utilização desta ferramenta é possível alcançar os seguintes aspetos: determinar uma programação precisa; dimensionar as células de produção; permite sincronizar a produção com a procura dos produtos; permite um ritmo de produção mais estável e reduzir o trabalho em curso.

2.6.11. Heijunka - Nivelamento da produção

Heijunka é a palavra japonesa que no contexto *Lean* significa “nivelamento da produção”. Este conceito foi adaptado pelo TPS com o objetivo de reduzir os custos de produção, de modo a criar um nivelamento entre os carros e peças fabricadas e os carros que eram vendidos (Abdullah, 2003; Womack et Jones, 2003).

Considerado pela Toyota (2010) como a fundação da “casa do TPS”, *Heijunka* consiste na eliminação da variação da carga de trabalho (*mura*). Esta condição só é possível através do nivelamento dos volumes de produção de forma a conseguir um fluxo suave, contínuo e eficiente. Com aplicação do *Heijunka*, os processos são criados de forma a permitirem uma fácil mudança de produtos, produzindo o que é necessário quando é necessário.

Silva (2008) refere ainda que o nivelamento da produção é uma estratégia para redistribuir o volume de produção e a variedade de produtos ao longo do tempo, de modo a minimizar os extremos.

2.6.12. Kanban – Sistemas de puxar

Das várias ferramentas do TPS utilizadas na gestão da produção, o *Kanban* ocupa uma posição especial, em virtude do compromisso ideal que oferece pela simplicidade do seu conceito e da sua eficácia. No entanto, não obstante esta simplicidade, são necessário um determinado número de condições para que este seja implementado com sucesso (Courtois *et al.*, 2006).

O termo *Kanban* é uma palavra do vocabulário japonês que significa cartão ou sinal. Este sistema foi desenvolvido pela Toyota nos anos 50 por Taiichi Ohno, com o objetivo de minimizar os custos com o material em processamento e reduzir inventários entre os processos (Pinto, 2009b). Silva (2008) descreve que o *Kanban* é usado para regular o fluxo atividades, materiais e informações internamente nas empresas (*gemba*) ou exteriormente entre fornecedor e cliente.

O sistema *Kanban* é um processo *pull* (puxado), em que o processo subsequente retirará as partes do processo precedente, evidenciando a relação fornecedor-cliente. A importância está direcionada para o *output* e não para o *input*, uma vez que o fluxo de operações é comandado pelo cliente ou linha de montagem final (Pinto, 2009b).

Um posto de trabalho produz apenas a montante o que lhe é solicitado a jusante, e por sua vez, só deve produzir o que lhe é pedido a jusante e assim sucessivamente. Assim, o posto de trabalho mais a jusante, só deve produzir o suficiente para dar resposta ao solicitado pelo cliente, sendo o *Kanban* o método utilizado para movimentar e autorizar o fluxo de materiais e informação (Courtois *et al.*, 2006; Pinto, 2009b).

Shingo (1989) realça na sua obra que é importante saber que o *Kanban* nem sempre é de aplicação garantida. A sua implementação aplica-se apenas a processos repetitivos e não a produções de uma única peça. Neste caso, o sistema pode ser aplicado a funções de identificação, instruções de trabalho ou etiquetas de transporte.

Na tomada de decisão da sua implementação numa empresa, deve ter-se em consideração o tipo e dimensão da empresa, os recursos disponíveis, as condições de mercado, a variedade de produtos a produzir e o grau de desenvolvimento *Lean*.

2.6.13. *Kaizen* – Melhoria contínua

A metodologia *Kaizen* (em japonês *kai*=mudar e *zen*=melhor) é considerada por Imai (1986) como um dos fatores chave que está por detrás do sucesso do TPS.

Brunet (2003) descreve *Kaizen* como uma filosofia, fundamentada pelo espírito de melhoria, e baseia-se na cooperação e compromisso com relevância a nível social, pessoal e profissional. A aplicação específica do *Kaizen* no local de trabalho significa uma melhoria contínua constante para perfeição (e a custos reduzidos) que envolve todos os intervenientes, desde a gestão de topo aos operadores (Imai, 1986).

A melhoria contínua é um sistema focado na inovação incremental e contínua. O fundamento está na procura incessante, constante e consciente da evolução, superando obstáculos, solucionando problemas, aprendendo com erros e acertos, ensinando, conhecendo, contribuindo. Deste modo, não deve ser plicada apenas para o crescimento pessoal e individual, mas também para o crescimento profissional e organizacional (Renó *et al.*, 2010).

Kaizen é um processo de resolução de problemas em que é sempre possível fazer melhor, seja na estrutura da empresa ou no indivíduo. Para entender e solucionar um problema é preciso identificá-lo, medi-lo e analisar os dados considerados relevantes.

De acordo com Imai citado por Renó *et al.*, (2010) o *Kaizen* pretende obter melhorias e atingir os objetivos, considerando:

- Elaborar uma linha de fluxo capaz de produzir de acordo com o *Takt Time*;

- Elaborar uma linha suficientemente flexível para absorver os desvios do *Takt Time*;
- Eliminar os fatores que prejudicam o ritmo suave dos processos;
- Desenvolver procedimentos que possam ser incorporados ao trabalho padronizado;
- Minimizar o número de operadores nas linhas de produção.

Tal como outras ferramentas de gestão, a melhoria contínua não é uma solução rápida de implementar ou apresentar resultados, embora assim fosse desejável. Este método assenta numa evolução gradual, em que as melhorias vão surgindo, dando tempo a que toda a organização se ajuste e aprenda.

Cada passo dado na filosofia *Kaizen* é apoiado num ciclo de melhoria continua ou ciclo PDCA (*plan, do, check, act*). Este ciclo é repetido continuamente até que a perfeição seja alcançada, conforme representa a Figura 8 (Pinto, 2009b).

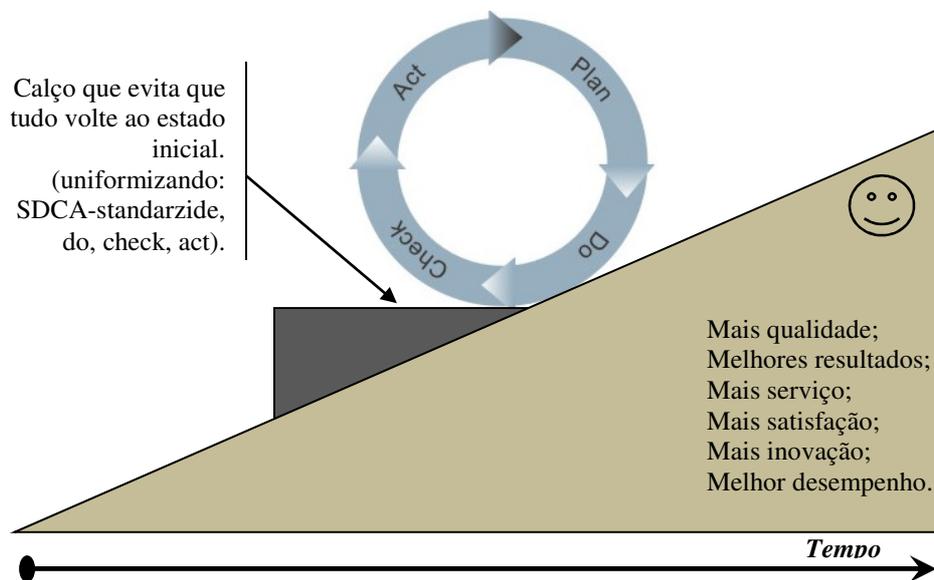


Figura 8 - Melhoria contínua baseada no ciclo PDCA (Adaptado de Pinto, 2009b).

2.7. *Lean* na indústria de moldes

2.7.1. *Lean* na produção de moldes

A indústria dos moldes de injeção está enquadrada no sistema de produção unitária não repetitiva, caracterizada por processos de engenharia exigentes suportados em modernas tecnologias e recursos humanos qualificados. Os moldes, numa regra geral são todos diferentes e apresentam um processo produtivo complexo e extremamente dinâmico, colocando exigências específicas de planeamento e controlo (Domingues *et al.*, 2013).

Geralmente, neste tipo de indústria existe a ideia de que quanto mais rápido é efetuada uma operação, menor é o tempo de produção total do molde e consequentemente, mais baixo é o seu custo total. Deste modo, quando se fala em melhoria de processos, o que está normalmente associado é a redução dos tempos das operações dos processos de fabrico ou conceção e desenvolvimento, descurando muitas vezes outras tarefas que são realizadas mas que não acrescentam valor à produção do molde. Esta visão, associada à melhoria dos processos é redutora e simplista, porque está orientada apenas para a melhoria de desempenho e não para a melhoria do processo em geral (Domingues *et al.*, 2013).

Com vista a promover uma melhoria de todo o processo produtivo do molde, desde há muito que se procuram soluções nas metodologias de gestão com o intuito de encontrar a que melhor se adequasse a este tipo indústria.

Embora a gestão *Lean* tenha um lugar de destaque na indústria de processos repetitivos e normalizados, também pode ser aplicado na indústria de moldes, em que o *output* anual pode rondar umas dezenas de moldes e todos diferentes entre si (Pereira, 2007).

De acordo com Pereira (2013), *Lean* pode trazer vantagens apreciáveis à indústria de moldes, porque tal como qualquer outra empresa de produção, desempenha a sua atividade recorrendo a recursos (recurso-máquina e recursos humanos). Assim, se for possível fabricar os mesmos moldes no mesmo (ou em menor) prazo utilizando menos recursos, então existe desperdício. Logo, se existe desperdício, há lugar para a implementação do *Lean*.

Nos desperdícios mais comuns da indústria de moldes, encontram-se presentes os sete tipos identificados em *Lean Management* conforme Tabela 2 (Peças *et al.*, 2003):

Tabela 2 - Sete tipos de desperdícios da indústria de moldes (Peças *et al.*, 2003).

1. Excesso de produção	Na indústria de moldes, ocorre de uma forma frequente um excesso de tarefas desnecessárias nos processos de fabrico. Exemplos de desperdícios encontrados passam pela existência de programas NC inicialmente considerados pelo planeamento e modificados posteriormente pelo operador da máquina CNC.
2. Espera	Falta de eficiência no que diz respeito ao planeamento e controlo da produção originando um fluxo de rendimento com longas fases de espera.
3. Movimento 4. Transporte	Movimentos desnecessários de pessoas e materiais nos locais de trabalho devido à inadequada localização de ferramentas e equipamentos. Informação em falta ou deficiente no tempo e local necessário.
5. Sobre processamento	Moldes com dimensões excessivas e especificações dos clientes muito rigorosas.
6. Inventário	A aquisição de grandes quantidades de material para eléctrodos (grafite e cobre) e ferramentas, face ao que é estritamente necessário.
7. Defeitos	Erros humanos, informação insuficiente e baixo conhecimento tecnológico são a origem da maioria dos erros ocorridos nos componentes dos moldes. As imprecisões no acabamento manual final, são a causa da perda de tolerâncias e a eliminação de pequenos detalhes geométricos, o que determina a necessidade de refazer trabalho.

Considerando que *Lean* é um combate ao desperdício e tem como objetivo eliminar aquilo que não é indispensável, este não deve ser visto como um “coleccionar de ferramentas”, uma vez que, nem todas são adequadas para os vários tipos de empresas; e quando se aplicam, estas necessitam de ajustes ou adaptações em função dos constrangimentos/especificidades locais (Pereira, 2013).

Embora, ainda exista um caminho a percorrer pela indústria de moldes até a plena adoção da filosofia *Lean*, já existe por parte de algumas empresas a assimilação dos princípios e técnicas desta metodologia de gestão (Ferreira *et al.*, 2013).

2.7.2. *Lean* no projeto de moldes

Nas últimas décadas, a crescente pressão na redução de prazos, reflete-se em todas as áreas das empresas de moldes e o departamento de projeto não é exceção. Neste caso, os *softwares* CAD têm assumido um papel preponderante na redução do *lead time* do projeto do molde, quer pela sua evolução, quer pela melhoria das bases de dados a eles associadas, facilitando assim o desenho do molde. No entanto, para além da conceção e desenvolvimento do molde, existe uma grande quantidade de informação e procedimentos inerentes ao processo que necessitam de ser geridos e quando mal geridos, originam desperdícios.

Nem sempre é fácil identificar os desperdícios ou as tarefas que não acrescentam valor ao processo, porque muitos desses desperdícios repercutem-se mais tarde na produção; nos prazos (atrasos) e nos processos, como por exemplo o aumento do tempo de ciclo e *setups* na máquina de injeção e nas maquinações.

Assim, tal como no setor produtivo, a metodologia *Lean* pode ser aplicada na conceção e desenvolvimento, nomeadamente na gestão da informação, nas tarefas e nos procedimentos adaptados.

Além dos sete desperdícios clássicos identificados por Taiichi Ohno, foram ainda propostos por Bauch (2004) outros três relativos/específicos do desenvolvimento de produto. Na Tabela 3 são enumeradas dez classes de desperdícios que podem ser encontrados no departamento de projeto de moldes.

Tabela 3 - Dez classes de desperdícios adaptados ao departamento de projeto (Adaptado de Bauch, 2004).

1. Excesso de produção	Distribuição excessiva de informação; Falta de sincronização entre processos e tarefas: tempo, conteúdo e capacidade (pode significar tarefas repetidas sem que existam diferenças significativas entre elas).
2. Espera	Tempo de espera por informação, recursos humanos e tecnológicos (computadores) indisponíveis. Pessoas à espera de informações, determinando algo que está atrasado ou não foi feito; informações à espera de pessoas, o que ocorre quando a informação é criada mais cedo do que o realmente necessário.
3. Movimento	É considerado como qualquer movimento de pessoas devido à falta de um acesso direto aos dados, ferramentas, pessoas (tirar dúvidas) ou sistemas dentro do sistema de informação.

Tabela 3 - Dez classes de desperdícios adaptados ao departamento de projeto (Adaptado de Bauch, 2004) (continuação).

<p>4. Transporte / Passagem de responsabilidade</p>	<p>Proveniente de restrições em instalações e processos, os quais impõem grandes distâncias a serem vencidas; Ineficiência na transmissão da informação; Troca desnecessária de informações (transferência de dados); Necessidades de aprovações desnecessárias.</p>
<p>5. Sobre processamento</p>	<p>Processos não otimizados que incluem atividades ou funções que não agregam valor ao projeto; Introdução de características desnecessárias no molde/moldes sobredimensionados; Detalhe desnecessário das informações; Trocas excessiva de informações; Uso inapropriado de competências e ferramentas; Aprovações desnecessárias.</p>
<p>6. Inventário</p>	<p>Inventários imobilizam capital e não adicionam valor. Grandes quantidades de informações heterogêneas que estão a aguardar processamento ou para passarem para os processos seguintes; <i>Stock</i> de equipamentos subutilizados ou mesmo desnecessários.</p>
<p>7. Defeitos</p>	<p>Dados ou informações erradas sobre as especificações, deficiência nos atributos de qualidade da informação ou dificuldade de interpretação da informação.</p>
<p>8. Reinvenção</p>	<p>A não utilização de soluções já existentes e da experiência já adquirida em projetos anteriores. O desperdício está em reinventar processos, soluções, métodos e produtos que já existem ou somente necessitariam de poucas modificações para torná-los adequados ao problema em questão. A reutilização ineficiente de projetos ou conhecimento.</p>
<p>9. Falta de disciplina</p>	<p>Os desperdícios caracterizam-se por objetivos, metas e responsabilidades onde os participantes e os demais interessados não compreendem o desenvolvimento; Indisciplina em relação ao planejamento, criação de planos irrealis ou falta de comprometimento no cumprimento dos prazos; insuficiente predisposição para cooperar, onde o resultado individual é mais valorizado que o resultado geral. Incompetência e falta de formação.</p>
<p>10. Recursos de TI limitados</p>	<p>A informação e o desafio de conseguir interligar o processo de forma integrada podem originar problemas de incompatibilidade entre <i>hardware</i> e <i>software</i>; baixa capacidade, em termos de velocidade, confiabilidade e ergonomia; indisponibilidade, entre outros.</p>

E suma, as práticas *Lean* devem ser gradualmente difundidas por todas as áreas da empresa, tal como para empresas dos mais variados tipos e setores, de forma a tornar-se efetivamente, uma filosofia e uma cultura empresarial (Medeiros, 2010).

3. Caraterização do Caso de Estudo e Metodologia Utilizada

O presente trabalho foi elaborado no contexto profissional do departamento de projeto da empresa Tecnofreza, S.A. - fabricante de moldes para injeção de plásticos com sede em Amieirinha - Marinha Grande. Face aos objetivos do trabalho, foram efetuados registos detalhados de todas as atividades e respetivas durações ocorridas na conceção e desenvolvimento de um conjunto de nove moldes de injeção para peças plásticas. Este estudo foi realizado de abril de 2013 a setembro de 2014.

3.1. Caraterização do caso de estudo

A empresa Tecnofreza, sediada na Marinha Grande, é caraterizada como uma empresa industrial cuja atividade principal é o fabrico de moldes para a indústria de plásticos. A Tecnofreza insere-se num grupo restrito de empresas que produzem moldes técnicos de elevada precisão, e deste modo, tem conseguido afirmar-se num segmento de mercado onde poucas empresas da área conseguem concorrer.

3.1.1. Apresentação da empresa

A Tecnofreza (Figura 9) foi fundada em 1989 e surge baseada no conhecimento da indústria e do setor, apoiando-se fundamentalmente na experiência das áreas de produção e comercialização de moldes de injeção.

Em 2001, a Tecnofreza obteve a Certificação de Qualidade segundo a NP EN ISO 9001.

Atualmente, o quadro de pessoal da Tecnofreza é constituído por 63 colaboradores distribuídos numa estrutura organizacional baseada fundamentalmente em quatro áreas principais: área administrativa; área comercial; área da qualidade, segurança e saúde no trabalho e área da produção.

Anualmente, comercializa cerca de 100 moldes, tendo como principais clientes a indústria automóvel, elétrica, eletrónica, farmacêutica, relojoaria, entre outros.

Os principais mercados de atuação encontram-se inseridos na União Europeia, nomeadamente: Alemanha, França Espanha, Suíça e também para outros países, tais como a México e Estados Unidos.



Figura 9 – Tecnofreza.

3.1.2. Departamento de projeto - Tecnofreza

Na Tecnofreza, cerca de 35 a 45% dos moldes fabricados são desenhados pelo departamento de projeto, sendo os restantes subcontratados a fornecedores externos. Esta distribuição de trabalho deve-se a uma estratégia de gestão definida pela administração.

No que respeita ao espaço físico, a sala de projeto está localizada no primeiro andar do edifício principal, junto à área de produção. Os postos de trabalho encontram-se dispostos conforme *layout* apresentado na Figura 10.

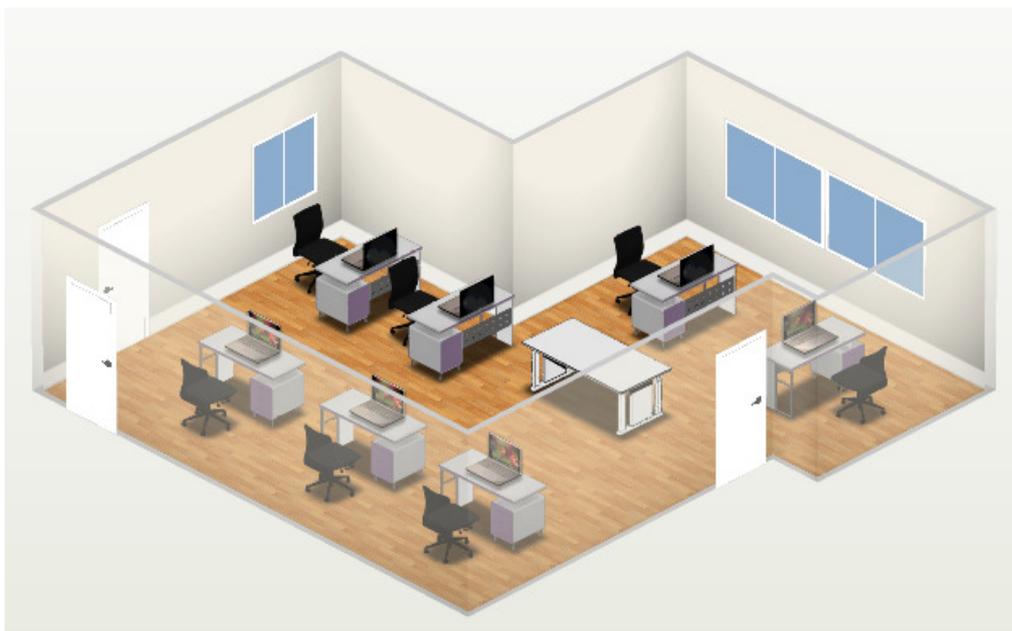


Figura 10 - *Layout* da sala de projeto (Tecnofreza S.A.).

O departamento é constituído por uma equipa composta por um responsável de projeto e seis projetistas, tendo estes na sua maioria, experiência no projeto de moldes superior a vinte anos.

Segundo o Manual dos Recursos Humanos da Tecnofreza (2012), o colaborador responsável pelo departamento de projeto tem as seguintes funções:

- Responsável pela boa conceção dos projetos de moldes;
- Atribuição e controlo de objetivos de cada projeto;
- Planear e coordenar o trabalho da secção;
- Aprovação de desenhos e listas de materiais;
- Definição das soluções técnicas para a construção do molde, nas fases de orçamento e projeto;
- Resolução de não conformidades;
- Alertar o diretor operacional para a necessidade de horas extras ou subcontratação de trabalho;
- Distribuição de trabalho;
- Assegurar o cumprimento do caderno de encargos;
- Registar toda a informação externa recebida (clientes e fornecedores) em formato digital.

Ao passo que, as funções atribuídas aos desenhadores/projetistas são:

- Executar os desenhos e/ou modelação que constituem o projeto preliminar tendo em conta as necessidades do cliente e as soluções mais simples e económicas no processo produtivo, por forma a rentabilizar a solução proposta;
- Rever e verificar o projeto e caso existam modificações a realizar, deve efetuá-las;
- Elaborar os desenhos e/ou modelações finais necessários à produção. O operador do projeto deve atualizar as cópias distribuídas assim como o original, registar as revisões efetuadas e as áreas da empresa a quem foram distribuídas as cópias, arquivar os desenhos originais quando o molde é expedido,
- Fazer o controlo da distribuição dos desenhos;
- Fazer a revisão dos desenhos e outros documentos a enviar ao cliente.

A metodologia de trabalho aplicada no desenho de cada molde é constituída por oito fases:

1ª Fase - Desenho preliminar: fase inicial do projeto com a elaboração de um pré-estudo do molde elaborado por um projetista (coordenador de equipa).

2ª Fase - 3D dos planos de junta: após receber o desenho do artigo é necessário proceder à definição dos planos de junta que constituem a geometria da cavidade (parte fixa do molde) e a bucha (parte móvel do molde). Esta fase apenas pode ser efetuada por um projetista da equipa.

3ª Fase - 3D do molde – lado móvel: toda a estrutura envolvente aos elementos moldantes do lado móvel do molde.

4ª Fase - 3D do molde - lado fixo: toda a estrutura envolvente aos elementos moldantes do lado fixo do molde.

5ª Fase - 2D dos elementos moldantes: desenhos técnicos dos elementos que constituem a zonas moldantes.

6ª Fase - Lista de materiais: lista de todos os componentes normalizados e não normalizados, que constituem o molde.

7ª Fase - 2D dos acessórios: desenhos técnicos dos componentes não normalizados do molde.

8ª Fase - 2D de montagem do molde e esquemas: desenho técnico da montagem do molde incluindo todos os componentes do molde, assim como esquemas de ligações elétricas, de refrigeração, hidráulicas, entre outras.

Plano de produção:

O período estipulado para a execução do projeto completo de um molde (desenhos 2D e 3D) está definido no plano de produção, conforme exemplo que consta no Anexo I. A elaboração deste documento é da responsabilidade do direção técnica da empresa sendo atualizado semanalmente. Após a sua elaboração, o plano é entregue aos responsáveis das várias secções e gestores de projeto, servindo de guia orientador para o tempo de execução nos vários estágios do molde (desenho, maquinaria, bancada e teste de injeção). Disponibiliza também as principais especificações do molde e identifica os intervenientes no projeto (cliente, gestor de projeto e fornecedor externo).

Tal como nas outras secções da empresa, o horário laboral do departamento de projeto é de 40 horas semanais, com o recurso habitual a horas extraordinárias. Todos os postos de trabalho utilizam o *software* Topsolid v6.15 para a elaboração dos desenhos 2D/3D e o *software* Sinex para auxílio à elaboração da respetiva lista de materiais do molde.

3.2. Metodologia utilizada

A metodologia utilizada neste estudo consistiu num primeiro momento, na recolha de informação relativa aos prazos considerados no plano de produção para a execução do projeto de cada molde em estudo.

Num segundo momento, procedeu-se à recolha de dados referentes ao *lead time* do projeto recorrendo à análise de tempos de execução e das atividades/tarefas realizadas. Considera-se *lead time* do projeto de um molde, como o intervalo de tempo compreendido entre a publicação da folha de especificações/desenho de artigo 3D no servidor e a entrega de todos os desenhos necessários à sua fabricação.

De modo a obter uma análise pormenorizada de todas as atividades ocorridas durante o projeto, foi elaborado um cronograma diário (em formato *Excel*[®]). O cronograma inclui todas as atividades consideradas mais relevantes, que podem ocorrer na conceção e desenvolvimento de um molde. À exceção do “avanço de trabalho”, estas atividades indicam as paragens ou interrupções que não agregam valor no decorrer do *lead time*, sendo estas consideradas um *muda* (desperdício) para esse projeto (embora possam ser necessárias a outros projetos). O “avanço de trabalho” indica igualmente o tempo de trabalho efetivo despendido no projeto de um molde (Figura 11).

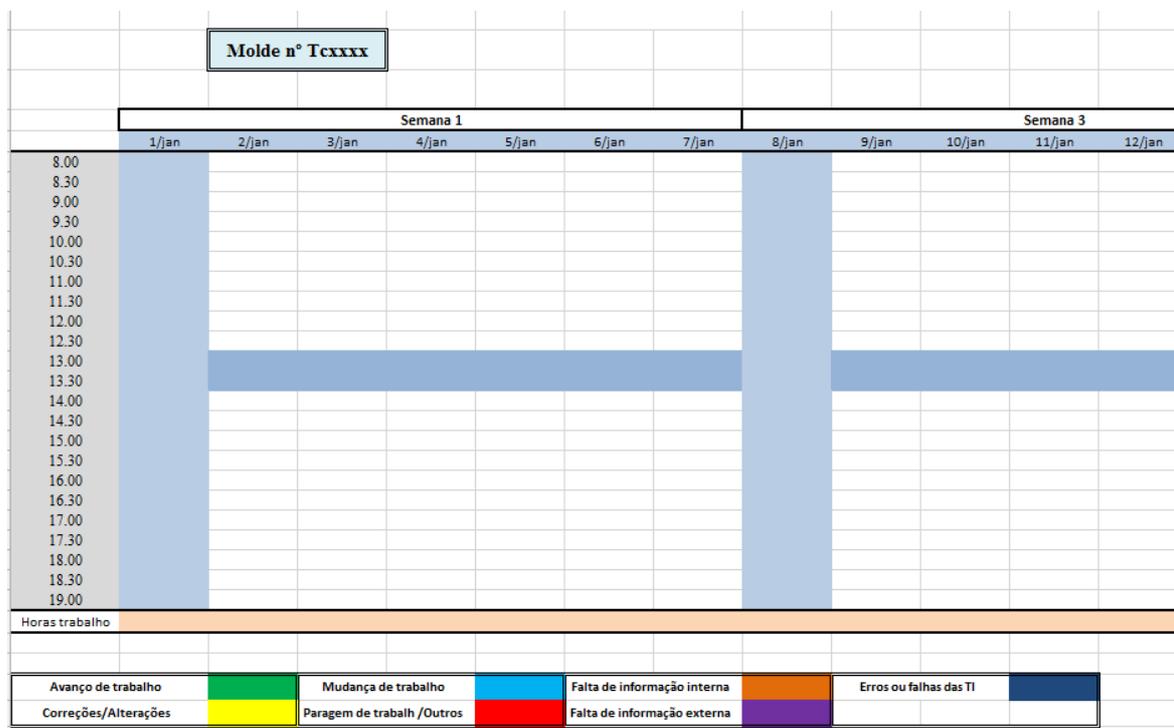


Figura 11 - Template da folha de registo da análise de tempos.

O *timing* considerado para o início dos registos inerentes cada molde em estudo, é despoletado quando o responsável da sala de desenho tem acesso completo à seguinte informação:

- Desenho de artigo 3D (geralmente acompanhado pelo 2D);
- Folha de especificações da Tecnofreza;
- Folha de especificações do cliente (facultativo);
- Número do molde.

Estando na posse desta informação, o responsável da secção procede ao registo informático dos desenhos de artigo 2D e 3D da peça plástica e transmite a informação via *email* ao projetista, dando este início ao projeto do molde e conseqüentemente ao registo da informação.

O cronograma das atividades compreende o horário das 8.00 horas às 19.00 horas de segunda-feira a sábado, contemplando o trabalho extraordinário. Por uma questão de metodologia ficou definido que os registos seriam efetuados a cada 30 minutos. De forma a conseguir uma rápida identificação e compreensão, foram atribuídas cores a cada uma das tarefas de acordo com a classificação seguinte (Tabela 4):

Tabela 4 - Atividades/tarefas consideradas no cronograma.

	Avanço de trabalho	Tempo de trabalho efetivo gasto em operações que acrescentem valor ao projeto do molde.
	Correções e alterações	São as operações que necessitam de ser repetidas por erro do projetista ou para implementar melhorias que não estavam previstas inicialmente no projeto.
	Mudança de trabalho	Quando o projetista pára o trabalho atual e o coloca em espera, iniciando operações relativas a outro molde.
	Paragem de trabalho/Outros	Todas as paragens efetuadas, que não estão relacionadas diretamente com o desenho do molde, nomeadamente, reuniões, formações ou registos de informação externa.

Tabela 4 - Atividades/tarefas consideradas no cronograma (continuação).

	Falta de informação externa	São as paragens de trabalho devidas à falta de dados na folha de especificações, clarificações ou alterações de desenho de artigo. Esta informação é da responsabilidade do cliente e é considerada muito relevante para o desenvolvimento do projeto.
	Falta de informação interna	Informação deficiente ou a aguardar decisão pelos superiores hierárquicos.
	Erros ou falhas das TI	São as perdas de informação originadas por erros/falhas no funcionamento do sistema CAD.

3.2.1. Descrição do objeto de estudo

De forma a cumprir os objetivos anteriormente definidos, procedeu-se à recolha de dados tendo por base um conjunto de nove moldes de injeção com complexidades variadas, quer de nível mecânico, quer de geometria da peça plástica a injetar. Tentou-se que esse grupo de moldes selecionados fosse representativo da realidade produtiva da empresa.

Na seleção dos moldes para estudo foram tidos em consideração os seguintes critérios:

- Um único projetista desde o princípio até ao desenho final do molde;
- Inclusão de três fases no projeto: verificação/otimização do artigo 3D, desenho preliminar e desenho final (2D e 3D).

Com base nestes critérios foram registados os dados relativos aos nove moldes que de seguida se descrevem:

Molde n°1 – Molde de injeção para peça plástica destinado à produção de um componente para a indústria automóvel (Figura 12). No que respeita à sua tipologia, é um molde estruturado, constituído por duas cavidades e sistema de canais quentes. A extração das peças é acionada mecanicamente com um duplo estágio (dupla-extração). Este molde pode ser considerado de média complexidade, dada a geometria e quantidade de elementos que constituem a zona moldante (postigos).

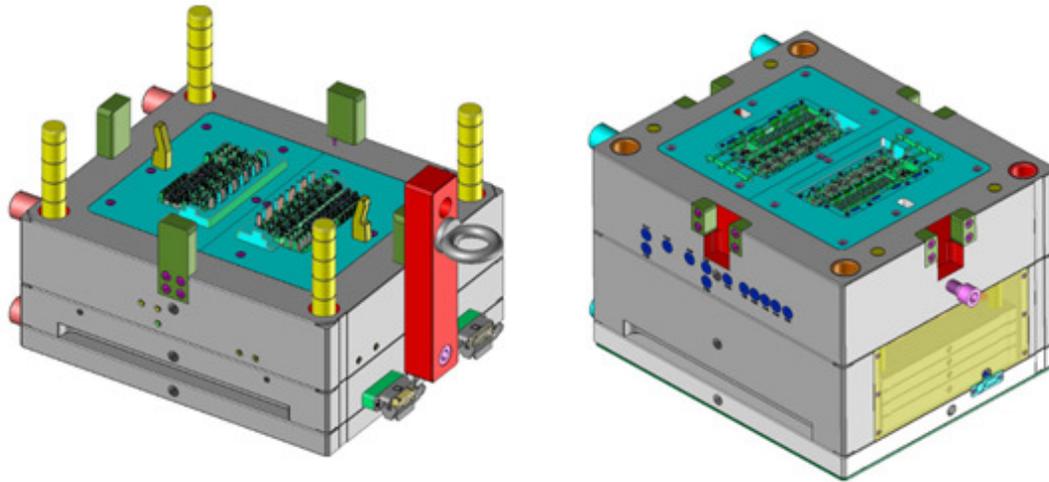


Figura 12 – Modelo 3D do molde nº 1.

Molde nº2 – Molde de injeção para componente destinado à indústria automóvel (Figura 13). No que respeita à sua tipologia, é um molde estruturado, constituído por oito cavidades e com injeção de canais quentes. Mecanicamente, é composto por uma pré-abertura acionada por uma extração com duplo estágio. Os movimentos (elementos móveis) são atuados de forma mecânica. O molde apresenta um baixo grau de complexidade.

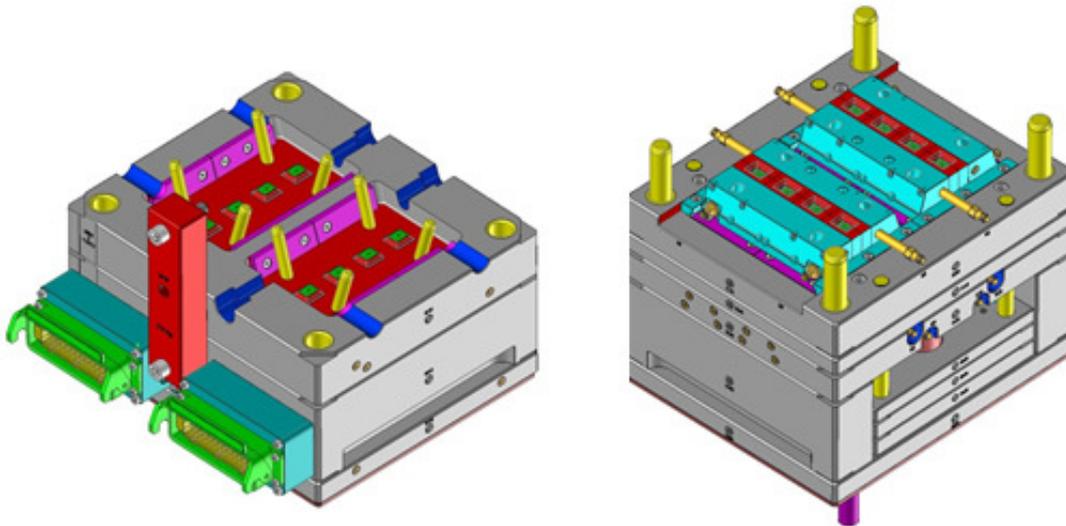


Figura 13 – Modelo 3D do molde nº 2.

Molde nº3 – Molde de injeção destinado à produção de um componente para a indústria elétrica (Figura 14). No que respeita à sua tipologia, é um molde estruturado, constituído por dezasseis cavidades e um sistema de injeção com canais quentes. A extração das peças é

acionada mecanicamente, assim como os movimentos que o constituem (elementos móveis). Embora o grau de complexidade mecânica seja baixo, a geometria reduzida da peça a injetar exige tempo acrescido de projeto (planos de junta complexos).

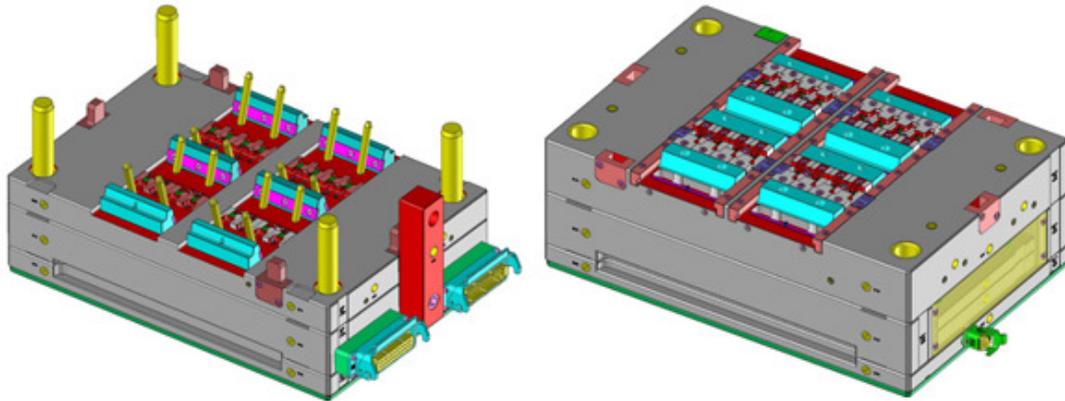


Figura 14 – Modelo 3D do molde n° 3.

Molde n°4 – Molde de injeção para a produção de um componente da indústria automóvel (Figura 15). No que respeita à sua tipologia, é um molde estruturado, constituído por uma cavidade e canais quentes. A extração das peças é acionada mecanicamente com um duplo estágio (dupla-extração). É um molde de média complexidade, uma vez que os elementos que constituem a zona moldante (postiços) são em elevado número.

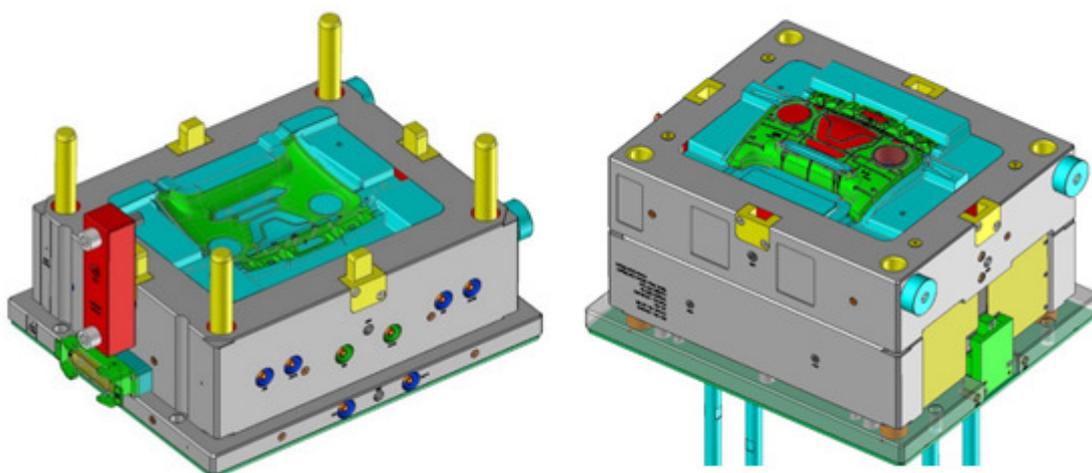


Figura 15 – Modelo 3D do molde n° 4.

Molde nº5 – Molde de injeção destinado à produção de um componente para a indústria elétrica (Figura 16). No que respeita à sua tipologia, é um molde estruturado, constituído por dezasseis cavidades e canais quentes. A extração das peças e os movimentos (elementos móveis) são acionados mecanicamente. A maior dificuldade neste molde encontra-se na aplicação do sistema de injeção, constituído por um sistema de obturação da injeção com recurso a cilindros pneumáticos (*valve-gate*) e na colocação de coletores de distribuição de ar. Trata-se de um sistema de injeção requerido pelo cliente, que apresenta uma geometria complexa e fora do padrão normal utilizado pela Tecnifreza.

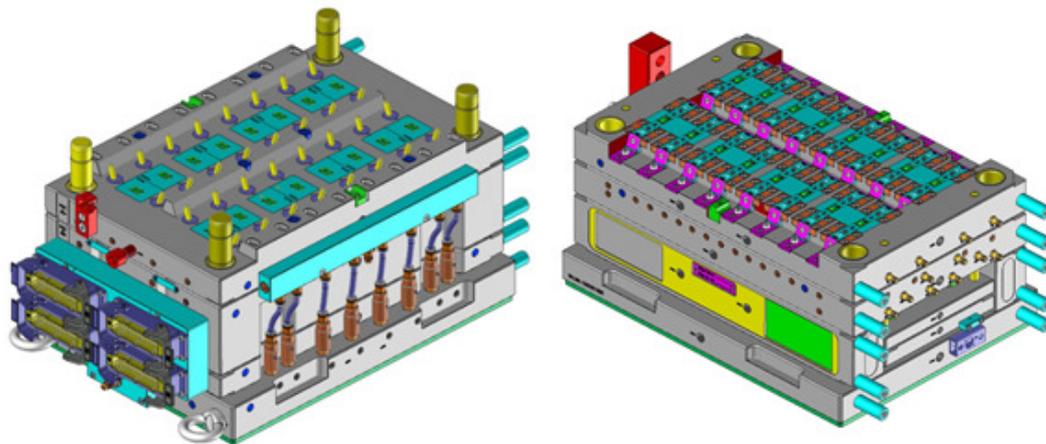


Figura 16 – Modelo 3D do molde nº 5.

Molde nº6 – Molde de injeção para peça plástica destinada à indústria automóvel (Figura 17). No que respeita à sua tipologia é um molde estruturado, constituído por uma cavidade e com injeção de canais quentes. A extração das peças e os movimentos são acionados mecanicamente e o seu grau de complexidade é médio, derivado à dificuldade do plano de junta da zona moldante.

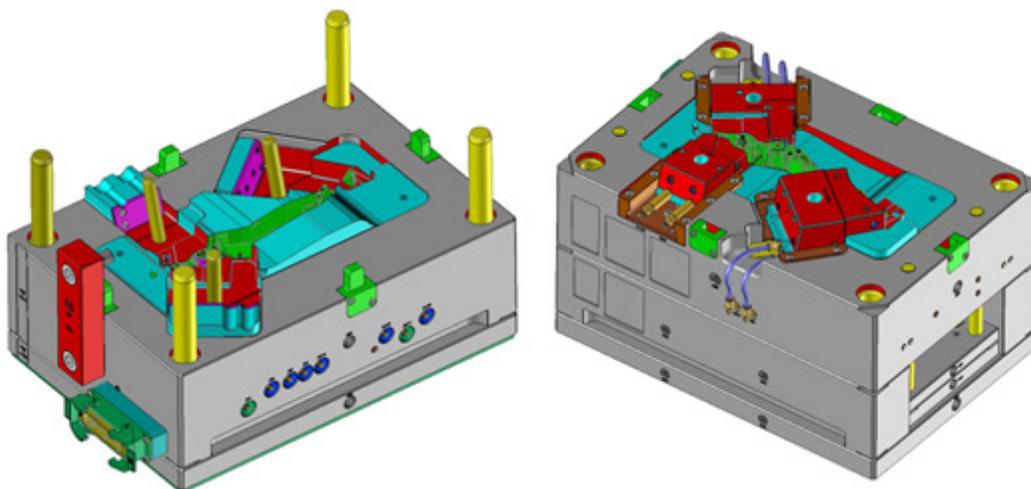


Figura 17 – Modelo 3D do molde nº 6.

Molde nº7 – Molde de injeção bi-material para a produção de um componente para a indústria automóvel (Figura 18). No que respeita à sua tipologia é um molde estruturado, constituído por 2 mais 2 cavidades e canais quentes. A rotação do lado móvel do molde é executada por um prato rotativo indexado à máquina de injeção. Mecanicamente, o molde é constituído por duas pré-aberturas: a primeira é acionada por trincos mecânicos e a segunda por uma extração com duplo estágio. O grau de complexidade é elevado devido à sequência mecânica exigida.

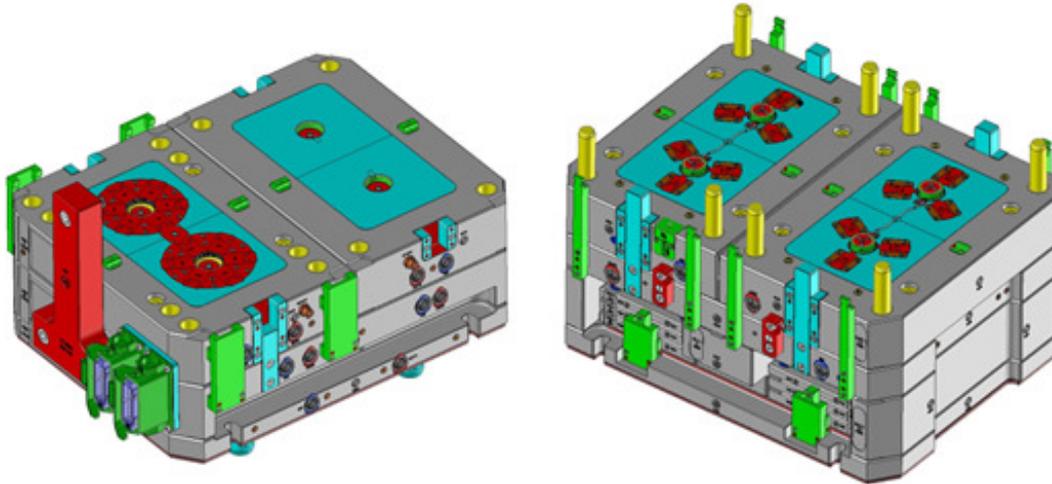


Figura 18 – Modelo 3D do molde nº 7.

Molde nº8 – Molde de injeção para peça plástica destinada à indústria automóvel (Figura 19). No que respeita à sua tipologia é um molde estruturado, constituído por uma cavidade e com injeção de canais quentes. A extração das peças é acionada mecanicamente. O seu grau de complexidade é médio, devido a um elevado número de elementos moldantes que o constituem.

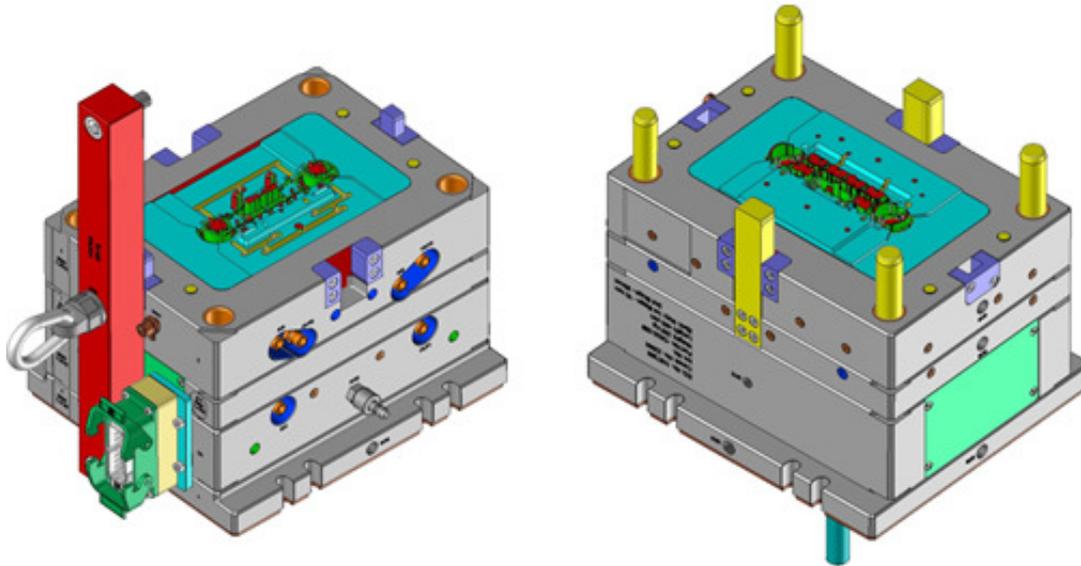


Figura 19 – Modelo 3D do molde nº 8.

Molde nº9 – Molde de injeção para a produção de um componente da indústria automóvel (Figura 20). No que respeita à sua tipologia é um molde estruturado, constituído por uma cavidade e canais quentes. A extração das peças é acionada mecanicamente. É um molde de média complexidade, uma vez que os elementos que constituem a zona moldante (postiços) são em elevado número e com geometria complexa.

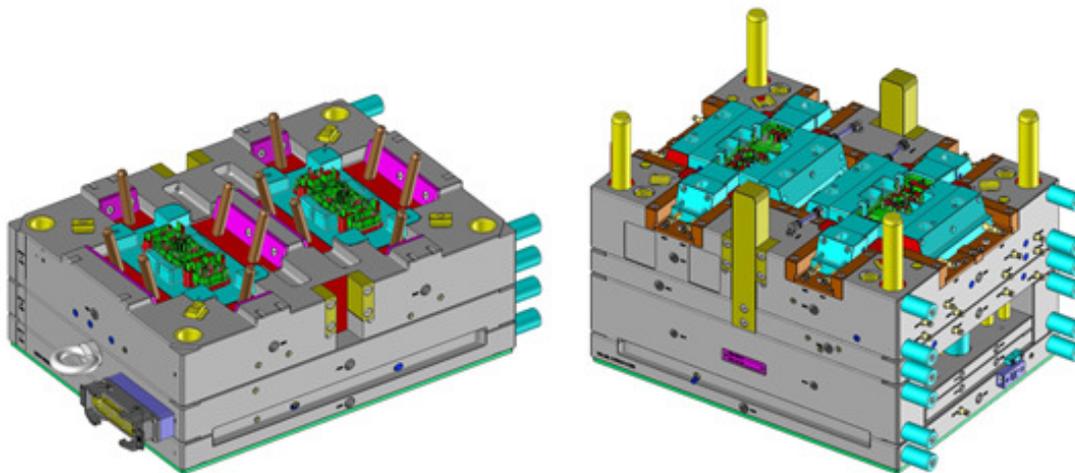


Figura 20 – Modelo 3D do molde nº 9.

4. Análise de Resultados

4.1. Análise preliminar

Como análise preliminar ao estudo, procedeu-se a uma comparação entre o *lead time* (tempo de execução) previsto e o *lead time* real de desenho dos nove moldes. Esta comparação permite verificar se existem desvios entre o tempo inicialmente previsto pela direção e o tempo real gasto na realização dos desenhos, desde o início até ao término do projeto.

Após efetuada a comparação, verifica-se que existe uma diferença significativa no *lead time* do projeto dos nove moldes, conforme representa a Figura 21.

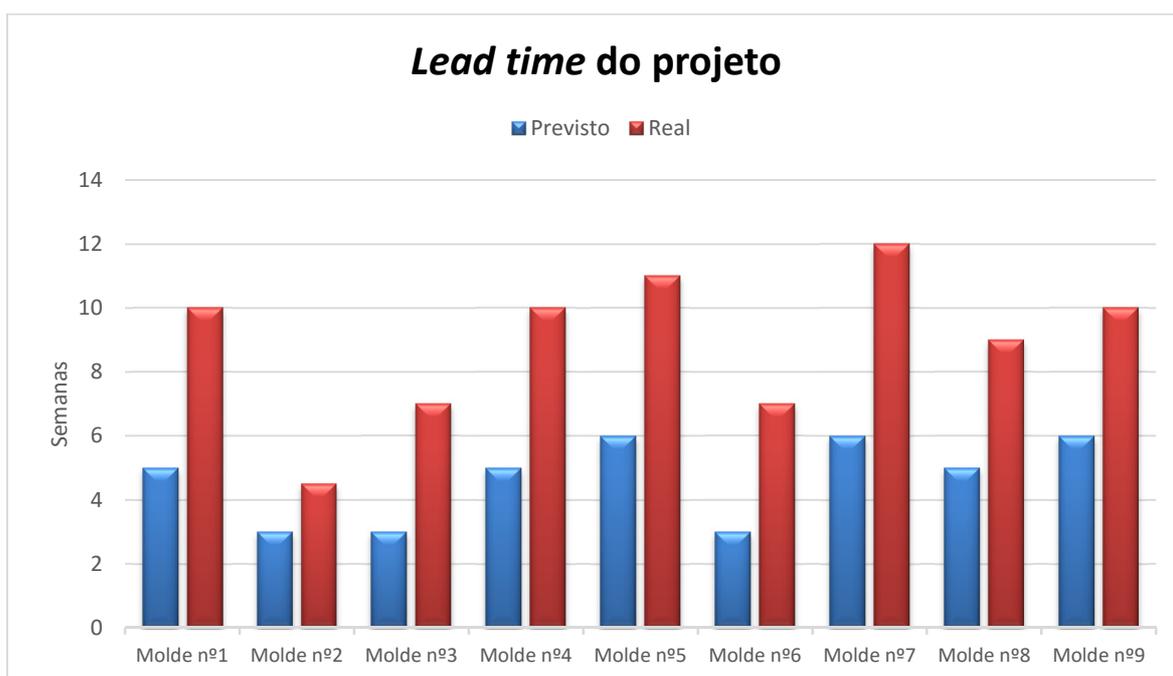


Figura 21 – Análise do *lead time* previsto vs real.

Considerando a análise efetuada, verifica-se pela Figura 22 que a soma do *lead time* dos projetos estudados apresentam em média quase o dobro (91,7%) do tempo previsto no plano de produção, definido inicialmente pela direção da empresa.

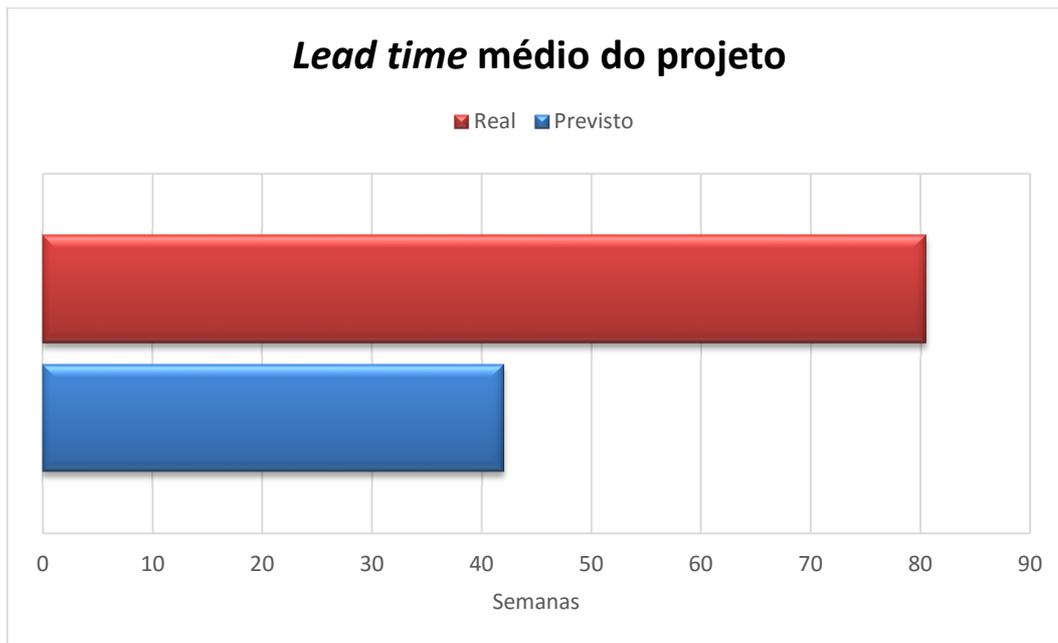


Figura 22 – *Lead time* médio dos nove moldes: previsto vs real.

A discrepância entre o tempo real e o tempo previsto de projeto origina consequentemente um desvio nas várias operações posteriores do processo produtivo do molde (ex. maquinagem, montagem e teste).

Este constrangimento pode ter as seguintes consequências:

- Falha no planeamento dos moldes (em excesso ou em falta) em produção;
- Erro no planeamento de carga de trabalho das várias secções;
- Atraso no prazo de entrega dos moldes;
- Dificuldade na gestão dos colaboradores (trabalho, marcação de férias, horas extraordinárias).

As principais causas identificadas que poderão estar na origem da diferença observada são nomeadamente:

- a) Plano de produção baseado em valores estimados, sem a colaboração do departamento de projeto (*a priori*).

Por vezes, os planos de produção são elaborados recorrendo ao conhecimento empírico, i.e., o tempo previsto para a elaboração do projeto é estimado tendo por base outros moldes semelhantes, já fabricados. Para que esta forma de conhecimento seja considerada válida, é essencial ter em consideração duas variáveis importantes; a carga de trabalho no

departamento de projeto e a disponibilidade dos fornecedores, para o caso de ser necessário recorrer à subcontratação externa de um projeto.

Por vezes, existem também pormenores técnicos que só são observados quando é efetuada uma breve análise preliminar ao desenho de artigo (ex. saídas de desmoldação existentes, melhorias a efetuar, reparação de geometria a 3D, entre outras). Assim, nesta fase inicial, mostra-se fundamental a colaboração entre o departamento de projeto, o departamento comercial e a direção da empresa, de forma a reunirem o máximo de informação para não exista o risco de surgirem contratemplos que não estão refletidos nos prazos do plano de produção.

b) Atraso na execução dos desenhos pela sala de projeto (*a posteriori*).

O plano de produção é realizado de acordo com o ponto definido anteriormente, no entanto verifica-se um atraso na execução do desenho, que na maior parte das vezes, com repercussão nos processos produtivos seguintes. Este atraso acontece com frequência e dificilmente é identificada a causa (ou causas) que o origina.

Atendendo que esta causa é considerada como sendo o principal objetivo à elaboração do presente projeto, será analisada e discutida detalhadamente no capítulo seguinte.

4.2. Análise do *lead time* no projeto

4.2.1. *Lead time* dos nove moldes

Com base na informação recolhida no decorrer do projeto, foi possível identificar os instantes em que se realizaram tarefas que não acrescentavam valor ao desenho do molde. Seguidamente, serão analisados de uma forma detalhada os tempos correspondentes aos nove moldes considerados para o estudo. A análise do *lead time* é apresentada por um gráfico auxiliado por um cronograma simplificado.

O gráfico indica a percentagem despendida em cada uma das atividades consideradas, ao passo que o cronograma permite ter uma perceção geral de como se distribuem as atividades no decorrer do desenho. Na horizontal estão representados os dias/semanas desde o início ao fim do projeto e na vertical estão especificadas as horas diárias de trabalho do projetista.

Das sete atividades analisadas apenas o “avanço de trabalho” acrescenta valor ao projeto, i.e. entende-se como avanço do desenho do molde propriamente dito, as restantes seis são consideradas *mudas* porque interrompem o decurso normal do projeto do molde.

Molde nº 1

Na Figura 23, entende-se que no período de execução do desenho 72,1% é considerado “avanço de trabalho”. As interrupções no desenho do molde são originadas principalmente por “correções/alterações” (19,8%) e “mudanças de trabalho” (4,8%). Três atividades mostram-se pouco evidentes, como é o caso da “paragem de trabalho/outros” com 1,7%, “erros ou falhas das TI” em 1,0% e da “falta de informação interna” com 0,6%. A atividade “falta de informação externa” é inexistente neste projeto de molde.

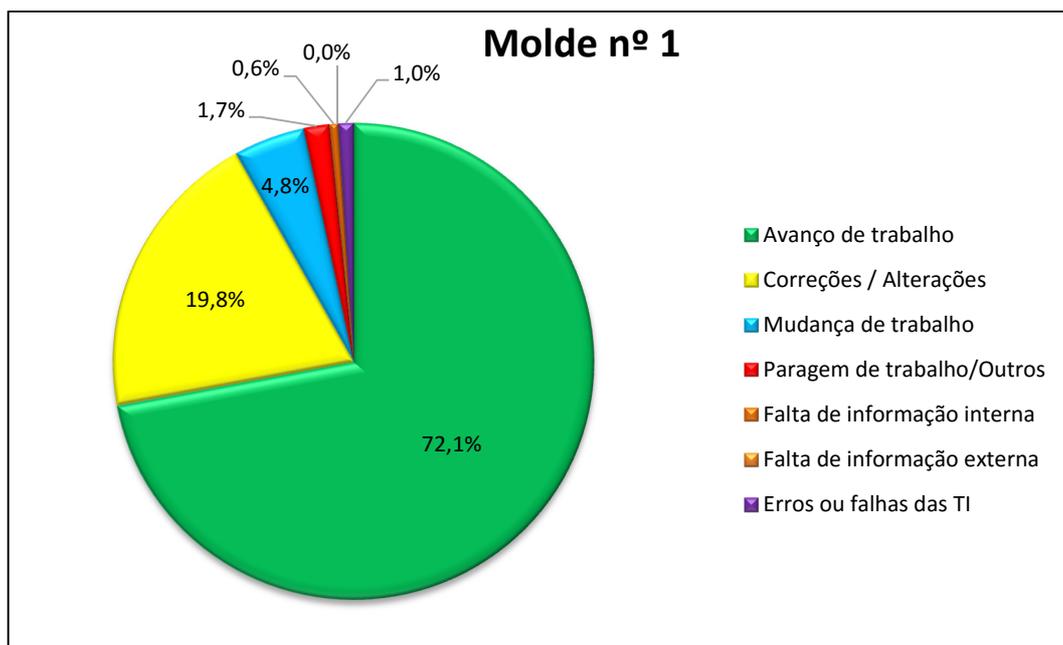


Figura 23 – Análise de tempos de execução do molde nº 1.

Na Figura 24 pode observar-se que a semana S1, S2 e parte da S3 está preenchida em grande parte pela cor amarela correspondente a correções/alterações, uma vez que foi necessário alterar o desenho 3D recebido do cliente (saídas de desmoldação). Nas semanas seguintes existem várias interrupções, maioritariamente pela “mudança de trabalho” e “correções/alterações”. O cronograma detalhado encontra-se no Anexo II.

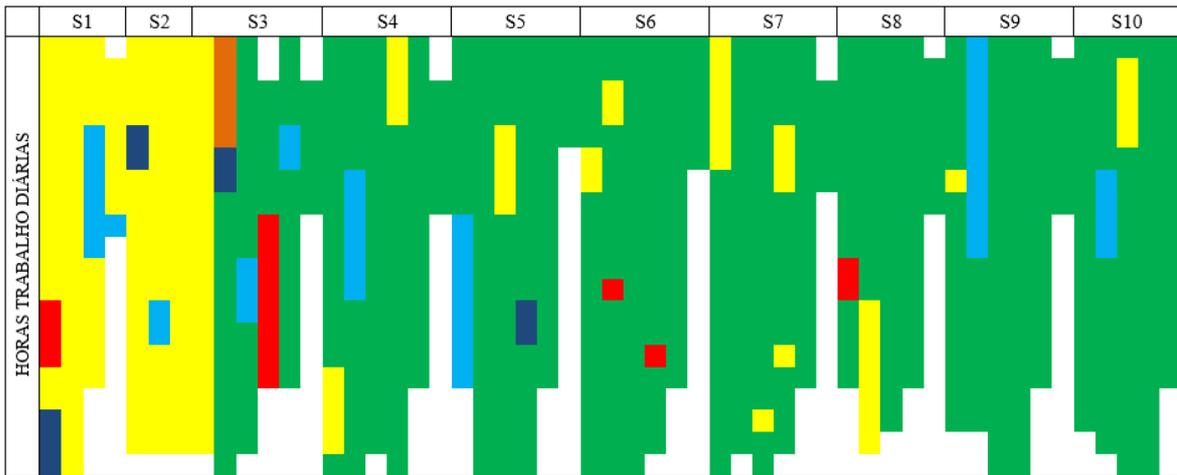


Figura 24 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 1.

Molde nº 2

Observa-se que no projeto do molde nº 2 (Figura 25), o “avanço de trabalho” representa 71,6% do tempo total do projeto. A interrupção mais significativa é originada pela “mudança de trabalho” com 15,1%, seguida da “paragem de trabalho/outros” em 7,8%. Com valores consideravelmente inferiores seguem-se: “correções/alterações” com 2,9%; “falta de informação externa” com 1,6%; “falta de informação interna” e “erros ou falhas das TI” com 0,5%.

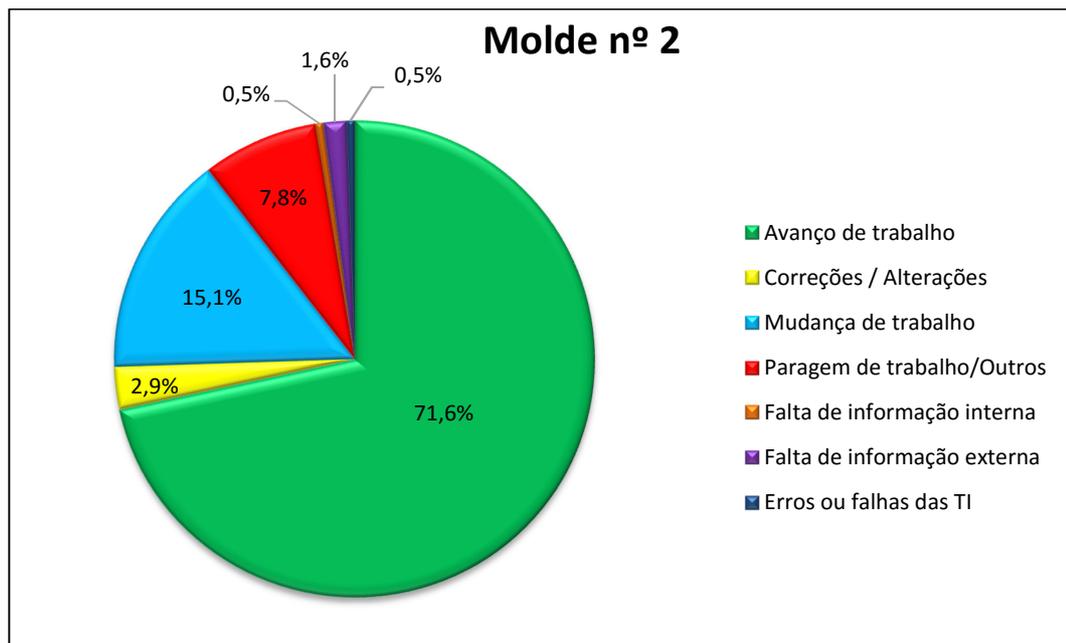


Figura 25 – Análise de tempos de execução do molde nº 2.

O cronograma mostrado na Figura 26 apresenta paragens no desenho do molde causadas principalmente pela “mudança de trabalho” e “paragem de trabalho”. A mudança de trabalho foi devida à necessidade de alterações noutros moldes em produção, sendo estas requeridas pelos clientes. A paragem de trabalho resultou de uma formação do projetista em horário laboral (Anexo III).

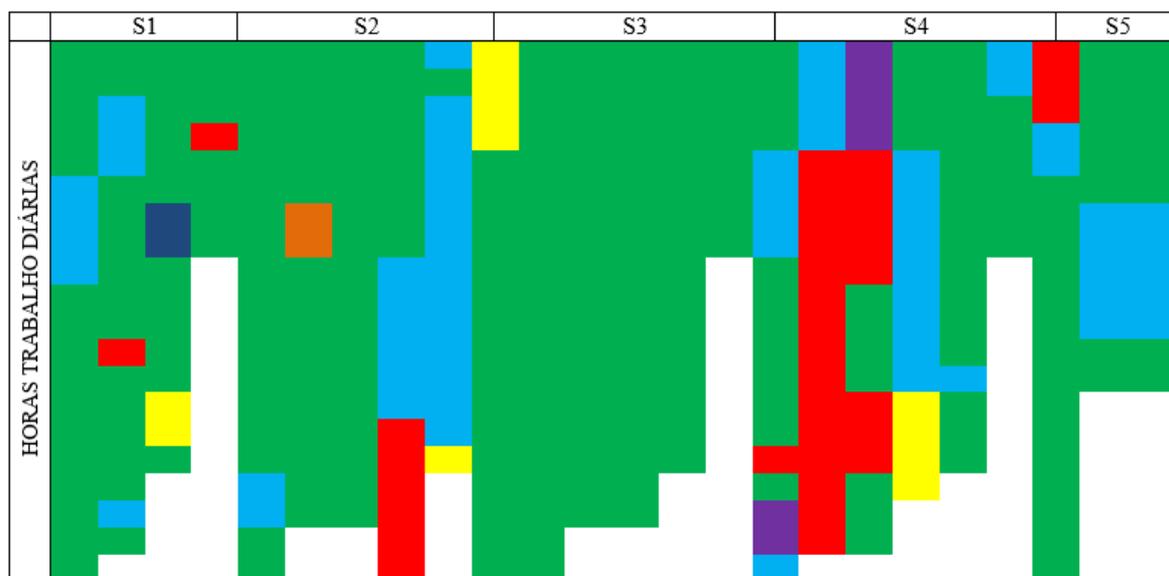


Figura 26 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 2.

Molde nº 3

No molde nº 3 apresentado na Figura 27, o tempo ocupado com “avanço de trabalho” apresentou o valor de 74,9%. As atividades mais relevantes na descontinuidade do desenho do molde foram as “mudança de trabalho”, “paragem de trabalho/outros” e “correções/alterações” com 12,0%, 7,5% e 3,2%, respetivamente. No que diz respeito às restantes atividades, estas apresentaram valores pouco significativos ou nulos, sendo “erros ou falhas das TI” com 1,5%, “falta de informação externa” de 0,9% e “falta de informação interna” com valor zero.

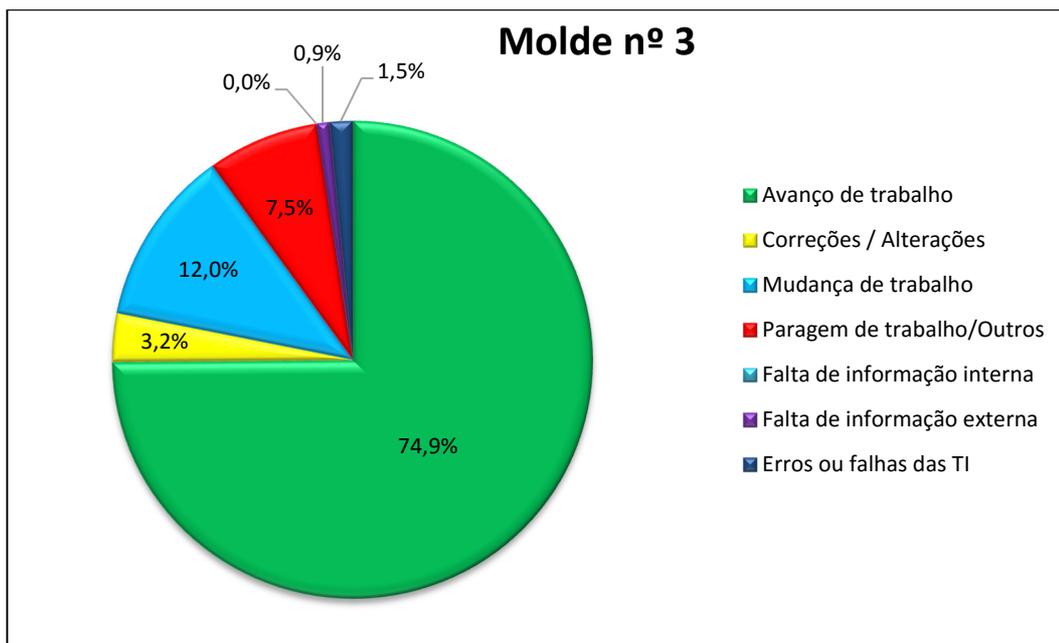


Figura 27 – Análise de tempos de execução do molde nº 3.

Pela observação da Figura 28, verifica-se que a “mudança de trabalho” e a “paragem de trabalho/outros” são as atividades que mais contribuem para a existência de paragens no desenho. A primeira foi originada principalmente por alterações a realizar em moldes já fabricados, enquanto a segunda ocorreu devido a formação do projetista. O cronograma pormenorizado encontra-se no Anexo IV.

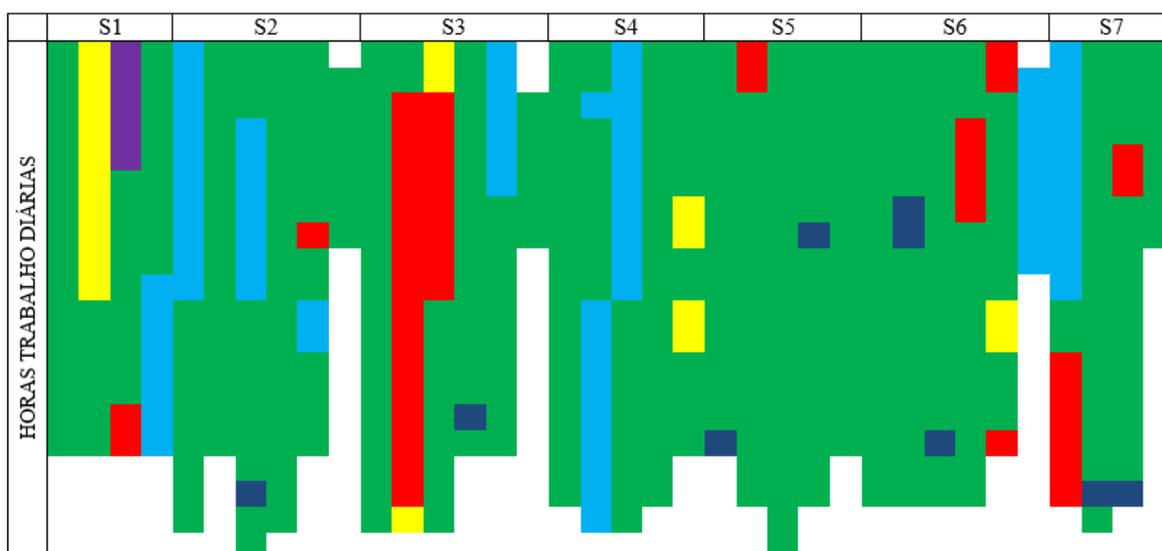


Figura 28 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 3.

Molde nº 4

A Figura 29 permite visualizar que no período de execução do desenho, 68,1% é considerado “avanço de trabalho”. As interrupções ocorridas têm origem em primeiro lugar na “mudança de trabalho” (22,3%) e em segundo lugar as “correções/alterações” (6,1%). As atividades “falta de informação externa” e “paragem de trabalhos/outros” mostram-se pouco evidentes com valores de 2,1% e 1,5% respectivamente. A “falta de informação interna” e “erros ou falhas das TI” são inexistentes.

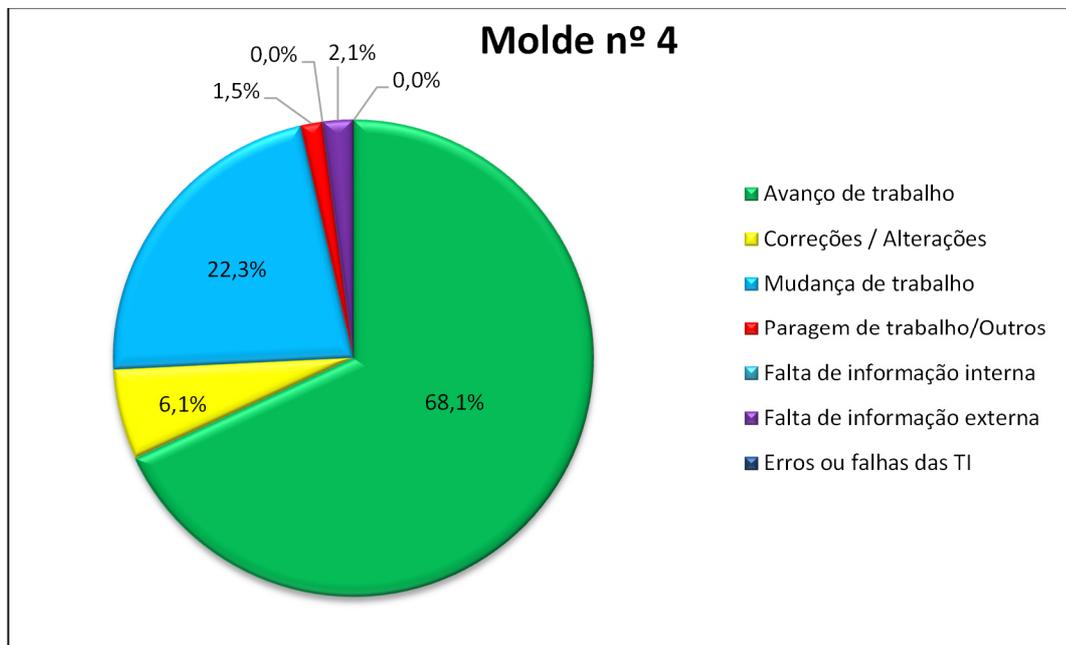


Figura 29 – Análise de tempos de execução do molde nº 4.

As principais causas observadas no cronograma mostrado na Figura 30 apresentam interrupções no desenho do molde causadas em grande parte pela “mudança de trabalho” e “correções/alterações”. A “mudança de trabalho” foi devido à necessidade de terminar outros moldes que estavam em fase final de projeto, tal como efetuar alterações em moldes já desenhados anteriormente (Anexo V).

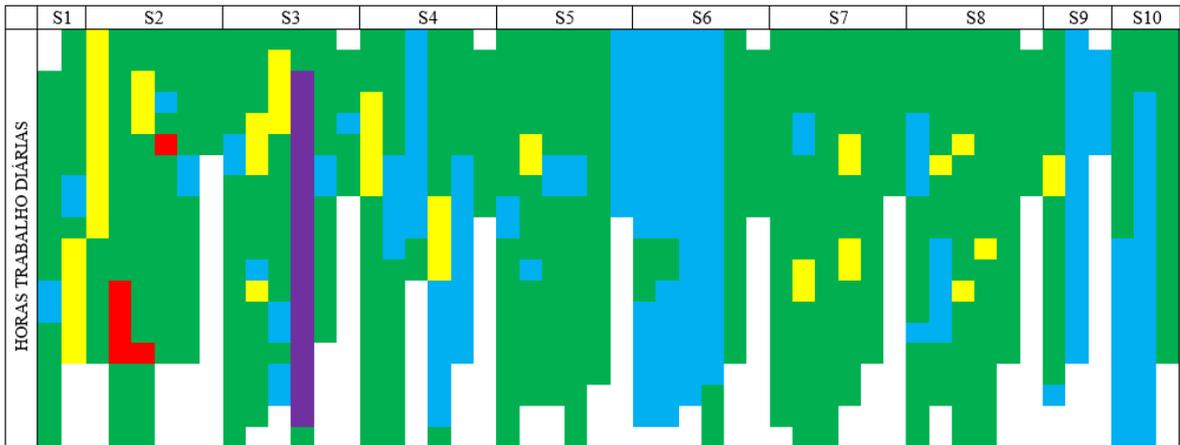


Figura 30 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 4.

Molde nº 5

No molde nº 5 observado na Figura 31 o tempo de “avanço de trabalho” apresentou o valor de 41,0%. A atividade “falta de informação externa” exibiu um valor considerável na interrupção do desenho com 38,5%, podendo ser considerado um valor atípico ao estudo. Contribuíram também para as interrupções a “mudança de trabalho” e as “correções/alterações” com 13,2% e 6,9% respetivamente. A atividade “erros ou falhas das TI” mostrou um valor pouco relevante de 0,4%. A “falta de informação interna” e “paragem de trabalho/outros” não registaram qualquer valor.

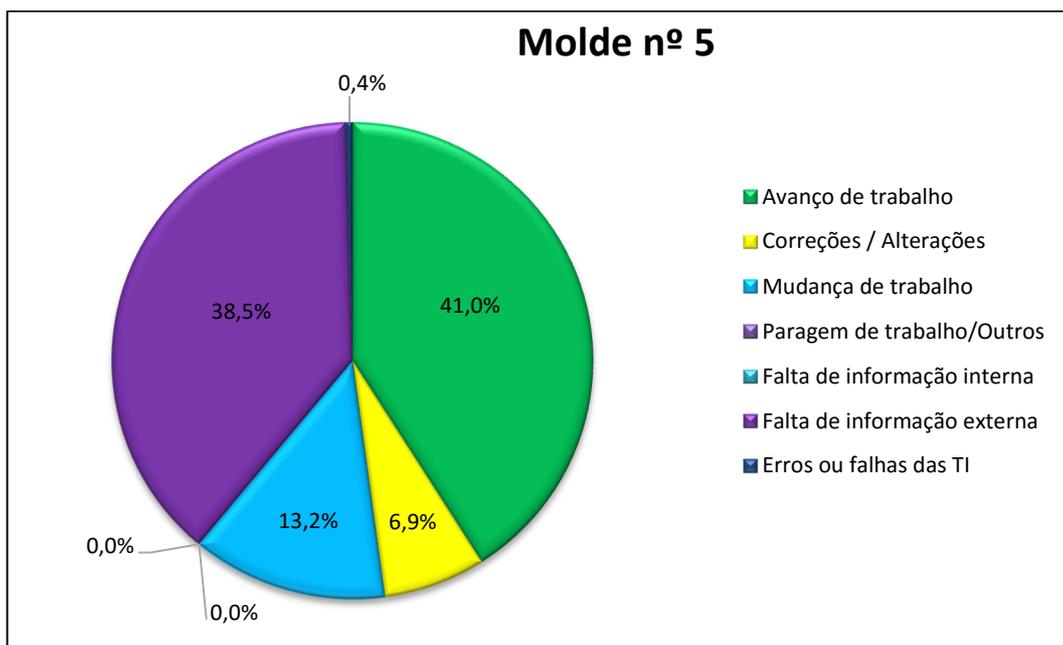


Figura 31 – Análise de tempos de execução do molde nº 5.

O cronograma observado na Figura 32 demonstra uma interrupção significativa (“falta de informação externa”) originada pelo atraso do fornecedor, na entrega da informação relativa ao sistema de injeção. A “mudança de trabalho” foi originada pela necessidade de efetuar alterações em moldes já desenhados anteriormente. As “correções/alterações” derivaram da mudança do sistema de injeção (Anexo VI).

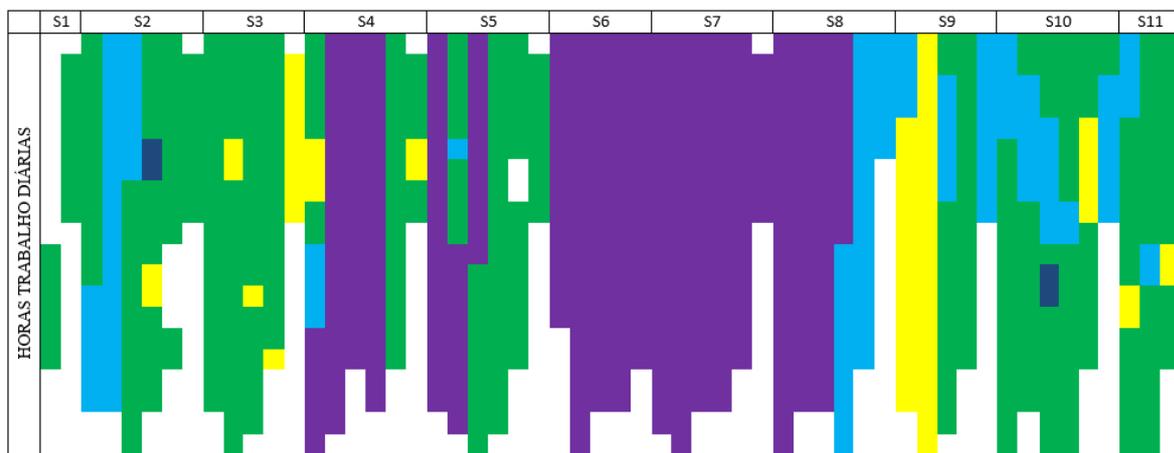


Figura 32 – Cronograma da análise de tempos - molde n° 5.

Molde n° 6

De notar que no molde n°6 (Figura 33), o tempo considerado de “avanço de trabalho” foi de 74,6%. Durante o período de projeto, as interrupções mais significativas ocorridas foram: “correções/alterações”, “falta de informação externa” e “mudança de trabalho”, com os valores de 10,7%, 7,2% e 6,6%, respetivamente. As atividades “paragem de trabalho/outros” (0,5%) e “erros ou falhas das TI” (0,3%) apresentam valores pouco expressivos. A atividade “falta de informação interna” é inexistente.

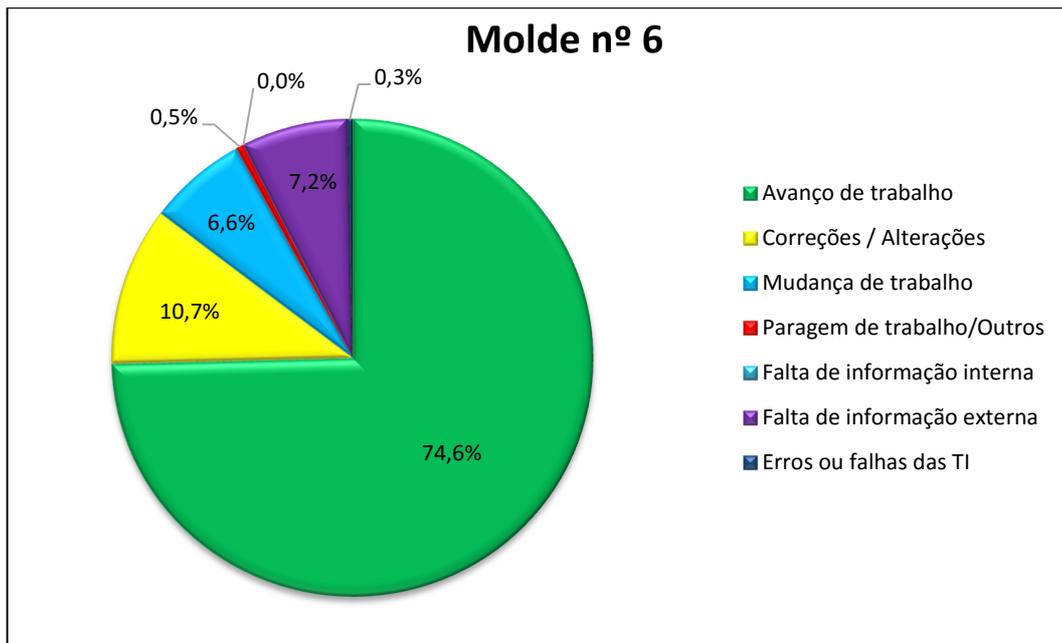


Figura 33 – Análise de tempos de execução do molde nº 6.

Atendendo à Figura 34, verifica-se que numa fase inicial foi necessário efetuar "correções/alterações" no artigo 3D enviado pelo cliente (adicionar saídas de desmoldação). A receção de uma nova versão do desenho de artigo obrigou a refazer o que estava realizado até ao momento. No decorrer do projeto existiram outras interrupções menos significativas, originadas pelo atraso da informação relativa ao sistema de injeção ("falta de informação externa") e à execução de "mudança de trabalho" para outros moldes em produção conforme mostra em pormenor o Anexo VII.

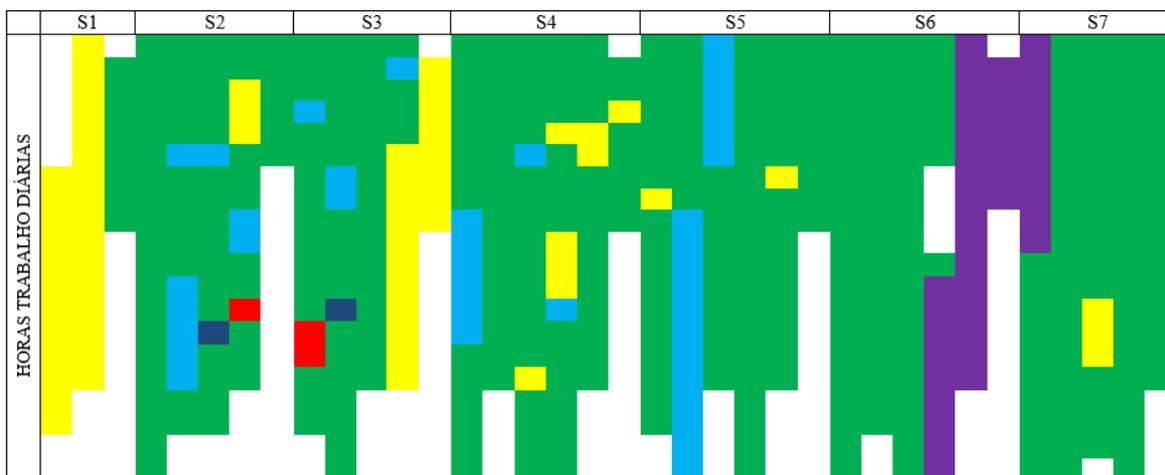


Figura 34 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 6.

Molde nº 7

No molde nº 7 apresentado na Figura 35, o tempo despendido em “avanço de trabalho” apresentou o valor de 58,1%. As atividades que mais influenciaram nas interrupções do desenho foram: “mudança de trabalho” (28,2%) e “correções/alterações” (12,5%). As restantes atividades apresentaram valores pouco significativos (“paragem de trabalho”- 0,6%; “erros ou falhas das TI”- 0,5%) ou nulos (“falta de informação interna” e “falta de informação externa”).

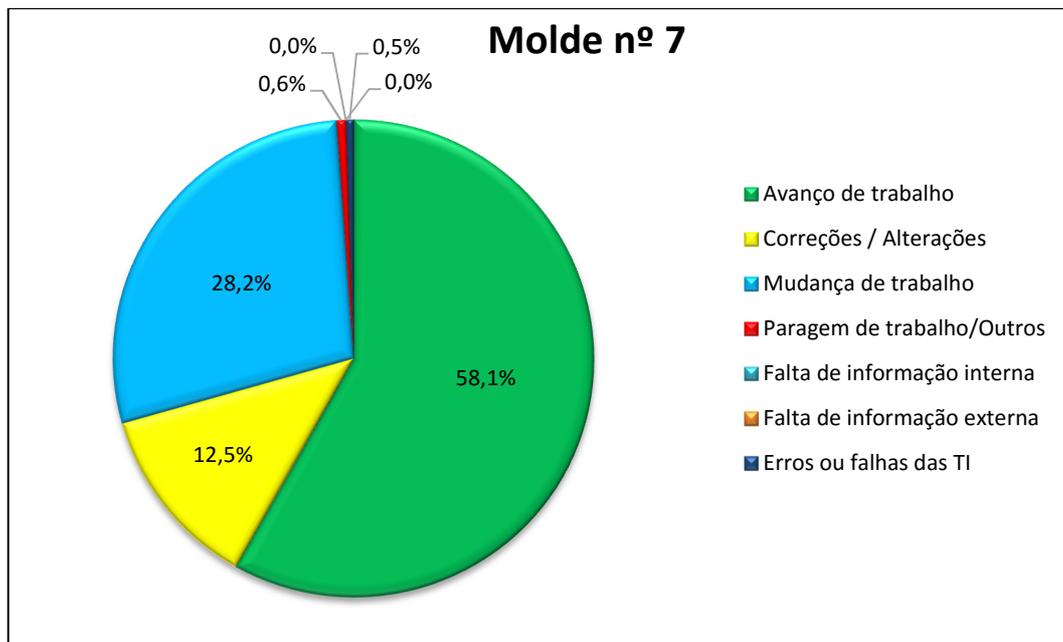


Figura 35 – Análise de tempos de execução do molde nº 7.

O cronograma observado na Figura 36 demonstra uma extensa interrupção causada pela atividade “mudança de trabalho” uma vez que foi necessário efetuar trabalho noutro molde. A revisão ao desenho preliminar e correções do circuito de refrigeração foram os geradores das “correções/alterações”. As atividades “paragem de trabalho” e “erros ou falhas das TI” originaram algumas interrupções dispersas mas praticamente insignificantes (Anexo VIII).

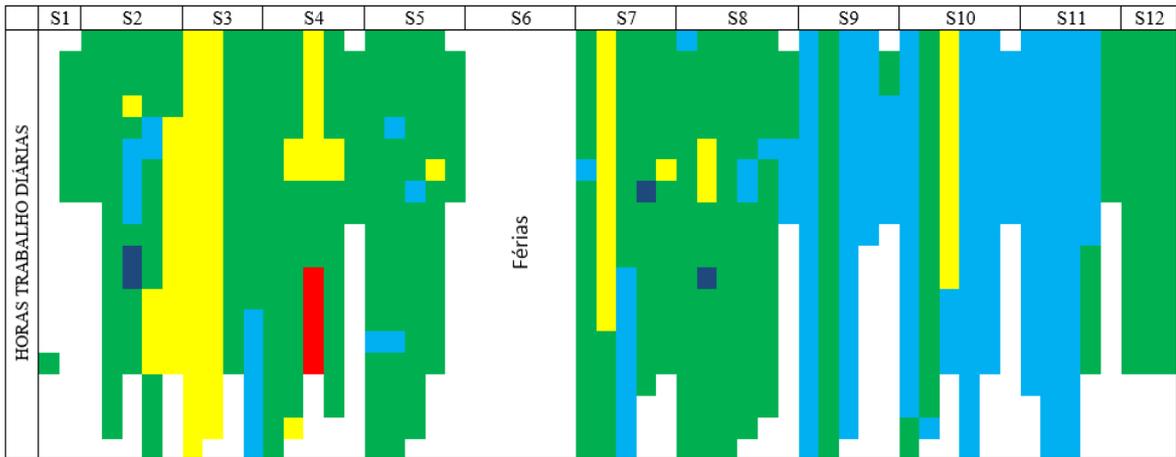


Figura 36 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 7.

Molde nº 8

Observa-se que no decorrer do projeto do molde nº 8 (Figura 37) o “avanço de trabalho” representa 73,2% do tempo total. Existem três interrupções mais significativas no decorrer do projeto: “correções/alterações” – 10,3%; “mudança de trabalho” – 9,4% e “falta de informação externa” – 6,9%. Com um valor inferior encontra-se a atividade “erros ou falhas das TI” (0,3%). A “falta de informação interna” e “paragem de trabalho/outros” têm valor nulo.

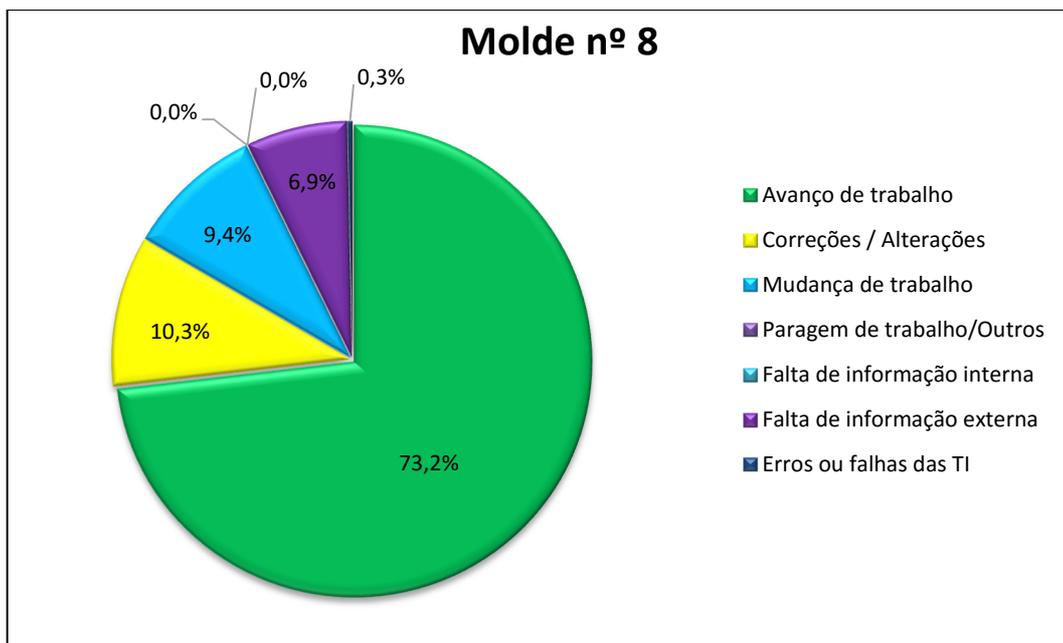


Figura 37 – Análise de tempos de execução do molde nº 8.

Na Figura 38 verificam-se interrupções causadas maioritariamente por duas atividades: “correções/alterações” e “mudança de trabalho”. A primeira ocorreu devido à alteração do fornecedor do sistema de injeção e a alteração na melhoria no desenho 3D. A segunda foi originada por alterações efetuadas em moldes já desenhados anteriormente. Na semana S1 e S3 houve uma descontinuidade por “falta de informação externa”, i.e. o não foi possível avançar com os trabalhos devido à espera dos comentários do cliente ao desenho preliminar (Anexo IX).

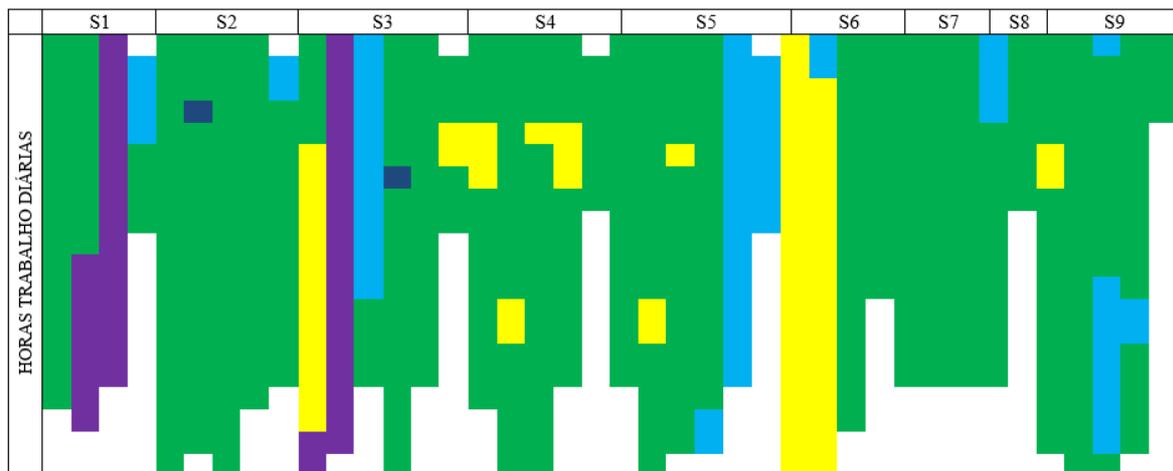


Figura 38 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 8.

Molde nº 9

A Figura 39 permite visualizar que no período de execução do desenho 67,1% é considerado “avanço de trabalho”. As duas principais interrupções ocorridas são a “mudança de trabalho” (18,4%) e as “correções/alterações” (10,8%). A “paragem de trabalho/outros” mostrou-se pouco evidente com o valor de 3,5%. Os “erros ou falhas das TI” ficou com valor quase nulo (0,1%) e a “falta de informação interna” e “falta de informação externa” são inexistentes.

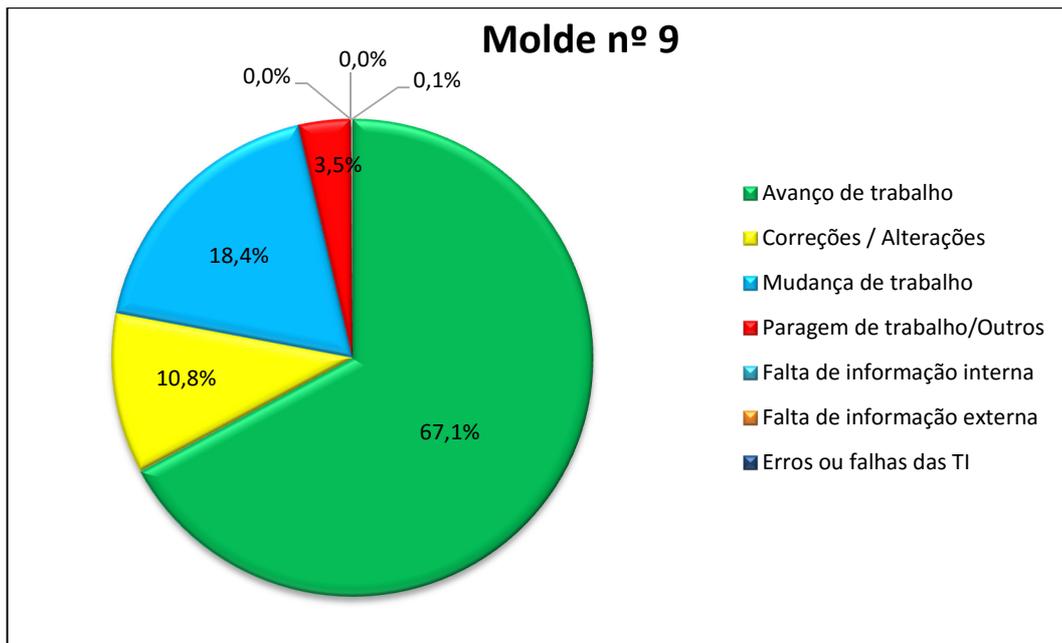


Figura 39 – Análise de tempos de execução do molde nº 9.

Em convergência com as análises anteriores (Figura 40), no molde nº9 verificam-se paragens causadas principalmente pela “mudança de trabalho” e “correções/alterações”. A mudança de trabalho foi originada principalmente (semana 8) pelo início de um novo molde (desenho preliminar). As correções ao desenho preliminar de acordo com os comentários e correções a erros de conceção do departamento de projeto foram as principais causas das “correções/alterações”. Verificaram-se ainda diversas “paragens de trabalho/outros” relacionadas interrupção para efetuar registos de ficheiros no servidor (Anexo X).

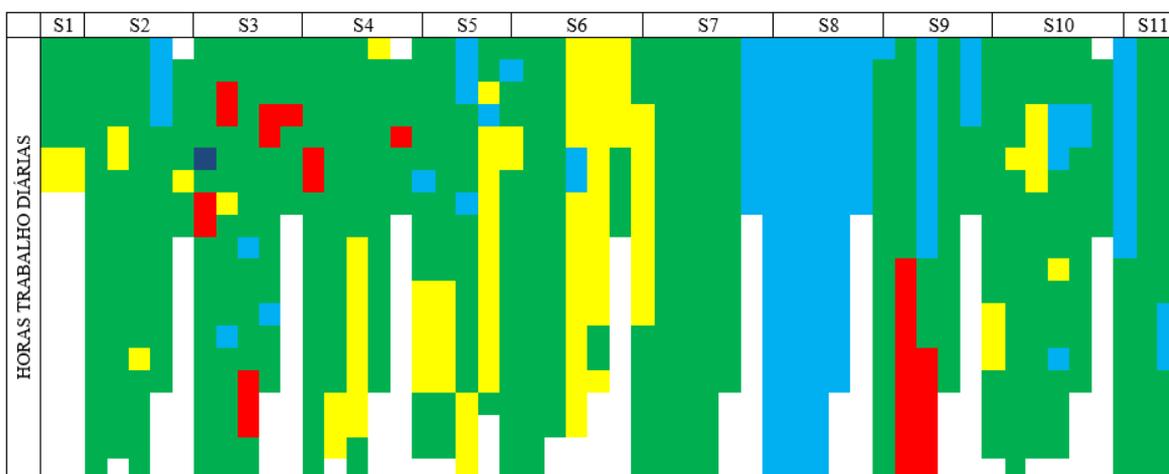


Figura 40 – Cronograma da análise de tempos - molde nº 9.

4.2.2. Análise de resultados do *lead time* no projeto

Considerando a média dos valores obtidos nos moldes analisados, verifica-se na Figura 41 que, 65,4% do tempo é despendido com “avanço de trabalho”, enquanto 34,6% representa a soma das tarefas que não agregam valor ao projeto, i.e. desde que o projeto foi iniciado até à sua conclusão para a fabricação (*lead time*), um terço do tempo foi utilizado por tarefas que são consideradas desperdício.

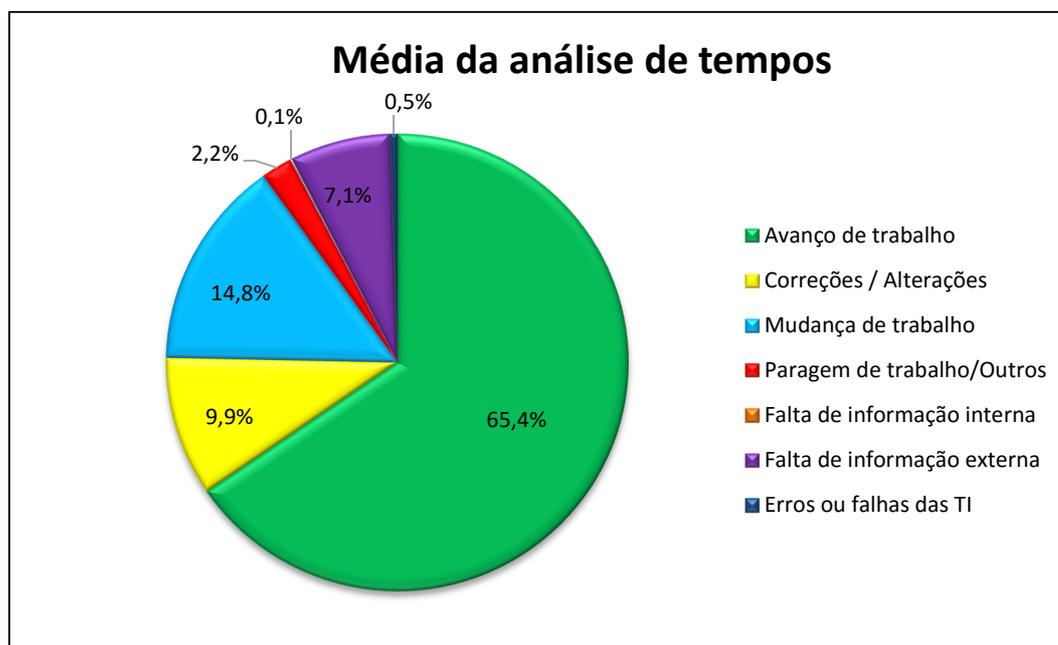


Figura 41 – Média da análise do *lead time* no projeto.

A Figura 42 permite visualizar de uma forma mais explícita as atividades consideradas como *mudas* presentes no projeto.

Verifica-se que a atividade mais expressiva é a “mudança de trabalho” com um valor de 42,9%, seguida da “correções/alterações” com 28,6%. A “falta de informação externa” apresenta 20,4%. Com valores menos significativos surgem a “paragem de trabalho/outros” com 6,3%, a “erros ou falhas das TI” com 1,5% e a “falta de informação interna” com 0,3%.

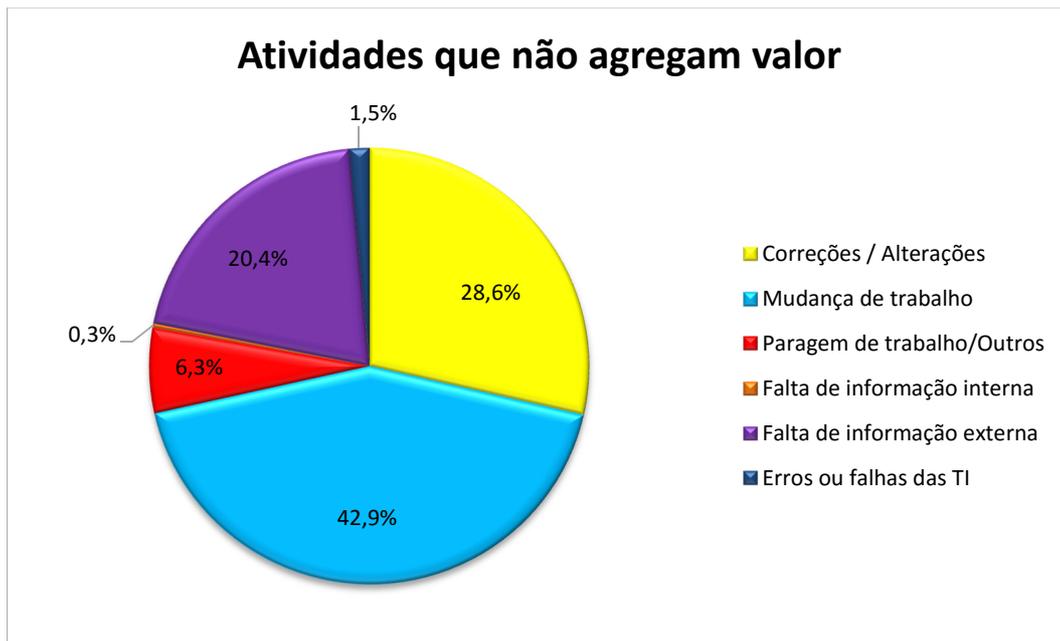


Figura 42 – Distribuição das atividades que não agregam valor ao projeto.

Ao observar os resultados obtidos anteriormente, constata-se que cerca de um terço do tempo despendido é aplicado em atividades que não adicionam valor ao projeto do molde, estas contribuem de uma forma significativa para o atraso do prazo considerado no plano de produção.

Seguidamente serão enumeradas as atividades consideradas no estudo e as suas principais causas de registo.

1. Mudança de trabalho.

No conjunto das atividades que não geram valor, a mudança de trabalho é a que mais contribui para a extensão do tempo de projeto ao apresentar valores acima de 40% (42,9%), constituindo assim um dos principais focos de atenção no “combate” ao desperdício.

No decorrer do registo dos dados, as principais causas observadas que deram origem à presença desta atividade foram, nomeadamente:

- Interrupção devido a alterações requeridas pelos clientes em moldes que se encontram ainda em fabricação ou que já foram terminados;
- Interrupção do projeto em curso para desenhar um novo molde considerado prioritário (menor prazo de entrega);
- Realização de melhorias/otimizações em moldes desenhados externamente;

- Pedidos de outros departamentos da empresa para efetuar desenhos auxiliares à fabricação;
- Preparação dos processos finais para moldes em expedição (conversão de ficheiros CAD para formatos universais e impressão de desenhos em papel).

2. Correções/alterações.

As correções e alterações efetuadas no decorrer do desenho representam 28,6% no total das atividades. Este valor é considerado elevado e requer atuação de modo a ser eliminado ou reduzido.

As principais causas encontradas no decorrer do estudo foram as seguintes:

- Erro do projetista;
- Mudança de estratégia ou melhoria na conceção do molde por parte do projetista ou dos superiores hierárquicos;
- Informação mal interpretada pelo departamento de projeto da direção ou gestor de projeto;
- Falta de comunicação entre departamento de projeto e direção ou gestor de projeto.

3. Falta de informação externa.

Mostrando-se com um valor de 20,4%, a falta de informação externa não apresenta valores constantes nos vários moldes em estudo, existindo mesmo um valor atípico no molde nº5 (*outlier*), afastando-se demasiado da série.

As principais causas encontradas aquando efetuados os registos, foram, nomeadamente:

- Tempo para disponibilização de informação (ficheiros CAD) pelo fornecedor do sistema de injeção. Os dois motivos que originaram o aumento do tempo de entrega da informação foram nomeadamente, a falta de conhecimento prévio por parte da Tecnofreza, relativamente aos prazos de entrega normalmente praticados pelo fornecedor do sistema de injeção, uma vez que se tratou de uma primeira encomenda desta marca. Esta ocorrência é potenciada pelo facto de não existir um representante em Portugal, excluindo a possibilidade de um acompanhamento de proximidade,

assim como a facilidade no esclarecimento mais detalhado do produto, deste modo, originando algumas falhas de comunicação entre o cliente/fornecedor;

- Falta de informação relativa a especificações importantes por parte do cliente (fator de contração a utilizar, valor das saídas de desmoldação e gravações a efetuar).

4. Paragem de trabalho/outros.

As interrupções devido a paragens de trabalho registaram o valor de 6,3% no conjunto das atividades consideradas desperdício.

Esta atividade, tal como a anterior, apresenta maior dificuldade de solucionar, exigindo articulação entre os recursos humanos disponíveis no departamento de projeto.

Ao longo do processo de recolha de informação, as principais causas associadas à “paragem de trabalho/outros” foram as seguintes:

- Na ausência do responsável do departamento de projeto, é necessário um dos colaboradores presentes efetuar o registo e arquivo no servidor, de moldes desenhados externamente;
- Ausência do projetista devido a formação (atualização do *software* CAD);
- Ausência para participação em reunião com clientes.

5. Erros ou falhas das TI.

Os erros ou falhas das TI ao contrário do que era expectável mostraram-se muito pouco representativos chegando ao valor de 1,5%.

As principais causas encontradas foram, nomeadamente:

- Falta de atualização de *hardware* (ex. placas gráficas);
- Erros/defeitos (*bugs*) do *software* CAD.

6. Falta de informação interna.

Tal como a atividade anterior, a “falta de informação interna” demonstrou pouca relevância no estudo (0,3%), no entanto, a principal causa do registo da atividade foram os tempos de espera, devido a tomadas de decisão por parte da direção, administração ou responsáveis de secção.

4.3. Propostas de melhoria com a aplicação de princípios *Lean Management*

Com o objetivo de diminuir o *lead time*, eliminando ou reduzindo *mudas* ou desperdícios encontrados no departamento de projeto, recorreu-se a conceitos, ferramentas e metodologias da gestão *Lean*, de forma a encontrar uma solução adequada ao pretendido.

No Anexo XI encontram-se de forma simplificada as propostas e objetivos a atingir.

4.3.1. Mudanças de trabalho

Conforme mencionado anteriormente, a atividade “mudança de trabalho”, foi a que apresentou maior percentagem de tempo despendido no decorrer do *lead time* do projeto de um molde.

As soluções que permitem reduzir as interrupções relativas a esta atividade durante o *lead time* são as seguintes:

Células de trabalho - Criar equipas de trabalho constituídas por dois projetistas, ou seja, todos os projetos são executados por dois colaboradores que trabalham no mesmo molde, desde o início até à sua finalização. A aplicação deste método pretende ser uma prática instituída, não sendo apenas aplicado em algumas situações cujos moldes apresentam uma elevada complexidade e/ou prazos de entrega reduzidos.

A introdução destas equipas permite, caso seja necessário, que um dos projetistas execute um trabalho noutra molde (“móvel”) sem que exista uma descontinuidade no atual. O outro projetista (“fixo”) assegura a continuidade do desenho. Para tal, podem ser utilizados os tempos correspondentes a etapas em que apenas é necessário um colaborador a executar o projeto (ex. desenho preliminar e lista de materiais). Na Figura 43 é possível visualizar a distribuição das fases segundo a metodologia de trabalho utilizada na Tecnofreza, que permite dois projetistas em simultâneo e os momentos em que apenas um está a trabalhar no projeto, denominado por “pausa”.

Projetista 1	Desenho preliminar	3D planos de junta	3D molde (lado móvel)	2D zonas moldantes	Lista de materiais	2D acessórios	2D montagem/esquemas
Projetista 2	Pausa	Pausa	3D molde (lado fixo)	2D zonas moldantes	Pausa	2D acessórios	2D montagem/esquemas

Figura 43 – Distribuição das etapas do projeto (dois projetistas).

Nivelamento do fluxo (Heijunka) – Esta prática é uma resultante da aplicação das equipas de trabalho que possibilitam a redução do *lead time*. Esta redução aumenta o fluxo de saída de projetos finalizados para a fabricação, evitando assim longos *lead time* que favorecem posteriormente os estrangulamentos ou gargalos na produção.

Na Figura 44 são comparadas as duas situações de *lead time* (A e B): dois moldes desenhados sem recorrer a equipas de trabalho (situação A), ou seja, um molde para cada projetista; equipas de trabalho de dois projetistas em parceria (situação B).

A situação A demonstra que o tempo para a conclusão dos dois projetos é longa, podendo neste caso terminar em simultâneo, causando um gargalo de trabalho na fabricação. Na situação B, embora os moldes não sejam executados em simultâneo, o *lead time* de cada um é significativamente inferior, diminuindo o espaço de tempo entre projetos concluídos para fabricação.

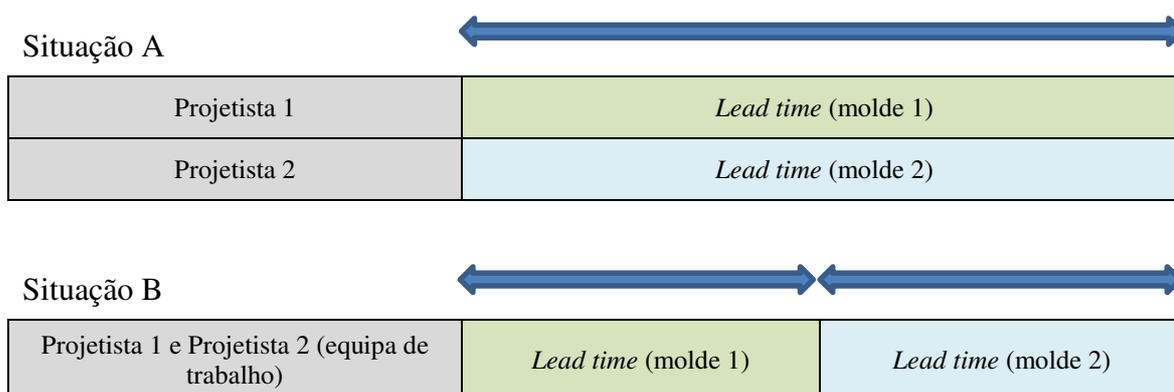


Figura 44 – Fluxo dos projetos: 1. Sem equipas de trabalho (A); 2. Com equipas de trabalho (B).

Gestão de recursos humanos – No início de cada projeto deve ser nomeado um coordenador de equipa. A nomeação poderá ser atribuída forma rotativa para não existir desmotivação por parte dos colaboradores.

O coordenador tem como funções desenvolver o desenho preliminar, estipular as tarefas correspondentes a cada projetista, reportar ao responsável do departamento a situação ou *status* do projeto e procurar informação ou orientação se necessário.

4.3.2. Correções / alterações

As principais causas que originam o aparecimento desta atividade estão relacionadas com a correção de erros realizados pelo projetista, alterações que visam uma melhoria no projeto e falhas de comunicação entre direção/gestor de projeto/departamento de projeto/produção. Estas falhas podem ocorrer pela má-interpretação de uma sugestão técnica dada pela direção ao departamento de projeto ou mesmo pela informação fornecida tardiamente, influenciando a conceção inicial do molde.

Assim, para reduzir ou mesmo eliminar a ocorrência desta atividade, propõe-se a aplicação de eventos *Kaizen* ou melhoria contínua, nomeadamente:

Ciclo PDCA – Aplicar o ciclo da melhoria contínua no início de cada projeto, para que sejam traçadas metas e um único objetivo, envolvendo todos os intervenientes (diretos e indiretos) no projeto. A sua aplicação pretende de igual modo servir de guia à realização de mudanças ou análise de situações.

- a. **Planear (*Plan*)** – Reunião de abertura do projeto onde serão discutidos todos os objetivos, problemas, dúvidas, técnicas e informações consideradas relevantes à elaboração do desenho do molde. Esta reunião pode ser realizada em formato *Brainstorming* e tem como objetivo facilitar a troca de informação e conhecimento entre os vários departamentos da empresa de modo a apresentar toda a documentação referente ao projeto. Todos pontos devem ficar clarificados no final, para que não restem dúvidas.

A Tabela 5 apresenta os intervenientes presentes na reunião, tal como os principais assuntos que devem ser abordados.

Tabela 5 – Reunião de abertura de projeto.

Participantes	Principais assuntos a abordar
Diretor de produção	<ul style="list-style-type: none"> Definir processos e metodologias em função da carga de trabalho das máquinas (ex. técnicas de maquinagem mais direcionadas para CNC ou para eletroerosão); Analisar e comentar planeamento do projeto; Apresentar soluções/melhorias técnicas.
Gestor de projeto	<ul style="list-style-type: none"> Confrontar os aspetos técnicos que a empresa pretende implementar, o que foi orçamentado inicialmente e o que o cliente pretende nas especificações; Apresentar soluções/melhorias técnicas.
Responsável do departamento de projeto	<ul style="list-style-type: none"> Fornecer um planeamento detalhado do projeto; Apresentar soluções/melhorias técnicas.
Projetista (coordenador de equipa)	<ul style="list-style-type: none"> Propor soluções ou melhorias técnicas que permitam a exequibilidade do projeto; Registar toda a informação necessária à elaboração do projeto. Despoletar o processo de análise e aquisição dos componentes mais complexos conjuntamente com o departamento de compras, verificando atempadamente se os prazos de entrega são compatíveis com o plano de produção do molde (ex. sistemas de injeção, sistemas de dupla extração entre outros).

- b. Fazer (Do) – Executar o desenho do molde de acordo com as especificações definidas na reunião de abertura de projeto.
- c. Verificar (Check) – O projetista coordenador deve verificar o projeto do molde através de uma *checklist* apresentada no Anexo XII. Este documento tem como função assegurar que o trabalho realizado está de acordo com as especificações (do cliente e da Tecnofreza), detetar pontos em falta e erros de conceção. No decorrer do projeto devem ser efetuadas duas verificações: a primeira após o desenho preliminar e a segunda posterior à sua finalização. A verificação preliminar do projeto pretende controlar a aplicabilidade de todas as especificações gerais, verificar os principais pontos relativos ao bom funcionamento do molde e confirmar a adequabilidade molde/máquina de injeção. A verificação final tem como objetivo analisar os pontos

mais específicos da concepção do molde (zonas moldantes e estrutura). Posteriormente, a *checklist* será ainda utilizada pelo gestor de projeto para efetuar a inspeção final antes da expedição do molde para o cliente.

- d. Atuar/Ajustar (Act) – Registrar novas tecnologias e processos aplicados que se mostrem mais eficientes (ex. funcionamentos mecânicos ou acessórios normalizados), de modo a serem normalizados e utilizados para projetos futuros. Observar e registrar os erros de projeto, para que possam ser evitados de futuro.

Trabalho padronizado (normalização) de tarefas e procedimentos – Definir normalizações para o maior número possível de processos e tarefas, de modo a garantir que são efetuados sempre da mesma forma, quer para os moldes desenhados internamente como para os que são desenhados externamente.

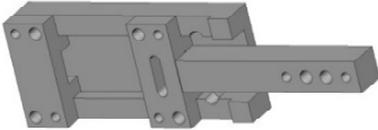
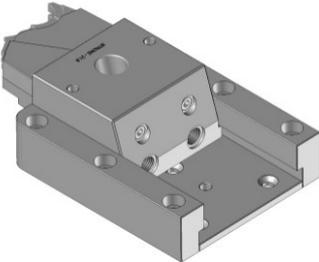
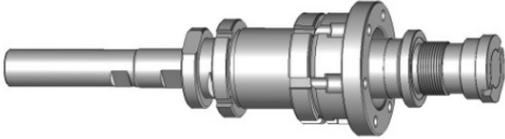
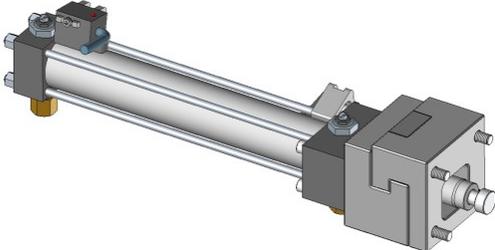
As normalizações devem ser definidas através do ciclo PDCA, permitindo que estas sejam planeadas e debatidas em reunião quanto à sua concepção. Posteriormente, são executadas, verificadas quanto à fiabilidade de funcionamento e ajustadas caso seja necessário.

Com a normalização dos processos, após a fase de concepção em que se verifica se o mecanismo é aplicável a uma determinada situação, o seu tempo de execução diminui, dado que o processo já está padronizado.

A probabilidade de erro em trabalhos que estão padronizados é reduzida, considerando que cada vez que se faz diferente, o risco de erro aumenta.

Na Tabela 6 encontram-se elencados alguns exemplos dos mecanismos mais utilizados na Tecnofreza disponíveis para padronização.

Tabela 6 – Mecanismos utilizados no projeto de moldes.

Designação	Normalização
Trinco (sistema de pré-abertura).	
Balancé (sistema de desmoldação de negativos).	
Elemento móvel (sistema de desmoldação de negativos).	
Haste de dupla extração.	
Sistema para fixação de cilindros.	

4.3.3. Falta de informação externa

A falta de informação proveniente dos clientes apresenta-se como o *muda* mais difícil de reduzir e quase impossível de eliminar, porque o seu aparecimento depende de decisões ou procedimentos tomados por entidades externas, ou seja, não depende da empresa.

Para minimizar este desperdício devem ser melhorados os mecanismos existentes para a troca de informação, de modo a agilizar todo o processo de entre a empresa e o cliente:

- **Registo de informação** – No início de um projeto toda a informação necessária à sua execução deve estar reunida na folha de especificações da Tecnifreza. Este documento é elaborado pelo gestor de projeto, recorrendo caso necessário, ao auxílio técnico do responsável do departamento de projeto. O preenchimento completo do documento evita que existam paragens posteriores devidas a dificuldade na pesquisa ou mesmo à falta de informação, originada pela dispersão desta por vários pontos (ex. especificações em vários *e-mails*).
- **Reunião com cliente** - Quando não é possível realizar uma reunião presencial com o cliente para análise e discussão do desenho preliminar, deve ser agendada em alternativa uma reunião através de videoconferência ou conferência telefónica. Da parte da Tecnifreza devem estar presentes o diretor operacional, o gestor de projeto, o responsável do departamento de projeto e o projetista coordenador. Esta reunião tem como finalidade esclarecer todos os pontos em dúvida, tal como “pressionar” o cliente para fornecer informação relativa a especificações em falta.

4.3.4. Paragem de trabalho/outros

As paragens de trabalho podem ser minimizadas ou eliminadas com a aplicação de equipas de trabalho referidas anteriormente. A vantagem de estarem dois projetistas a trabalhar em simultâneo no mesmo molde é que, caso haja necessidade por parte de um deles parar por algum motivo de força maior, o outro dá continuidade ao trabalho.

As paragens planeadas (ex. formação) devem ser enquadradas em fases que apenas é possível estar um projetista a trabalhar no projeto.

4.3.5. Erros ou falhas das TI

Efetuar uma manutenção preventiva ao *software/hardware* procedendo à atualização de programas e equipamentos (ex. conflitos de endereço *IP- internet protocol*).

Ter um papel interventivo e insistente para com o fornecedor de *software CAD*, reportando todos os defeitos (*bugs*) e dificuldades encontradas de forma oportuna, para que possam ser resolvidas com a maior brevidade.

Estabelecer procedimentos e rotinas para que os registros sejam facilmente recuperados, analisados e interpretados por qualquer nível de usuário da empresa (ex. configurar a gravação automática de dados para um determinado período de tempo).

4.3.6. Falta de informação interna

A reunião existente no ciclo PDCA já descrita, apresenta-se como uma solução à eliminação dos *mudas* originados pela ocorrência desta tarefa, uma vez que todas as tomadas de decisão relativas a pormenores técnicos devem ser apresentadas numa fase inicial do projeto.

Nessas reuniões são debatidos todos os pontos de modo a não existirem tempos de espera causados por falta (ou espera) de decisões internas.

Todas as tomadas de decisão relevantes a nível técnico devem ficar registadas numa folha reunião de abertura de projeto (Anexo XIII).

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

5. Resultados Esperados com a Implementação das Propostas de Melhoria

Com a implementação das medidas de melhoria, espera-se obter uma redução ou eliminação dos desperdícios (*mudas*) mais significativos ao longo do *lead time*.

Como tal, para dar uma visão mais concreta de como estas medidas *Lean* se podem traduzir em efetivas melhorias, achou-se pertinente aplicá-las no molde nº9, uma vez que representa a maioria dos moldes fabricados na empresa.

Relembrando, o *lead time* do molde nº 9 estendeu-se por um período de 10 semanas (com recurso a trabalho extraordinário). Através da Tabela 7, pode observar-se a distribuição das horas despendidas em cada uma das atividades. Da mesma tabela, retira-se ainda que, das 484 horas de *lead time*, 159 foram aplicadas em atividades que não acrescentaram valor a este projeto (n^{os} 2, 3, 4, 5, 6 e 7) sendo por isso, o alvo de intervenção.

Tabela 7 – Tempo despendido por atividade no molde nº9.

	Nº	Atividade	Tempo (horas)
	1	Avanço de trabalho	325
<i>Mudas</i>	2	Mudança de trabalho	89
	3	Correções / Alterações	52,5
	4	Paragem de trabalho/Outros	17
	5	Falta de informação interna	0
	6	Falta de informação externa	0
	7	Erros ou falhas das TI	0,5
			Total <i>lead time</i>

Das sete atividades consideradas, não serão objeto de análise as atividades nº 5 e nº6 por não apresentarem qualquer valor.

As tabelas seguintes expressam a redução esperada, por atividade, quando aplicadas as propostas de melhoria.

Tabela 8 – Redução de tempos na atividade nº2.

Atividade nº2 (mudança de trabalho) = 89 horas			
Causa	Eliminado	Não eliminado	Redução
Finalização de outros moldes	69	0	92,1%
Alterações em moldes já terminados	13	0	
Diversos (desenhos de apoio à fabricação)	0	7	

Com a introdução das equipas de trabalho é expectável uma redução de 92,1% na atividade nº2, conforme visualizado na Tabela 8.

Esta reorganização, através das equipas de trabalho permite que os projetos sejam executados sem que exista qualquer tipo de interrupção, desde o início até à sua finalização. Deste modo, as 69 horas empregues geralmente com desenhos 2D e esquemas de montagem de moldes que ficaram por terminar, deixam de existir no *lead time* do molde em curso.

Com a articulação destas equipas consegue-se ajustar o trabalho dito de “surpresa”, como é o caso de alterações vindas do cliente para projetos já terminados, denominadas de “obras” (13 horas). Este ajuste de trabalho é efetuado em fases que o projeto apenas pode ser executado por um projetista e o outro encontra-se disponível, tal como: desenho preliminar, definição do plano de junta e lista de materiais.

Relativamente às 7 horas empregadas para facultar apoio técnico à produção (dúvidas e desenhos auxiliares) não se prevê que se consiga qualquer redução.

Tabela 9 – Redução de tempos na atividade nº3.

Atividade nº3 (correções/alterações) = 52,5 horas			
Causa	Eliminado	Não eliminado	Redução
Alterações	43	0	81,9%
Correções (erro do projetista)	0	9,5	

Pela Tabela 9, conclui-se que pode ser obtida uma redução de 81,9%, quando aplicados eventos *Kaizen*, nomeadamente o ciclo PDCA.

Conforme referido, a implementação da reunião de abertura do projeto (incluída no ciclo PDCA), tem como principal objetivo alcançar a clarificação de todas as dúvidas existentes, assim como simplificar a partilha de informação e fomentar as apreciações

técnicas para que estas sejam propostas numa fase inicial. Uma vez atingidos os objetivos a que a reunião se propõe, as horas utilizadas em alterações (44 horas) são eliminadas na sua totalidade.

Nas correções originadas por erros do projetista e considerando o pior dos cenários, não se prevê qualquer valor eliminado no total das 9 horas.

É importante referir que, embora se mostre complexo de quantificar, a aplicação das equipas de trabalho reduzem a probabilidade de erro, dado que os dois projetistas tendem a corrigir-se mutuamente.

Tabela 10 – Redução de tempos atividade nº4.

Atividade nº4 (paragem de trabalho/outros) = 17 horas			
Causa	Eliminado	Não eliminado	Redução
Registos de ficheiros de fornecedores externos	14,5	0	85,3%
Reunião com cliente	0	2,5	

A Tabela 10 demonstra que na atividade nº4 é atingida uma redução de 85,3%, resultado obtido através da implementação das equipas de trabalho. De igual modo, a eliminação das 14,5 horas referentes ao registo de ficheiros, deve-se ao facto de poder ser efetuada pelo projetista disponível no momento, independentemente da equipa a que pertence.

O tempo despendido para reuniões com clientes (2,5 horas) não é possível eliminar.

Tabela 11 – Redução de tempos atividade nº7.

Atividade nº7 (erros ou falhas das TI) = 0,5 horas			
Causa	Eliminado	Não eliminado	Redução
Falha do <i>software</i>	0	0,5	0%

Embora a atividade nº7 (Tabela 11) apresente apenas um valor de 0,5 hora, não é esperada qualquer redução de tempos, uma vez que se tratou de um erro de *software*.

A Tabela 12 enumera as atividades e as respectivas horas que não são previsíveis de eliminar.

Tabela 12 – Total de tempos não eliminados.

Nº	Atividade	Tempos não eliminados (horas)
2	Mudança de trabalho	7
3	Correções / Alterações	9,5
4	Paragem de trabalho/Outros	2,5
7	Erros ou falhas das TI	0,5
Total (horas)		19,5

De uma forma mais perceptível, a Figura 45 apresenta os resultados esperados após a aplicação de princípios *Lean*, nas atividades consideradas *muda* referentes ao molde nº9.

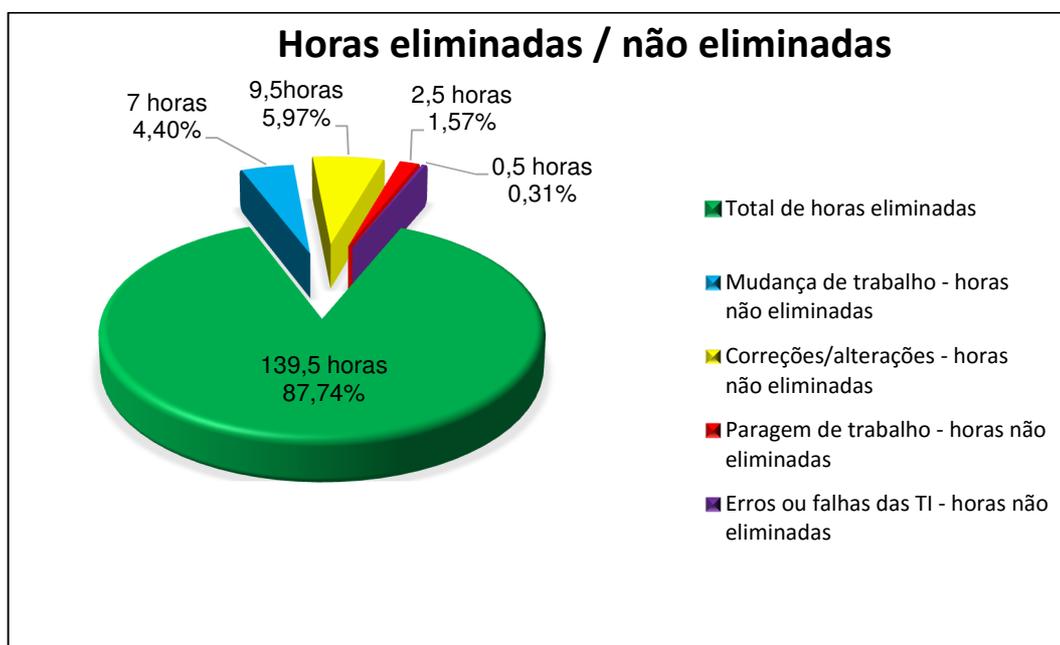


Figura 45 – Horas eliminadas/ não eliminadas.

5.1. *Lead time* esperado após aplicação dos princípios *Lean Management*

Atendendo ao registo inicialmente efetuado nas oito fases do processo de elaboração do molde, obtiveram-se os seguintes valores (Tabela 13):

Tabela 13 – Registo de tempos em cada fase do projeto (molde nº9).

Fase	Descrição	Tempo (horas)
1	Desenho preliminar	9,5
2	3D dos planos de junta	24
3	3D do molde - lado móvel	108
4	3D do molde - lado fixo	84
5	2D dos elementos moldantes	61,5
6	Lista de materiais	5
7	2D dos acessórios	9,5
8	2D de montagem do molde e esquemas	23,5
		Total = 325

No *lead time* previsto foi considerado o tempo obtido na atividade “avanço de trabalho” adicionado ao total de horas que não foram eliminadas (19,5 horas).

Para definição do horário de trabalho foram consideradas 40 horas semanais, não estando refletidas as horas de trabalho extraordinárias.

A Figura 46 representa o diagrama de *Gantt* (Anexo XIV) com a distribuição do trabalho no decorrer do *lead time*, assim como as fases correspondentes a cada projetista. O projetista coordenador de equipa é denominado com P1 e o projetista auxiliar é o P2.

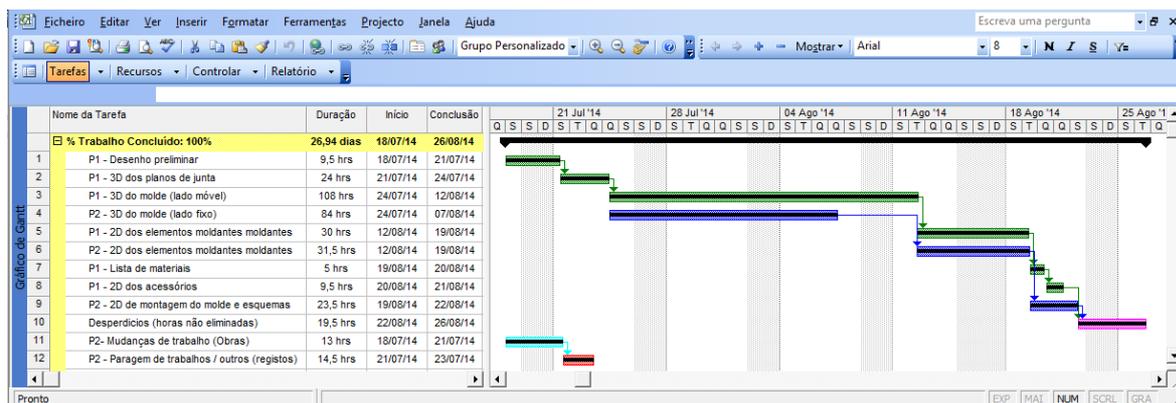


Figura 46 – Diagrama de Gantt do lead time esperado.

Pode observar-se que o projetista coordenador (P1) inicia o desenho preliminar (fase 1) e prossegue para a definição do 3D dos planos de junta (fase 2). Nestas duas fases iniciais o projetista P2 executa outros trabalhos, nomeadamente obras (alterações) referentes a moldes já terminados e registos de ficheiros externos.

As fases 3 e 4 (3D do molde móvel e fixo) são iniciadas em simultâneo, cabendo a primeira ao projetista P1 e a segunda ao projetista P2 respetivamente. A necessidade destas duas fases serem desenvolvidas em simultâneo, é justificada pela existência de geometrias, sistemas ou componentes que tem implicação de espaço em ambos os lados do molde (ex. elementos móveis, sistemas de pré-abertura, sistemas de centramento, entre outros).

De assinalar que critérios de atribuição assentam na complexidade das duas fases, i.e. a fase 3 mais complexa e trabalhosa é executada pelo projetista que detém mais informação relativa ao molde, o projetista coordenador (P1).

Após a finalização das fases 3 e 4 os projetistas iniciam a fase 5 e 6 (desenhos 2D dos elementos moldantes) conjuntamente. Note-se que o P2 apresenta um intervalo de tempo disponível entre o término da fase 4 e o início da fase 6, podendo este ser preenchido com outras atividades necessárias ao departamento de projeto.

Aquando a finalização dos desenhos 2D dos elementos moldantes, o projetista P1 elabora a lista de materiais e os desenhos 2D dos acessórios, enquanto o P2 procede com o 2D da montagem do molde e esquemas.

As 19,5 horas que não foram possíveis eliminar (*mudas*) encontram-se no final, uma vez que não é possível localizá-las no tempo, podendo ocorrer em qualquer instante do *lead time*.

5.2. Ganhos expectáveis após aplicação dos princípios *Lean Management*

Seguidamente, serão apresentados os ganhos diretos expectáveis no departamento de projeto, aquando à introdução das propostas de melhoria já apresentadas.

A obtenção dos ganhos estimados será efetuada a partir do estudo comparativo entre os três *lead time* utilizados:

- **Lead time plano de produção** – previsão considerada no plano de produção inicial;
- **Lead time registado** – registo efetuado na análise de tempos (tem como referência os valores obtidos no molde nº9);
- **Lead time esperado** – estimativa após a aplicação de princípios *Lean Management*:

Para que seja conseguida uma comparação equitativa dos *lead time* mencionados, serão consideradas 40 horas de trabalho semanais sem recurso a trabalho extraordinário. Este facto reflete-se no *lead time* registado do molde nº 9 que aumenta de 10 semanas (com horas de trabalho extraordinário) para 12,1 semanas.

5.2.1. Ganhos no *lead time*

Recorrendo aos dados já obtidos, apresentam-se na Figura 47 os seguintes valores: *lead time* do plano de produção com 6 semanas; *lead time* registado com 12,1 semanas; *lead time* esperado com 5,4 semanas.

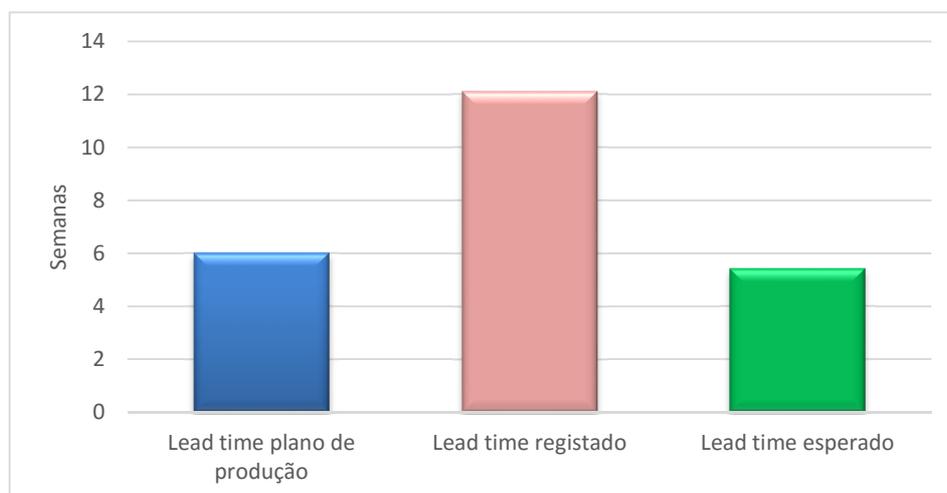


Figura 47 – Comparação de *lead time*.

Verifica-se que o valor do *lead time* esperado apresenta uma redução de 55,4% relativamente ao registado e 10% quando comparado com o previsto no plano de produção.

5.2.2. Ganhos na antecipação da entrega dos desenhos 3D para a produção

Sabendo-se que a definição do desenho 3D é essencial para a encomenda/compra dos aços e acessórios do molde, assim como para a realização dos programas CAM e posterior maquinação, faz com que a rapidez no envio destes ficheiros se apresente crucial ao cumprimento do prazo final de fabrico do molde.

Como se pode observar na Figura 48, o *lead time* esperado permite antecipar a entrega do desenho 3D à produção em 67,6% comparativamente ao *lead time* registado. O primeiro consegue ao fim de 17,7 dias terminar as zonas moldantes e estrutura, enquanto o segundo apenas consegue 54,7 dias após o início do projeto.

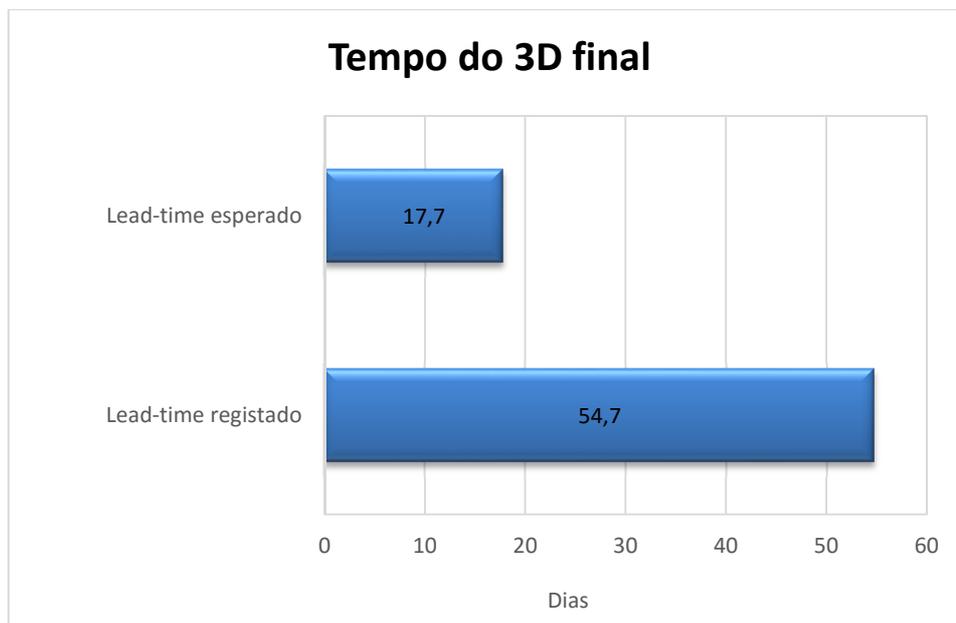


Figura 48 – Tempos de entrega de desenhos 3D para fabricação.

Este atraso dá-se em grande parte devido ao constante pedido de desenhos 2D por parte da produção. Para tal, o projetista necessita de intercalar os desenhos 3D com os 2D de forma a dar resposta ao solicitado, originando assim um prolongamento na finalização.

5.2.3. Ganhos no nivelamento da produção

Para efeitos de cálculo dos ganhos obtidos no nivelamento do fluxo de trabalho, determina-se a quantidade de projetos executados anualmente por dois projetistas, comparando a metodologia atual com a metodologia *Lean*. Na metodologia atual os dois projetistas (P1 e P2) trabalham independentes em cada molde, enquanto que na metodologia *Lean* trabalham em simultâneo recorrendo a equipas de trabalho (P1+P2). De salientar que, o tempo relativo a descanso dos trabalhadores (férias e feriados) não é considerado.

Através da Figura 49 observa-se que P1 e P2 desenham cada um, 4,3 projetos, perfazendo um total de 8,6 moldes anualmente.

Na Figura 50 encontram-se representados os projetos executados pela equipa de trabalho (P1+P2). Esta equipa desenha 9,63 moldes anualmente.

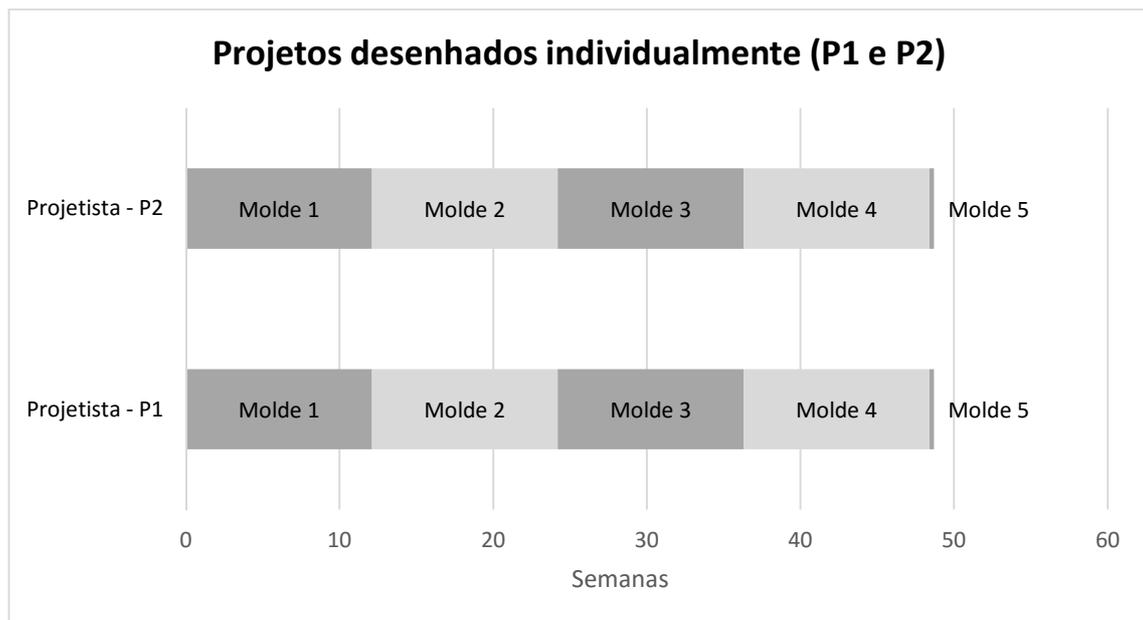


Figura 49 – Moldes desenhados anualmente na metodologia atual (dois projetistas).

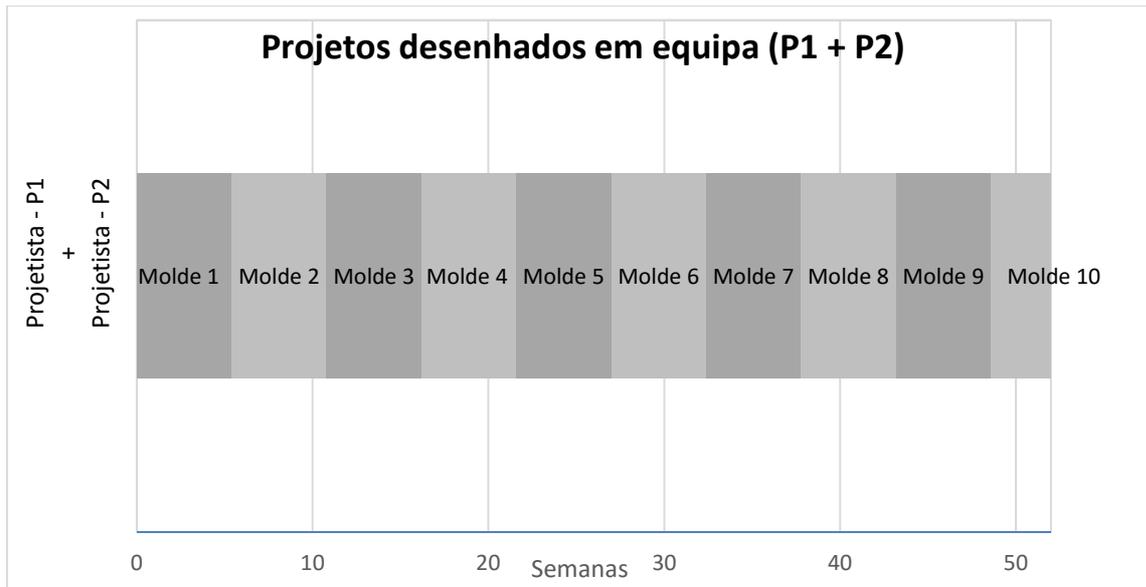


Figura 50 – Moldes desenhados anualmente na metodologia *Lean* (dois projetistas).

Ainda que, a implementação da metodologia *Lean* represente anualmente apenas um aumento de projetos em 11,6%, relativamente à situação atual, a grande vantagem verifica-se no nivelamento do fluxo de trabalho.

Enquanto a equipa de trabalho disponibiliza para a fabricação um projeto final a cada 5,4 semanas, os projetos executados individualmente pelos dois projetistas são entregues 12,1 semanas após terem sido iniciados. Esta situação, além de apresentar o *lead time* muito longo, provoca regularmente um estrangulamento na produção, contrariamente à primeira situação em que os projetos são terminados de uma forma constante, proporcionando uma maior estabilidade nos processos seguintes.

5.2.4. Ganho anual de moldes projetados

Atendendo que, atualmente o departamento de projeto da Tecnofreza é constituído por sete colaboradores, o número de moldes desenhados anualmente na metodologia atual é 30,1 (Figura 51). Aplicando conceitos da metodologia *Lean* espera-se obter um valor de 33,7, permitindo um ganho anual de 12% relativamente à atual.

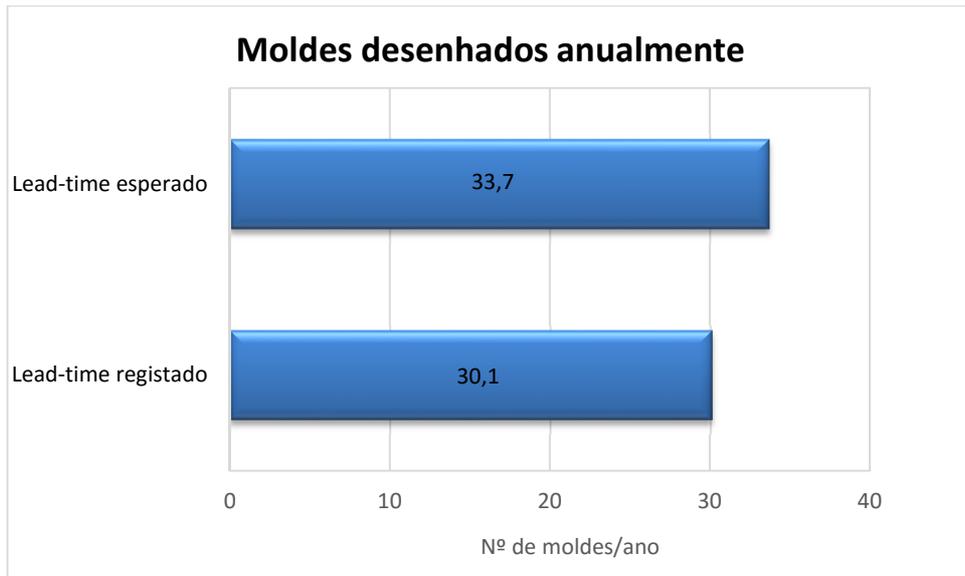


Figura 51 – Projetos realizados anualmente.

Em suma, as análises efetuadas demonstram que existem ganhos diretos na implementação de uma gestão *Lean* no departamento de projeto. Estes ganhos são evidentes quer no aumento da capacidade de trabalho, quer na criação de um fluxo contínuo e estável.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

6.1. Conclusões finais

Ao longo deste trabalho foi notório que a metodologia *Lean Management* pode traduzir-se numa mais-valia para o departamento de projeto e para a empresa em geral.

Inicialmente, foi realizada uma análise comparativa, entre o tempo previsto para execução do projeto de nove moldes (mais representativos da Tecnifreza) e o seu tempo efetivo. Desta comparação verificou-se um desvio bastante considerável entre estes dois períodos de tempo, uma vez que o *lead time* real foi em média 91,7% superior ao *lead time* previsto.

Face a estes resultados, achou-se relevante realizar uma análise mais aprofundada de quais as causas que levaram a este desvio tão acentuado. Para tal, foi elaborado um registo pormenorizado, que englobava seis atividades consideradas desperdícios (*mudas*) para os projetos em curso, sendo elas: “mudança de trabalho”; “correções/alterações”; paragens de trabalho”; “falta de informação externa”; “falta de informação interna” e “erros ou falhas das TI”. Verificou-se que em média, 34,6% do tempo despendido durante o *lead time* foi considerado desperdício, sendo que, apenas 65,4% do tempo foi aplicado em atividades que acrescentavam valor.

Com base nestes resultados e tendo por base os princípios *Lean Management*, foram apontadas algumas propostas de intervenção com o objetivo de reduzir ou mesmo eliminar os *mudas*. Assim, das atividades consideradas *mudas*, a “mudança de trabalho” foi a que apresentou o valor mais elevado (14,8%). Como forma de eliminar ou reduzir este *muda*, foi proposta a criação de células de trabalho, nivelamento do fluxo e uma rigorosa gestão dos recursos humanos. As células ou equipas de trabalho são constituídas por dois projetistas, permitem assim um aumento do “nivelamento” dos projetos acabados. Para tal, contudo, é necessário efetuar um planeamento cuidadoso dos recursos humanos existentes.

Na atividade “correções/alterações” (9,9%) foi proposta a realização de eventos *Kaizen* através da aplicação do ciclo PDCA. Nele estão inseridas reuniões de abertura de projeto e a padronização de processos e tarefas, permitindo assim numa fase inicial recolher toda a informação e propostas do projeto a executar. A padronização permite ainda otimizar processos e utilizar os mesmos procedimentos para situações idênticas.

Na atividade “falta de informação externa” verificou-se um valor de 7,1%, influenciado em grande parte pelo valor atípico (*outlier*) de um dos moldes. Por forma a eliminar este valor propôs-se a realização de reuniões (presenciais ou videoconferências) com o cliente para análise e discussão dos desenhos preliminares. Com estas reuniões pretende-se esclarecer todos os pontos em dúvida, para que o projeto possa avançar sem interrupções ou esperas por informação em falta. Adicionalmente, a folha de especificações deve conter desde início toda a informação possível à execução do projeto.

O tempo despendido com a atividade “paragem de trabalho/outros” representou 2,2% do *lead time*. Este *muda* pode ser minimizado também, pela criação de equipas de trabalho.

Contrariamente ao inicialmente esperado, as atividades “erros ou falhas das TI” e “falta de informação interna” mostraram-se pouco significativas, apresentando valores de 0,5% e 0,1%, respetivamente. No entanto, e com o intuito de serem eliminadas, propôs-se para a primeira atividade uma manutenção preventiva ao *software* e *hardware* e para a segunda uma resolução baseada no ciclo PDCA referido.

Não tendo sido possível aplicar a referida metodologia de gestão em ambiente real, o cálculo dos resultados esperados foram efetuados tendo por base uma previsão do impacto das propostas no projeto do molde que se apresentou mais comum à realidade da empresa.

Quanto aos desperdícios apurados no *lead-time* do molde em estudo, foram conseguidas reduções na maioria das atividades identificadas. No entanto, não foi possível eliminá-las por completo. Devido a isto, resultaram os seguintes valores: a “mudança de trabalho” foi reduzida em 92,1%; a “correções/alterações” apresentou uma redução de 82,1% e a “paragens de trabalho/outros” reduziu em 85,3%. Na atividade “erros ou falhas das TI” não é exetável qualquer redução, sendo que esta situação não se mostra preocupante dado que o valor registado é pouco significativo.

Deste modo, como resultados exetáveis das ações propostas, será possível reduzir 87,7% do tempo despendido nas atividades que não acrescentam valor ao projeto em causa.

No que respeita aos ganhos previstos, sustentados nos valores encontrados no molde estudado, destacam-se:

- ✓ Redução no *lead time* do projeto em 55,5% face ao verificado atualmente, e 10% relativamente ao previsto no plano de produção;
- ✓ Antecipação na entrega dos desenhos 3D finais para a fabricação em 67,6%;
- ✓ Aumento do nivelamento do fluxo de projetos para a produção, evitando assim estrangulamento de produção;
- ✓ Aumento da capacidade anual de moldes projetados em 12%.

Considerações finais:

Do estudo efetuado retira-se que apenas um número limitado de princípios e ferramentas *Lean* são suscetíveis de serem aplicadas à fase de conceção e desenvolvimento do molde. No entanto, as que foram aplicadas no estudo mostraram potencial para se poder obter resultados muito promissores.

Relativamente aos registos efetuados, além de servirem de base para o cálculo das estimativas do impacto das ações propostas, mostraram-se ainda mais importantes para compreender as causas dos longos *lead times* do projeto.

É ainda de destacar, que na metodologia atual, a mudança de trabalho é uma prática corrente, não sendo encarada como um desperdício a eliminar. Contudo, o projetista não deve ser multitarefas, devendo estar focado apenas num projeto de modo a evitar o modo de trabalho “*stop&go*”. Esta forma de trabalho pode ainda potenciar outras formas de *mudas* mais complexa de quantificar, originadas pelas consecutivas interrupções, tais como, o tempo desperdiçado para voltar a “repensar” o projeto e voltar para o ponto em que ficou antes de mudar de tarefa. Este facto pode ainda originar o aumento da probabilidade de erro causada pela mudança constante de projetos.

No respeitante à utilização do conceito das células de trabalho verifica-se que a criação destas, potencia a deteção precoce de erros. De facto, ao projetarem o molde em conjunto, os projetistas acabam por efetuar uma verificação ao trabalho um do outro, minimizando o número de erros.

Em suma, face ao estudo realizado, mostra-se necessária uma intervenção no departamento de projeto, de forma a serem reduzidos os desperdícios existentes no decorrer do *lead time* dos moldes. Neste contexto, foram apresentados um conjunto de ações de melhoria cujo impacto em termos de *lead time* foi estimado. Uma vez que estas implementações influenciam toda a dinâmica de trabalho do departamento de projeto, cabe à administração decidir qual o *timing* certo para efetuar estas mudanças. No entanto, quando estas forem aplicadas, deve existir por parte de toda a organização um esforço/sensibilização para a vontade de mudança, espírito crítico e procura da melhoria contínua.

6.2. Trabalhos futuros

A principal limitação deste trabalho residiu na impossibilidade de implementação das propostas de melhoria identificadas no departamento de projeto. Deste modo, os resultados apresentados relativos ao impacto das propostas de melhoria foram determinados com base em estimativas.

Adicionalmente, destacam-se ainda outras limitações tidas na implementação do projeto:

- Pouca literatura relativa à especificidade do tema estudado, dado que a existente é na sua maioria focada à área produtiva da indústria de moldes;
- Dificuldade na seleção/classificação das atividades pré-definidas para o registo de tempos;
- Recolha de dados exaustiva, devido aos longos *lead time* dos projetos e com registos efetuados em intervalos de 30 minutos;
- Dificuldade na avaliação dos dados registados porque estes mostraram-se extensos e com diversas variáveis a considerar;
- Sendo este estudo elaborado num contexto profissional, existiu uma preocupação e responsabilidade constante em não descurar o trabalho a executar enquanto colaborador da Tecnifreza, em paralelo com a recolha e análise dos dados estudados. Embora esta limitação tenha sido ultrapassada, a sua conciliação revelou-se por vezes bastante exaustiva.

Apesar destas limitações considera-se que este projeto se revelou importante e uma mais-valia para o conhecimento das áreas em estudo.

Em termos de sugestões para trabalhos futuros e tendo por base o trabalho realizado, considera-se que seria importante continuar a desenvolver estudos que permitam tornar os departamentos de projeto da indústria de moldes para injeção mais eficientes e competitivos. Assim, enumeram-se algumas sugestões que poderão constituir futuros temas de investigação:

- Avaliar o impacto real da implementação do presente trabalho no departamento de projeto;

- Desenvolver o tema da normalização/padronização de tarefas e procedimentos com a elaboração de uma base de dados e de um manual de procedimentos detalhado;
- Implementar a metodologia 5S na gestão de todo o suporte informático, a nível interno e externo, garantindo que todo o departamento e fornecedores utilizam a mesma nomenclatura de ficheiros e formatos. A organização e padronização facilitaria o registo e a pesquisa de ficheiros, quer no servidor principal, quer nos computadores de cada colaborador.

Por último, pretende-se que este projeto sirva de base para futuros estudos de implementação da filosofia *Lean* em departamentos de engenharia e desenvolvimento, em que o desperdício não é facilmente notado, mas que na realidade existe. De igual modo, espera-se que este trabalho incentive as empresas a adotar estratégias similares para a diminuição de desperdícios e consequentemente aumento capacidade de trabalho e do lucro financeiro.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Bibliografia

- ABDULLAH, Fawaz - **Lean manufacturing tools and techniques in the process industry with a focus on steel**. Pittsburgh: University of Pittsburgh, 2003. Tese de Doutoramento.
- AHUJA, I. e KHAMBA, J. - Total productive maintenance: Literature review and directions. **International Journal of Quality & Reliability Management**. ISSN 0265-671X. Vol. 25 (2008), p. 709-756.
- ALVAREZ, Roberto dos Reis; ANTUNES Jr., J. A. Valle - **Takt-time: Conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção** [em linha]. 2001. [consult. 16 jan. 2015]. Disponível na Internet <URL <http://www.scielo.br/pdf/gp/v8n1/v8n1a01.pdf>>.
- ALVES, Anabela Carvalho - **Projecto dinâmico de sistemas de produção**. Guimarães: Universidade do Minho, Escola de Engenharia, 2008. Tese de Doutoramento.
- ASSOCIAÇÃO POOL-NET - **Tooling Edge: Produção sustentável de elevado desempenho** [em linha]. 2010. [consult. 21 fev. 2015]. Disponível na Internet <URL <http://www2.toolingportugal.com/PT/projectos/ancora/tooling-edge-1/tooling-edge-producao-sustentavel-de-elevado-desempenho/>>.
- BAUCH, Christoph - **Lean Product Development: Making waste transparent**. Munich: Technical University of Munich, 2004. Tese de Doutoramento.
- BRUNET, A. Paul; NEW, Steve - Kaizen in Japan: an empirical study. **International journal of operations & production management**. ISSN 0144-3577. Vol. 23, nº 11 (2003), pp. 1426-1446.
- CABRAL, José P. Saraiva - **Organização e gestão da manutenção: dos conceitos à prática**. 6ª ed. Lisboa: Editora Lidel, 2006. ISBN 978-972-757-440-7.

CEFAMOL – **Manual de boas práticas da indústria de moldes**: Concepção de desenvolvimento (Capítulo IV), Lisboa: Editora Cefamol, 2006.

CENTIMFE – **Manual do projectista: Moldes na indústria de transformação**. 1ª ed. Lisboa: Editora Centimfe, 2003. ISBN: 972-98872-17.

COURTOIS, Alain; PILLET, Maurice; MARTIN-BONNEFOUS, Chantal - **Gestão da produção**. 6ª ed, Lisboa: Editora Lidel, 2006. ISBN 978-972-757-469-8.

D3 TECHNOLOGIES - **Lean Engineering** [em linha]. 2010. [consult. 20 dez. 2014]. Disponível na Internet <URL <http://www.d3tech.net/consulting.php>>.

DAVE, Yash; SOHANI, Nagendra - **Single Minute Exchange of Dies: Literature Review** [em linha]. 2012. [consult. 16 jan. 2015]. Disponível na Internet <URL http://thinkinglean.com/img/files/PAPER_3.pdf>.

DOMINGUES, Mercedes; Henriques, Elsa; Costa, André; Jorge, Ana – VSM na indústria de moldes. **O Molde**. ISSN 1647-6557. Nº97 (2013), p. 22-23.

ECKARDT, Moacir; GILAPA, GENARO Manani; CAVALHEIRO, José C. S.; FÜHR, Tiago Alexandre - **Estruturação/implantação de uma célula de manufatura aplicando o Sistema Toyota de Produção** [em linha]. 2009. [consult. 17 jan. 2015]. Disponível na Internet <URL <http://www.ebah.pt/content/ABAAAASZIAC/estruturacao-implantacao-celula-manufatura-aplicando-sistema-toyota-producao>>.

FERREIRA, P. S.; Cunha, P.; Cabrita, A. – Avaliar as práticas Lean nas empresas do setor de Engineering & Tooling. **O Molde**. ISSN 1647-6557. Nº97 (2013), p. 21.

GHINATO, Paulo - **Adaptado de Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000a.

- GHINATO, Paulo – **Jidoka: Mais do que “Pilar da Qualidade”** [em linha]. 2000b. [consult. 20 dez. 2014]. Disponível na Internet <URL <http://www.leanway.com.br/jidoka.pdf>>.
- GONÇALVES, Raul Alves: **Lean Manufacturing: Optimização de um sistema produtivo**. Aveiro: Universidade de Aveiro, Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, 2010. Tese de Mestrado.
- HARADA, Júlio: A importância do projeto de moldes para injeção de termoplásticos. **Revista Ferramental**. ISSN 1981-240X. Nº6 (2006), p. 27-31.
- IMAI, Masaaki – **Kaizen: The key to Japan's competitive success**. 1ª ed. New York: McGraw-Hill, 1986. ISBN 13:9780075543329.
- IMAI, Masaaki - **Gemba Kaizen: Estratégias e técnicas do kaizen no piso de fábrica**. 1ª ed. São Paulo: Editora Imam, 1996. ISBN 13:9788589824323.
- LEAN ENTERPRISE INSTITUTE – **Principles of Lean** [em linha]. [consult. 8 nov. 2014]. Disponível na Internet <URL <http://www.lean.org/WhatsLean/Principles.cfm>>.
- LIKER, Jeffrey K. - **The Toyota Way: 14 Management principles from the world's greatest manufacturer**. New York: McGraw-Hill, 2004.
- MAIA, Laura C.; ALVES, Anabela C.; LEÃO, Celina P. - **Metodologias para implementar Lean production: Uma revisão crítica de literatura** [em linha]. 2011. Universidade do Minho. [consult. 3 fev. 2015]. Disponível na Internet <URL http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/18874/1/CLME2011LM_AA_CL.pdf>.
- MANUAL DE RECURSOS HUMANOS – **Processo gestão: Gestão de recursos humanos**. M. Grande: Tecnifreza, 2012.

MCBRIDE, David - **The 7 manufacturing wastes** [em linha]. 2003. [consult. 28 dez. 2014]. Disponível na Internet <URL <http://www.emsstrategies.com/dm090203article2.html>>.

MEDEIROS, Albertina Pereira - **Aplicação de iniciativas Lean no desenvolvimento de produtos na indústria de móveis**. Porto: Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, 2010. Tese de Doutoramento.

NOVASKI, Olívio; SUGAI, Miguel - **MTM como ferramenta para redução de custos: O taylorismo aplicado com sucesso nas empresas de hoje** [em linha]. 2002. [consult. 3 jan. 2015]. Disponível na Internet <URL <http://producaoonline.org.br/rpo/article/view/606>>.

OHNO, Taiichi – **Workplace management**. 1ª ed. Mukilteo, USA: Gemba Press, 2007. ISBN 0-9786387-5-1.

PEREIRA, A. Domingues – A Lean Production na indústria dos moldes: Traçado do VSM numa empresa de fabrico de moldes. **O Molde**. ISSN 1647-6557. Nº76 (2007), p. 32.

PEREIRA, A. Domingues – Revisitar o Lean. **O Molde**. ISSN 1647-6557. Nº97 (2013), p. 17.

PINTO, João P.; GONÇALVES, Hugo - **Glossário de termos** [em linha]. Comunidade Lean Thinking. 2007. [consult. 6 fev. 2015]. Disponível na Internet <URL <http://www.simplessolucoes.com.br/blog/wp-content/uploads/2010/05/7951217-Learn-Glossario-de-Termos1.pdf>>.

PINTO, João P. - **Criar valor eliminando desperdícios** [em linha]. Comunidade Lean Thinking. 2008a. [consult. 2 nov. 2014]. Disponível na Internet <URL <http://pt.scribd.com/doc/52886880/Joao-Pinto-Introducao-ao-Lean-Thinking#scribd>>.

PINTO, João P. - **Lean Thinking. Introdução ao pensamento magro** [em linha]. Comunidade Lean Thinking. 2008b. [consult. 20 nov. 2014]. Disponível na Internet

<URL http://molar.crb.ucp.pt/cursos/2%C2%BA%20Ciclo%20-%20Mestrados/Gest%C3%A3o/2009-11/QTGO_0911/Artigos/Pensamento%20magro/Introdu%C3%A7%C3%A3o%20ao%20pensamento%20magro.pdf>.

PINTO, João P. - **Gestão de Operações: Na indústria e nos serviços**. 1ª ed. Lisboa: Editora Lidel, 2009a. ISBN 9789727574322.

PINTO, João Paulo – **Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras**. 6ª ed. Lisboa: Editora Lidel, 2009b. ISBN 978-989-752-032-7.

RENÓ, Gece Wallace S.; DINIZ, Carolina P.; BERKENBROCK, Tacila; SEVEGNANI, Gustavo - **Aumento da produtividade através do balanceamento das atividades dos operadores aplicando a metodologia kaizen no chão de fábrica** [em linha]. 2010. [consult. 7 mar. 2015]. Disponível na Internet <URL http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STO_113_745_16167.pdf>.

RENTES, António F.; SILVA, A. Lucas da; SILVA, Valéria C. O.; CASTRO, Sérgio A. - **Aplicando os conceitos de Lean Production em uma indústria de calçados: Um estudo de caso** [em linha]. 2003. [consult. 9 mar. 2015]. Disponível na Internet <URL http://www.hominiss.com.br/sites/default/files/teses_artigos/Aplicando_os_conceitos_de_Lean.pdf>.

SHINGO, Shigeo – **A study of the Toyota Production System**. Revised ed. Portland, Oregon: Productivity Press, 1989. ISBN 0-915299-17-8.

SILVA, José Pedro A. R. - **Lean Manufacturing 3: Técnicas e ferramentas do Lean** [em linha]. 2008. [consult. 15 fev. 2015]. Disponível na Internet <URL <http://pt.scribd.com/doc/3500513/Lean-Manufacturing-3-Tecnicas-e-ferramentas>>.

SILVA, S.; ALVES, A. C. - **An industrial application study of the GCD design methodology for product oriented manufacturing** [em linha]. 2003. [consult. 12 fev. 2015]. Disponível na Internet <URL

http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/19151/1/Art_GT_CM_WS03_CR.PDF>.

TAKT CONSULTORIA LEAN - **Conceito Jidoka: Automação** [em linha]. 2010. [consult. 20 dez. 2014]. Disponível na Internet <URL <http://takttime.net/artigos-lean-manufacturing/tqc-qualidade-total/conceito-jidoka/>>.

TAKTICA - **O que é Lean** [em linha]. 2010. [consult. 22 dez. 2014] Disponível na Internet <URL <http://www.taktica.com.br/site/historico/>>.

TOYOTA - **Toyota Production System and what it means for business: Toyota Production System Brochure** [em linha]. 2010. [consult. 22 dez. 2014]. Disponível na Internet <URL <https://www.toyota-forklifts.eu/SiteCollectionDocuments/PDF%20files/Toyota%20Production%20System%20Brochure.pdf>>.

WILLMOTT, Peter Mccarthy, Dennis: **TPM - A Route to world class performance**. Butterworth-Heinneman, 2001.

WOMACK, James P.; ROOS, Daniel; JONES, Daniel T. - **The machine that changed the world**. New York, USA: Simon & Schuster, 1990.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. - **Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation**. New York, USA: Simon & Schuster, 2003.

YU CHENG, Wong - A Study on Lean Manufacturing Implementation in the Malaysian Electrical and Electronics Industry. **European Journal of Scientific Research**. ISSN 1450-216X. Vol. 38 n°4 (2009), p. 521-535.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

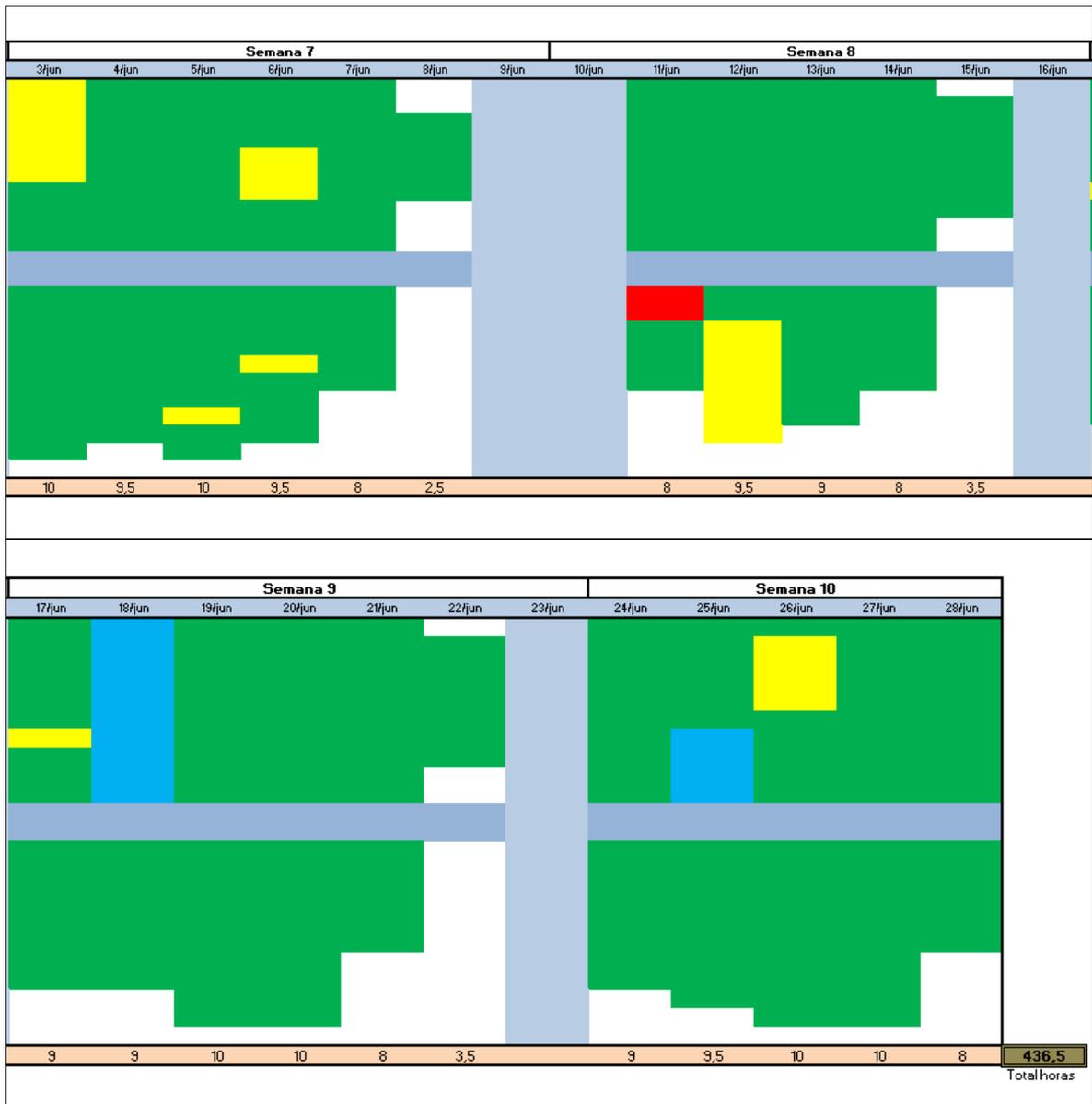
Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexos

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexo I - Plano de Produção

Anexo II - Análise de Tempos: Molde nº1



Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexo III - Análise de Tempos: Molde nº2

Anexo IV - Análise de Tempos: Molde nº3

Semana 7			
18/nov	19/nov	20/nov	21/nov
9	9,5	9	292,5
			Total horas

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

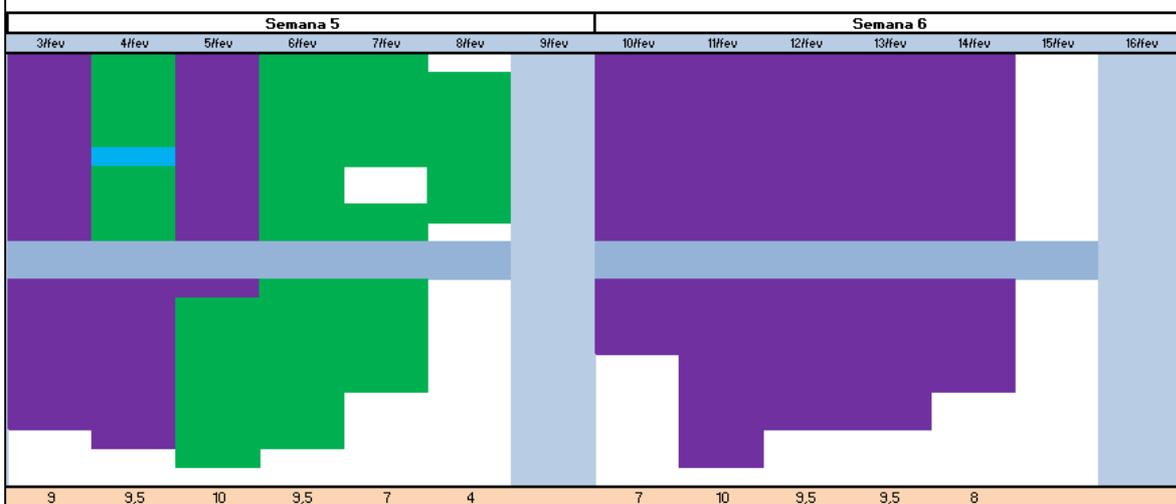
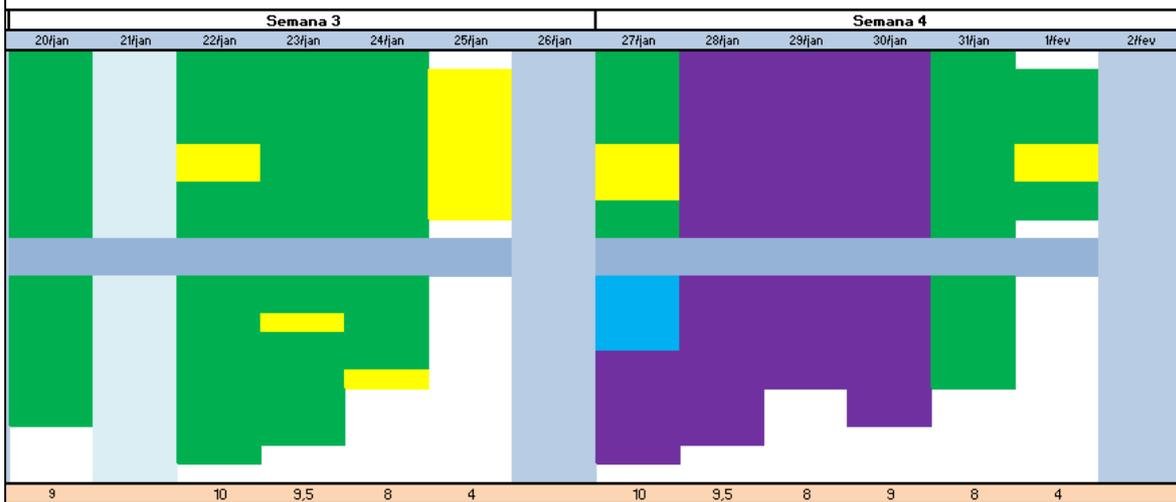
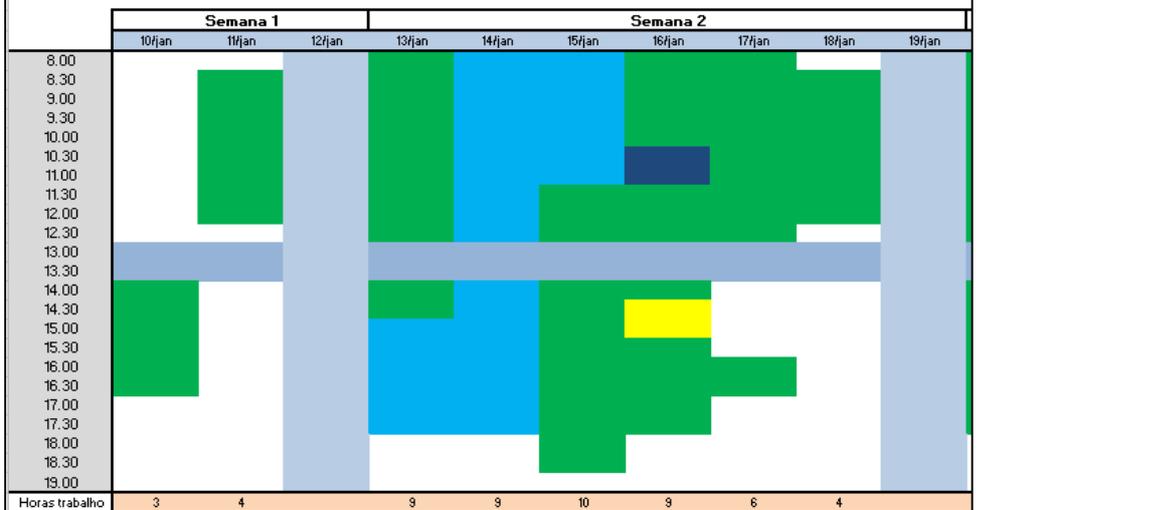
Anexo V - Análise de Tempos: Molde nº4

Semana 7							Semana 8						
9/dez	10/dez	11/dez	12/dez	13/dez	14/dez	15/dez	16/dez	17/dez	18/dez	19/dez	20/dez	21/dez	22/dez
[Green area with blue and yellow blocks]							[Green area with blue and yellow blocks]						
3,5	10	10	9	8	4		10	9	10	10	8	3,5	
Semana 9							Semana 10						
23/dez	24/dez	25/dez	26/dez	27/dez	28/dez	29/dez	30/dez	31/dez	1/jan	2/jan	3/jan	4/jan	
Férias			[Green area with yellow and blue blocks]	[Blue area]	[Blue area]		Férias			[Green area with blue block]	[Green area]		
Férias			[Green area with blue block]	[Blue area]			Férias			[Blue area]	[Green area]		
0	0		9	8	2,5		0	0		10	10	8	411
												Total horas	

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

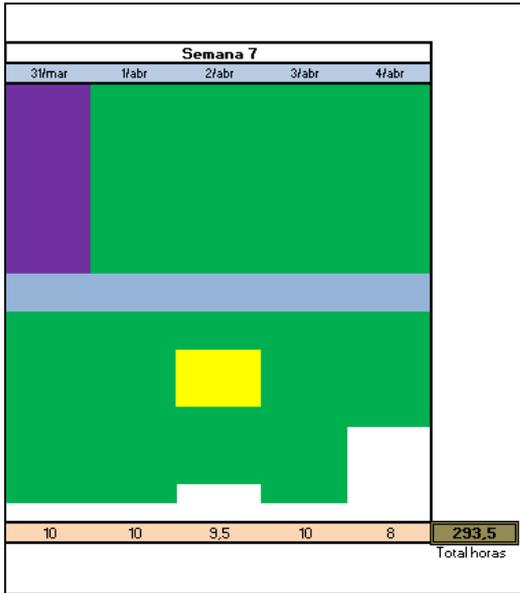
Anexo VI - Análise de Tempos: Molde nº5

Molde n° 5 (Tc4962)



Esta página foi intencionalmente deixada em branco

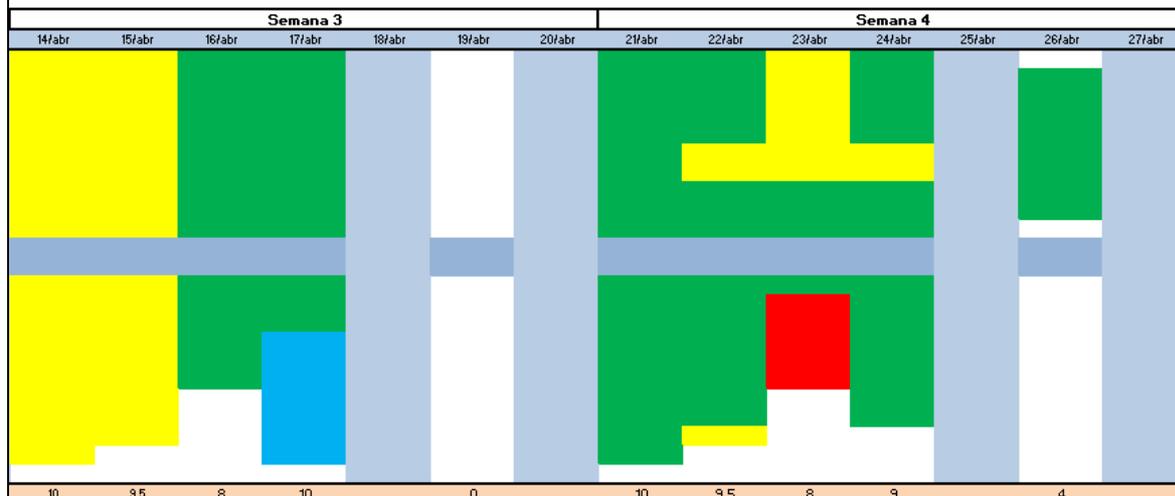
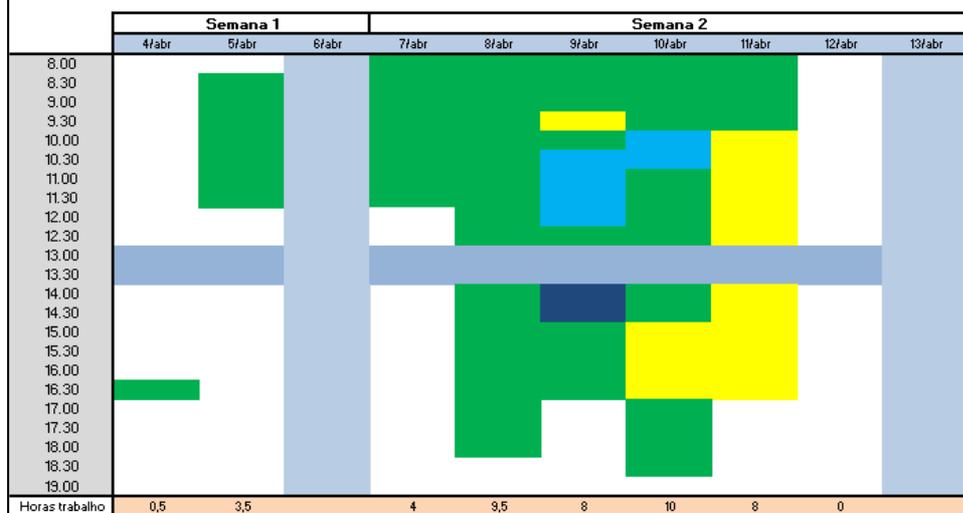
Anexo VII - Análise de Tempos: Molde nº6

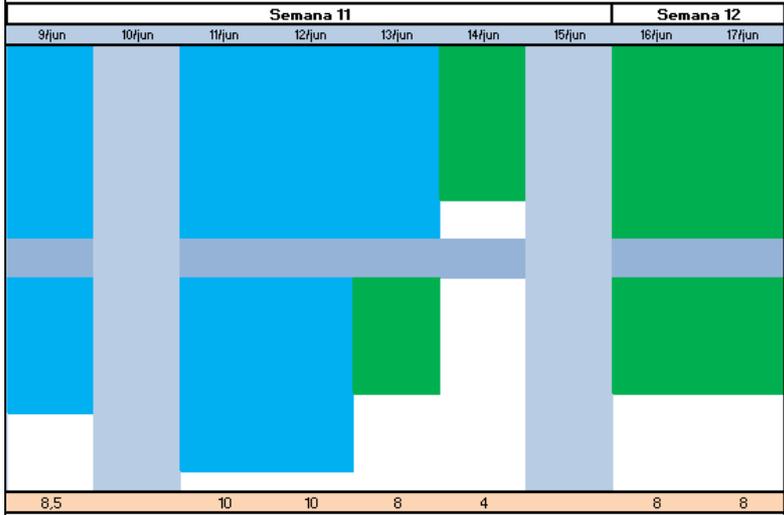
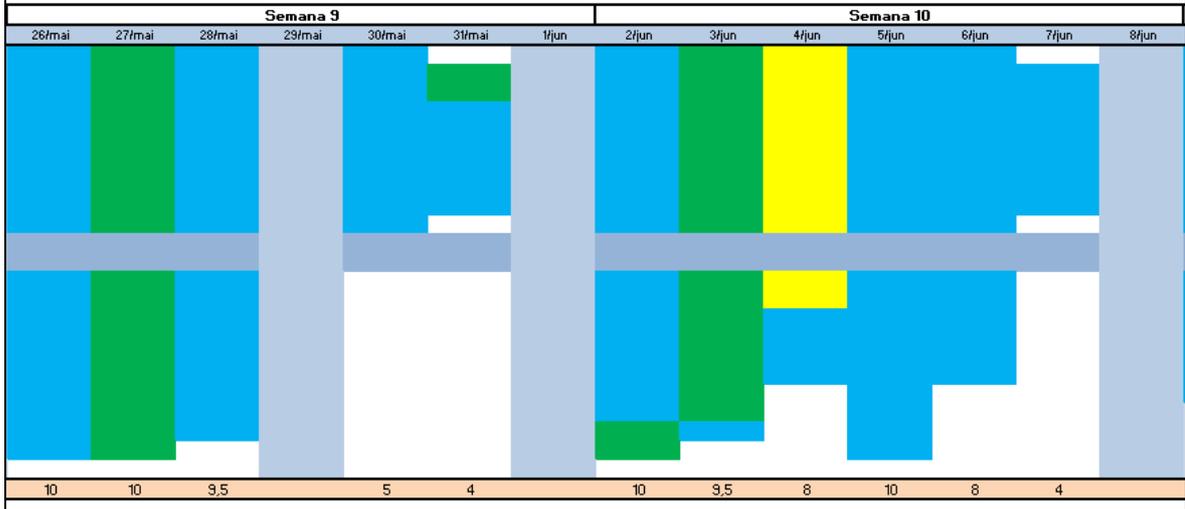
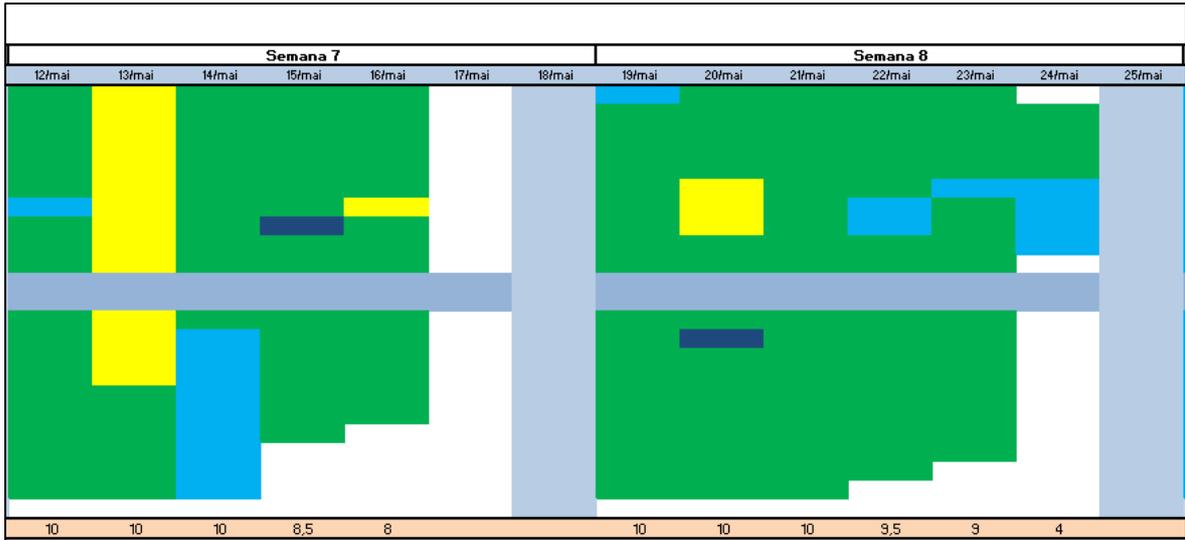


Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexo VIII - Análise de Tempos: Molde nº7

Molde n° 7 (Tc4990)





396,5
Total horas

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexo IX - Análise de Tempos: Molde nº8

Semana 7							Semana 8						
30/jun	1/jul	2/jul	3/jul	4/jul	5/jul	6/jul	7/jul	8/jul	9/jul	10/jul	11/jul	12/jul	13/jul
Ausência (LP)													
Ausência (LP)													
0	8	8	8	0	0		0	0	0	0	8	4	

Semana 9				
14/jul	15/jul	16/jul	17/jul	18/jul
9,5	10	10	9,5	2
				326
				Total horas

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexo X - Análise de Tempos: Molde nº9

Semana 7							Semana 8						
25/ago	26/ago	27/ago	28/ago	29/ago	30/ago	31/ago	1/set	2/set	3/set	4/set	5/set	6/set	7/set
3D mold-FS	3D molde	3D mold-FS	2D postigos	2D postigos	5003		5003	5003	5003	5003	5003	5003	5028
3D mold-FS	3D molde	3D mold-FS	2D postigos	2D postigos	5003		5003	5003	5003	5003	5003	5003	5028
3D mold-FS	3D molde	3D mold-FS	2D postigos	2D postigos	5003		5003	5003	5003	5003	5003	5003	5028
Alt. 3D	3D molde	3D mold-FS	2D postigos	2D postigos	5003		5003	5003	5003	5003	5003	5003	5028
Alt. 3D	3D molde	3D mold-FS	2D postigos	2D postigos	5003		5003	5003	5003	5003	5003	5003	5028
Alt. 3D	3D molde	3D mold-FS	2D postigos	2D postigos	5003		5003	5003	5003	5003	5003	5003	5028
Alt. 3D	2d elem	3D mold-FS	2D postigos	2D postigos	5003		5003	5003	5003	5003	5003	5003	5028
Alt. 3D	2d elem	3D mold-FS	2D postigos	2D postigos	5003		5003	5003	5003	5003	5003	5003	5028
Alt. 3D	3D molde	3D mold-FS	2D postigos	2D postigos			5003	5003	5003	5003	5003		
Alt. 3D	3D molde	3D mold-FS	2D postigos	2D postigos			5003	5003	5003	5003	5003		
Alt. 3D	2d elem	3D mold-FS	2D postigos	2D postigos			5003	5003	5003	5003	5003		
Correções	2d elem	3D mold-FS	2D postigos	2D postigos			5003	5003	5003	5003	5003		
Correções	2d elem	3D mold-FS	2D postigos	2D postigos			5003	5003	5003	5003	5003		
3D mold-FS	2d elem	3D mold-FS	2D postigos	2D postigos			5003	5003	5003	5003	5003		
3D mold-FS	2d elem	3D molde	2D postigos	2D postigos			5003	5003	5003	5003	5003		
3D mold-FS	2d elem	3D molde	2D postigos	2D postigos			5003	5003	5003	5003	5003		
3D molde	2d elem	3D molde	2D postigos				5003	5003	5003	5003			
3D molde	2d elem	3D molde	2D postigos				5003	5003	5003	5003			
3D molde	2d elem	3D molde	2D postigos				5003	5003	5003	5003			
3D molde	2d elem	3D molde	2D postigos				5003	5003	5003	5003			
10	10	10	10	8	4		10	10	10	10	8	4	

Semana 9							Semana 10						
8/set	9/set	10/set	11/set	12/set	13/set	14/set	15/set	16/set	17/set	18/set	19/set	20/set	21/set
5028	OB214450	2D postigos	OB214379	2D postigos	Diversos		3D mold-FS	3D molde	3D molde	3D molde	LM		
2D postigos	OB214451	2D postigos	OB214380	2D postigos	Diversos		3D mold-FS	3D molde	3D molde	3D molde	LM	2d acess	
2D postigos	OB214452	2D postigos	OB214381	2D postigos	Diversos		3D mold-FS	3D molde	3D molde	3D molde	LM	2d acess	
2D postigos	OB214453	2D postigos	OB214382	2D postigos	Diversos		3D mold-FS	3D molde	Correções	Diversos	Diversos	2d acess	
2D postigos	OB214454	2D postigos	OB214383	2D postigos	2D postigos		3D mold-FS	3D molde	Correções	Diversos	Diversos	2d acess	
2D postigos	OB214455	2D postigos	OB214384	2D postigos	2D postigos		3D mold-FS	Correções	Correções	Diversos	2d acess	2d acess	
2D postigos	OB214456	2D postigos	OB214385	2D postigos	2D postigos		3D mold-FS	3D mold-FS	Correções	3D molde	2d acess	2d acess	
2D postigos	OB214457	2D postigos	OB214386	2D postigos	2D postigos		3D mold-FS	3D mold-FS	3D molde	3D molde	2d acess	2d acess	
2D postigos	OB214458	2D postigos	OB214387	2D postigos			3D mold-FS	3D mold-FS	3D molde	3D molde	2d acess	2d acess	
2D postigos	OB214459	2D postigos	OB214388	2D postigos			3D mold-FS	3D mold-FS	3D molde	3D molde	2d acess		
2D postigos	2D postigos	registos	2D postigos	2D postigos			3D mold-FS	3D mold-FS	3D molde	Correções	2d acess		
2D postigos	2D postigos	registos	2D postigos	2D postigos			3D mold-FS	3D mold-FS	3D molde	LM	2d acess		
2D postigos	2D postigos	registos	2D postigos	2D postigos			Correções	3D mold-FS	3D molde	LM	2d acess		
2D postigos	2D postigos	registos	2D postigos	2D postigos			Correções	3D mold-FS	3D molde	LM	2d acess		
2D postigos	2D postigos	registos	registos	2D postigos			Correções	3D mold-FS	3D molde	Diversos	2d acess		
2D postigos	2D postigos	registos	registos	2D postigos			3D molde	3D mold-FS	3D molde	LM	2d acess		
2D postigos	2D postigos	registos	registos				3D molde	3D mold-FS	3D molde	LM			
2D postigos	2D postigos	registos	registos				3D molde	3D mold-FS	3D molde	LM			
2D postigos	2D postigos	registos	registos				3D molde	3D molde	3D molde	LM			
2D postigos	2D postigos	registos	registos				3D molde						
10	10	10	10	8	4		9,5	10	9,5	9,5	8	4	

Semana 11		
22/set	23/set	24/set
4969	2D molde	2D molde
4969	2D molde	2D molde
4969	2D molde	2D molde
4969	2D molde	2D molde
4969	2D molde	2D molde
4969	2D molde	2D molde
4969	2D molde	2D molde
4969	2D molde	2D molde
4969	2D molde	2D molde
2D molde	2D molde	2D molde
2D molde	2D molde	2D molde
2D molde	2D molde	4850
2D molde	2D molde	4850
2D molde	2D molde	4850
2D molde	2D molde	2D molde
2D molde	2D molde	2D molde
2D molde	2D molde	2D molde
2D molde	2D molde	2D molde
2D molde	2D molde	2D molde
2D molde	2D molde	2D molde
10	10	10
484		
Total horas		

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

**Anexo XI - Propostas de Melhoria com a
Aplicação de Princípios *Lean Management***

Atividade	Propostas (Princípios <i>Lean</i>)		Objetivos
Mudança de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> • Células de trabalho 		<ul style="list-style-type: none"> • Criar equipas de trabalho constituídas por dois projetistas, ou seja, todos os projetos são executados por dois colaboradores que trabalham no mesmo molde, desde o início até à sua finalização. A introdução destas equipas permite, caso seja necessário, que um dos projetistas execute um trabalho noutra molde sem que exista uma descontinuidade no atual. O outro projetista assegura a continuidade do desenho.
	<ul style="list-style-type: none"> • Nivelamento (Heijunka) 		<ul style="list-style-type: none"> • Prática resultante com a aplicação das equipas de trabalho. Possibilita a redução do <i>lead time</i>, aumentando o fluxo de projetos finalizados para a fabricação. Deste modo, são evitados posteriores atrasos, originados por estrangulamentos ou gargalos na produção.
	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão dos recursos humanos 		<ul style="list-style-type: none"> • Definir no início do projeto um coordenador de equipa. A nomeação poderá ser atribuída forma rotativa para não existir desmotivação por parte dos colaboradores. O planeamento das equipas de trabalho deve ser efetuado de forma a não existirem interrupções (ex. alterações, cópias de processos finais, etc.) devido a tarefas necessárias ao departamento de projeto, mas que não acrescentam valor ao desenho do molde em curso.
Correções / alterações	Kaizen (melhoria contínua)	Ciclo PDCA	<ul style="list-style-type: none"> • Planear (<i>Plan</i>) <ul style="list-style-type: none"> • Realizar uma reunião de abertura do projeto onde serão discutidos todos os objetivos, problemas, dúvidas, técnicas e informações consideradas relevantes à elaboração do desenho do molde. Todas as questões em assunto devem ficar clarificados no final, para que não restem dúvidas.
		<ul style="list-style-type: none"> • Fazer (<i>Do</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Executar o desenho do molde de acordo com as especificações definidas na reunião de abertura do projeto.
		<ul style="list-style-type: none"> • Verificar (<i>Check</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar o projeto através de uma <i>checklist</i> de forma a garantir que o trabalho está de acordo com as especificações (do cliente e da Tecnifreza). Efetuar duas verificações: a primeira após o desenho preliminar e a segunda posterior à finalização do projeto.
		<ul style="list-style-type: none"> • Atuar / Ajustar (<i>Act</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar as novas tecnologias e os processos aplicados que se mostrem mais eficientes (ex. funcionamentos mecânicos ou acessórios normalizados), de modo a serem normalizados e utilizados para projetos futuros.
		<ul style="list-style-type: none"> • Normalização ou padronização 	<ul style="list-style-type: none"> • Definir normalizações para processos e tarefas, de modo a garantir que são efetuados sempre da mesma forma, quer para os moldes desenhados internamente como para os que são desenhados externamente.

Falta de informação externa	<ul style="list-style-type: none"> • Registo de informação 	<ul style="list-style-type: none"> • Registo completo da folha de especificações a ser efetuado pelo gestor de projeto. Pedido ao cliente de todas as informações requeridas na folha de especificação do molde. No início de cada projeto este documento deve estar completamente preenchido. Caso seja necessário, o gestor de projeto deve preencher em conjunto com o responsável do projeto.
	<ul style="list-style-type: none"> • Reunião com cliente 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar uma reunião com o cliente (presencial ou videoconferência) para discussão do desenho preliminar. Devem estar presentes o diretor operacional, o gestor de projeto, o responsável do departamento de projeto e o projetista coordenador. Esta reunião tem como finalidade esclarecer todos os pontos em dúvida e efetuar propostas de possíveis melhorias.
Paragem de trabalho / outros	<ul style="list-style-type: none"> • Células de trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> • Criar equipas de trabalho de modo a estarem dois projetistas a trabalhar em simultâneo no mesmo projeto. Caso haja necessidade por parte de um deles parar por algum motivo de força maior, o outro dá continuidade ao trabalho. As paragens planeadas (ex. formação, reunião) devem ser enquadradas em fases que apenas seja necessário um projetista estar a trabalhar no projeto.
Erros ou falhas das TI	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção preventiva das TI 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar uma manutenção preventiva com a verificação e atualização de <i>software/hardware</i> para evitar conflitos, quebras do sistema operativo e programas.
Falta de informação interna	<ul style="list-style-type: none"> • Reunião de abertura do projeto 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar uma reunião de discussão no início de cada projeto com a presença do diretor de produção, do gestor de projeto, responsável do departamento de projeto e do projetista coordenador. Esta reunião tem como objetivo debater todos os pontos relativos ao desenho do molde, de modo a não existirem tempos de espera por falta (ou aguardar) de decisões internas.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

**Anexo XII - *Checklist* de Verificação do
Projeto**

Funcionamento do Molde		Verificação Preliminar do Projeto			Verificação Final do Projeto			Inspeção Final do Molde (Gestor de Projeto)		
		OK	NOK	NA	OK	NOK	NA	OK	NOK	NA
Documentação	Bolachas de apoio do distribuidor na zona dos blocos de injeção.									
	Regos para chapas de identificação e esquemas (refrigeração, elétrico, etc.).									
	Todos os elementos do molde têm consideração a temperatura de funcionamento do molde.									
	Olhal da barra de transporte no centro de gravidade do molde.									
	Considerar pés no molde caso existam elementos fora do molde (para baixo).									
	Todas as arestas do molde estão arredondadas (rab/chanfro).									
	Marcações exteriores do molde definidas.									
	A nível de colisão e bituada (Topsolid).									
	Lista de materiais completa (Sinax).									
	Todas as peças estão identificadas.									
	Comprimento dos extratores e pomos de retorno definidos na lista de materiais.									
	Desenho detalhado da ponteira dos blocos.									
	Esquema dos extratores maquinados.									
	Esquema de versões.									
Esquema elétrico.										
Esquema de refrigeração.										
Esquema hidráulico/pneumático.										
Pinturas efetuadas (molde, barra de transporte, etc.).										
Peso do molde.										
		Data:			Data:			Data:		
		Rubrica			Rubrica			Rubrica		
Verificação Preliminar do Projeto										
Data de Execução:		Aprovado a:			Por (CAD):					
Comentários:										
Verificação Final do Projeto										
Data de Execução:		Aprovado a:			Por (CAD):					
Comentários:										
Inspeção Final do Molde (Gestor de Projeto)										
Data de Execução:		Aprovado a:			Por (GP):					
Comentários:										

Anexo XIII - Reunião de Abertura de Projeto

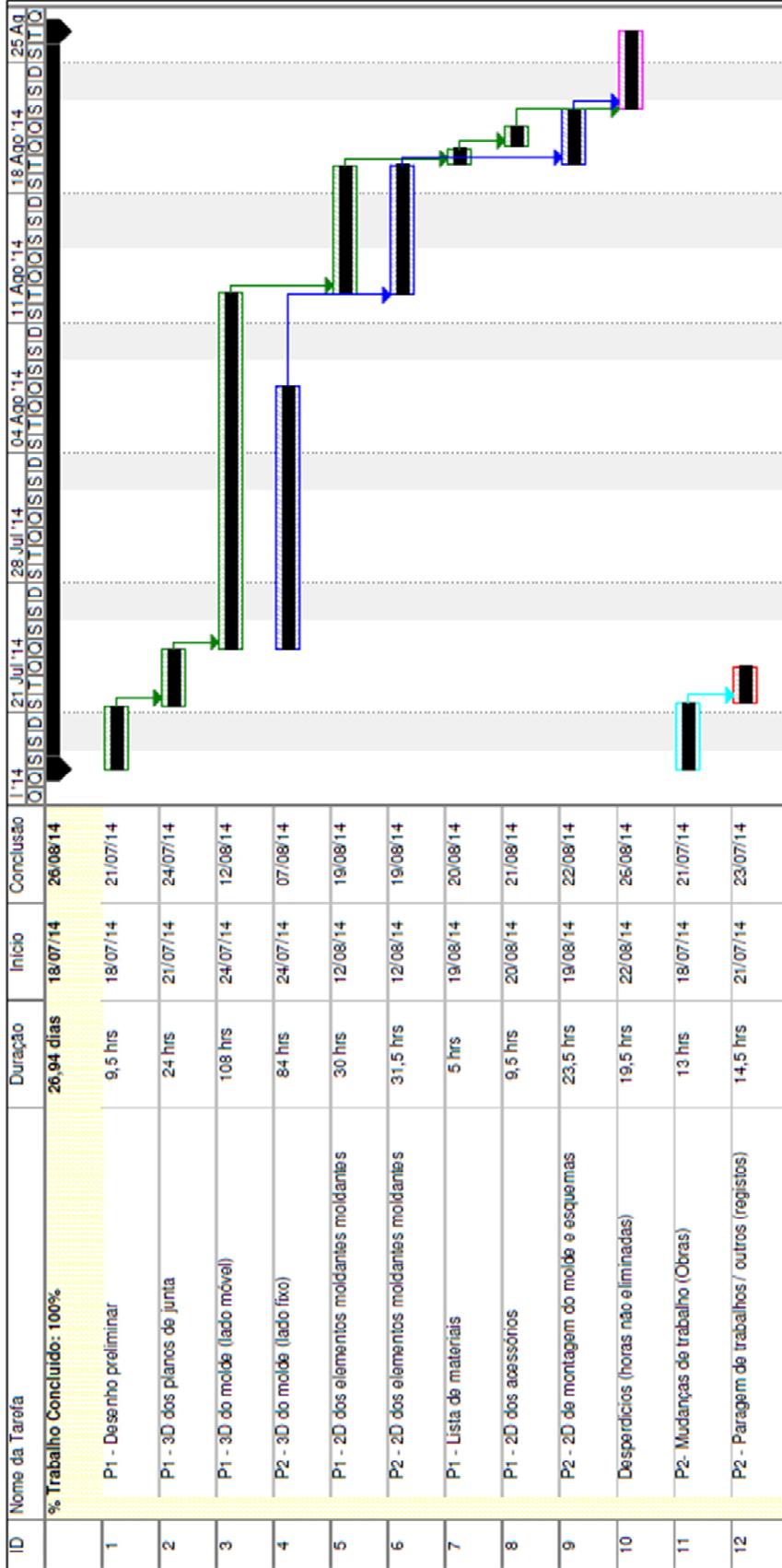


REUNIÃO / ITENS DE AÇÃO
MEETING / ACTION ITEMS

Nº

Tema da reunião Meeting Name		Preparado por Prepared by:		
Propósito Purpose				
Presentes Attendees				
Data da Reunião Meeting Date:	Início Start	Fim End	Local Place	
Convocatória por: Invited by:	Dept.	Emitido em: Issue date		
Secção Division	Assunto Subject	Item	Plano de Ação Action Plan	Quem Who
				Notas Remarks

**Anexo XIV - *Lead Time* Esperado - Diagrama
de *Gantt***



Projecto: Projecto1_molde nº9_equipe
Data: 16/01/16

Tarefa	Marco	Tarefas Externas
Dividir	Sumário	Marco Externo
Progresso	Resumo de Projecto	Prazo