



**Organização industrial na  
Paulo Mendes, S.A.**

*José Miguel da Silva Correia*

**Projecto de Dissertação, MIEIG 2007/2008**

Orientador na FEUP: Prof. António Ernesto da Silva Carvalho Brito

Orientador na Paulo Mendes, S.A.: Engenheira Carla Ribeiro



**FEUP**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão**

2008-03-08

*Aos meus Pais,  
pelas oportunidades que me concederam*

## Resumo

O projecto de dissertação foi realizado na empresa Paulo Mendes, S.A. que desenvolve a sua actividade industrial no fabrico de componentes de iluminação, e injeção de peças técnicas para a indústria automóvel (OEM e *Aftermarket*).

O trabalho desenvolvido neste período incidiu sobretudo no desenvolvimento de novos produtos, novos equipamentos e na reestruturação de produtos já existentes, tendo sempre em mente a montagem dos produtos e os processos de obtenção dos seus componentes. Assim, o tema central deste relatório é a aplicação de uma das técnicas/ferramentas da Engenharia Simultânea, o *Design for Manufacture and Assembly*. Pretende-se que haja uma compreensão das vantagens associadas à adopção desta filosofia e das suas técnicas, durante o desenvolvimento de produtos. Nomeadamente um tempo de desenvolvimento mais reduzido e uma produção mais eficiente.

No relatório são apresentados dois dos projectos, que foram desenvolvidos ao longo deste projecto, e consistem na reestruturação de dois farolins procurando uma optimização do tempo de montagem.

## **Industrial Organization in Paulo Mendes, S.A.**

### **Abstract**

The Dissertation Project was performed in Paulo Mendes, S.A. which develops its industrial activity in the production of illumination components, and injection of technical components for the automotive industry (OEM and Aftermarket).

The work developed in this period fell upon new products development, new equipments and existent product restructuring, keeping always in mind the product assembly and parts production processes. So, this report main subject is the application of one technique/tool of Concurrent Engineering, the Design for Manufacture and Assembly. The purpose is to give a better comprehension of the advantages attached to the adoption of this philosophy and its techniques, during the product development. Namely a shorter development time and a leaner manufacturing.

The last chapter of this report consists in the presentation of two projects, which were developed during this project, which consisted in the restructuring of two tailamps, seeking the assembly time optimization.

## **Agradecimentos**

Ao Sr. Alexandre Dias e à Eng.<sup>a</sup> Carla Ribeiro pela orientação ao longo do projecto de dissertação e pelos conhecimentos técnicos transmitidos.

Ao Professor António Ernesto da Silva Carvalho Brito pela orientação prestada ao longo do projecto de dissertação.

Ao Alberto Lopes, ao Albino Gomes, à Fátima Lourenço e ao Ricardo Barbosa, pela disponibilidade que demonstraram sempre que foram por mim solicitados, e sobretudo pela paciência que tiveram ao explicar-me os processos e os fluxos produtivos.

A todos os outros colaboradores da Paulo Mendes, S.A. e da Pameltronic, LDA. pela sua enorme simpatia.

A todos os professores do MIEIG e da LGEI, pelos conhecimentos que me transmitiram.

## Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	Apresentação da Empresa.....	1
1.2	O Projecto Organização Industrial na Paulo Mendes.....	2
1.3	Organização e Temas Abordados no Presente Relatório .....	2
2	O Processo de Desenvolvimento de Produtos .....	3
3	Engenharia Simultânea .....	9
3.1	DFMA - Design for Manufacture and Assembly .....	12
3.1.1	O Design For Assembly .....	15
3.1.2	O Design For Manufacturing.....	17
4	Os Projectos.....	20
4.1	O farolim "Olho de Boi" .....	20
4.2	O farolim "Valmet " .....	26
5	Conclusões.....	30
6	Bibliografia.....	31
	ANEXO A: Variantes do processo de desenvolvimento .....	32
	ANEXO B: Processo de desenvolvimento da empresa Google .....	33
	ANEXO C: Os Produtos .....	35
	ANEXO D: O Processo Produtivo .....	38
	ANEXO E: Sistema de classificação para operações de manuseamento.....	43
	ANEXO F: Sistema de classificação para ligações e operações de inserção .....	45
	ANEXO G: O Processo de Injecção de Polímeros .....	47
	ANEXO H: Estimativas dos tempos de montagem do farolim "Valmet" .....	49

## 1 Introdução

No âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão, no último semestre deste curso foi realizado um projecto de dissertação na empresa Paulo Mendes, S.A. com o tema "Organização Industrial na Paulo Mendes, S.A.". Com base nesta experiência, foi desenvolvido o presente relatório.

### 1.1 Apresentação da Empresa

A empresa Paulo Mendes, foi formalmente constituída em Abril de 1983 sob a forma jurídica de sociedade por quotas. Desde então, tem desenvolvido a sua actividade industrial com base no fabrico de componentes de iluminação, e injeção de peças técnicas para a indústria automóvel (OEM e *Aftermarket*). De seguida são apresentados alguns pontos chave na história da empresa.

Até 1987 a empresa dedicou-se à aquisição de know-how com vista à execução total de farolins para veículos.

Em 1991, iniciou um protocolo com a Universidade Nova para a execução de uma unidade de revestimento de superfícies pela técnica de metalização em vácuo. Posteriormente, devido ao rápido crescimento da empresa, adquiriu novas instalações, com uma área de 10.000m<sup>2</sup>.

As exportações para os EUA tiveram início em 1997, na área de componentes de iluminação e de peças técnicas. Nos anos seguintes, teve lugar uma forte aposta na renovação dos equipamentos e na automatização dos processos produtivos.

Em 2001 obteve a certificação do Sistema de Gestão da Qualidade implementado na empresa, e posteriormente implementou um Sistema Integrado de Gestão da Produção. Nos anos seguintes ampliou a sua capacidade produtiva através da aquisição de novos equipamentos.

No ano de 2006, nasce a empresa Paulo Mendes, S.A. através da transformação da anterior sociedade por quotas.

## **1.2 O Projecto Organização Industrial na Paulo Mendes**

No âmbito do projecto de dissertação do curso MIEIG da FEUP, foi efectuada uma proposta por parte da empresa Paulo Mendes com vista à realização de um projecto, onde se pretendia reduzir os custos de produção para tornar os produtos mais competitivos através da optimização do fluxo produtivo e da optimização do uso de recursos.

O projecto teve lugar entre Junho de 2007 e Dezembro de 2007. Neste período o trabalho desenvolvido incidiu sobretudo no desenvolvimento de protótipos, produtos e equipamentos, que visavam uma optimização dos fluxos produtivos e uma diminuição do custo de produção. O projecto abrangeu também o desenvolvimento de novos produtos, alguns deles baseados na tecnologia de LED's.

Ao longo do projecto foi efectuada uma análise aos fluxos produtivos, que teria como objectivo final uma alteração ao *layout* fabril. Este era a principal linha de persecução idealizada para o projecto, quando a empresa o propôs. Por razões que serão reveladas posteriormente, não foi possível desenvolver um trabalho nesta área.

## **1.3 Organização e Temas Abordados no Presente Relatório**

Os principais temas que serão abordados neste relatório estão relacionados com o processo de desenvolvimento de produtos, com um enfoque na filosofia de engenharia simultânea e numa das técnicas desta área, o *Design for Manufacture and Assembly*. No relatório, são apresentados dois projectos desenvolvidos nesta área, e que incidem na reestruturação de dois produtos já existentes para viabilizar a sua produção.

A organização deste relatório é a seguinte, o capítulo 1 é dedicado à apresentação da empresa, à explicitação do âmbito do projecto de dissertação e à apresentação dos temas abordados ao longo da dissertação (capítulo actual). No capítulo 2 é explicitado o processo de desenvolvimento de produtos genérico, e no final desta secção são introduzidos outros processos de desenvolvimento inovadores. O capítulo 3 é reservado à definição da filosofia de Engenharia Simultânea assim como das técnicas/ferramentas que se inserem neste tema. Numa segunda fase é desenvolvido o tema do DFMA, onde são explicitados as bases e os conceitos subjacentes a esta técnica, o DFA e o DFM. No capítulo 4, são dados a conhecer dois dos projectos onde houve um estudo sobre a reestruturação dos produtos, com vista à simplificação do seu processo de montagem. Para finalizar, são apresentadas as conclusões sobre o projecto de dissertação no capítulo 5.

## 2 O Processo de Desenvolvimento de Produtos

O processo de desenvolvimento de produtos varia consoante o contexto único de cada empresa e de cada produto<sup>1</sup>. Quando o desenvolvimento de produtos é desencadeado com base na intenção de satisfazer uma necessidade do mercado, *market-pull*, e com recurso a qualquer tecnologia disponível, é plausível que se esteja na presença de um sistema semelhante ao processo genérico que é apresentado.

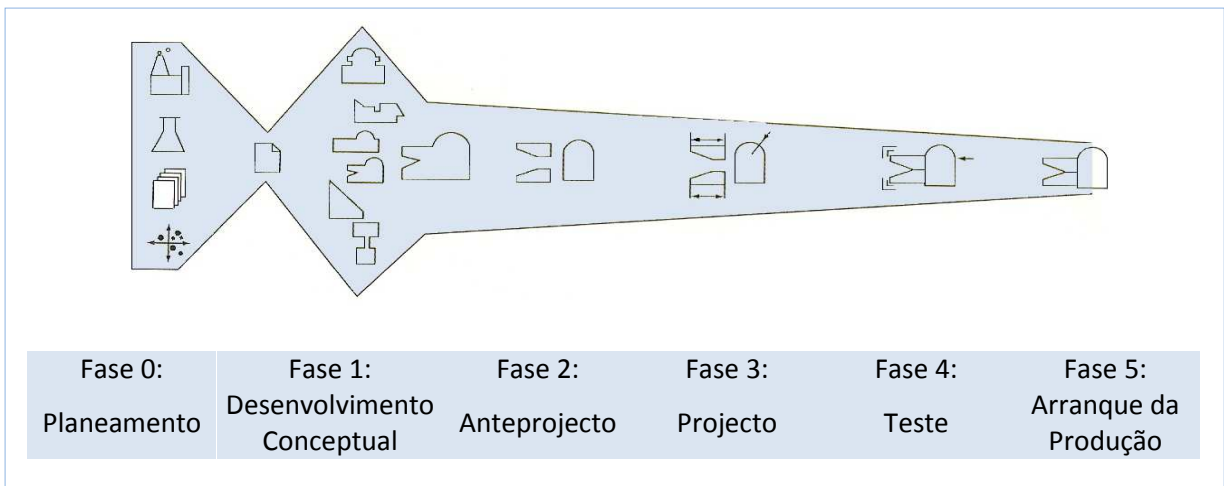


Figura 1 - As 6 fases do processo genérico de desenvolvimento de produtos.

Este processo representa a sequência básica de passos ou actividades que uma empresa emprega para conceber, desenhar e levar um produto até ao mercado. Muitas destas tarefas não são físicas, na realidade a maioria são actividades intelectuais. O processo inicia-se com a fase de planeamento, que é a ligação para as actividades de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico. O output da fase de planeamento é a constatação da missão do projecto, que por sua vez é o *input* necessário ao início da fase de desenvolvimento conceptual e que serve de orientação à equipa de desenvolvimento durante todo o projecto. A conclusão do processo de desenvolvimento do produto por seu lado será o lançamento do produto no mercado, altura em que este fica disponível para que os consumidores o possam adquirir [3].

Nas páginas seguintes pode-se encontrar uma explicitação de cada uma das 6 fases, sendo posteriormente feita a decomposição de cada uma das fases em actividades na Tabela 1. Nessa tabela as actividades estão organizadas por departamentos, devido ao seu papel fundamental

<sup>1</sup> Esta variação é desenvolvida no ANEXO A: Variantes do processo de desenvolvimento

em todo este processo foram destacados os departamentos de marketing, desenvolvimento e de produção, relativamente aos restantes.

**Fase 0: Planeamento** - A fase de planeamento é normalmente considerada como sendo a fase zero, precede a aprovação do projecto e o lançamento do processo de desenvolvimento, propriamente dito. Esta fase inicia-se com a definição da estratégia da empresa e dos objectivos, incluindo a análise do desenvolvimento tecnológico. O output da fase de planeamento é a definição do âmbito do projecto, que especifica o mercado alvo para o produto, objectivos, pressupostos chave e restrições.

**Fase 1: Desenvolvimento Conceptual** - Nesta fase as necessidades do mercado alvo são identificadas, são gerados e avaliados conceitos alternativos do produto, e um ou mais conceitos são seleccionados para serem desenvolvidos e testados. Um conceito é a descrição da forma e função do produto, sendo normalmente acompanhado por um conjunto de especificações, uma análise dos produtos concorrentes, e uma justificação económica para o projecto.

**Fase 2: Anteprojecto** - Inclui a definição da arquitectura do produto e a sua decomposição em subconjuntos e componentes. O esquema final da montagem para o sistema produtivo é normalmente definido nesta fase. O output desta fase normalmente inclui um *layout* geométrico do produto, uma especificação funcional de cada um dos subconjuntos e um diagrama de fluxos preliminar, para o processo de montagem do produto.

**Fase 3: Projecto** - Engloba a especificação completa da geometria, materiais, tolerâncias de todos os componentes presentes no produto e identificação dos componentes normalizados a serem adquiridos a terceiros. É efectuado um mapeamento dos processos e são projectadas as ferramentas necessárias à obtenção dos componentes. O output desta fase são desenhos ou ficheiros de CAD que descrevem a geometria dos componentes e das ferramentas necessárias à sua obtenção, as especificações dos componentes a adquirir e o planeamento dos processos inerentes à produção e montagem do produto.

**Fase 4: Teste** - Envolve a construção e avaliação de várias versões de pré-produção dos produtos. Normalmente são construídos protótipos iniciais com componentes detentores da mesma geometria e com os mesmos materiais dos componentes que serão produzidos. No entanto, estes protótipos não são necessariamente obtidos através dos mesmos processos que serão utilizados na produção. Os protótipos são utilizados para determinar se o produto vai funcionar tal como foi projectado e se satisfaz as necessidades dos consumidores.

**Fase 5: Arranque da produção** - Nesta fase o produto é obtido através dos processos produtivos que foram especificados na fase de projecto. O objectivo desta fase é treinar os trabalhadores e eliminar eventuais problemas que surjam durante a produção. Os produtos obtidos nesta primeira fase são fornecidos a consumidores preferenciais e são cuidadosamente avaliados com o fim de se identificarem falhas remanescentes. A transição da produção experimental para a produção contínua é normalmente gradual. A determinada altura nesta transição, o produto é lançado e fica disponível para uma distribuição alargada [3].

Tabela 1 - Processo genérico de desenvolvimento de produtos, actividades e responsabilidades dos vários departamentos da organização [3].

Fase 0: Planeamento	Fase 1: Desenvolvimento Conceptual	Fase 2: Anteprojecto	Fase 3: Projecto	Fase 4: Teste	Fase 5: Arranque da Produção
<b>Marketing</b>					
- Observar as oportunidades do mercado	- Recolher as necessidades do consumidor	- Desenvolver um plano com a gama de produtos	- Desenvolver o plano de marketing	- Desenvolver a promoção e o lançamento	- Alocar produção inicial em consumidores chave
- Definir segmentos de mercado	- Identificar clientes alvo  - Identificar os produtos concorrentes	- Estabelecer o ponto óptimo de vendas		- Promover teste de mercado	
<b>Desenvolvimento</b>					
- Considerar a arquitectura do produto	- Investigar a praticabilidade dos conceitos do produto	- Gerar arquitecturas alternativas diferentes do produto	- Definir a geometria dos componentes	- Testar fiabilidade, durabilidade, performance	- Avaliar output das produções iniciais
- Ter acesso a novas tecnologias	- Desenvolver os conceitos industriais do produto  - Construir e testar protótipos experimentais	- Definir as principais interfaces  - Refinar o desenho industrial	- Seleccionar os materiais  - Atribuir tolerâncias  - Terminar documentação de controlo do desenho industrial	- Homologação  - Implementar alterações	
<b>Produção</b>					
- Identificar as restrições da produção	- Estimar o custo de produção	- Identificar fornecedores para componentes chave	- Definir os processos de produção	- Arrancar com os fornecimentos	- Iniciar operação do sistema produtivo
- Estabelecer uma estratégia para a cadeia de abastecimento	- Examinar a praticabilidade da produção	- Iniciar uma análise produzir/comprar  - Determinar a sequência de montagem final  - Estabelecer os custos alvo	- Desenvolver ferramentas  - Definir garantia de qualidade dos processos  - Iniciar o <i>procurement</i> das ferramentas finais	- Refinar os processos de fabrico e de montagem  - Treinar a força produtiva  - Refinar garantia de qualidade dos processos	
<b>Outros</b>					
- Investigação: Demonstrar outras tecnologias disponíveis	- Financeiro: Fornecer a análise económica	- Financeiro: Fornecer a análise produzir/comprar		- Vendas: Desenvolver o plano de vendas	
- Financeiro: Fornecer objectivos de planeamento	- Jurídico: Investigar as patentes existentes	- Serviços: Identificar os serviços a serem prestados.			
- Gestão: Alocar recursos necessários					

O processo de desenvolvimento que foi apresentado é em muito semelhante ao que actualmente é utilizado pela empresa Paulo Mendes, no entanto existem outros processos de desenvolvimento inovadores e extremamente produtivos que entram em ruptura com os métodos tradicionais. Este é o caso do processo de desenvolvimento das empresas IDEO ou Google<sup>2</sup>.

A IDEO é uma empresa que se dedica exclusivamente a desenvolver produtos inovadores com um elevado grau de criatividade. É considerada como sendo a empresa de *design* industrial mais bem sucedida em todo o mundo. Utiliza um processo de desenvolvimento denominado *Deep Dive*, nesta sequência existem quatro fases principais que são desenvolvidas de seguida, segundo o ponto de vista desta empresa.

**Fase 0: Observação** - A observação dos utilizadores é o ponto de partida para qualquer programa de desenvolvimento. Todos os designers da IDEO são incentivados a observarem as pessoas e a forma com estas interagem com o mundo. Abordam os utilizadores durante o processo de desenvolvimento para avaliar a receptividade a novas ideias e soluções possíveis.



Figura 2 - Actividades, tarefas e exemplos da fase de observação. 01: Ir até onde as pessoas vivem e trabalham. 02: Utilizar novas tecnologias. 03: Encorajar o divertimento. 04: As ferramentas do observador bem preparado. 05: Os escritórios são o reflexo dos seus donos. 06: Áreas de trabalho para períodos de desenvolvimento longos. 07: Observar o "*bodystorm*" dos *designers*. 08: Procurar pistas subtis [7].

**Fase 1: Brainstorming** - A IDEO caracteriza esta fase como sendo em parte arte e em parte ciência. Existe uma reunião dos designers onde é sempre incentivada a apresentação de ideias inovadoras, para obter uma fonte inacabável de inspiração. Convém também mencionar que a equipa de desenvolvimento é multidisciplinar, já que os seus membros têm formação nas mais diversas áreas. Existem algumas regras básicas que estão escritas na parede: ser visual; evitar julgamentos; encorajar ideias excêntricas; desenvolver a partir das ideias dos outros; ter quantidade; uma conversa de cada vez; permanecer focado no tópico.

<sup>2</sup> O processo de desenvolvimento da empresa Google pode ser consultado no ANEXO B: Processo de desenvolvimento da empresa Google.



Figura 3 - Atividades, tarefas e exemplos da fase de Brainstorming. 01: Encorajar ideias excêntricas. 02: Escrever tudo. 03: Aprender com os especialistas. 04: O trabalho em problemas complexos. 05: Ser Visual. 06: Tirar e utilizar fotografias com frequência. 07: Produzir protótipos de tudo. 08: Utilizar *Post-its* para votar [7].

**Fase 2: Prototipagem** - A prototipagem é a linguagem da inovação e um modo de vida da IDEO. É a solução do problema em três dimensões. Esta empresa realiza protótipos de tudo, desde um novo produto ou um novo serviço, uma página web ou um novo espaço. Os protótipos incidem desde os estágios de aferição da praticabilidade de um novo conceito até ao produto final que será comercializado. O uso desta prototipagem assenta no princípio de falhar cedo para ter sucesso mais tarde.

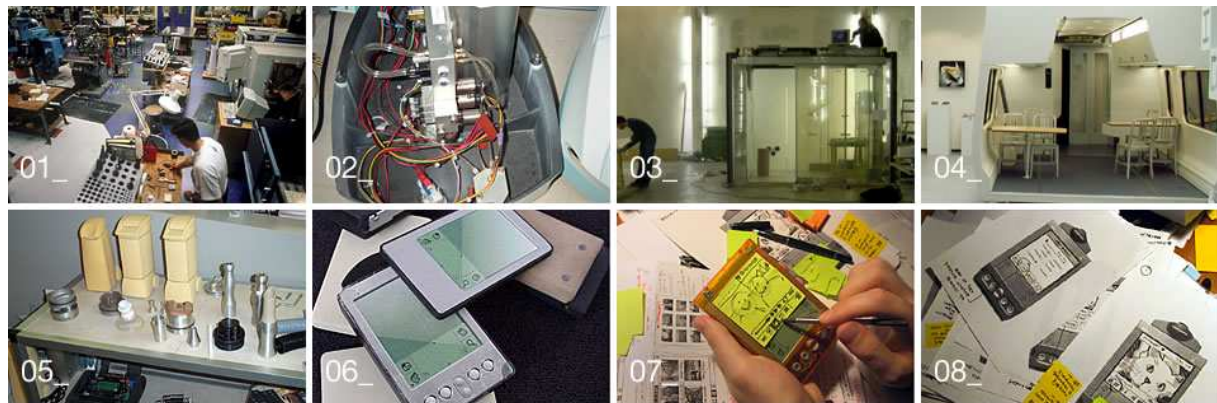


Figura 4 - Atividades, tarefas e exemplos da fase de Prototipagem. 01: O laboratório de prototipagem de Palo Alto. 02: Um protótipo funcional. 03: Construção dos gabinetes de prova de roupa Prada. 04: Protótipo à escala real da carruagem do comboio Acela. 05: Uma montra dos protótipos. 06: Protótipos não funcionais do modelo Edge da Handspring. 07: Visualizar a interação. 08: Um protótipo vale 1000 desenhos [7].

**Fase 3: Implementação** - A implementação fecha o ciclo da formação e da agregação de ideias que leva o conceito até à sua forma final. Nesta fase todas as possibilidades foram avaliadas, os protótipos foram validados e melhorados e o que falta é começar a produzir os produtos. A equipa de desenvolvimento realiza desenhos de projecto e de conjunto, escolhe parceiros para produzir caso seja necessário, e trabalha com o cliente para executar um lançamento atempado e bem sucedido [7].



Figura 5 - Actividades, tarefas e exemplos da fase de Implementação. 01: Aprovação do desenho final. 02: Aperfeiçoar o tempo de montagem. 03: Produto desenhado para uma montagem rápida. 04: Testes exaustivos. 05: Escolha de parceiros para produção. 06: *Design* apropriado para o mercado. 07: Trabalhar com fornecedores a um nível mundial. 08: Supervisionar a linha de montagem [7].

Tal como foi dito anteriormente este processo entra em ruptura com os processos de desenvolvimento tradicionais por vários motivos. Por um lado não há uma organização em departamentos funcionais nem uma hierarquia rígida, não existem tarefas à partida atribuídas e os *designers* são estimulados e encorajados a participarem em todas as funções das diversas fases de desenvolvimento. Um factor interessante é que cada elemento da equipa de desenvolvimento pode ter um espaço próprio, construído a seu gosto para que se sinta o mais à vontade possível. Por outro lado, existem regras básicas que permitem uma boa persecução do trabalho sem que haja anarquia. O *Deep Dive* tem um enfoque muito grande na observação das pessoas que produzem, compram e utilizam os produtos, no brainstorming e na prototipagem rápida. Poder-se-ia dizer que este processo é típico de um produto de desenvolvimento rápido, tal como software ou telemóveis, no entanto ele já foi aplicado com sucesso no desenvolvimento de produtos tais como mobiliário, carrinhos de supermercado e óculos de sol.

Nas próximas secções serão abordadas algumas das filosofias/técnicas mais utilizadas nos processos de desenvolvimento convencionais, e que têm por objectivo o enfoque do *design* nos consumidores, na qualidade e na produção, com o objectivo de reduzir o tempo de desenvolvimento e aumentar a qualidade das soluções.

### 3 Engenharia Simultânea

O aumento da competitividade e a necessidade de resposta eficiente às exigências dos consumidores, motivou as empresas a adoptarem a filosofia de Engenharia Simultânea com o objectivo de reduzir o tempo e o custo de desenvolvimento dos produtos. Isto é possível através da união dos esforços de diversos profissionais com diferentes especialidades, gerando uma criação cooperativa e eficaz dos produtos. Do ponto de vista estratégico, a diminuição do tempo de desenvolvimento dos produtos pode ser considerada ainda mais importante que a redução dos custos de desenvolvimento. A empresa que lança o produto no mercado em primeiro lugar, encontra-se em melhor situação para estabelecer preços que lhe permitam uma recuperação do investimento mais rapidamente, assim como a obtenção de uma quota de mercado sólida.

A literatura apresenta muitas definições para Engenharia Simultânea, ES, este termo deriva do inglês *Concurrent Engineering*, também conhecido por *Simultaneous Engineering*, *Integrated Engineering* ou *Integrated Product Development*. Segundo Ziemke e Spann é um processo através do qual um novo produto ou modelo é projectado, desenvolvido, produzido e comercializado em ruptura com o desenvolvimento tradicional em série. Assim, as principais áreas relacionadas com a criação do produto devem estar continuamente envolvidas no desenvolvimento do mesmo, desde a conceptualização até à comercialização. A ES é o resultado da integração dos vários departamentos funcionais que intervêm activamente no processo de desenvolvimento de produtos, tais como: marketing, vendas, desenvolvimento, qualidade e produção. O objectivo é a redução do custo do ciclo de vida do produto, o melhoramento da qualidade dos mesmos, a diminuição dos tempos de desenvolvimento e a redução do tempo de introdução no mercado. Para Golshani e colaboradores a ES é uma metodologia de desenvolvimento de produtos que melhora a criatividade, qualidade, tempo até à introdução no mercado e o custo. Cristóvão e Gonçalves citam que a ES pode ser caracterizada como sendo um modelo de gestão utilizado para aperfeiçoar o processo de desenvolvimento de novos produtos para obter uma maior competitividade [4].

O princípio básico da Engenharia Simultânea é alterar a abordagem tradicional de desenvolvimento, onde os produtos são desenvolvidos numa trajectória sequencial através das diferentes áreas funcionais da empresa. Este é o chamado desenvolvimento em série, que normalmente tem início com a observação da oportunidade de mercado por parte do departamento de marketing, é encaminhado para o desenvolvimento, passa pela produção e é introduzido no mercado. A utilização da Engenharia Simultânea permite que os departamentos de uma empresa realizem as tarefas de desenvolvimento dos produtos

paralelamente, sendo as actividades realizadas simultaneamente pelos membros que estão envolvidos no processo.

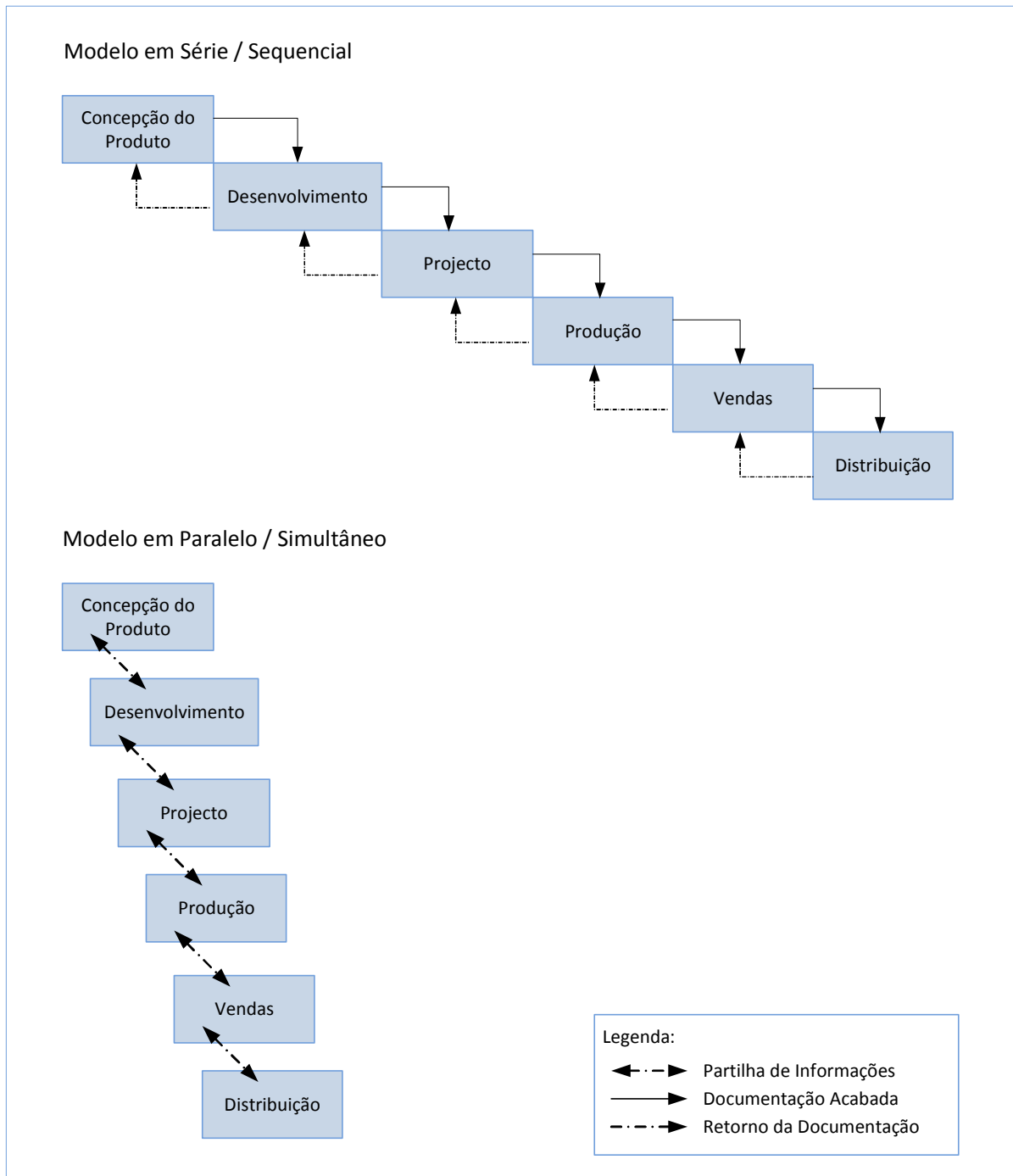


Figura 6 - Diagrama dos fluxos de informação entre os diversos departamentos funcionais de uma organização, durante o processo de desenvolvimento de um produto [4].

Além de uma cooperação eficiente entre os diferentes departamentos, é necessário que haja uma boa organização do trabalho a ser realizado. Durante as diferentes fases de desenvolvimento existe uma necessidade da estruturação dos métodos de trabalho. Para este efeito existem várias técnicas que foram desenvolvidas para apoiar estes métodos, e são

essenciais para o sucesso da Engenharia Simultânea. De seguida são apresentadas, de uma forma sucinta, algumas destas técnicas/ferramentas [4].

**Quality Function Deployment (QFD)** – Envolve ferramentas que convertem as solicitações do cliente em requisitos funcionais. Através do exame desses requisitos é possível criar os produtos que os clientes querem. O QFD também é um método para comparar os produtos desenvolvidos pela organização com os produtos da concorrência.

**Product Data Management (PDM)** – São sistemas que possibilitam a gestão e o controlo da informação sobre os produtos, geralmente é utilizado no departamento de desenvolvimento, mas pode ser aplicado a todos os departamentos que necessitem de ter acesso a essas informações, como é o caso do departamento da produção.

**Design For Cost (DFC)** – É uma metodologia que idealiza um desenvolvimento com base no controlo dos custos de todos os processos envolvidos no ciclo de vida do produto, ainda durante a fase de projecto. A filosofia subjacente é que estes custos irão influenciar o custo final do produto. Algumas das técnicas utilizadas são, por exemplo, a técnica *Activity Based Cost (ABC)* ou a técnica de *Target Cost*.

**Design For Manufacturing And Assembly (DFMA)** – Possibilita que na fase de projecto de um produto sejam analisadas diferentes opções de projecto, segundo a implicação que estas terão nos fluxos e custos de produção/montagem dos componentes. O principal objectivo é a simplificação dos produtos para obter custos de produção e de montagem significativamente mais baixos.

**Prototipagem rápida** – Engloba ferramentas para a obtenção de protótipos num curto espaço de tempo. Isto possibilita a identificação de potenciais problemas de uma forma rápida e eficaz, que de outra forma só seriam identificados através dos métodos tradicionais de projecto.

**Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)** – A análise modal de falhas e efeitos potenciais é uma metodologia que permite melhorar e garantir a qualidade dos produtos através da tomada de acções preventivas. O objectivo é minimizar as reclamações dos clientes e os custos que daí derivam.

**Manufacturing Support Systems (MSS)** – São sistemas que apoiam a produção. São exemplos destes sistemas : *Computer-Aided manufacturing (CAM)*, *Manufacturing Resource Planning (MRP)*, *Manufacturing Accounting Control (MAC)*, *Computer-Aided Process Planning (CAPP)*, *Computer-Aided Engineering (CAE)* e o *Computer-Aided Design (CAD)*.

De entre as ferramentas apresentadas, as que assumiram um papel mais activo nos projectos levados a cabo durante este projecto de dissertação são o DFMA e o MMS nas vertentes de CAD e CAE. O DFMA é a ferramenta com maior interesse prático e por isso este tema será desenvolvido ao contrário dos restantes.

### 3.1 DFMA - Design for Manufacture and Assembly

Tal como já foi referido anteriormente, o principal objectivo do DFMA é a simplificação dos produtos para obter custos de produção e de montagem significativamente mais baixos, sem interferir com os requisitos funcionais do cliente. A razão para considerar a produção e a montagem no processo de desenvolvimento é simples, estima-se que 70% do custo dos produtos seja estabelecido aquando do seu desenvolvimento. Com esta integração pretende-se que haja uma integração entre os departamentos de desenvolvimento e de produção, evitando os inconvenientes de um desenvolvimento sequencial e as abordagens do género *over-the-wall*: "We design it, you build it!" .

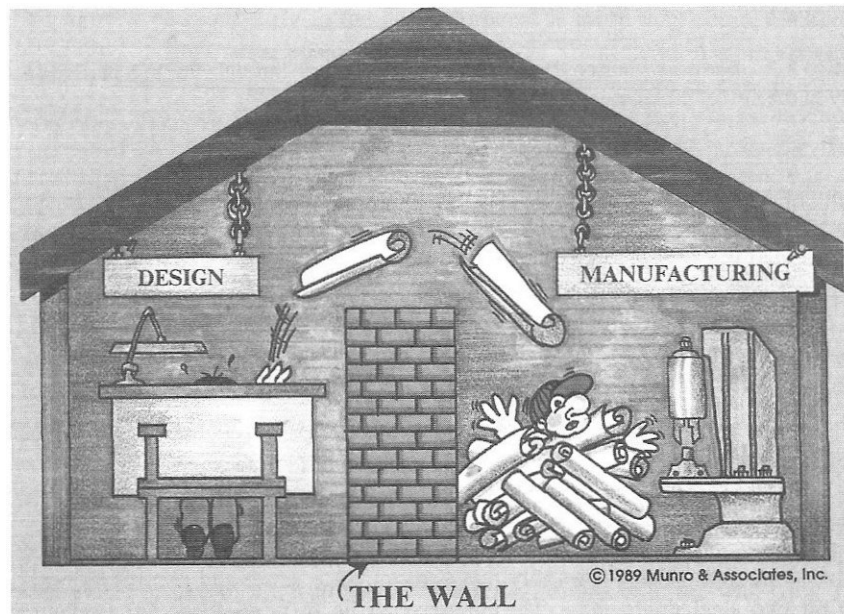


Figura 7 - A abordagem *over-the-wall* [1]

O DFMA é uma técnica que surge da associação de dois outros conceitos o *design for manufacture* (DFM) e o *design for assembly* (DFA).

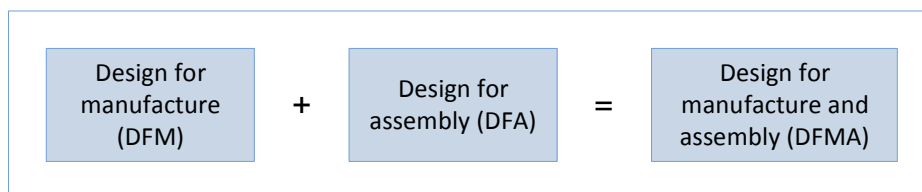


Figura 8 - Origens do DFMA

Por DFM entende-se o desenvolvimento de componentes com ênfase no seu processo produtivo, injeção de polímeros, estampagem, maquinagem. O DFA por seu lado é o desenvolvimento de componentes tendo em vista a montagem com outros componentes.

O DFMA é utilizado sobretudo em três áreas,

- Como uma ferramenta que guia os projectistas na simplificação da estrutura do produto, com vista à redução dos custos de produção e montagem.
- Como uma ferramenta de *benchmarking* para estudar os produtos dos concorrentes e quantificar as dificuldades de produção e montagem.
- Como uma ferramenta de ajuda na negociação de contractos com os fornecedores.

Quando o DFMA é levado a cabo durante a fase de desenvolvimento, normalmente o processo inicia-se com a aplicação de uma análise DFA para obter uma simplificação na estrutura dos produtos. Depois é efectuada uma estimativa dos custos para o desenho original e para o novo desenho, o objectivo é tomar decisões de *trade-off*. Durante este processo são considerados os melhores processos e materiais a serem utilizados. Uma vez que se obtém o melhor desenho conceptual inicia-se uma análise mais aprofundada de DFM para obter o melhor desenho de pormenor [1].

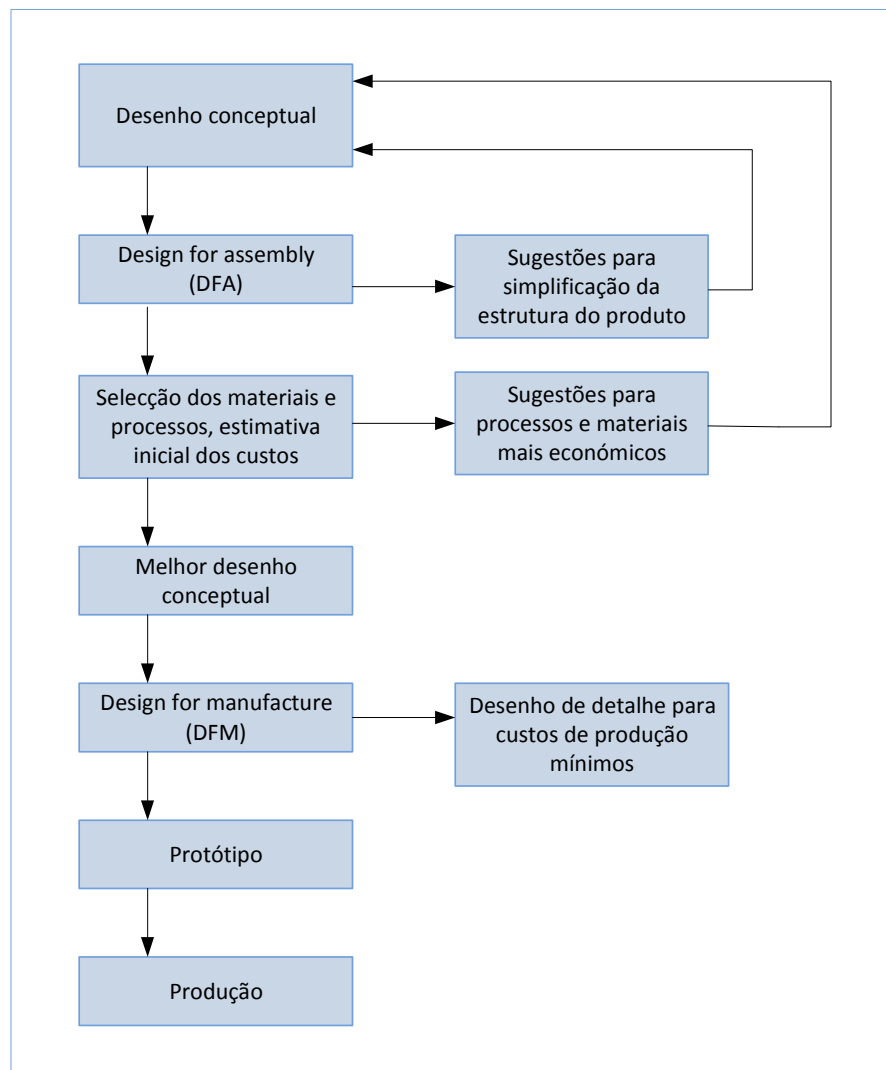


Figura 9 - Passos típicos utilizados numa análise DFMA, conduzida num estudo de engenharia simultânea [1].

Existem várias vantagens associadas à utilização do DFMA, alguns estudos mostram que por vezes o maior benefício não é a diminuição no custo de produção, mas sim o impacto no *time-to-market*. Este facto não será completamente estranho se considerarmos que esta técnica é considerada como uma ferramenta de engenharia simultânea [2].

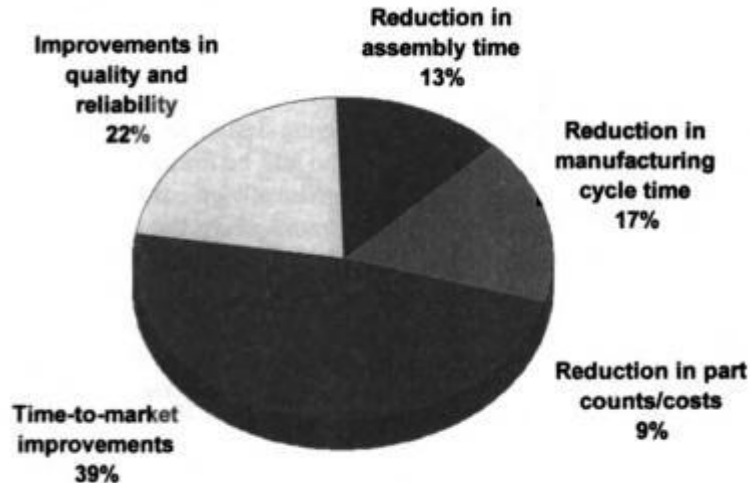


Figura 10 - Estudo sobre os impactos produzidos pela utilização do DFMA [2].

Existem outras vantagens associadas a esta técnica, a sua utilização cria um procedimento sistemático para analisar desenhos propostos, do ponto de vista da produção e montagem. Este procedimento resulta em produtos mais simples e mais fiáveis que envolvem menos custos de produção e de montagem. A redução do número de componentes no processo de montagem cria um efeito de bola de neve porque passam a ser necessários menos desenhos e especificações, menos vendedores e menos stocks. Tudo isto cria um forte impacto nos fluxos produtivos. O DFMA também promove o diálogo na fase de desenvolvimento entre *designers*, engenheiros de produção e outras personagens que desempenham um papel determinante nos custos produtivos [2].

No entanto, existem outras técnicas com os mesmos objectivos e princípios do DFMA. Uma delas é a *Value Analysis/Value Engineering* (VA/VE) e com base neste factor há quem defenda que na verdade as duas técnicas são o mesmo. Por outro lado, há quem defenda que o DFMA é uma técnica mais organizada. A experiência mostra que aplicação do DFMA ao problema depois de já ter sido aplicada a VA/VE continua a produzir resultados significativos [1]. A análise VA destina-se a ser aplicada a produtos que já estão em produção, ao passo que a análise VE destina-se a novos processos e materiais que não foram considerados no processo de desenvolvimento por não estarem disponíveis nessa altura. O DFMA, por seu lado, pode ser aplicado em todas as fase de vida do produto [3].

Nos parágrafos seguintes serão desenvolvidos os temas de DFA, na vertente de montagem manual, e de DFM na vertente de injeção de polímeros. A razão para esta escolha prende-se com os produtos da empresa Paulo Mendes. Para que haja uma melhor compreensão destes factores, o leitor deve consultar as seguintes secções, ANEXO C: Os Produtos e ANEXO D: O Processo Produtivo.

### 3.1.1 O Design For Assembly

Tal como já foi referido anteriormente, o objectivo desta ferramenta é simplificar a estrutura do produto para que a montagem seja o mais simples possível. A aplicação deste conceito remonta ao aparecimento das primeiras linhas de montagem, contudo a sistematização do mesmo numa ferramenta com entidade própria, DFA, surgiu apenas nos anos 70. Nesta altura foram desenvolvidos os primeiros métodos analíticos onde eram relacionadas as características geométricas dos componentes com os tempos de montagem, relações causa efeito.

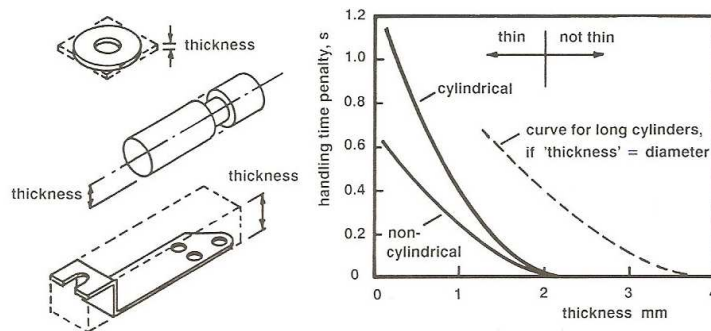


Figura 11 - Efeito da espessura no tempo de manuseamento [1].

Nestes estudos foram considerados três tipos distintos de montagem, a montagem manual, a montagem robotizada (equipamentos flexíveis) e a montagem automática (equipamentos dedicados). A razão subjacente é que cada um destes sistemas origina custos de montagem diferentes [6]. No presente relatório apenas será considerada a montagem manual por ser o tipo de montagem que é utilizado na empresa.

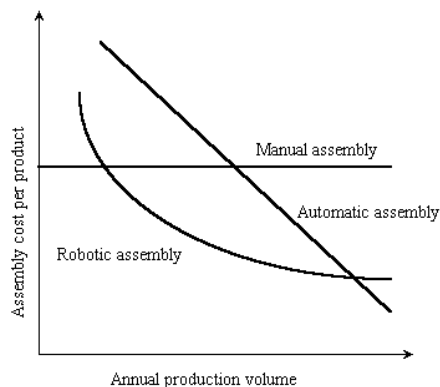


Figura 12 - Custos unitários típicos por tipo de montagem e volume de produção [6].

Os primeiros estudos realizados incidiam sobre a influência da simetria, dimensões, peso e espessura no tempo de manuseamento. Mais tarde foram também quantificados os efeitos do manuseamento com recurso a pinças, e do manuseamento com recurso a equipamentos mecânicos. O resultado destes estudos materializou-se no sistema de classificação para operações de manuseamento, que pode ser encontrado no ANEXO E. Este sistema permite que uma operação de manuseamento seja classificada a partir das suas características e que daí resulte uma estimativa para o tempo associado. Paralelamente, foram realizados estudos

que visavam relacionar operações de inserção e diferentes tipos de operações de ligação com os tempos de montagem. Nestes estudos foram quantificados outros efeitos como a acessibilidade ao local de montagem, a facilidade de operação das ferramentas, a visibilidade dos locais de montagem, a facilidade de alinhamento e posicionamento durante a montagem e a profundidade do local de inserção. Estes estudos deram origem ao Sistema de classificação para ligações e operações de inserção, ver ANEXO F. A junção dos tempos de manuseamento com os tempos das operações de inserção e de ligação dá origem ao tempo total da operação .

A utilidade dos sistemas de classificação reside no facto de se poder estimar o custo de montagem para um determinado produto, sem recorrer a medições físicas dos tempos de montagem que por sua vez obrigariam a que no mínimo existissem protótipos dos componentes [1]. Assim é possível que em qualquer fase do processo de desenvolvimento se consiga realizar uma análise de *trade-off*, por exemplo, entre custos de montagem mais reduzidos e componentes mais caros *versus* custos de montagem mais elevados e componentes menos dispendiosos.

Para simplificar a metodologia, foram criadas linhas gerais que permitem obter um bom desenho dos componentes, do ponto de vista da sua montagem, e que serão citadas de seguida. No entanto é preciso ter em mente que estas linhas gerais não vão traduzir os custos efectivos de montagem, uma vez que são apenas boas práticas.

#### **Linhas gerais para facilitar o manuseamento:**

1. Projectar componentes com o máximo de simetria possível.
2. No caso dos componentes não poderem ser simétricos, pronunciar a sua assimetria ao máximo.
3. Introduzir características nos componentes que evitem o encravamento durante a montagem.
4. Evitar características que facilitem o emaranhamento dos componentes quando estes são armazenados.
5. Evitar componentes que sejam pegajosos, escorregadios, delicados, flexíveis, muito pequenos, muito grandes ou que sejam perigosos para os operários (ex: afiados) [1].

#### **Linhas gerais para a inserção e a ligação de componentes:**

1. Projectar de forma a que exista pouca ou nenhuma resistência durante a inserção. Aplicar chanfros para guiar a inserção de componentes. Fornecer folgas consideráveis, com o cuidado de evitar que estas resultem em encravamento durante a inserção.
2. Normalizar através da utilização de componentes, processos e métodos comuns entre diferentes modelos e até mesmo entre linhas de produtos, para gerar processos com elevados volumes produtivos. Isto normalmente resulta em custos de produção mais baixos.
3. Utilizar uma montagem sequencial ao longo de um só eixo de referência, sempre que possível.

4. Evitar, sempre que possível, a necessidade de pressionar os componentes durante a manipulação da montagem ou durante a inserção de outros componentes. Se for necessário pressionar, minimizar o tempo em que isto acontece tentando fixar o componente o quanto antes.
5. Projectar de forma a que a peça esteja posicionada na montagem, antes de ser largada.
6. Sempre que forem utilizadas ligações ter em conta a seguinte lista, em que os tipos de ligação estão dispostos por custo crescente de montagem, *Snap Fiting*, deformação plástica, rebitagem, ligações roscadas.
7. Evitar a rotação da montagem parcial já realizada, quando são efectuadas novas operações de montagem [1].

Outro ponto fundamental da abordagem DFA, consiste numa medida de eficiência que pode ser aplicada ao desenho de conjunto de um produto e posteriormente ser utilizada para comparar diferentes desenhos. Existem dois factores que vão influenciar esta medida, o número total de componentes num produto e a facilidade de manuseamento, inserção e ligação desses componentes. A eficiência da montagem é dada pela divisão entre o tempo teórico mínimo de montagem e o tempo actual de montagem.

$$E_{ma} = N_{min} \times t_a / t_{ma}$$

Onde  $N_{min}$  é o número teórico mínimo de componentes com os quais é possível obter o produto,  $t_a$  é o tempo médio de montagem de um componente que não representa dificuldades de manuseamento, de inserção ou de ligação. O parâmetro  $t_{ma}$  representa o tempo estimado para montar o produto actual.

### 3.1.2 O Design For Manufacturing

O *Design For Manufacturing* prende-se com o desenvolvimento de componentes tendo sempre em mente os processos produtivos necessários à obtenção desses componentes. Pretende-se que estes sejam obtidos da forma mais simples possível, com a máxima eficiência, e sem que os requisitos funcionais sejam prejudicados. Se para um determinado componente forem consideradas alternativas diversas de produção, existem detalhes que terão de ser alterados para que o componente esteja de acordo com cada um dos processos considerados, mantendo os seus requisitos funcionais. Para dar resposta a esta solicitação o DFM divide-se em várias categorias, consoante o processo produtivo, *Design For Injection Molding*, *Design For Machining*, *Design for Sheet Metalworking*, *Design For Die Casting*, etc.

Nesta secção só será desenvolvido o conceito de *Design For Injection Molding* uma vez que a maioria dos componentes desenvolvidos ao longo do projecto de dissertação eram obtidos através deste processo de produção e foi nesta área que houve uma maior aquisição de competências.

O *Design For Injection Molding* pode ser utilizado em três vertentes principais, no auxílio ao desenvolvimento de componentes bem estruturados e muito simplificados do ponto de vista da injeção de polímeros, como ferramenta de negociação para com os fornecedores de moldes já que permite estimar o custo do molde em função da geometria do componente, e como ferramenta de auxílio a decisões de *trade-off* entre vários desenhos do mesmo componente, uma vez que permite a estimativa do custo de investimento em ferramentas e do custo de produção do componente [1]. Para uma compreensão do tema abordado é necessário que haja um conhecimento mínimo do processo de injeção, tema abordado no ANEXO G. A estimação dos custos do componente, e do custo do respectivo molde, é possível através da utilização de fórmulas e de tabelas onde são relacionadas as características do componente e da ferramenta com os custos. Todavia, estas não são apresentadas no presente relatório, o processo de estimação dos custos é muito complexo, com relações que não são facilmente explicáveis e envolve quantidades de informação incomportáveis. Caso haja interesse sobre o assunto, o leitor deve consultar, por exemplo, a referência [2] da bibliografia.

Tabela 2 - Determinação do volume do jito em função do volume do componente, para apuração do consumo total de material na injeção, a título exemplificativo [1].

Volume do componente (cm <sup>3</sup> )	Volume de plástico Injectado (cm <sup>3</sup> )	Jito (% do volume do componente)
16	22	37
32	41	27
64	76	19
128	146	14
256	282	10
512	548	7
1024	1075	5

De seguida são apresentadas algumas linhas gerais que devem estar presentes no desenvolvimento de um componente obtido por injeção de polímeros.

#### **Linhas gerais para o desenvolvimento de componentes obtidos por injeção de polímeros:**

1. Desenhar as paredes principais com espessuras uniformes e ângulos de saída adequados para facilitar a extração do componente. Isto vai minimizar a distorção ao fornecer um arrefecimento uniforme ao longo do componente.
2. Conjuguar o material e a espessura da parede para minimizar o custo. Os materiais com melhores propriedades mecânicas também têm os preços mais elevados, mas permitem a construção de componentes com menor espessura para uma determinada aplicação. Isto gera um menor consumo de material e conseqüentemente pode haver um menor custo. Mais importante, é que a redução da espessura da parede vai diminuir

significativamente o tempo de ciclo e naturalmente que o custo de produção vai ser menor.

3. Desenhar os reforços com um valor de espessura preferencial de  $1/2$  das paredes principais e evitar ao máximo que esta relação exceda  $2/3$ . Isto vai minimizar problemas de arrefecimento nas zonas de união, onde a secção é naturalmente mais espessa.
4. Preferencialmente desenhar projecções na direcção do movimento principal do molde, ou projecções a  $90^\circ$  em direcções contidas no plano de fecho do molde. Este factor vai evitar o recurso ao uso de mecanismos adicionais dentro do molde.
5. Evitar depressões nas faces interiores do componente que obriguem ao uso de partes móveis dispendiosas e que exigem muita manutenção. No caso de não ser possível, efectuar furos passantes nas paredes, que requerem mecanismos menos dispendiosos.
6. Sempre que possível, tentar desenhar roscas externas de forma a que o seu eixo possa ficar contido no plano de fecho do molde. Alternativamente deve ser utilizado um perfil de rosca arredondado, que pode ser "arrancado" do molde sem que haja a necessidade de um movimento de rotação. Neste caso, o fornecedor de polímeros deve ser contactado para obter uma informação sobre a escolha apropriada do material, profundidade e perfil de rosca [1].

## 4 Os Projectos

Neste capítulo serão apresentados alguns projectos, onde houve uma aplicação prática dos conceitos mencionados anteriormente.

### 4.1 O farolim "Olho de Boi"

No decorrer do projecto de dissertação, um dos desafios propostos consistia na reestruturação de um farolim de três funções com o objectivo de diminuir o seu custo de montagem, viabilizando a sua produção. Para o efeito foram fornecidas as seguintes linhas de orientação,

1. O produto devia ser reestruturado com recurso a componentes que já existissem noutros produtos produzidos pela empresa.
2. Podiam ser efectuadas pequenas alterações à geometria dos componentes actuais, mas que não implicassem a construção de novas ferramentas.

De seguida apresenta-se uma tabela com os componentes presentes neste farolim, na página seguinte é exibida uma imagem com a vista explodida do mesmo.

Tabela 3 - Lista de componentes presentes no farolim "Olho de Boi" original.

Referência	Designação	Quantidade
1	Porca H M6	2
2	Anilha	2
3	Passa fios	1
4	Blindagem	1
5	Chapa de Massa Inferior	1
6	Parafuso H M6	2
7	Cablagem	1
8	Separador	2
9	Vidro	1
10	Amortecedor	2
11	Calota	1
12	Rebite	3
13	Casquilho	6
14	Chapa de Massa Superior	1
15	Terminal de Contacto	3
<b>Total</b>		<b>29</b>

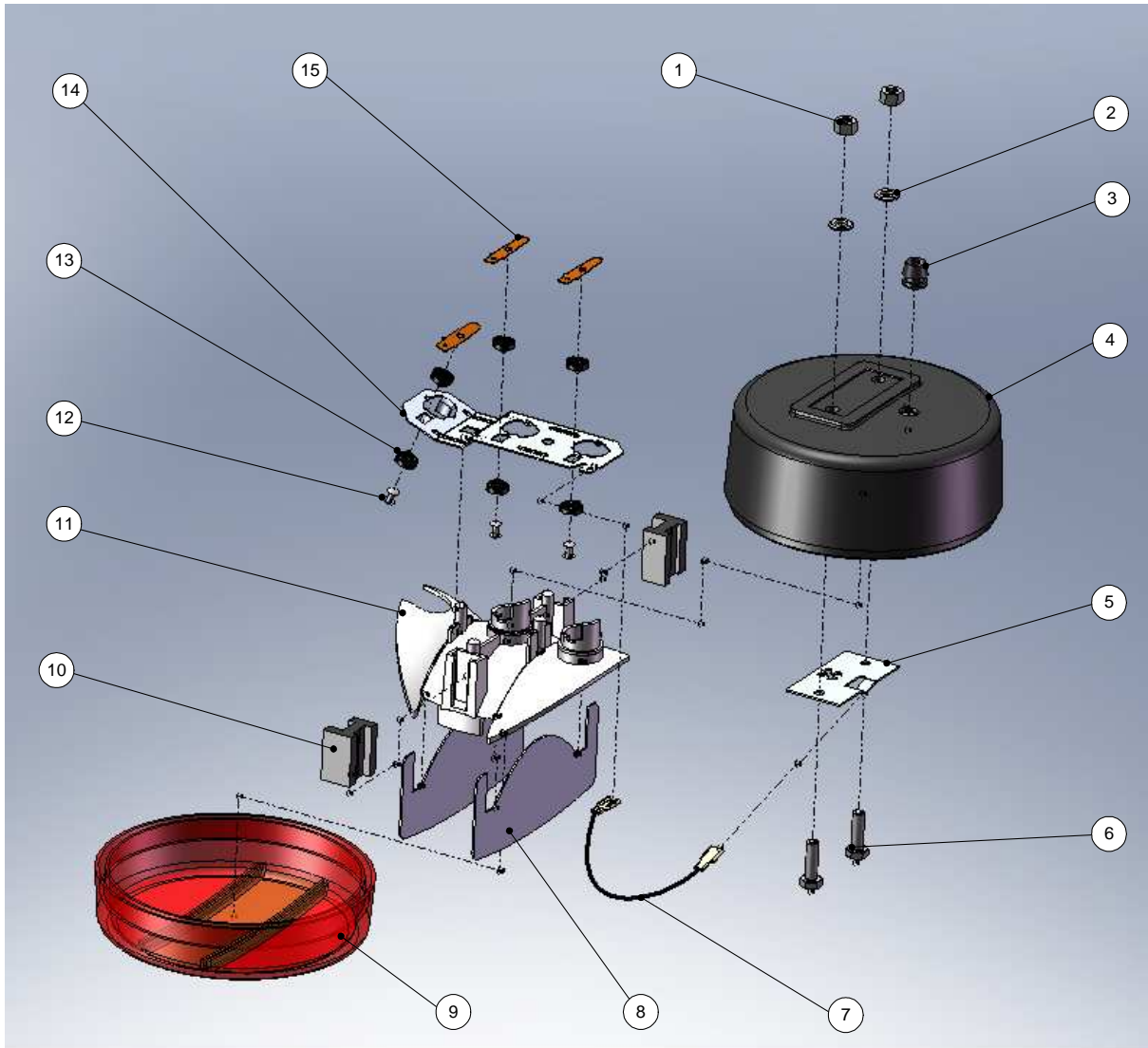


Figura 13 - Vista explodida do farolim "Olho de Boi" Original

A montagem deste farolim processa-se da forma seguinte,

1. O passa fios é montado na blindagem. Posteriormente é inserida a chapa de massa inferior na blindagem. Segue-se a inserção dos parafusos, das anilhas e das porcas. Estes elementos são utilizados para unir a blindagem e a chapa de massa, servindo também para fornecerem uma ligação ao veículo.
2. Em paralelo, na chapa de massa superior são montados os casquilhos e os contactos, a ligação entre estes componentes é efectuada através de rebites. Esta montagem é muito complexa, os componentes têm dimensões muito reduzidas e é preciso segurar nos casquilhos, no terminal, e na chapa de massa até efectuar a ligação definitiva com o rebite. A chapa de massa tem dupla funcionalidade, serve para suportar as lâmpadas e conectar o pólo negativo das lâmpadas ao pólo negativo da bateria do veículo. Os terminais de contacto são utilizados para efectuar a ligação entre os pólos positivos das lâmpadas e a cablagem do veículo. A função dos casquilhos é evitar o curto circuito entre os terminais de contacto e a chapa de massa. A função dos rebites é fixar

permanentemente os casquilhos, os terminais e a chapa de massa. Posteriormente, este subconjunto é montado na calota, a ligação entre estes componentes é efectuada com recurso à rebitação dos pinos de plástico que existem na calota.

3. Nesta fase é efectuada a ligação entre as duas chapas de massa com recurso à cablagem. Os amortecedores são encaixados na blindagem, e o subconjunto da calota vai encaixar nestes componentes. A função dos amortecedores é efectuar a ligação entre a calota e a blindagem ao mesmo tempo que vai amortecer possíveis vibrações.
4. Os separadores são então montados na calota, a última operação é o encaixe do vidro na blindagem. A função dos separadores é impedir que a luz de uma das funções se propague para zonas indesejáveis do vidro, iluminando áreas correspondentes a outras funções.

Na tabela que se segue encontram-se as estimativas dos tempos de montagem, determinados com recurso aos sistemas de classificação que foram introduzidos anteriormente.

Tabela 4 - Estimativas dos tempos das operações de montagem para o farolim "Olho de Boi" original.

Operação	Designação	Qtd.	CM <sup>3</sup>	TM (s)	CL	TL (s)	TT (s)
1.1	Blindagem	1	30	1.95	08	6.50	8.45
1.2	Montagem do Passa fios	1	10	1.50	01	2.50	4.00
1.3	Montagem da Chapa Massa Inf.	1	33	2.51	00	1.50	4.01
1.4	Montagem do Parafuso H M6	2	10	1.50	06	5.50	14.00
1.5	Montagem da Anilha	2	03	1.69	00	1.50	6.38
1.6	Montagem da Porca H M6	2	00	1.13	39	8.00	18.26
2.1	Mont. da Chapa Massa Sup.	1	30	1.95	06	5.50	7.45
2.2	Montagem do 1º Casquilho	3	36	3.06	08	6.50	28.68
2.3	Montagem do 2º Casquilho	3	36	3.06	08	6.50	28.68
2.4	Montagem do Term. Contacto	3	29	3.70	06	5.50	27.06
2.5	Rebitagem (rebites)	3	16	2.57	91	7.00	28.71
2.6	Mont. Chapa Massa na Calota	1	30	1.95	55	11.00	12.95
3.1	Ligação da Cablagem	2	80	4.10	31	5.00	18.20
3.2	Encaixe dos amortecedores	2	10	1.50	30	2.00	7.00
3.3	Mont. da Calota na Blindagem	1	30	1.95	01	2.50	4.45
4.1	Montagem do Separador	2	23	2.36	02	2.50	9.72
4.2	Montagem do Vidro	1	30	1.95	01	2.50	4.45
<b>Total</b>							<b>232.99</b>

<sup>3</sup> **CM** - Código de Manuseamento; **TM** - Tempo de Manuseamento (s); **CL** - Código de ligação/inserção; **TL** - Tempo de ligação/inserção; **TT** - Tempo total da operação,  $TT=QTD*(TL+TT)$ .

Como se pode observar na tabela anterior, as operações mais longas estão associadas à montagem dos casquilhos e dos terminais na chapa de massa, isto deve-se ao facto de os componentes terem dimensões reduzidas e de necessitarem de ser posicionados manualmente, por algum tempo, após terem sido introduzidos na montagem.

A análise do produto tendo em vista a redução do número de componentes e também a utilização de componentes mais fáceis de montar desenvolveu as seguintes considerações.

1. Os separadores de luz poderiam ser eliminados da montagem, se fossem utilizadas extensões das paredes da calota para produzir o mesmo efeito.
2. A chapa de massa inferior poderia ser eliminada se fosse utilizado um terminal de olhal numa das extremidades da cablagem. Este terminal ficaria conectado ao corpo do parafuso, realizando directamente a conexão ao pólo negativo da bateria do veículo.
3. A montagem dos casquilhos e dos terminais na chapa de massa superior poderia ser eliminado, se fossem utilizados terminais diferentes, e se estes fossem posicionados em castelos na calota.

O produto foi desenhado novamente, o que permitiu a redução do número de componentes de 29 para 17, como se pode constatar na tabela que se segue e na imagem da página seguinte.

Tabela 5 - Lista de componentes presentes no farolim "Olho de Boi" remodelado.

Referência	Designação	Quantidade
1	Porca H M6	2
2	Anilha	2
3	Passa fios	1
4	Blindagem	1
5	Parafuso H M6	2
6	Cablagem	1
7	Calota	1
8	Vidro	1
9	Amortecedor	2
10	Chapa de Massa	1
11	Contacto	3
<b>Total</b>		<b>17</b>

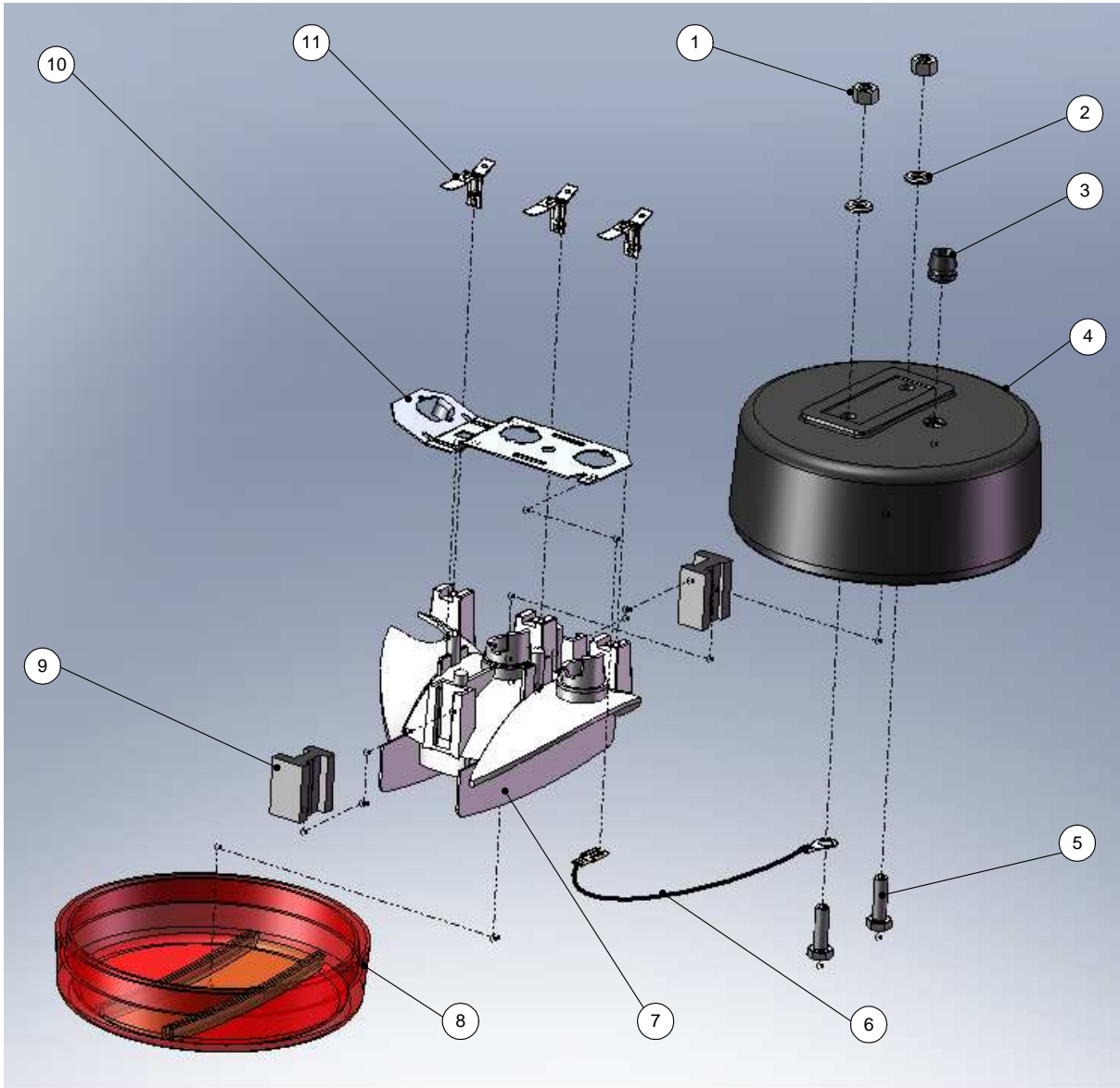


Figura 14 - Vista explodida do farolim "Olho de Boi" remodelado

A montagem do farolim remodelado seria efectuada da seguinte forma,

1. O passa fios é montado na blindagem. O terminal de olhal é inserido num dos parafusos, sendo posteriormente encaixado na blindagem, do lado contrário é posicionada a anilha e o conjunto é fixo com a porca hexagonal. De seguida, é efectuada a montagem do outro conjunto, parafuso, anilha e porca.
2. Na calota é introduzida e rebitada a chapa de massa. O passo seguinte consiste no posicionamento dos terminais nos castelos que existem na calota.
3. Os amortecedores são então inseridos na blindagem e é efectuada a ligação da cablagem com a chapa de massa superior. Posteriormente é encaixada a calota na blindagem.
4. A última operação consiste no encaixe do vidro na blindagem.

Na tabela seguinte podem ser observadas as estimativas dos tempos de operação, desenvolvidas a partir dos sistemas de classificação.

Tabela 6 - Estimativas dos tempos das operações de montagem para o farolim "Olho de Boi" remodelado

Operação	Designação	Qtd.	CM <sup>4</sup>	TM (s)	CL	TL (s)	TT (s)
1.1	Blindagem	1	30	1.95	08	6.50	8.45
1.2	Montagem Passa fios	1	10	1.50	01	2.50	4.00
1.3	Ligação da Cablagem	1	80	4.10	00	1.13	5.23
1.4	Montagem do Parafuso H M6	2	10	1.50	06	5.50	14.00
1.5	Montagem da Anilha	2	03	1.69	00	1.50	6.38
1.6	Montagem da Porca H M6	2	00	1.13	39	8.00	18.26
2.1	Montagem Chapa Massa Sup.	1	30	1.95	06	5.50	7.45
2.2	Montagem do Term. Contacto	3	30	1.95	31	5.00	20.85
3.1	Encaixe dos Amortecedores	1	10	1.50	30	2.00	7.00
3.2	Ligação da Cablagem	2	80	4.10	31	5.00	18.20
3.3	Mont. da Calota na Blindagem	1	30	1.95	01	2.50	4.45
4.1	Montagem do Vidro	1	30	1.95	01	2.50	4.45
<b>Total</b>							115.22

Como se pode observar as estimativas apontam para uma redução no tempo de montagem equivalente a cerca de 50%. A diminuição do custo de montagem era o principal objectivo, mas associadas à aplicação desta técnica surgem outros benefícios evidentes. Existe uma diminuição do número de componentes o que permite uma redução nos custos de produção/aquisição. De uma forma menos evidente, vão haver reduções de custos com stock e a produção do farolim vai ser mais *lean*.

Neste caso também existem acréscimos dos custos em alguns níveis. Na produção da calota, vai haver um maior consumo de material e vai haver também um aumento no tempo de ciclo da injeção do componente. Por outro lado, a utilização do terminal de olhal na cablagem aumenta o custo de aquisição deste subconjunto, pelos meios de produção existentes este terminal requer uma aplicação semi-automática ao contrário dos outros terminais que podem ser aplicados automaticamente. Contudo, não se poderá esquecer que associadas a estas alterações, também surgirá um custo de investimento inerente à alteração das ferramentas.

<sup>4</sup> **CM** - Código de Manuseamento; **TM** - Tempo de Manuseamento (s); **CL** - Código de ligação/inserção; **TL** - Tempo de ligação/inserção; **TT** - Tempo total da operação,  $TT=QTD*(TL+TT)$ .

## 4.2 O farolim "Valmet "

Outro dos desafios propostos, consistiu na remodelação de um farolim de duas funções, o farolim "Valmet", os objectivos eram os mesmos do projecto apresentado anteriormente. Pretendia-se uma reestruturação do farolim para que houvesse uma redução no custo de montagem. Na imagem que se segue, pode-se encontrar uma imagem do farolim em vista explodida. Na página seguinte encontra-se uma tabela com a lista dos componentes presentes neste farolim.

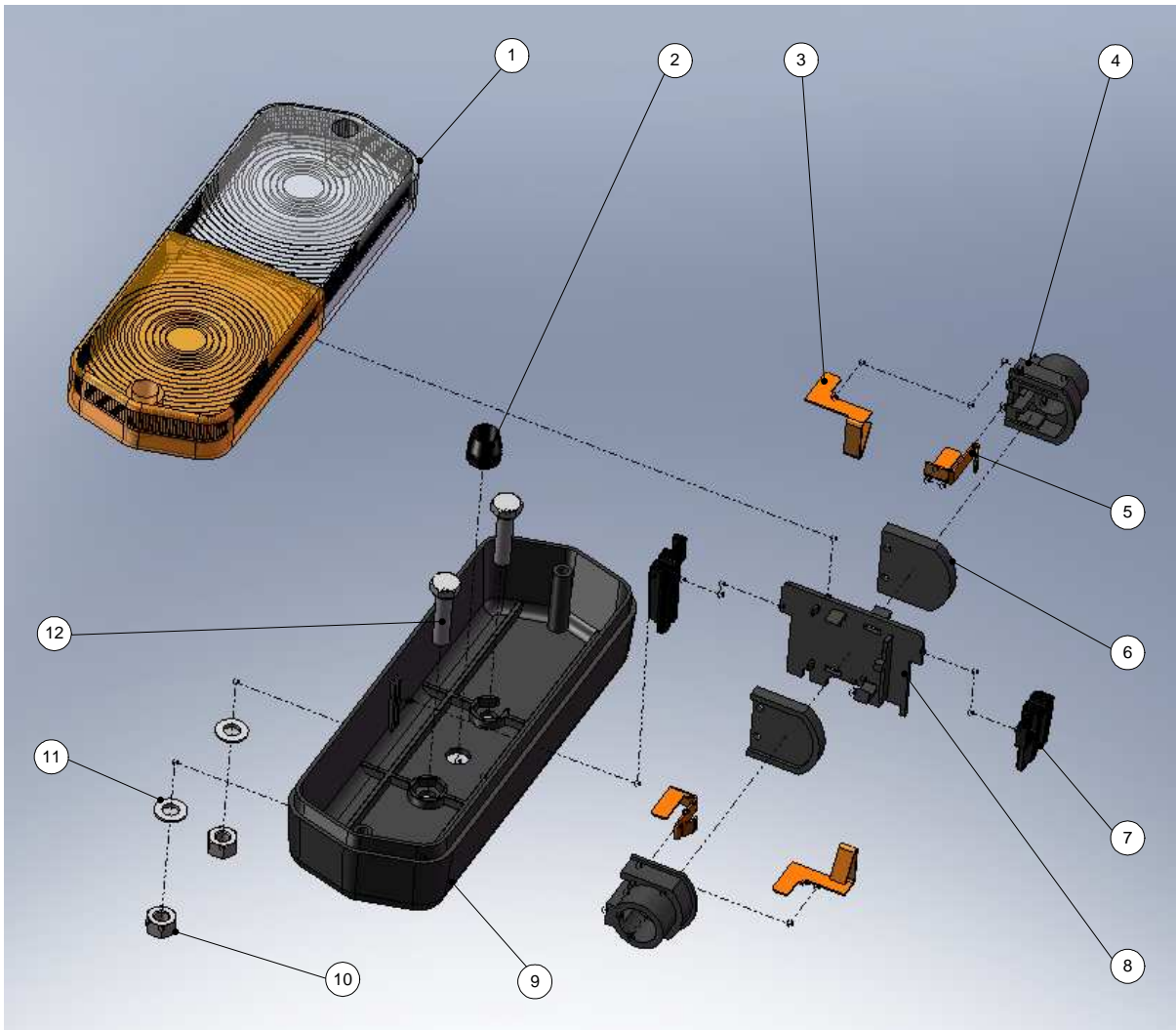


Figura 15 - Vista explodida do farolim "Valmet" original

As operações que estão na base da montagem deste farolim são as seguintes,

1. O passa fios é montado na blindagem. Segue-se o posicionamento dos parafusos na blindagem. Posteriormente são inseridas as anilhas e as porcas hexagonais do lado contrário.
2. São montados os terminais de massa e os terminais de contacto nos casquilhos, a fixação destes terminais é efectuada com recurso à tampa do casquilho. Posteriormente estes subconjuntos são encaixados no suporte.

3. São então posicionados os amortecedores na blindagem e o subconjunto formado pelo suporte e pelos casquilhos é então encaixado nestes amortecedores.
4. A operação que finaliza a montagem é o encaixe do vidro na blindagem.

Tabela 7 - Lista de componentes presentes no farolim "Valmet" original.

Referência	Designação	Quantidade
1	Vidro	1
2	Passa fios	1
3	Terminal de contacto	2
4	Casquilho	2
5	Terminal de massa	2
6	Tampa do casquilho	2
7	Amortecedor	2
8	Suporte	1
9	Blindagem	1
10	Porca H M6	2
11	Anilha	2
12	Parafuso H M6	2
<b>Total</b>		<b>20</b>

Através dos sistemas de classificação que foram apresentados, procedeu-se então à estimativa dos tempos de montagem para este desenho. Determinou-se que o tempo total de montagem para este desenho seria de 93,14 segundos (ver tabela 14 do ANEXO H).

Analisando o produto do ponto de vista de montagem, constataram-se as seguintes oportunidades de melhoria.

1. O suporte das lâmpadas requer muitos componentes, sobretudo porque nenhum deles assume um carácter multifuncional. Uma forma de contornar esta situação passaria por utilizar suportes de lâmpada metálicos que permitissem o posicionamento da lâmpada e a conexão entre os pólos negativos da lâmpada e da cablagem do veículo.
2. Por outro lado, a utilização destes suportes exigia a criação de castelos na blindagem que possibilitariam uma ligação com aperto. Esta ligação no entanto eliminaria a necessidade de recorrer a amortecedores.
3. Para substituir os terminais de contacto, poderia ser utilizado um outro tipo de terminais que já era utilizado noutros produtos.

Com base nestas considerações procedeu-se à remodelação do farolim, ver imagem e tabela da página seguinte, tendo existido uma redução substancial do número de componentes, o farolim passou a envolver cerca de 13 componentes ao invés dos 20 componentes que se podiam encontrar na sua estrutura original.

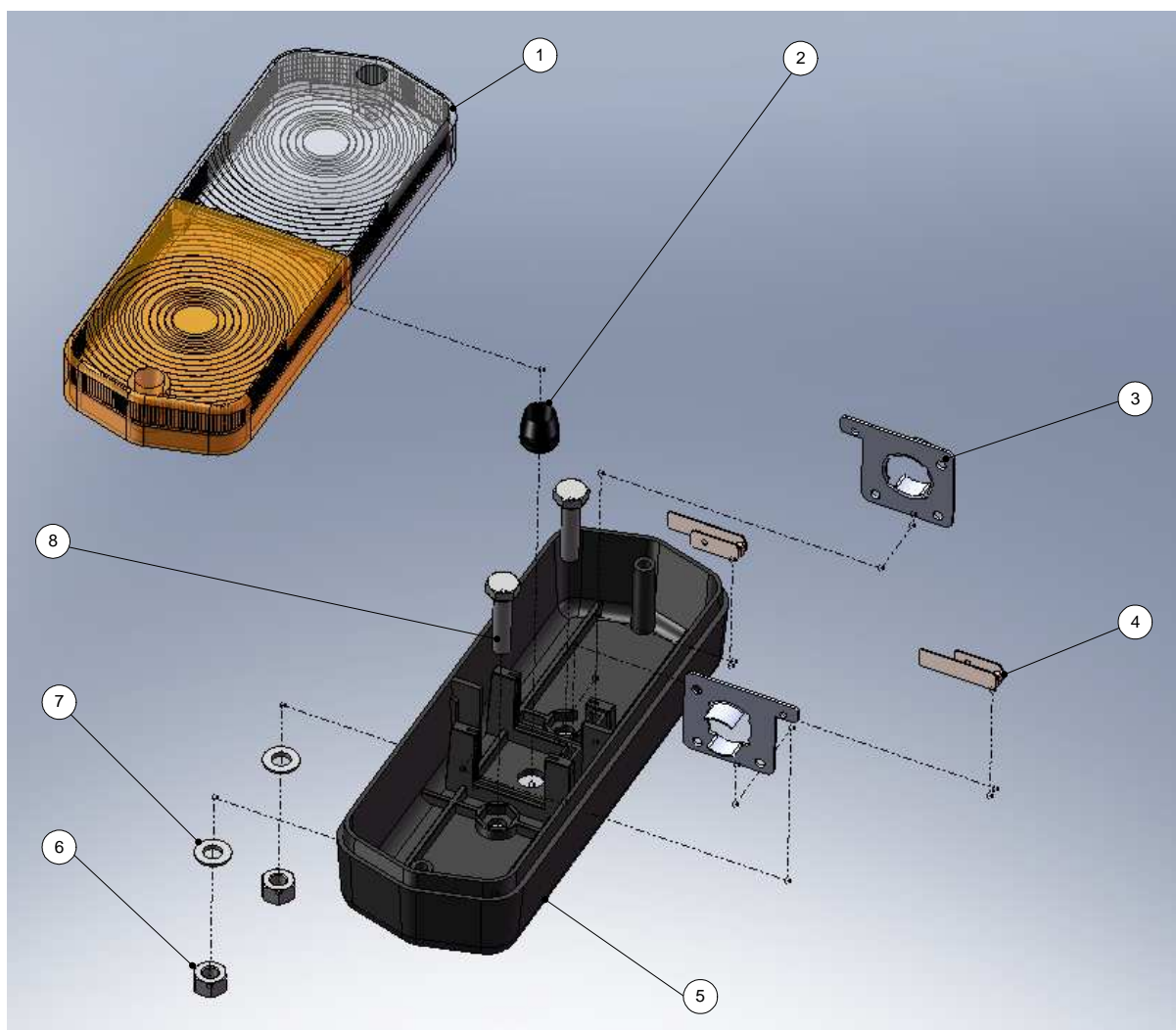


Figura 16 - Vista Explodida do Farolim "Valmet" Modificado

Tabela 8 - Lista de componentes presentes no farolim "Valmet" modificado.

Referência	Designação	Quantidade
1	Vidro	1
2	Passa fios	1
3	Suporte da Lâmpada	2
4	Terminais de contacto	2
5	Blindagem	1
6	Porca H M6	2
7	Anilha	2
8	Parafuso H M6	2
<b>Total</b>		<b>13</b>

A montagem deste novo modelo seria efectuada da seguinte forma,

1. A primeira operação consiste na montagem do passa fios na blindagem. Os parafusos são então inseridos na blindagem. Posteriormente são inseridas as anilhas e as porcas hexagonais do lado contrário.
2. Os suportes das lâmpadas e os terminais de contacto são montados na blindagem.
3. Para finalizar a montagem é encaixado o vidro na blindagem.

A contabilização dos tempos estimados para as operações de montagem deste produto, permitiu concluir que o tempo de montagem para este desenho seria de 72,34 segundos (ver tabela 15 do ANEXO H), uma redução no tempo total de montagem igual a 28,75%. Apesar de ter havido uma redução substancial do número de componentes, o tempo de montagem não desceu na mesma proporção. Isto deve-se ao facto de as ligações com os novos componentes serem mais complexas que as ligações originais.

Os componentes utilizados no farolim "valmet" original, eram unicamente utilizados nesse modelo. No novo modelo, esses componentes são substituídos por componentes comuns a outros produtos. Assim, é possível abandonar 6 referências de componentes obtendo vantagens significativas ao nível dos stocks e dos fluxos produtivos. Por outro lado, os terminais de massa e de contacto que eram utilizados no modelo original, eram muito complexos e conseqüentemente eram mais dispendiosos que os terminais empregues no novo modelo.

No entanto, é previsível que o custo da produção da blindagem aumente, já que o componente tornou-se mais complexo devido à inclusão dos castelos onde vão encaixar os suportes de lâmpada. Neste projecto seria necessário um único investimento empregue na reconversão da ferramenta utilizada para produzir a blindagem.

## 5 Conclusões

Relativamente ao projecto de dissertação, é imprescindível referir que o âmbito inicial consistia na análise do fluxo produtivo e gamas de operações actuais determinando lacunas, falhas e deficiente uso de recursos. Basicamente, pretendia-se uma optimização dos fluxos produtivos, com incidência na optimização da linha de montagem, através da alteração do seu *layout*. Durante o projecto de dissertação, foi desenvolvido algum trabalho nesta área, mas não foi possível desenvolver um trabalho contínuo devido a restrições impostas à empresa por organismos externos. Actualmente o projecto de alteração do *layout* da linha de montagem, ainda continua em desenvolvimento. No entanto, existiam várias oportunidades de formação na empresa e o âmbito do projecto de dissertação foi redireccionado para o desenvolvimento de novos produtos, novos equipamentos e para a reestruturação de produtos já existentes na empresa.

A aplicação de algumas das técnicas/ferramentas da engenharia simultânea (CAD, CAE e DFMA) nos projectos desenvolvidos, gerou uma diminuição do *time-to-market* dos produtos, melhorou a comunicação com os clientes e com os fornecedores, fortaleceu a gestão do *procurement*, aumentou substancialmente o *know-how* da empresa em algumas áreas e melhorou os fluxos produtivos.

## 6 Bibliografia

1. Boothroyd, G., Dewhurst e P., Knight, W. (1994), "Product Design for Manufacture and Assembly", Marcel Decker, Nova Iorque.
2. Boothroyd, G., Dewhurst e P., Knight, W. (2001), "Product Design for Manufacture and Assembly", CRC Press.
3. Chase, Jacobs e Aquilano (Eleventh Edition), "Operations Management for Competitive Advantage", McGraw-Hill, Nova Iorque.
4. Galina, S., Santos, A., "Ambiente para Auxílio ao Trabalho Cooperativo na Engenharia Simultânea".
5. Rodriguez, E. (2003), "Google Product Development Process".
6. <http://deed.ryerson.ca/~fil/t/dfmdfa.html>
7. <http://www.ideo.com>
8. <http://www.pitac.gov.pk/jicamore/injection%20molding/injectionmold.gif>

## ANEXO A: Variantes do processo de desenvolvimento

Tabela 9- Variantes do processo de desenvolvimento em função do tipo de produto [3].

Tipo de produto	Descrição	Aspectos Característicos	Exemplos
Genérico (produtos <i>market-pull</i> )	A equipa começa com uma oportunidade de mercado e selecciona as tecnologias apropriadas para ir de encontro às necessidades dos consumidores	O processo normalmente inclui fase distintas de: planeamento, desenvolvimento conceptual, anteprojecto, projecto, teste e arranque de produção	Artigos de desporto, mobiliário, ferramentas
Produtos <i>technology-push</i>	A equipa começa com uma nova tecnologia, e então encontra o mercado apropriado	A fase de planeamento envolve a procura de um entrosamento entre a tecnologia e o mercado; o desenvolvimento conceptual assume uma nova tecnologia	Impermeáveis Gore-Teax, envelopes Tyvek
Produtos de plataforma	A equipa assume que o novo produto vai ser construído sobre um subsistema já existente	O desenvolvimento conceptual assume uma plataforma tecnológica já existente	Computadores, impressoras
Produtos com uma escala produtiva elevada	As características dos produtos são altamente restringidas pelo processo produtivo	Ou o processo produtivo tem que ser idealizado novamente, ou o produto e o processo têm que ser desenvolvidos conjuntamente desde o início	Cereais de pequeno-almoço, químicos, semicondutores
Produtos à medida	Os novos produtos são pequenas variações dos produtos já existentes	A semelhança entre os projectos permite ao processo de desenvolvimento ser altamente fluído e estruturado	Motores, interruptores, baterias, contentores
Produtos de alto risco	Incertezas sobre aspectos técnicos ou de mercado criam elevados riscos em falhar	Os riscos são identificados cedo e são rastreados ao longo do processo. As actividades de análise e de teste são levadas a cabo o mais cedo possível	Medicamentos, sistemas aeroespaciais
Produtos de desenvolvimento rápido	Prototipagem e modelagem rápidas permitem ter muitos ciclos projectar-construir-testar	As fases de projecto e de teste são repetidas várias vezes até o produto estar concluído, ou se esgotar o tempo/orçamento	Software, telemóveis
Sistemas complexos	Os sistemas devem ser decompostos em vários subsistemas e em muitos componentes	Os subsistemas e os componentes são desenvolvidos por muitas equipas que trabalham em paralelo, seguindo-se a integração no sistema e a validação	Aviões, motores a jacto, automóveis

## **ANEXO B: Processo de desenvolvimento da empresa Google**

Nesta secção pretende-se dar a conhecer alguns aspectos do processo de desenvolvimento da empresa Google. É um processo que se pode enquadrar no dos produtos de desenvolvimento rápido, mas com algumas particularidades muito interessantes, como se poderá constatar.

**Fórmula:** Pessoas Inteligentes + Ambiente criativo + *Outlet* de ideias = Inovação

### **Pessoas Inteligentes:**

- Quanto mais inteligentes melhor.
- 50 doutorados com fortes laços com universidades, e muita cooperação com universidades, sobretudo Stanford.
- Contratar pessoas com uma vasta experiência e com talentos invulgares, tais como especialistas em viagens italianas, programadores, etc.
- A maior parte à procura de "entusiasmo e criatividade".
- Uma estrutura organizacional muito achatada, sem muita hierarquia.

### **Ambiente Criativo:**

- Espaço de desenvolvimento criativo. Uma mistura entre um campus de uma universidade e um local para brincar, cheio de brinquedos.
- O chamado "GooglePlex".

O aspecto chave do processo de desenvolvimento é o enfoque no desenvolvimento centrado no utilizador. Ou seja, construir produtos que as pessoas realmente querem, o processo começa com a análise das necessidades dos utilizadores e das sugestões fornecidas pelos mesmos. Para finalizar esta secção, de seguida serão apresentados alguns aspectos deste processo.

**Aceitar ideias de todos os lados.** Ter consciência que as ideias geniais podem surgir de qualquer pessoa em qualquer lugar, utilizar para o efeito vários fóruns e meios de recolha de ideias. Promover a comunicação entre os elementos da equipa através dos mais diversos meios. Os empregados, os chamados "*Googlers*", são a melhor fonte de ideias, os utilizadores mais intensivos dos produtos e os que têm a opinião mais bem formada. Existem sessões de

debate semanais, iguais a sessões de brainstorming, às vezes com temas e categorias definidos. Os resultados são em média seis novas ideias por hora, em grande parte fornecida pelos utilizadores.

**Dar prioridade às ideias - as 100 melhores.** Compilar as melhores ideias em projectos criados recentemente ou em projectos de manutenção que estejam em curso. Ordenar cada um dos itens na lista e classificá-los de acordo com a utilidade para os utilizadores, contribuição para a retenção dos mesmos, hipóteses de sucesso, diversificação nas fontes de rendimento e nível de esforço requerido relativamente ao impacto. Cada item é classificado de 1 a 5 (5=melhor que 4 e menos arriscado, 4=arriscado mas excitante...). Só os itens classificados com 4 e com 5 é que obtêm os recursos para continuar ou dar início a um projecto. Estas actividades permitem que seja mais fácil determinar uma prioridade sempre que haja uma necessidade de comparar dois projectos.

**Constituir equipas de engenharia pequenas e ágeis.** Unidades de 3 pessoas no arranque, a unidade é o projecto uma vez que não existem departamentos. Um dos membros da unidade é nomeado líder técnico, que fica responsável pela excelência técnica do projecto. Por outro lado, existe um *project manager* externo à unidade e que coordena diferentes unidades. Os membros da unidade trabalham 3 a 4 meses em cada projecto, altura em que se faz a transição para um novo projecto. Os resultados são uma elevada fluidez, com uma equipa de 180 engenheiros conseguem desenvolver 60 projectos em simultâneo, o que permite que possa haver um investimento em projectos de alto risco, associados a um retorno muito elevado, estes projectos são os denominados "*Googlettes*". Quando existem projectos que são de uma dimensão maior, estes são divididos em módulos e posteriormente são distribuídos pelas unidades.

**Organização e visibilidade.** Criação de páginas "*Sparrow*", são páginas web que permitem organizar as tarefas de um projecto, sendo possível visualizar qual o status desse projecto em tempo real. Todas as segundas-feiras são realizados resumos por cada um dos trabalhadores, e são organizados por projecto. Estes permitem ter uma melhor compreensão do que já foi feito.

**Desenvolvimento centrado no utilizador.** Inicialmente o aspecto das aplicações era minimalista porque um dos fundadores não dominava a linguagem HTML e fazia sempre as aplicações da forma mais simples possível. Contudo, outro dos fundadores da empresa tinha um mestrado em estudos do relacionamento pessoas-computador. Estes factores repercutiram-se em estudos semanais de utilização, com utilizadores contratados. Enfoque na qualidade e naquilo que o utilizador realmente deseja. Efectuar experiências sempre que possível em sites públicos para estudar a reacção dos utilizadores e analisar estatisticamente estas experiências. Tentar sempre que a melhoria surja sempre da interacção dos utilizadores, através das suas sugestões. Ter sempre em mente que é preferível uma solução melhor e rápida ao invés de uma solução óptima e muito demorada [4].

## ANEXO C: Os Produtos

O intuito desta secção é dar a conhecer um pouco mais sobre os produtos da empresa Paulo Mendes. Os principais produtos que são produzidos nesta empresa são os farolins e os sidemarkers.

### Farolins

Um farolim é um produto que é montado na parte traseira de um veículo automóvel, integrando o seu sistema de iluminação. Existem farolins com 2,3,4,5,6 e 7 funções, esta variedade é explicada em parte pelas normas que regulam estes produtos, consoante o tipo de aplicação a que se destinam, e pelas apostas dos produtores nos diferentes segmentos do mercado.

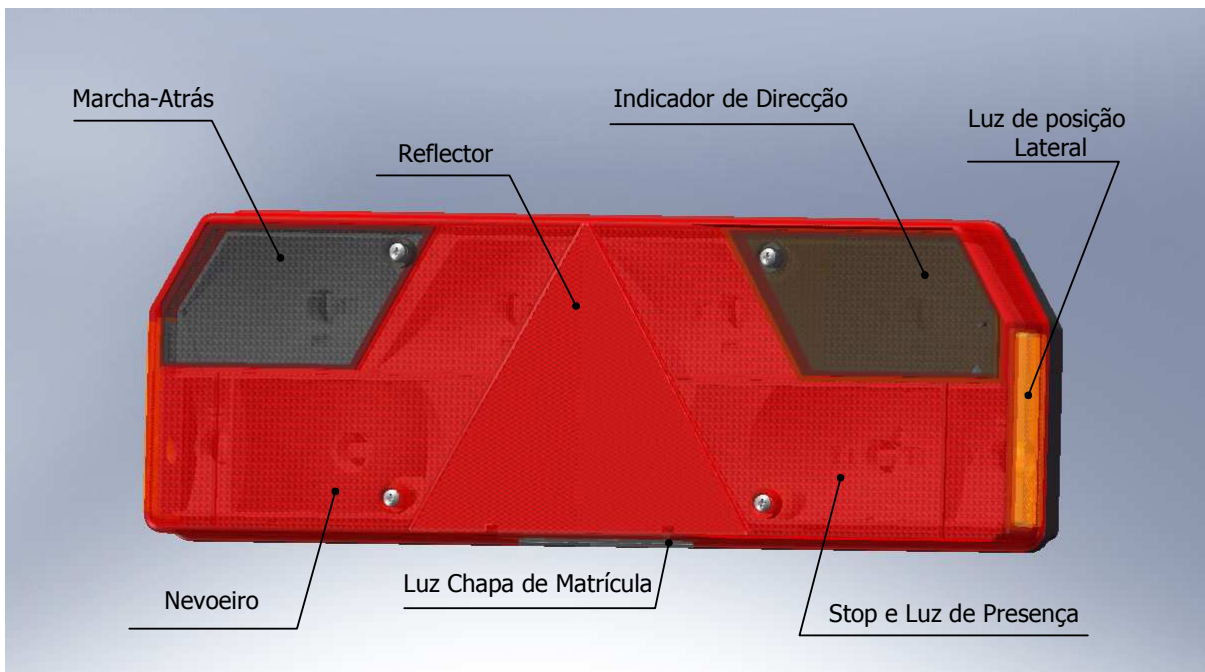


Figura 17 - Exemplo de um farolim de 7 Funções

Nesta secção apenas serão abordados os farolins de 7 funções, visto serem o principal produto da empresa. Estes produtos visam a parte de trás dos atrelados dos camiões pesados, e são soluções completas para essa aplicação.

Um farolim deste tipo é bastante volumoso e tem geralmente dimensões na ordem dos 450x150x100 mm. No fim da montagem destes produtos eles englobam cerca de 50 peças e mais de 20 componentes diferentes. A título de exemplificação, pode-se encontrar na tabela que se segue um lista dos diferentes componentes, quantidades e secções onde são processados.

Tabela 10 - Componentes presentes num modelo de um farolim 7 funções e sequência de processamento.

Designação	Qt.	Produção	Sequência de Secções <sup>5</sup>			
Blindagem	1	Interna	INJ	LM		
Conector	1	Interna	INJ	LM		
Amortecedores	8	Interna	INJ	LM		
Calota	1	Interna	INJ	P	SP	LM
Calota de Nevoeiro	1	Interna	INJ	P	MET	LM
Tampa de Homologação	1	Interna	INJ	LM		
Tampa de Logótipo	1	Interna	INJ	LM		
Vidro Vermelho	1	Interna	INJ	SDD	LM	
Vidro Cristal	2	Interna	INJ	SDD	LM	
Vidro do Indicador de Direcção	1	Interna	INJ	SDD	LM	
Vidro de Indicador de Presença Lateral	2	Interna	INJ	SDD	LM	
Tampa de Protecção do Reflector Lateral	2	Interna	INJ	SDD	LM	
Tampa de Protecção do Reflector Central	1	Interna	INJ	SDD	LM	
Vidro da Luz de Chapa de Matrícula	1	Interna	INJ	LM		
Parafusos H, M8	2	Externa	LM			
Porcas H, M8	2	Externa	LM			
Porcas Baixas H, M8	2	Externa	LM			
Anilhas M8	2	Externa	LM			
Cordão Esponjoso	1	Externa	LM			
Terminais de Contacto	8	Externa	SP	LM		
Terminais de Massa	7	Externa	SP	LM		
Malha de Cobre	1	Externa	SP	LM		
Cablagem <sup>6</sup>	1	Externa	LM			
Saco de Parafusos e Anilhas	1	Ext./Int.	SP	LM		
<b>Total de componentes</b>	<b>50</b>					

<sup>5</sup> **INJ** - Injecção; **LM** - Linha de Montagem; **MET** - Metalização; **P** - Pintura; **SDD** - Soldadura; **SP** - Submontagem de Produtos.

<sup>6</sup> A cablagem é um subconjunto de vários terminais e vários fios eléctricos.

## Sidemarkers

Um *sidemarker* é um farolim que se destina a assinalar a presença de um veículo. Num veículo pesado temos luzes de presença de três tipos, laterais, frontais e traseiras. A designação mais correcta para cada um destes produtos é *sidemarker*, *frontmarker* e *rearmarker*, respectivamente. Na prática, quando se fala em *sidemarkers* é comum abrangerem-se estas três classes, e será esta a notação utilizada neste relatório. Normalmente um produto destes desempenha duas funções, reflectora e luz de posição.



Figura 18 - Exemplos de um *sidemarker*, de um *rearmarker* e de um *frontmarker*.

Recentemente estes produtos sofreram uma grande evolução tecnológica. As suas características tornaram muito atractiva a adopção de LEDs como fonte de iluminação viável, em detrimento das lâmpadas incandescentes.

Os *sidemarkers*, em relação aos farolins de 7 funções, são produtos muito simples. As suas dimensões andam na ordem dos 100x50x20 mm. O número de componentes varia consoante o modelo, normalmente cerca de 5 componentes. Na tabela que se segue encontra-se uma tabela com a lista dos diferentes componentes, quantidades e as secções onde são processados.

Tabela 11 - Componentes presentes num *sidemarker* e sequência de processamento

Designação	Qt.	Produção	Sequência de Secções <sup>7</sup>	
Blindagem	1	Interna	INJ	LMSM
Vidro	1	Interna	INJ	LMSM
Suporte	1	Interna	INJ	LMSM
Contactos <sup>8</sup>	2	Interna	EST	LMSM
Placa de LEDs <sup>9</sup>	1	Externa	LMSM	
<b>Total de componentes</b>	<b>6</b>			

<sup>7</sup> EST - Estampagem; INJ - Injecção; LMSM - Linha de Montagem de *Sidemarkers*.

<sup>9</sup> A Placa de LEDs é um subconjunto de vários semicondutores e de um PCB

## ANEXO D: O Processo Produtivo

Esta secção destina-se a facilitar a percepção dos processos e fluxos produtivos dos farolins e dos *sidemarkers*.

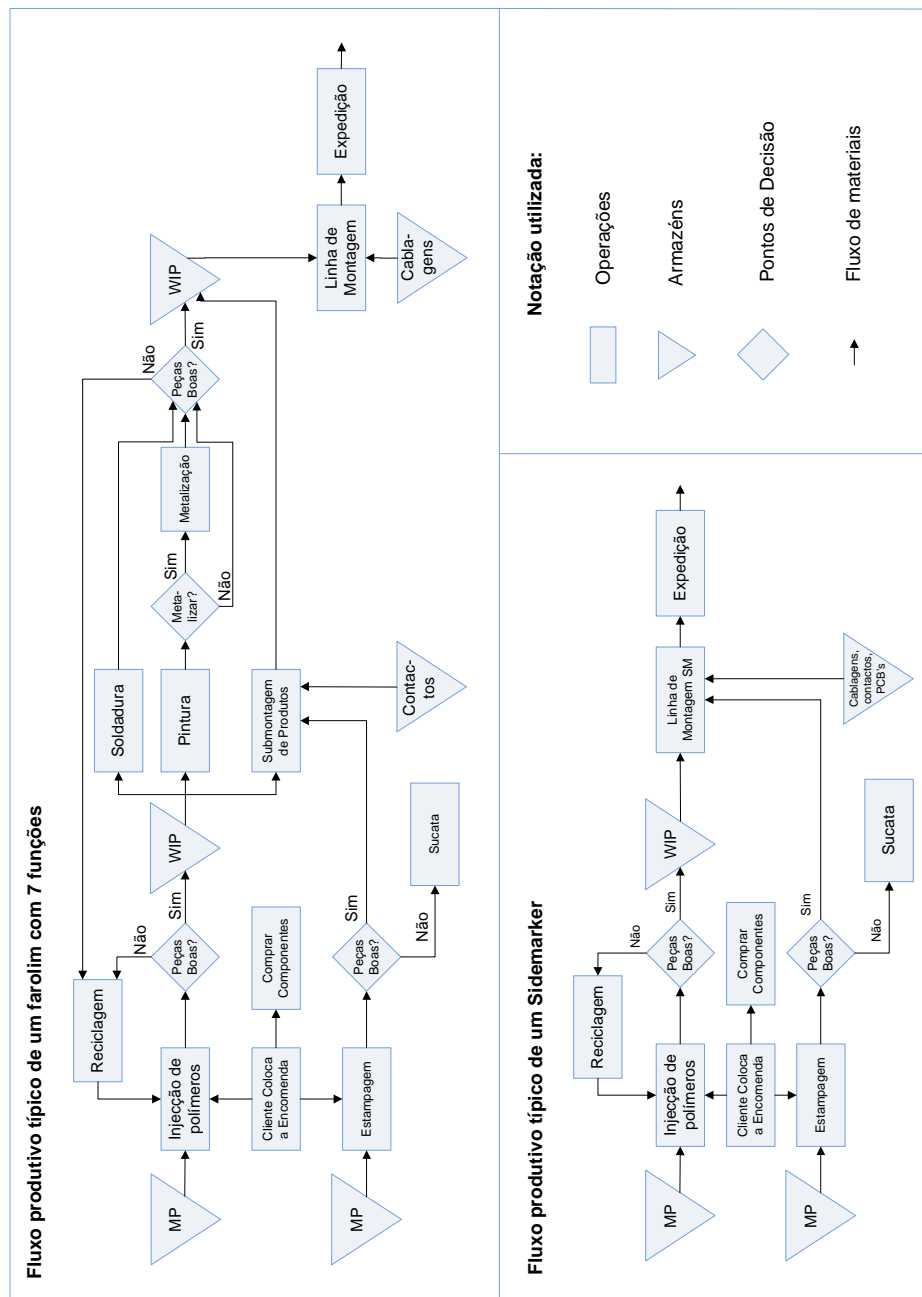


Figura 19 - Diagramas dos fluxos produtivos típicos dos farolins e dos *sidemarkers*

### **Secção de Injecção de Polímeros**

Esta é a secção onde se dá a primeira fase do processo produtivo dos componentes formados por polímeros. Neste processo existem essencialmente três elementos, o polímero no estado sólido, uma máquina injectora e um molde. A máquina injectora fornece energia térmica e pressão ao material para que este preencha as cavidade do molde e adquira a forma desejada.



Figura 20 - Secção de Injecção de Polímeros

### **Secção de Pintura**

Nesta secção, procede-se ao revestimento de algumas das calotas, com tinta cinzenta, assim como à aplicação de verniz incolor nas calotas de nevoeiro. Estas tarefas são realizadas por um robot, podendo também ser realizadas manualmente por um operador.



Figura 21 - Secção de Pintura

### **Secção de Metalização**

A metalização é um processo bastante interessante. Numa câmara de vácuo, as peças plásticas são submetidas a uma pulverização de partículas metálicas. Ou seja, as superfícies plásticas são revestidas com um metal, por exemplo: crómio ou alumínio, adquirindo um aspecto espelhado. Normalmente, num farolim, os únicos componentes que requerem este revestimento são as calotas de nevoeiro.



Figura 22 - Secção de Metalização

### **Secção de Soldadura**

A soldadura de plásticos, neste caso soldadura linear por frequências ultra sónicas, consiste na união de dois componentes plásticos. Numa máquina de soldadura, os componentes plásticos são pressionados um contra o outro a uma determinada frequência, o que provoca a fusão do chamado friso de soldadura, normalmente em forma de triângulo.



Figura 23 - Secção de Soldadura

### **Secção de Estampagem**

Na estampagem são fabricados alguns dos componentes metálicos que formam uma parte importante do circuito eléctrico dos farolins. O fabrico destes componentes faz-se com recurso a prensas mecânicas de pequenas dimensões, os balancês.



Figura 24 - Secção de Estampagem

### **Secção de Submontagem de produtos**

Nesta secção é efectuada uma parte da montagem do circuito eléctrico na calota. Na parte de trás das calotas são aplicados os terminais de contacto, que mais tarde na linha de montagem, vão ser ligados com a cablagem. É feita também toda a ligação de massa, a parte negativa do circuito, através de uma chapa de massa, ou através de uma malha de cobre que une todos os terminais de massa.



Figura 25 - Secção de Submontagem de produtos

### **Linha de Montagem de Farolins**

A linha de montagem de farolins, é onde se reúnem todos os componentes para darem origem ao produto final. Os componentes são montados em diferentes postos. As tarefas aí executadas são sempre as mesmas, com algumas correcções consoante o modelo e a respectiva versão.



Figura 26 - Linha de Montagem de Farolins

### **Linha de Montagem de Sidemarkers**

A linha de montagem dos *sidemarkers* é o espaço utilizado para se proceder à montagem dos produtos com poucas operações de montagem. A montagem dos produtos desta natureza é muito simples, sobretudo devido ao número reduzido de componentes.



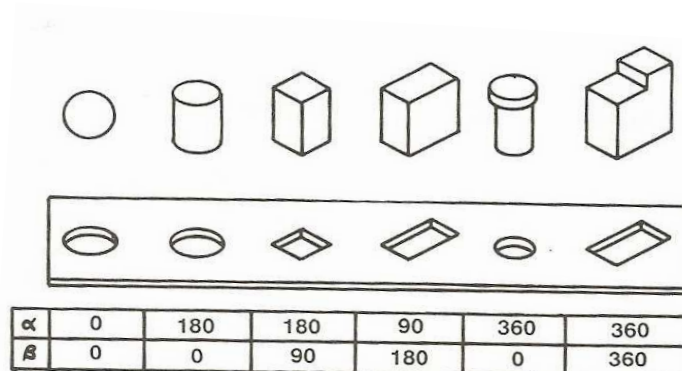
Figura 27 - Linha de Montagem de Sidemarkers

## ANEXO E: Sistema de classificação para operações de manuseamento

O sistema de classificação para operações de manuseamento é uma disposição sistemática das características dos componentes, ordenadas por ordem crescente de dificuldade de manuseamento. As características que mais influenciam o tempo de manuseamento são: Simetria, Dimensões, Espessura, Peso, Facilidade em emaranhar, Fragilidade, Flexibilidade, Superfícies escorregadias, Superfícies pegajosas, Necessidade de utilizar as duas mãos, Necessidade de utilizar pinças, Necessidade de ampliação óptica e Necessidade de ajuda mecânica.

O sistema de classificação para operações de manuseamento e os respectivos tempos estimados, são apresentados na tabela da página seguinte. A classificação é feita com recurso a dois dígitos. O primeiro dígito tem uma forte ligação com as dimensões da peça e com o tempo dispendido em orientar o componente durante a montagem, este último factor é baseado na simetria do componente. O segundo dígito está ligado às características do componente como a flexibilidade, superfícies escorregadias, fragilidade e espessura.

Na consulta da tabela o primeiro dígito é o que está localizado na coluna do lado esquerdo, o segundo dígito está disposto e linhas. Convém também salientar que uma das entradas da tabela prende-se com a simetria do componente. Nesta notação são caracterizados dois tipos distintos de simetria, **Simetria alfa ( $\alpha$ )** - É o ângulo de rotação, segundo um eixo perpendicular ao eixo de posicionamento, que é necessário fornecer ao componente para voltar a obter uma orientação correcta. **Simetria beta ( $\beta$ )** - É o ângulo de rotação, segundo o eixo de posicionamento, que é necessário fornecer ao componente para voltar a obter uma orientação correcta [1].



$\alpha$	0	180	180	90	360	360
$\beta$	0	0	90	180	0	360

Figura 28 - Ângulos de simetria alfa e beta para algumas geometrias genéricas [1].

Tabela 12 - Sistema de classificação para operações de manuseamento [1].

**MANUSEAMENTO – TEMPOS ESTIMADOS (segundos)**

			Componentes fáceis de agarrar e de manipular					Componentes difíceis de manipular								
			Espessura > 2 mm			Espessura = 2 mm		Espessura > 2 mm			Espessura = 2 mm					
			dim. > 15 mm	6 mm = dim. = 15 mm	dim. < 6 mm	dim. > 6 mm	dim. = 6 mm	dim. > 15 mm	6 mm = dim. = 15 mm	dim. < 6 mm	dim. > 6 mm	dim. = 6 mm				
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
<b>MANIPULAÇÃO COM UMA MÃO</b>	Componentes que não precisam de pinças para agarrar e para manipular	(a + β) < 360°	0	1,13	1,43	1,88	1,69	2,18	1,84	2,17	2,65	2,45	2,98			
		360 = (a + β) < 540°	1	1,5	1,8	2,25	2,06	2,55	2,25	2,57	3,06	3	3,38			
		540° = (a + β) < 720°	2	1,8	2,1	2,55	2,36	2,85	2,57	2,9	3,38	3,18	3,7			
		(a + β) = 720°	3	1,95	2,25	2,7	2,51	3	2,73	3,06	3,55	3,34	4			
<b>MANIPULAÇÃO COM UMA MÃO MAS COM A AJUDA DE PINÇAS</b>	Componentes que precisam de pinças para agarrar e para manipular	Componentes manipuláveis sem a ajuda de ampliação óptica	Componentes fáceis de agarrar e de manipular				Componentes difíceis de manipular				Componentes que necessitam de ferramentas standard diferentes de pinças	Componentes que necessitam de ferramentas especiais para agarrar e manipular				
			Componentes fáceis de agarrar e de manipular		Componentes com dificuldades extra de manuseamento		Componentes fáceis de agarrar e de manipular		Componentes com dificuldades extra de manuseamento							
		espessura > 0,25mm	espessura = 0,25mm	espessura > 0,25mm	espessura = 0,25mm	espessura > 0,25mm	espessura = 0,25mm	espessura > 0,25mm	espessura = 0,25mm							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8			9			
		a = 180°	0° = β < 180°	4	3,6	6,85	4,35	7,6	5,6	8,35			6,35	8,6	7	7
		a = 360°	β = 360°	5	4	7,25	4,75	8	6	8,75			6,75	9	8	8
		a = 180°	0° = β < 180°	6	4,8	8,05	5,55	8,8	6,8	9,55			7,55	9,8	8	9
a = 360°	β = 360°	7	5,1	8,35	5,85	9,1	7,1	9,55	7,85	10,1	9	10				
<b>MANIPULAÇÃO COM AS DUAS MÃOS</b>	Componentes emaranháveis ou flexíveis mas que podem ser agarrados ou levantados com a ajuda de uma mão (com a ajuda de pinças se necessário)	Componentes fáceis de agarrar e de manipular					Componentes com dificuldades adicionais (ex: pegajosas, delicadas, escorregadias,...)									
		a = 180°			a = 360°		a = 180°			a = 360°						
		dim. > 15 mm	6 mm = dim. = 15 mm	dim. < 6 mm	dim. > 6 mm	dim. = 6 mm	dim. > 15 mm	6 mm = dim. = 15 mm	dim. < 6 mm	dim. > 6 mm	dim. = 6 mm					
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9					
8	4,1	4,5	5,1	5,6	6,75	5	5,25	5,85	6,35	7						
<b>MANIPULAÇÃO COM AS DUAS MÃOS, DIMENSÕES GRANDES</b>	Componentes manipuláveis por uma pessoa sem a ajuda de mecanismos	Componentes pouco emaranháveis e não flexíveis								Componentes pouco emaranháveis e não flexíveis	Duas pessoas ou a ajuda de dois mecanismos na manipulação dos componentes					
		Peso do componente < 5 kg				Peso do componente > 5 kg										
		Componentes fáceis de agarrar e de manipular		Componentes com dificuldades extra de manuseamento		Componentes fáceis de agarrar e de manipular		Componentes com dificuldades extra de manuseamento								
		a = 180°	a = 360°	a = 180°	a = 360°	a = 180°	a = 360°	a = 180°	a = 360°							
		0	1	2	3	4	5	6	7			8	9			
9	2	3	2	3	3	4	4	5	7	9						

## **ANEXO F: Sistema de classificação para ligações e operações de inserção**

O sistema de classificação para ligações e operações de inserção está relacionado com a interacção entre os componentes aquando da sua junção e com a estabilidade que a montagem detêm depois desta operação. Consiste num conjunto de tarefas de montagem elementares (aparafusar, soldar, rebitar, montagem com aperto) que estão presentes na maioria dos produtos. As características que afectam significativamente estes tempos são a acessibilidade ao local de montagem, facilidade de operação das ferramentas, visibilidade dos locais de montagem, facilidade de alinhamento e posicionamento durante a montagem e profundidade do local de inserção.

Na página seguinte pode ser encontrado o sistema de classificação e os respectivos tempos, neste sistema a classificação também é efectuada com recurso a dois dígitos. O primeiro dígito está ligado à estabilidade da montagem e às restrições de visibilidade e de operação das ferramentas. O segundo dígito está relacionado com a facilidade da montagem e com o tipo de processo [1].

Tabela 13 - Sistema de classificação para ligações e operações de inserção [1].

**INSERÇÃO MANUAL – TEMPOS ESTIMADOS (segundos)**

		Após a montagem não é necessário pressionar para manter a orientação e a localização				É necessário pressionar durante as operações seguintes para manter a orientação e a localização							
		Fácil de alinhar e posicionar durante a montagem		Difícil de alinhar e posicionar durante a montagem		Fácil de alinhar e posicionar durante a montagem		Difícil de alinhar e posicionar durante a montagem					
		Sem resistência na montagem	Com resistência na montagem	Sem resistência na montagem	Com resistência na montagem	Sem resistência na montagem	Com resistência na montagem	Sem resistência na montagem	Com resistência na montagem				
		0	1	2	3	6	7	8	9				
<b>COMPONENTE ADICIONADO MAIS AINDA COM GRAUS DE LIBERDADE</b>	Adição de componente onde nem o componente nem os outros componentes estão posicionados definitivamente	Componente e ferramentas associadas (mãos inclusive) podem facilmente alcançar a localização desejada	0	1,5	2,5	2,5	3,5	5,5	6,5	6,5	7,5		
	Componente e ferramentas associadas (mãos inclusive) não podem facilmente alcançar a localização desejada	Devido a acesso reduzido ou visão obstruída	1	4	5	5	6	8	9	9	10		
		Devido a acesso reduzido e visão obstruída	2	5,5	6,5	6,5	7,5	9,5	10,5	10,5	11,5		
<b>COMPONENTE FICA FIXO DE IMEDIATO</b>	Adição de componente onde o componente e/ou os outros componentes já estão posicionados definitivamente	Componente e ferramentas associadas (mãos inclusive) não podem facilmente alcançar a localização desejada e operar livremente	Operação sem aperto de rosca ou deformação plástica imediatamente após o posicionamento		Operação com deformação plástica imediatamente após o posicionamento				Operação com aperto de rosca imediatamente após o posicionamento				
			Flexão ou torsão plástica		Rebitagem ou operação semelhante		Fácil de alinhar e posicionar durante a montagem		Difícil de alinhar e posicionar durante a montagem		Fácil de alinhar sem resistência de torção	Difícil de alinhar sem resistência de torção	
			Fácil de alinhar e posicionar durante a montagem, sem resistência	Difícil de alinhar e posicionar durante a montagem, sem resistência	Fácil de alinhar e posicionar durante a montagem	Difícil de alinhar e posicionar durante a montagem	Fácil de alinhar e posicionar durante a montagem	Difícil de alinhar e posicionar durante a montagem					
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
			3	2	5	4	5	6	7	8	9	6	8
			4	4,5	7,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	8,5	10,5
5	6	9	8	9	10	11	12	13	10	12			
<b>OPERAÇÃO EFECTUADA À PARTE</b>	Adição de componente onde os componentes sólidos já estão posicionados	Operação mecânica com ligação física (compon. alinhados mas com graus de liberdade)		Operação não mecânica com ligação física (compon. alinhados mas com graus de liberdade)		Operação sem ligação física							
		Sem deformações plásticas, ou apenas localizadas		Uma grande parte da peça é plasticamente deformada durante a ligação	Processos Metalúrgicos		Processos Químicos (ex: colagem)	Manipulação de componentes ou submontagem (orientar, ajustar componentes)	Outras operações (ex: colocação de líquidos)				
		Flexão ou processos similares	Rebitagem ou processos similares		Aparafusagem ou outros processos	Não são precisos materiais adicionais				São precisos materiais adicionais			
				Soldadura electrónica			Soldadura com fio de solda						
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
9	4	7	5	3,5	7	8	12	12	9	12			

## ANEXO G: O Processo de Injecção de Polímeros

O processo de injecção é sobretudo aplicado aos termoplásticos, polímeros que detêm a propriedade de adquirirem maleabilidade quando lhes é fornecida energia térmica e que endurecem quando são arrefecidos. Consiste no aquecimento do material até à sua fusão, no preenchimento forçado de um molde através de pressão onde vai arrefecer e originar o componente final. Este processo permite o desenvolvimento de componentes extremamente versáteis o que resulta em produtos com formas elegantes e com um número reduzido de componentes. Na injecção de um componente existem três etapas que são descritas de seguida de uma forma muito simples,

**Injecção:** O material aquecido é forçado, através de pressão, a preencher as cavidades do molde.

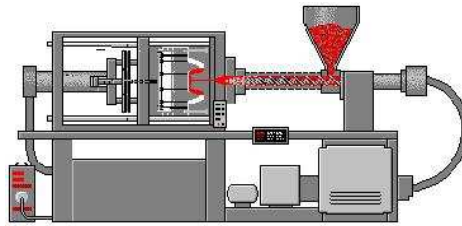


Figura 29 - Exemplificação da etapa de injecção [8].

**Arrefecimento:** Nesta etapa, com o molde fechado, o material arrefece até uma temperatura aceitável que permita numa primeira fase a cessão do fornecimento de pressão e que numa segunda fase possibilite a abertura do molde.

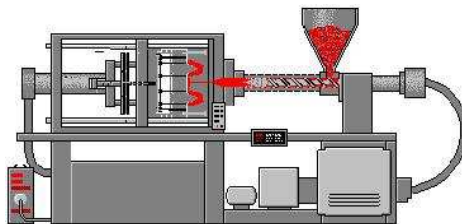


Figura 30 - Exemplificação da etapa de arrefecimento [8].

**Extracção e *resetting*:** Nesta etapa o molde é aberto, a peça é extraída e posteriormente o molde é fechado, retornando à posição inicial.

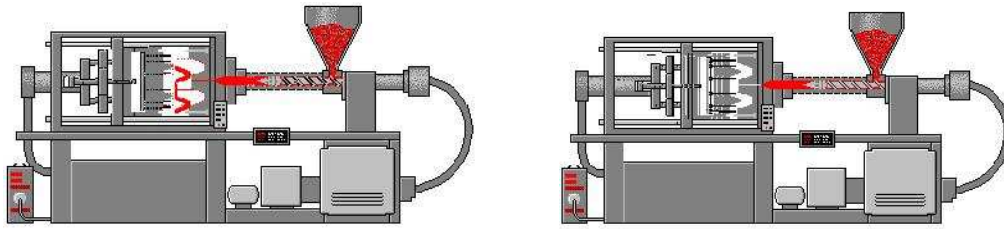


Figura 31 - Exemplificação da etapa de extracção (imagem do lado esquerdo) e *resetting* (imagem do lado direito) [8].

A soma do tempo dispendido nestas três etapas vai definir o tempo de ciclo da injeção. No entanto um molde pode ter várias cavidades, isto é, pode produzir vários componentes em simultâneo. O tempo de ciclo para a obtenção de um componente será então dado pela divisão do tempo de ciclo de injeção pelo número de cavidades da ferramenta. Obviamente que quanto mais pequeno for o tempo de ciclo maior será a eficiência do processo.

Um dos elementos principais na injeção de plásticos é o molde, e a título exemplificativo é fornecida a imagem que se segue, onde estão legendados os principais elementos.

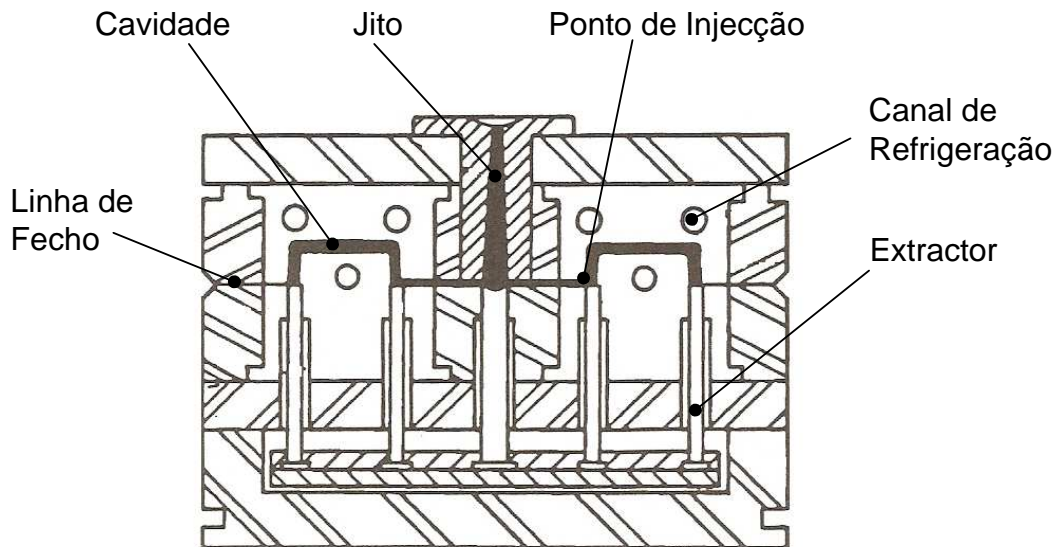


Figura 32 - Exemplo de um molde para injeção de plásticos [1].

## ANEXO H: Estimativas dos tempos de montagem do farolim "Valmet"

Tabela 14 - Estimativas dos tempos das operações de montagem para o farolim "Valmet" original.

Operação	Designação	Qtd.	CM <sup>10</sup>	TM (s)	CL	TL (s)	TT (s)
1.1	Blindagem	1	30	1,95	08	6,50	8,45
1.2	Montagem do Passa fios	1	10	1,50	01	2,50	4,00
1.3	Montagem do Parafuso H M6	2	10	1,50	06	5,50	14,00
1.4	Montagem da Anilha	2	03	1,69	00	1,50	6,38
1.5	Montagem da Porca H M6	2	00	1,13	06	5,50	13,26
2.1	Montagem Terminal de Massa	2	30	1,95	02	2,50	8,90
2.2	Montagem Terminal de Contacto	2	30	1,95	02	2,50	8,90
2.3	Montagem Tampa do Casquilho	2	30	1,95	01	2,50	8,90
2.4	Montagem Casquilhos no Suporte	2	30	1,95	01	2,50	8,90
3.1	Montagem do Amortecedor	2	10	1,50	30	2,00	7,00
4.1	Montagem do Vidro	1	30	1,95	01	2,50	4,45
<b>Total</b>							93,14

Tabela 15 - Estimativas dos tempos das operações de montagem para o farolim "Valmet" remodelado.

Operação	Designação	Qtd.	CM <sup>10</sup>	TM (s)	CL	TL (s)	TT (s)
1.1	Blindagem	1	30	1,95	08	6,50	8,45
1.2	Montagem do Passa fios	1	10	1,50	01	2,50	4,00
1.3	Montagem do Parafuso H M6	2	10	1,50	06	5,50	14,00
1.4	Montagem da Anilha	2	03	1,69	00	1,50	6,38
1.5	Montagem da Porca H M6	2	00	1,13	06	5,50	13,26
2.1	Montagem Suporte Lâmpada	2	30	1,95	31	5,00	13,90
2.2	Montagem Terminal de Contacto	2	30	1,95	30	2,00	7,90
4.1	Montagem do Vidro	1	30	1,95	01	2,50	4,45
<b>Total</b>							72,34

<sup>10</sup> **CM** - Código de Manuseamento; **TM** - Tempo de Manuseamento (s); **CL** - Código de ligação/inserção; **TL** - Tempo de ligação/inserção; **TT** - Tempo total da operação,  $TT=QTD*(TL+TT)$ .