

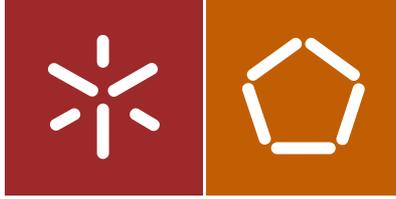


Sandra Isabel Gomes Leitão

Otimização de um
Processo de Injeção Industrial

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Sandra Isabel Gomes Leitão

Otimização de um
Processo de Injeção Industrial

Tese de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia de Polímeros

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Fernando Duarte
Professor Doutor António Brito

DECLARAÇÃO

Nome: Sandra Isabel Gomes Leitão

Correio electrónico: sandra.isgl@gmail.com

Tlm.: 918325500

Número do Bilhete de Identidade: 13586850

Título da dissertação: Otimização de um processo de injeccção industrial

Ano de conclusão: 2016

Orientadores:

Fernando Moura Duarte

António Manuel Cerqueira Gomes Brito

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia de Polímeros

Área de Especialização: Engenharia de Polímeros

Escola: Escola de Engenharia

Departamento: Engenharia de Polímeros

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Guimarães, ___/___/_____

Assinatura: _____

Agradecimentos

Os meus agradecimentos destinam-se a todos os que de uma forma ou outra contribuíram para a execução deste projeto.

Não posso deixar de agradecer a Aquatlantis pela oportunidade concedida para o desenvolvimento este trabalho, em particular à Engenheira Sara Trigo pela orientação e acompanhamento e ao Sr. Pires pela constante disponibilidade e partilha de conhecimentos.

Tenho a agradecer também aos orientadores da universidade, o professor Fernando Duarte e o professor António Brito por toda a ajuda prestada.

Por último à minha família pela paciência e apoio incondicional.

Resumo

A necessidade de produzir cada vez mais e melhor utilizando menos recursos é o grande dilema das empresas atualmente. Devido à elevada concorrência existente, as empresas têm necessidade de recorrer a novos métodos que permitam responder às exigências dos clientes atempadamente.

Este projeto surge então da necessidade de se rentabilizar o processo produtivo da injeção passando pela identificação e eliminação dos principais desperdícios.

Como tanto a alteração de ferramentas como a mudança de cor são tarefas constantes no trabalho dos operadores existe a necessidade de se otimizar todas as operações de modo a reduzir as perdas de tempo verificadas. Tendo por base os conceitos da metodologia 5S e SMED da filosofia *Lean*, ao longo deste trabalho foram propostas algumas alterações com o objetivo central de melhorar os postos de trabalho e reduzir o tempo de mudança de molde.

A otimização do processo produtivo de peças plásticas passa também por se perceber se um molde foi projetado tendo em conta as necessidades do mercado. Dependendo se existe limitação de tamanho, um molde com várias cavidades tem uma produção muito superior do que um molde com apenas uma cavidade. Tendo conhecimento da necessidade de se rentabilizar os recursos, este projeto dedica-se também ao estudo de melhorias de moldes com uma rentabilização muito baixa.

Com a implementação parcial das melhorias propostas neste relatório as melhorias na organização do sector e na otimização do processo produtivo são já bastante notórias. A implementação das restantes ações encontra-se já prevista uma vez que se considera que trarão um ganho notável.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*, 5S, SMED, moldação por injeção, otimização.

Abstract

The need to produce more and better with less resources is the great dilemma of businesses nowadays. Due to the high existing competition, companies have to appeal to new methods in order to respond to the needs of customers in a timely manner.

This project arises from the need to monetize the production of injection process passing by the identification and elimination of the main waste.

As both changing tools such as color change are constant tasks in the work of operators exists the need to optimize all operations to reduce time losses. Based on the concepts of 5S and SMED methodology of Lean thinking throughout this work it was proposed some changes to the central aim of improving work jobs and reduce the time of changing molds.

The optimization of the production process of plastic parts is also about to understand if a template has been designed taking into account the market needs. Depending on whether there is a limitation in size, a mold with multiple cavities has a much higher output than a mold with only one cavity. Being aware of the need to capitalize on resources, this project is also dedicated to the study of mold improvements with very low profitability.

With the partial implementation of the improvements proposed in this report, the improvements in the organization sector and on the optimization process, are already quite evident. The implementation of the remaining shares it is already expected since it is known that will bring a remarkable gain.

Keywords: Lean manufacturing, 5S, SMED, injection moulding, optimization.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract.....	v
Índice	vii
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas	xi
Lista de Abreviaturas	xiii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivo	2
1.3. Organização da dissertação.....	2
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1. <i>Lean Manufacturing</i>	3
2.2. Ferramentas <i>Lean</i>	5
2.2.1. 5 S.....	5
2.2.2. SMED - <i>Single Minute Exchange</i>	8
2.3. Moldação por injeção.....	11
2.3.1. Moldes para injeção de peças plásticas	11
3. Apresentação da Empresa.....	19
3.1. História, Missão e Visão	19
3.2. Descrição do Processo Produtivo	20
3.2.1. Máquinas de Injeção.....	20
3.2.2. Moldes	21
3.2.3. Processo de Injeção.....	23
4. Proposta de Implementação das ferramentas <i>Lean</i>	27
4.1. Implementação da Metodologia 5S	27
4.2. Implementação da Metodologia SMED	42
5. Estudo da otimização de moldes.....	51
5.1. Peças a estudar	51
5.2. Análise da situação atual.....	52
5.3. Otimização.....	54

6. Conclusão.....	63
Referências Bibliográficas.....	65
Anexo I – Organização do sector	69
Anexo I – Organização do sector (continuação)	71
Anexo II – Plano de Tarefas	73
Anexo II – Plano de Tarefas (continuação)	74
Anexo III – Plano de Formação	75
Anexo IV – Ficha de montagem de Molde	77
Anexo V – Ficha Técnica de Injeção	79
Anexo VI – Folha de cálculo.....	81
Anexo VI – Folha de cálculo (continuação)	82
Anexo VII – Simulação do enchimento da Tampa de Alimentação Aquafashion	83
Anexo VIII – Simulação do enchimento da Dobradiça Atlantis Nova.....	85
Anexo IX – Análise da rentabilização do molde do Caixilho Mini 30	87
Anexo X – Análise da rentabilização do molde do Fundo Mini 30	89
Anexo XI – Análise da rentabilização do molde da Tampa Lateral SI Económico.....	91
Anexo XII – Análise da rentabilização do molde da Ventosa Biobox	93
Anexo XIII – Análise da rentabilização do molde do Canto Inferior Elegance 45.....	95

Índice de Figuras

Figura 1- Conceitos 5S.....	6
Figura 2 – Esquema ilustrativo da implementação da metodologia	11
Figura 3 – Exemplo de um sistema de alimentação.....	12
Figura 4 – Exemplo de uma injeção direta	12
Figura 5 - Exemplo de um sistema de alimentação.....	13
Figura 6 – Exemplo de duas moldações	13
Figura 7 – Geometrias dos alimentadores.....	14
Figura 8 – Ataque lateral ou à junta	14
Figura 9 – Ataque tipo submarino.....	15
Figura 10 – Ataque tipo submarino curvo	15
Figura 11 – Organização do setor da injeção	20
Figura 12 – Molde número 91 com produção de 90% de desperdício	21
Figura 13 – Molde dos deslizadores pouco rentabilizado.....	22
Figura 14 – Moldação não balanceada e pouco rentabilizada	22
Figura 15 – Fluxograma da produção.....	24
Figura 16 – Zona com acumulação de peças velhas.....	25
Figura 17 – Base de uma máquina com óleo.....	25
Figura 18 – Etiqueta vermelha de identificação artigos	27
Figura 19 – Parafusos, molas e veios danificados	28
Figura 20 – Alimentador avariado	29
Figura 21 – Doseador de corante avariado	29
Figura 22 – Disposição dos moldes	32
Figura 23 – Atual armazenamento dos corantes	33
Figura 24 – Caixa para corantes	34
Figura 25 – Proposta de disposição dos corantes.....	34
Figura 26 – Armazenamento dos materiais virgens antes da renovação	35
Figura 27 – Armazenamento materiais virgens depois da renovação.....	35
Figura 28 – Proposta de disposição dos materiais.....	36
Figura 29 – Identificação do material para reciclar	36
Figura 30 – Exemplo de delimitação das máquinas.....	37
Figura 31 - Material reciclado antes da instalação do despoeirador	39
Figura 32 – Material reciclado depois da instalação do despoeirador	40
Figura 33 – Estrado adaptado no carrinho de ferramentas.....	45
Figura 34 - Cunhas de fixação de moldes utilizado atualmente	47
Figura 35 – Máquina de aperto de parafusos.....	47
Figura 36 - Ligação de quatro mangueiras de refrigeração	48
Figura 37 – Alguns dos programas já gravados numa das máquinas	49
Figura 38 – Aproximação do equipamento para abrir moldes.....	50
Figura 39 – Exemplo de numeração/identificação dos postigos.....	50
Figura 40 – Dobradiça Atlantis Nova	51

Figura 41 – Tampinha de Alimentação Aquafashion	52
Figura 42 – Sistema de alimentação para a Tampinha de Alimentação	56
Figura 43 – Sistema de alimentação para a Dobradiça Atlantis	56
Figura 44 – Ataque submarino curvo adaptado na tampinha.....	57
Figura 45 – Localização do ataque e enchimento da peça	57
Figura 46 – Ataque submarino dimensionado para a dobradiça	58
Figura 47 – Localização do ataque e enchimento da peça	58
Figura 48 - Organização do sector – Proposta A.....	69
Figura 49 - Organização do sector – Proposta B.....	71
Figura 50 – Simulação do início do preenchimento da tampinha	83
Figura 51 – Simulação da continuação do preenchimento	83
Figura 52 – Preenchimento completo da tampinha	84
Figura 53 – Simulação do início do enchimento da dobradiça	85
Figura 54 – Simulação da continuação do preenchimento	85
Figura 55 – Preenchimento completo da dobradiça.....	86

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Etapas da metodologia SMED	9
Tabela 2 – Valores de taxa de corte recomendados para os ataques.....	16
Tabela 3 – Moldes obsoletos	30
Tabela 4 – Moldes sem utilização	30
Tabela 5 – Auditoria	42
Tabela 6 – Operações realizadas num <i>setup</i> antes da implementação da metodologia.....	43
Tabela 7 – Separação das operações internas e externas	44
Tabela 8 – Tempo despendido no <i>setup</i> atualmente e depois de implementado o SMED.....	46
Tabela 9 – Comparação do tempo de produção das duas peças	53
Tabela 10 – Custos de produção hora/máquina por ano	53
Tabela 11 – Produção anual de resíduos resultante das duas peças	54
Tabela 12 – Custos de material por peças e por desperdícios	54
Tabela 13 – Raios obtidos para os sistemas de alimentação	55
Tabela 14 – Tempo de arrefecimento das duas peças.....	59
Tabela 15 – Tempo e custo de produção dos moldes com seis cavidades.....	59
Tabela 16 – Produção de resíduos por ano e custos associados.....	60
Tabela 17 – Comparação dos custos de produção atualmente e depois da melhoria.....	60
Tabela 18 – Comparação dos custos de material desperdiçado atualmente e depois da melhoria	61
Tabela 19 – Plano de tarefas.....	73
Tabela 20 – Plano de tarefas (continuação)	74

Lista de Abreviaturas

SMED - *Single Minute Exchange of Die*

PS - Poliestireno

ABS - Acrilonitrilo butadieno estireno

PP - Polipropileno

PE - Polietileno

PC - Policarbonato

TPS – *Toyota Production System*

1. Introdução

Neste capítulo é feito um enquadramento do desenvolvimento deste projeto bem como a apresentação dos objetivos gerais e específicos que levaram à sua concretização. É também mostrada a organização do trabalho.

1.1. Enquadramento

A necessidade de produzir cada vez mais e melhor utilizando menos recursos é o grande dilema das empresas atualmente. Devido à elevada concorrência existente, as empresas têm necessidade de recorrer a novos métodos que permitam responder às exigências dos clientes atempadamente.

A elaboração deste projeto decorreu na Aquatlantis, uma empresa que se dedica ao fabrico de aquários, terrários e móveis para acondicionamento de animais domésticos. Atualmente 97% da produção destina-se aos mercados externos sendo toda a produção garantida internamente por seções como, vidraria, serralharia, carpintaria, injeção de plásticos e elétrico.

A Aquatlantis é uma empresa competitiva na indústria da aquariofilia por investir na inovação e melhoria dos seus produtos. Para acompanhar as expectativas do mercado, a empresa tem vindo ao longo dos anos a apostar fortemente numa gama atrativa e alargada de produtos, o que tem trazido um crescimento sustentado à organização. Este crescimento foi acompanhado por um aumento significativo do número de moldes, peças plásticas e corantes utilizados para a obtenção de peças atrativas e de elevada qualidade.

Este projeto surge então da necessidade de se rentabilizar o processo produtivo da injeção passando pela identificação e eliminação dos principais desperdícios. É considerado, nas empresas, como desperdício todas as operações que não acrescentam valor ao produto final como é o caso das paragens dos equipamentos, as deslocações excessivas dos operadores e matérias-primas e a produção de artigos com defeitos.

Como tanto a alteração de ferramentas como a mudança de cor são tarefas constantes no trabalho dos operadores existe a necessidade de se otimizar todas as operações de modo a reduzir as perdas de tempo verificadas. Essa otimização passa por se observar todas essas operações em pormenor e identificar onde estão a ser realizadas tarefas desnecessárias ou em momentos errados.

A otimização do processo produtivo de peças plásticas passa também por se perceber se um molde foi projetado tendo em conta as necessidades produtivas. Dependendo se existe limitação de tamanho, um molde com várias cavidades tem uma produção muito superior do que um molde com apenas uma cavidade. Tendo conhecimento da necessidade de se rentabilizar os recursos, este projeto dedica-se também ao estudo de melhorias de moldes que apresentem uma rentabilização muito baixa. Uma correta projeção de um molde é essencial para um melhor aproveitamento do tempo de produção.

1.2. Objetivo

O objetivo central deste trabalho é a melhoria do processo produtivo do setor da injeção da Aquatlantis, quer através da aplicação de alguma ferramentas que fazem parte da filosofia *LEAN MANUFACTURING*, nomeadamente “5S” e “SMED”, quer pela otimização de moldes utilizados no processo.

Especificamente os objetivos são:

- Melhorar e tornar os locais de trabalho mais eficientes e produtivos;
- Reduzir os tempos de mudança de moldes;
- Otimizar a produção de moldes com baixa rentabilidade.

1.3. Organização da dissertação

O presente trabalho encontra-se dividido em seis capítulos.

Inicialmente, no primeiro capítulo, é feito um enquadramento do projeto e apresentados os objetivos gerais e específicos deste trabalho.

No segundo capítulo é feita uma revisão de alguns conceitos e definições fundamentais para a elaboração e compreensão do projeto. É abordada a temática da metodologia *Lean* e explicadas as duas metodologias implementadas e é feita ainda uma introdução à conceção e dimensionamento de canais de alimentação em moldes de canais frios.

O terceiro capítulo destina-se à apresentação da empresa e do processo produtivo implementado no sector da injeção. Ao longo deste capítulo vão sendo apresentados alguns dos problemas encontrados que estão na base para o desenvolvimento deste trabalho.

O quarto ponto destina-se à proposta de implementação das metodologias 5S e SMED.

No ponto seguinte é desenvolvido o estudo para a rentabilização de moldes. Foram selecionadas duas peças e propostas medidas para reduzir a sua produção de resíduos e aumentar a produtividade através do acréscimo de cavidades no molde.

No último capítulo são apresentadas as conclusões finais deste projeto.

2. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo é feita uma revisão de alguns conceitos que estiveram na base para a realização desta dissertação. São abordadas algumas noções fundamentais da metodologia *Lean* bem como as duas metodologias escolhidas. Por último é ainda apresentado conceitos e ideias fundamentais para o correto dimensionamento de sistemas de alimentação em moldes de canais frios.

2.1. *Lean Manufacturing*

Para introduzir o pensamento *Lean* é necessário anteriormente entender a evolução do processo de produção.

Inicialmente as empresas produziam os seus produtos artesanalmente, tendo para isso ao seu dispor trabalhadores altamente qualificados e ferramentas muito simples mas versáteis podendo ser alteradas sempre que o cliente assim o desejasse. Este tipo de produção é eficaz para peças únicas, não sendo possível a reprodução de duas peças exatamente iguais. O problema da produção artesanal é o seu custo demasiado alto e o demorado tempo de produção.

No século XX foi desenvolvida a produção em massa. Os produtores em massa recorrem especialistas para projetar produtos que serão depois fabricados por trabalhadores pouco qualificados com auxílio de maquinaria altamente dispendiosa que executa um número muito limitado de operações. Neste tipo de produção não existe variedade mas sim muita quantidade de produtos, o que obriga a adquirir muita matéria-prima e a espaços extra para reservar todo o *stock* produzido. Como a alteração para um novo produto carrega muitos encargos financeiros os produtores em massa optam por produzir o mesmo artigo o maior tempo possível. Como resultado, é possível praticar preços baixos mas sem qualquer tipo de possibilidade de escolha entre outros modelos (Womack et al, 1990).

A produção *lean*, por outro lado, combina as vantagens das duas produções anteriores conseguindo evitar os elevados custos e produzir variedade. Para isso, a produção *lean* utiliza

trabalhadores multiquificados em todas as áreas e tem ao seu dispor maquinaria altamente flexível para criar produtos diversificados em quantidades consideráveis. Este tipo de produção consegue despende de menor investimento, menor espaço para armazenamento, menos funcionários e menos tempo de produção (Sousa, 2012).

A produção *lean*, ou o *Toyota Production System* (TPS), baseia-se num conjunto de ideias e métodos que foram desenvolvidos pela família Toyoda com o simples objetivo de eliminar desperdícios no sistema produtivo e produzir artigos com elevada qualidade. Entende-se, nesta temática, como desperdício todas as operações que não acrescentam valor ao produto final do ponto de visto do cliente (Womack et al, 1990).

Shigeo Shingo, um dos fundadores do TPS, identificou sete tipos de desperdícios distintos.

- Sobre-produção, ocorre sempre que é produzida uma quantidade de produtos superior à requerida pelo cliente. Esta produção excessiva acaba por originar elevados níveis de *stock*;
- Defeitos, à produção de artigos com defeitos estão associadas várias perdas como de matéria-prima, mão de obra, tempo de máquina, entre outros.
- Inventário, as elevadas quantidades de *stock* representam elevados investimentos em matéria-prima sem retorno. Para armazenar grandes quantidades de *stock* são necessárias grandes infraestruturas que nem sempre estão disponíveis.
- Transportes, existe sempre a necessidade de transportar produtos para um determinado local mas por vezes o *layout* das empresas faz com que se perca muito tempo nessas deslocações, sendo então considerado como um desperdício.
- Movimentações, a falta de organização resulta muitas vezes em movimentos desnecessários dos trabalhadores. Estas movimentações acontecem, por exemplo, quando não se conhece o paradeiro de uma ferramenta, o tempo de procura representa um desperdício.
- Sobre-processamento, as operações de sobre-processamento são todas aquelas que não acrescentam valor ao produto, ou seja, uma operação que não é realmente necessária mas que mesmo assim é realizada.
- Esperas, este tipo de desperdício acontece quando há rotura de matéria-prima, quando um equipamento avaria ou até mesmo quando um operador está à espera de receber um

componente para fazer os acabamentos. Tudo isto são tempos desnecessários gastos pela empresa que não tem retorno. (Brito, 2011)

2.2. Ferramentas *Lean*

O *Lean* tem vindo ao longo dos anos a desenvolver e a otimizar várias técnicas e metodologias tendo em vista a melhoria do sistema produtivo das empresas. A Aquatlantis, sendo uma empresa em constante crescimento, pretende neste momento começar a melhorar o seu processo de produção na injeção e assim evitar os desperdícios de tempo a ela inerentes.

Sendo a troca de ferramentas uma constante no dia-a-dia do sector importa começar por tentar diminuir os tempos em que as máquinas não estão a produzir, seja por mudança de ferramentas ou avarias nos equipamentos.

As metodologias a implementar no sector da injeção da Aquatlantis são então o 5S e o SMED por serem as técnicas de iniciação ao pensamento *Lean*. As duas técnicas são explicadas a seguir.

2.2.1. 5 S

5 S é uma ferramenta de gestão utilizada nas empresas para melhorar o ambiente e a organização dos postos de trabalho. Surgiu no Japão em meados do século XX e é considerada como o passo inicial para a implementação de programas de qualidade por representar a etapa de arrumação/ordenação do espaço.

A designação 5 S deriva de cinco palavras japonesas começadas por "S", *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, que significam, respetivamente, Senso de utilização, Arrumação, Limpeza, Normalização e Autodisciplina. O método consiste na implementação destes cinco conceitos (Cuignet et al, 2007).

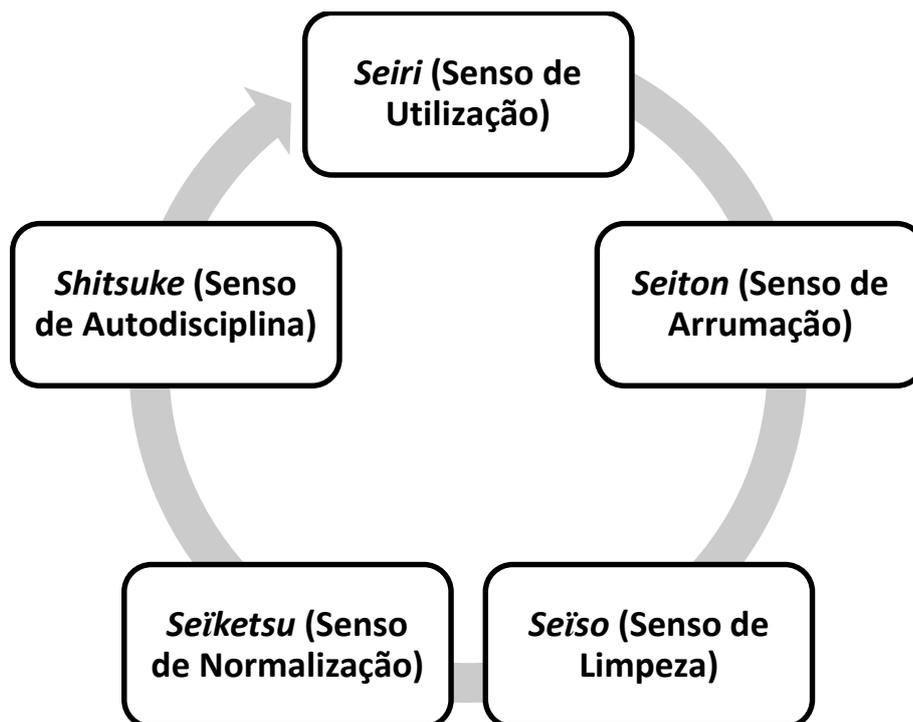


Figura 1- Conceitos 5S

Seiri (senso de utilização) é a etapa inicial da metodologia e com ela pretende-se remover do posto de trabalho todos os materiais, ferramentas, equipamentos e outros utensílios que não são necessários diariamente para a execução das funções.

Começa-se por fazer uma triagem dos objetos pela frequência de utilização classificando-os como indispensáveis ou dispensáveis. Esta diferenciação torna mais fácil determinar o que se pode deitar fora ou colocar noutra local e o que se deve manter no posto de trabalho.

O hábito de acumular é frequente por isso este passo pode ser dos mais difíceis de implementar. Nesta etapa é conveniente não só descartar objetos desnecessários mas também ações que não acrescentam valor, ou seja, todas as tarefas que os funcionários realizam desnecessariamente. Devem ser identificadas as origens dessas ações e do acumular de objetos e implementar medidas para evitar reincidências.

Com a implementação deste senso o espaço de trabalho torna-se mais amplo e organizado o que se traduz num ambiente mais favorável à produção com qualidade.

Seiton (senso de arrumação), neste ponto pretende-se criar um ambiente funcional tornando os movimentos/ações o mais simples possível. Assim, todas as ferramentas ou objetos devem ter um lugar designado e estar no seu respetivo local sempre que não estejam a ser utilizados.

Para se implementar eficazmente esta etapa é necessário reorganizar todo o espaço de trabalho classificando e ordenando todos os objetos com cores fortes e/ou etiquetas para seu automático reconhecimento.

O objetivo principal desta etapa é reduzir o tempo que se despende na procura dos utensílios e assim aumentar a produtividade dos operadores.

Seiso (senso de limpeza), esta etapa deve funcionar paralelamente às duas anteriores. Não basta ordenar e limpar momentaneamente, é essencial que a organização do local de trabalho se mantenha diariamente. Para se conseguir um ambiente limpo é necessário incutir planos/horários de limpeza nas rotinas dos colaboradores e fazê-los cumprir rigidamente todos os dias.

“*Seiso*” não incide somente na obrigação de limpar mas também no esforço de não sujar, e para isso todos os colaboradores devem ter presente algumas noções básicas como: “no fim de utilizar um determinado objeto tenho que arrumar”, “sempre que sujar um objeto ou espaço tenho que limpar”.

É também relevante identificar e eliminar as principais fontes de sujidades para assim se tentar minimizar o esforço para manter o ambiente de trabalho limpo.

Trabalhar num ambiente organizado e limpo é favorável não só para os operadores que conseguem produzir com mais qualidade e menos esforço, mas também ajuda a detetar atempadamente possíveis problemas com os equipamentos.

Seiketsu (senso de normalização) está relacionado com a normalização/padronização das tarefas. Depois de implementados os três sentidos anteriores é altura de garantir que não se regressa aos velhos hábitos, para isso é preciso definir regras de organização e determinar que essas regras sejam respeitadas.

Através deste senso cada operador deve saber o que tem de fazer e como o deve fazer, todas as operações devem estar normalizadas de maneira a não dar lugar a falhas ou enganos. O trabalho deve ser feito o mais rápido possível mas nas condições ótimas pois só assim se consegue trabalhar com sucesso.

Esta etapa tem grande valor no processo uma vez que garante a melhoria contínua do ambiente de trabalho.

Por último, **Shitsuke** (senso de autodisciplina), nesta etapa deve ser mostrado aos colaboradores as melhorias obtidas e assim fazê-los perceber o valor que cada um tem no bom funcionamento das atividades (The Productivity Press Development Team, 1996).

Os operadores devem estar de tal modo cientes da importância em manter o espaço organizado que se sintam moralmente obrigados a fazer cada dia melhor. Só com a mentalidade e objetivo de melhorar sempre se consegue manter um ambiente de trabalho o mais funcional possível. A este ponto já todos os colaboradores devem ter o hábito de tomar apenas decisões corretas.

Os obstáculos à implementação do método são vários, desde a resistência à mudança que se verifica ser um instinto inato das pessoas, a falta de conhecimento, o desânimo e a falta de interesse pelo que se está a fazer. Assim, as melhorias só serão notórias se toda a equipa, desde responsáveis aos operadores, se mantiverem empenhados e completamente informados sobre a metodologia e os seus benefícios. Benefícios esses que são bastante significativos não só para os trabalhadores mas também para a instituição.

A implementação deste método torna os locais de trabalho mais agradáveis e funcionais, facilita o desenrolar das tarefas e torna o trabalho mais satisfatório para os funcionários. Na ótica da instituição são notórios a redução dos defeitos e erros na produção e conseqüente aumento da qualidade dos produtos, a redução dos desperdícios e aumento da produtividade (Cruz, 2013).

2.2.2. SMED - *Single Minute Exchange*

Single Minute Exchange of Die pode traduzir-se por “troca rápida de ferramentas” e consiste num conjunto de técnicas que permite a troca de ferramentas e operações em menos de 10 minutos.

Esta metodologia foi desenvolvida pelo Prof. Shigeo Shingo para ajudar as empresas a reduzir os tempos de *setups*. Os tempos de preparação dos equipamentos e as mudanças de ferramentas por vezes são muito demorados, então os produtores optam por produzir grandes séries para tentar rentabilizar a produção. Mas esses lotes de grandes quantidades escondem outros problemas, o material acumulado impede o retorno do investimento dos recursos, reduz a capacidade de resposta aos pedidos atempadamente, obriga a mais mão de obra e a deteção de erros é tardia. Shingo entendeu então que se o tempo de mudança de uma produção para outra diferente ocorrer rapidamente não há necessidade de produzir em muita quantidade, ou seja, é possível produzir o necessário para uma determinada encomenda sem exageros de *stock* e com a qualidade pretendida.

O *setup* de um equipamento decorre entre a produção da última peça de uma determinada referência e a primeira peça aprovada da produção da referência seguinte. Nesse espaço de tempo, *setup*, são feitas alterações e afinações que não acrescentam qualquer valor ao produto

final, pelo contrário apenas representam um custo acrescido para a empresa pelo tempo em que as máquinas não estão a produzir. O principal objetivo das empresas é então tentar reduzir ao máximo esses tempos e assim obter uma maior rentabilidade dos recursos existentes (Cuignet et al, 2007).

O SMED distingue essencialmente dois conjuntos de operações durante os *setups*. As operações internas que só podem ser realizadas com a máquina parada, e as operações externas que são as que podem ser feitas com a máquina em funcionamento. Pretende-se que as máquinas parem o mínimo tempo possível então é necessário tentar reduzir ou mesmo eliminar as operações que só podem ser feitas com a máquina parada (operações internas).

A implementação do *Single Minute Exchange of Die* é feita em três etapas:

Tabela 1 – Etapas da metodologia SMED

Implementação do SMED	
Etapa 1	Separar as operações internas das externas
Etapa 2	Converter as operações internas em externas
Etapa 3	Racionalizar as operações internas e externas

Antes de se passar a implementação da metodologia é preciso observar e fazer um registo de todas as operações que são realizadas durante o *setup* bem como os tempos gastos nessas mesmas operações. Esta é uma fase preliminar da metodologia designada de *Análise do setup*. Nesta fase as operações internas e externas não estão diferenciadas.

A primeira fase da metodologia pretende separar as operações internas das externas. Tendo já a lista de todas as operações executadas num *setup* é necessário analisar e separar as intervenções, prevendo a realização de todas as atividades externas antes de se passar à paragem da máquina. Algumas tarefas podem facilmente ser realizadas com a máquina parada como é o caso de preparar as ferramentas, reparar ou fazer manutenção dos equipamentos e transportar os equipamentos e ferramentas para junto da máquina. Fazendo apenas alguns ajustes de alocação de atividades a redução dos tempos de *setup* são bastante significativos.

A segunda fase do SMED propõe que se transformem operações internas em operações externas. Pretende-se que, analisando todas as operações do *setup* se encontre meios para reduzir o tempo que a máquina não está a produzir. Essa transformação passa por pequenas melhorias como por

exemplo aquecer o molde ou mudar posições antes de ser colocado na máquina, estufar o material previamente, a arrumação do molde antigo ocorrer só quando a produção já começou ou até mesmo limpar o bico manualmente quando a mudança de cor é necessária. Importa nesta fase tentar reduzir ao máximo as operações que tiram rentabilidade dos equipamentos.

A última etapa do *Single Minute Exchange of Die* sugere que se otimize todas as operações do *setup* de modo que sejam realizadas no mínimo tempo possível. É necessário observar as operações e tentar arranjar meios alternativos para facilitar e reduzir o tempo em que são realizadas.

A antecipação e organização do trabalho é fundamental mas existem também já algumas ferramentas que facilitam esse trabalho. Aqui pretende-se, por exemplo, que o aperto de um molde passe de manual para aperto com máquina de pressão ou até mesmo mudar para placas magnéticas e nem precisar de cunhas e apertos. Outra melhoria passa também por ter apenas uma medida de parafusos e porcas, ou seja, obriga a ter apenas uma chave para todos os apertos necessários e o operador não tem que despender tempo a procurar e mudar de chave (The Productivity Press Development Team, 1996).

A metodologia SMED tem impacto significativo nas empresas uma vez que consegue reduzir drasticamente o tempo consumido nas mudanças de série e consequentemente redução das quantidades de *stock*. Geralmente os operadores e colaboradores são recetivos a este método porque facilita e simplifica significativamente o seu trabalho. Esta metodologia pode obrigar a algum investimento financeiro por parte das empresas para alguns equipamentos ou ferramentas a implementar na fase três, como ferramentas de aperto, chaves novas ou outros pequenos utensílios para simplificar o trabalho dos operadores (Soares, 2014).

A seguir é apresentado um esquema da implementação da metodologia.

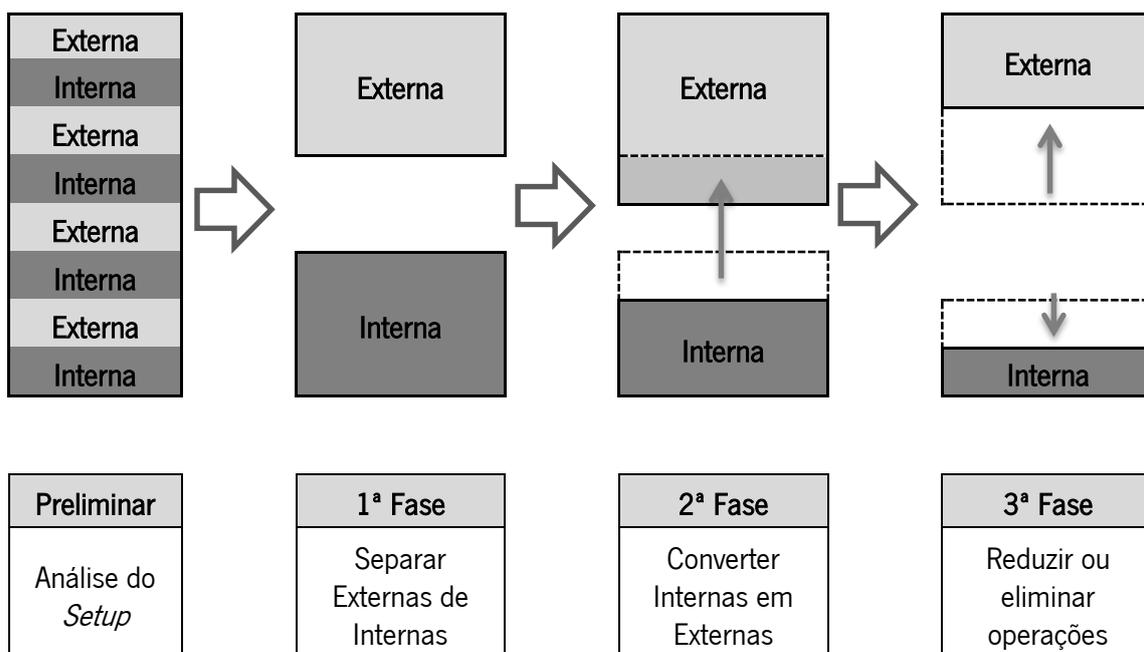


Figura 2 – Esquema ilustrativo da implementação da metodologia

2.3. Moldação por injeção

A moldação por injeção desempenha um papel fundamental na indústria dos plásticos na medida em que existe uma grande variedade de produtos que incorporam no seu todo peças plásticas injetadas, tais como, automóveis, equipamentos eletrónicos, utensílios domésticos, equipamentos médicos, brinquedos, entre muitas outras coisas.

2.3.1. Moldes para injeção de peças plásticas

Os moldes são ferramentas que permitem dar forma a peças na máquina de injeção. Estes equipamentos podem variar de dimensões, de tipo de molde e nível de complexidade, factor que pode levar a que o seu custo, por vezes, seja superior ao da própria máquina.

Os moldes para injeção de plásticos podem ser divididos em 3 tipos:

- Canais frios ou convencionais;
- Canais isolados;
- Canais quentes.

Na produção de peças com moldes de canais frios a moldação é acompanhada da extração do sistema de alimentação. Esse sistema é responsável por encaminhar o material fundido até à

cavidade do molde e é constituído por um jito, canais de alimentação e ataques, no caso de ser alimentação indireta, ou apenas pelo jito no caso de ser injeção direta (Brito, 2000).

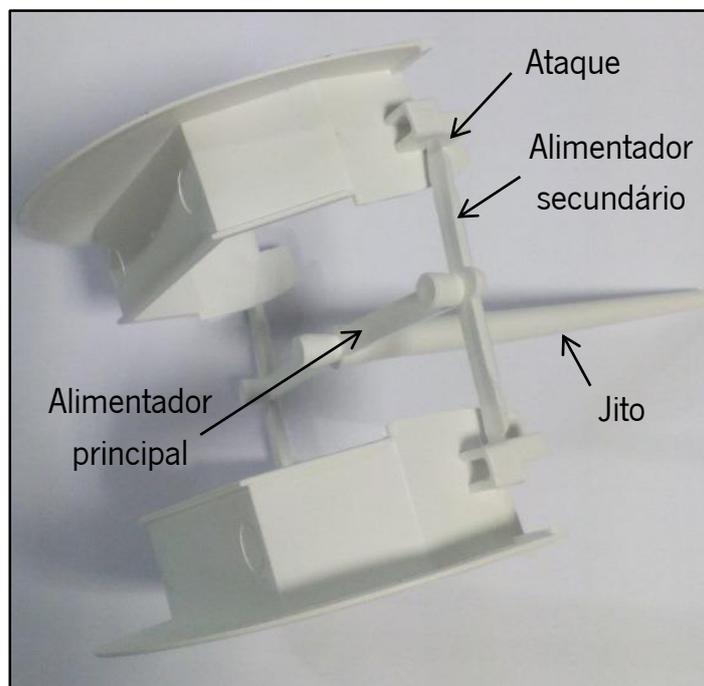


Figura 3 – Exemplo de um sistema de alimentação

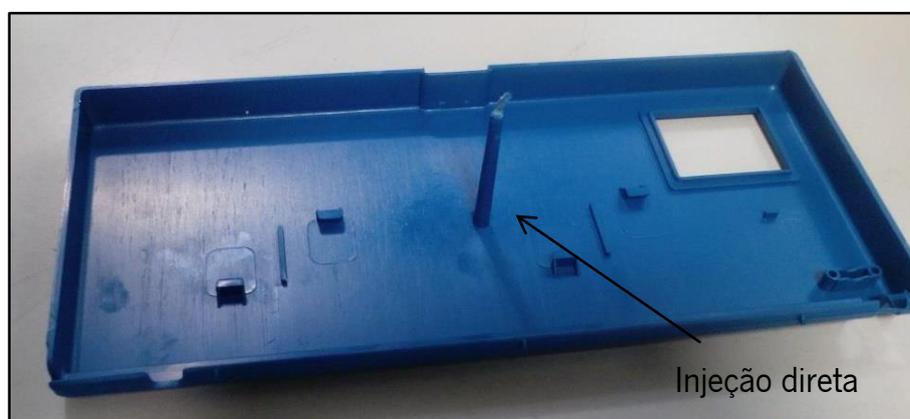


Figura 4 – Exemplo de uma injeção direta

O jito consiste num canal divergente de forma tronco-cónico com um ângulo entre 1,5 a 5° que assegura a sua extração. A finalidade deste elemento é interligar o bico da injetora aos canais de alimentação ou diretamente á peça no caso de uma injeção direta. Para facilitar a sua substituição em caso de desgaste ou danificação este canal geralmente é maquinado num componente individual, chamado injetor principal. O diâmetro de entrada do injetor deve ser superior ao do bico da injetora para facilitar o escoamento do material e garantir o preenchimento da moldação. Este elemento deve também possuir uma concavidade com raio superior ao do bico da injetora

para assegurar a ligação entre os dois componentes (Centro Tecnológico de Indústria de Moldes, Ferramentas Especiais e Plásticos, 2003).

Do lado da extração geralmente é criado um poço frio para ajudar na extração do jito mas também para reter o material mais frio durante a injeção.

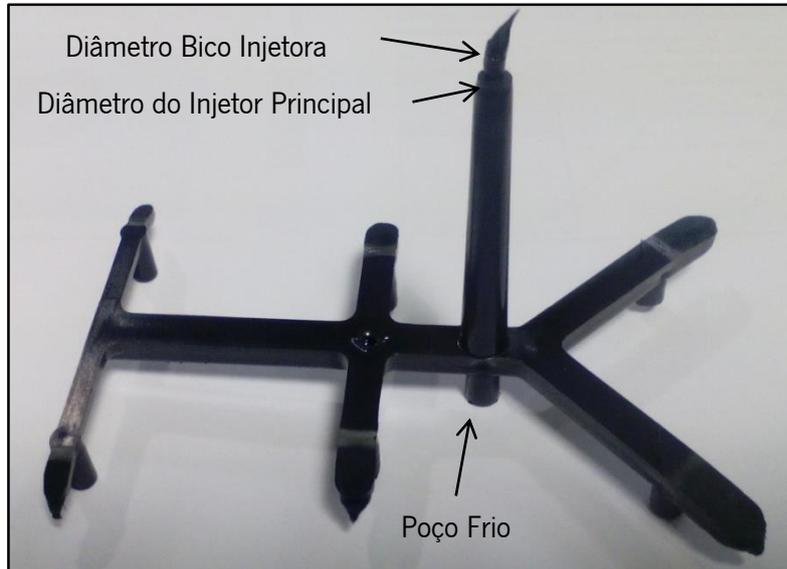


Figura 5 - Exemplo de um sistema de alimentação

Os canais de alimentação (alimentadores) ligam o jito aos ataques e geralmente são maquinados na superfície de partição do molde. Estes canais devem ter o mínimo comprimento possível para reduzir a taxa de desperdício e devem garantir o enchimento das peças em simultâneo (moldação balanceada) para se obter peças com as mesmas características. Na imagem a seguir é possível ver duas moldações, a primeira é uma moldação não balanceada onde as peças da extremidade são as últimas a ficarem completas. Na segunda imagem a moldação já está balanceada, todas as cavidades são preenchidas ao mesmo tempo. (Brito, 2010)

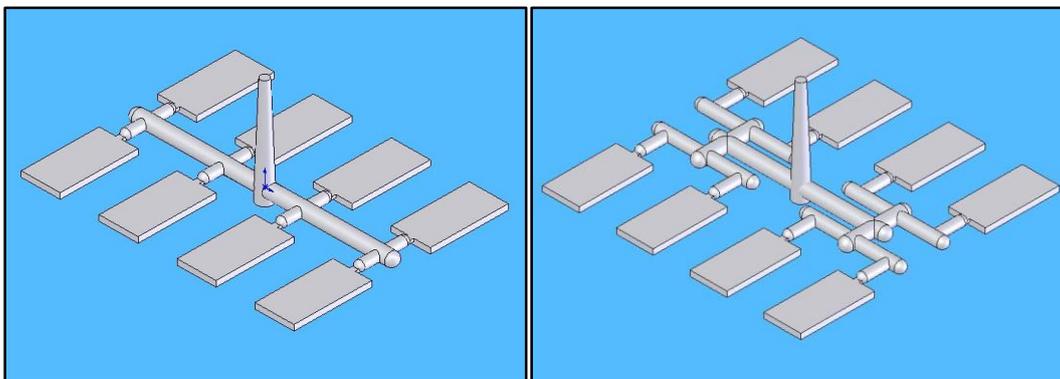


Figura 6 – Exemplo de duas moldações (reproduzido de Brito, 2010)

A disposição dos canais depende do número e tipo de peças a moldar e podem ter várias geometrias como circular, hexagonal, trapezoidal modificada e trapezoidal como mostra a figura seguinte.

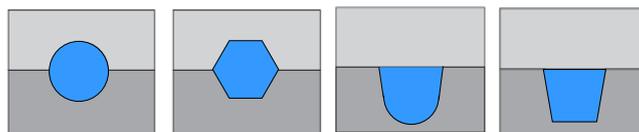


Figura 7 – Geometrias dos alimentadores (reproduzido de Brito, 2010)

A escolha por qualquer uma destas geometrias depende do custo de maquinagem e pelo rendimento do alimentador, sendo o circular o mais utilizado por ter um rendimento de 100% (por definição).

Os ataques unem os alimentadores às peças e têm algumas finalidades tais como, impedir a arrefecimento prévio do material antes do preenchimento total da peça, facilitar o controlo do enchimento da peça principalmente em moldes com peças de configuração diferente e possibilitar a separação automática, em alguns casos, do jito das peças sem deixar uma marca muito visível.

A posição dos ataques tem grande impacto na conceção de peças com qualidade. Defeitos como linhas de soldadura e enchimento com efeito tipo jato podem ser evitados com o correto posicionamento do ataque.

Os ataques podem ser de vários tipos e formas, variando consoante a especificação de cada peça. O ataque lateral ou a junta tem uma geometria retangular, é dos mais frequentes por ser fácil de maquinar e consequentemente ter um custo reduzido mas tem a desvantagem de deixar uma marca muito visível na peça e obrigar a uma operação secundária.

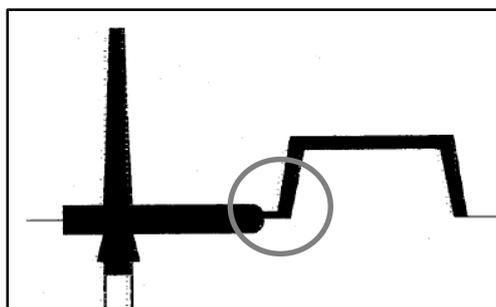


Figura 8 – Ataque lateral ou à junta (reproduzido de Brito, 2000)

Quando se pretende que a separação da peça do jito decorra automaticamente utiliza-se o ataque tipo submarino. Geralmente é de forma circular para facilitar a sua extração em moldes de duas placas. Este tipo de ataque não é o mais utilizado por deixar uma marca muito visível na peça.

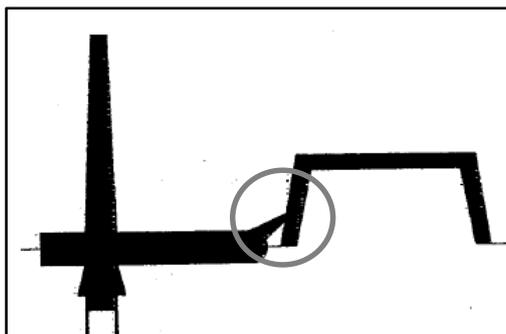


Figura 9 – Ataque tipo submarino (reproduzido de Brito, 2000)

Uma variante e melhoria do ataque tipo submarino é o ataque submarino curvo. Garante a separação do jito da peça aquando da abertura do molde e não deixa marca visível na peça porque é orientado para zonas interiores das peças como se pode ver no exemplo na imagem seguinte. A desvantagem deste tipo de ataque é ser de maquinagem muito complexa e também a dificuldade na sua extração devido á deformação que necessita sofrer para se libertar do canal.

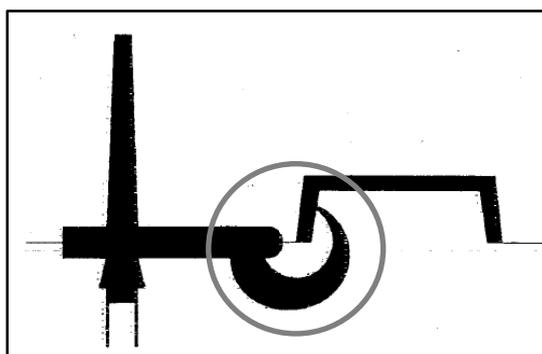


Figura 10 – Ataque tipo submarino curvo (reproduzido de Brito, 2000)

Para além dos ataques mencionados existe ainda o ataque em lâmina utilizado principalmente em peças planas, o ataque bico de alfinete que só se usa em moldes de três placas entre outros menos comuns.

Para garantir a produção de peças com qualidade é importante que o sistema de alimentação seja corretamente dimensionado.

Os ataques devem ser o mais reduzido possível uma vez que em caso de necessidade a sua abertura será mais fácil. Para se calcular as suas dimensões os ataques são considerados como circulares quando são ataques tipo orifício e por retangulares quando os ataques são tipo fenda. O dimensionamento é feito tendo em conta a velocidade de corte do material utilizado e o volume da moldação a injetar.

Os polímeros fundidos, sendo não-newtonianos e pseudo-plásticos podem ser descritos pela lei de potência $\tau = k\dot{\gamma}^n$, ou em termos de viscosidade por, $\eta = k\dot{\gamma}^{n-1}$, sendo $n < 1$.

Os valores da taxa de corte para os diversos materiais poliméricos encontram-se previamente tabelados.

Tabela 2 – Valores de taxa de corte recomendados para os ataques (adaptado de Brito, 2000)

Material	Temperaturas (°C)			Velocidade de corte (1/s)
	Molde	Injeção	Máxima	
ABS	40-80	200-260	280	50000
EVA	10-40	140-220	220	30000
PS	20-70	180-260	280	40000
HIPS	40-60	200-260	260	40000
PE	20-60	180-240	280	40000
PA6	40-80	230-280	320	60000
PA66	40-80	270-320	360	60000
PBTP	40-80	220-260	300	50000
PC	80-120	280-320	320	40000
PMMA	50-90	240-260	280	40000
PP	20-60	200-250	300	100000
pPVC	30-60	140-200	230	20000
uPVC	30-60	140-200	210	20000
SAN	30-80	220-260	280	40000

Considerando o carácter pseudo-plástico dos polímeros fundidos, a velocidade de corte $\dot{\gamma}$ num orifício é dada por:

$$\dot{\gamma}_\phi = \frac{3n+1}{n} \frac{Q}{\pi r^3}, \text{ onde } n \text{ é o expoente da lei de potência, } Q \text{ é o caudal (m}^3\text{/s) e } r \text{ é o raio (m).}$$

No caso das fendas (retangular), a velocidade de corte é dada por:

$$\dot{\gamma}_{fenda} = \frac{4n+2}{n} \frac{Q}{Wh^2}, \text{ onde } W \text{ representa a largura da fenda e } h \text{ a altura da fenda, medidas em metros (Brito, 2000).}$$

O valor do caudal pode ser obtido através da fórmula: $Q_{inj} = 67 \times \left(\frac{V}{100}\right)^{0,73} \pm 40\%$, onde V representa o volume de injeção. Este valor é diferente em moldações com várias peças na medida em que, no ataque o volume considerado é apenas o de uma peça, mas nos alimentadores se for sustentar o enchimento de duas peças, por exemplo, o volume duplica. O mesmo acontece no jito, se a moldação tiver quatro cavidades o volume considerado é a soma das quatro peças.

As expressões apresentadas permitem dimensionar os ataques, os alimentadores e o jito, tendo em conta que os valores da taxa de corte para os alimentadores e jito devem ser usados com uma ou duas ordens de grandeza inferiores às recomendadas para os ataques (Viana, 2012).

3. Apresentação da Empresa

A Aquatlantis fabrica aquários e todos os equipamentos necessários para a sua utilização desde sistemas de iluminação, de filtração e respetivas recargas com massas filtrantes. Emprega cerca de 180 funcionários e o sector da injeção a laborar atualmente a dois turnos de oito horas consegue responder à demanda da produção diária de aquários.

A empresa reúne várias unidades de produção para a obtenção de um produto final, das quais fazem parte o sector elétrico, um sector vidreiro, uma serralharia, uma carpintaria, um pequeno sector de termoformação de chapas de plásticas e por último o sector de injeção de polímeros.

3.1. História, Missão e Visão

A Aquatlantis Aquarium foi fundada no ano de 1996 por José Pereira e os seus três filhos, no entanto, este conta já com mais de 40 anos de experiência no fabrico de aquários.

Decidiu, por isso, criar um conceito mais dinâmico que une o Design à Qualidade e Inovação, dotando a empresa com as mais avançadas tecnologias e recursos humanos. A Aquatlantis fabrica aquários e terrários, filtros para água doce e salgada, recargas e outros acessórios, móveis adaptados, sistemas de iluminação T5 e sistemas de iluminação LED de nova geração. Trabalha, igualmente, ao nível de *Shopfittings*, para lojas de animais, o que resultou num crescimento de dois dígitos na taxa média anual.

No ano de 2004, a empresa mudou as suas instalações para um novo, amplo e modernizado edifício, com o dobro da área, conseguindo a certificação dos seus produtos.

Concluiu o processo de certificação da empresa no início de 2006, pela norma ISO 9001:2000, e renovou-a, em conformidade com a norma ISO 9001:2008, em Julho de 2009.

Em 2012, foi alargado o âmbito da certificação para “Conceção, desenvolvimento, produção, comercialização e assistência pós-venda de aquários, vivários, terrários, móveis, luminárias e expositores para acondicionamento de animais domésticos”.

Missão

Participar no desenvolvimento do CONFORTO SUSTENTÁVEL DA SOCIEDADE colocando à disposição do utilizador final, produtos para “Aquariofilia”, que permitam o seu uso em condições de fiabilidade e segurança de acordo com as expectativas atuais e futuras dos clientes.

Visão

Ser uma Organização credível junto dos clientes, gerando no mercado uma imagem de solidez pela apresentação de **uma estrutura flexível**, competitiva e capaz, **em permanente procura de inovação** e com uma carteira de produtos diversificada.

3.2. Descrição do Processo Produtivo

A injeção é o sector responsável pela produção de todos os componentes plásticos utilizados nos vários produtos da Aquatlantis. São produzidas, no momento, aproximadamente 500 peças distintas podendo variar em 87 gamas de cores.

Na imagem seguinte é possível ver a constituição da secção e a organização dos equipamentos.

3.2.1. Máquinas de Injeção



Figura 11 – Organização do setor da injeção

Na Aquatlantis existem seis injetoras diferenciadas do tipo horizontal da marca EUROINJ. As máquinas variam de dimensões, sendo que a mais pequena tem 100 toneladas de força de fecho e a maior 550 toneladas.

Dois dos equipamentos trabalham constantemente em modo automático, sendo então mais difícil detetar e resolver atempadamente problemas na moldação uma vez que não requer a presença constante de um operador na produção.

Além das máquinas de injeção este departamento está equipado com um moinho que tritura os resíduos plásticos provenientes das injeções das várias máquinas de modo a serem novamente introduzidos no processo de fabrico.

3.2.2. Moldes

Para a produção dos seus componentes plásticos a Aquatlantis tem ao seu dispor uma variedade de 271 moldes de diferentes dimensões, dos quais fazem parte moldes de canais frios ou convencionais e moldes de canais quentes.

Os moldes são condicionados a uma ou várias máquinas consoante as suas dimensões, os menores são utilizados nas máquinas com menor força de fecho, já os de maior dimensão necessitam de máquinas maiores, como a de 550 toneladas de força.

A maioria dos moldes está em boas condições de utilização. No entanto, foram identificados alguns moldes que necessitam de intervenção.

Existem moldes que nunca foram usados e moldes que não estão a ser utilizados na sua totalidade, ou seja, algumas das cavidades gravadas no molde não estão a ser utilizadas. Uma vez que o sistema de alimentação é dimensionado consoante o número e dimensões das peças a moldar, existem casos em que o jito representa peso superior à peça o que se traduz numa produção de resíduos muito elevada. Este caso está presente no molde 91 onde o jito pesa 3,07g e a peça pesa apenas 0,43g, o que se traduz numa formação de resíduos na ordem dos 90%.

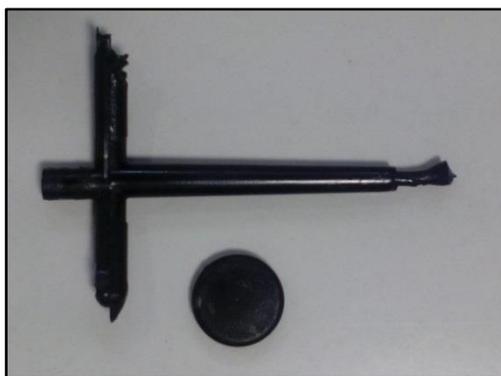


Figura 12 – Molde número 91 com produção de 90% de desperdício

Os moldes de algumas das peças mais produzidas no sector, como é o caso dos deslizadores, tampas de alimentação e dobradiças produzem apenas 6, 2 e 3 peças, respetivamente, cada molde. Devido ao facto do número de cavidades ser reduzido a rentabilidade destes moldes é também bastante limitada.

Os deslizados têm uma procura anual na ordem das 190000 unidades. Atualmente, com apenas 6 cavidades no molde são necessárias 345 horas para produzir essas mesmas peças enquanto que com 12 cavidades o tempo de produção do mesmo número de peças reduz para 176 horas.



Figura 13 – Molde dos deslizados pouco rentabilizado

Existem na secção vários moldes família, ou seja, moldes que produzem peças de diferentes formas e dimensões. Acontece ocasionalmente de se gravar uma peça num molde já existente, como não se modifica o sistema de alimentação, este acaba sempre por resultar numa alimentação não balanceada o que origina problemas na conceção de peças em conformidade. Este problema está presente no molde número 11 que produz tampinhas de alimentação, dobradiças e reguladores. Todas estas peças possuem espessuras diferentes logo necessitam de tempo de arrefecimento diferente e diâmetro do canal alimentador diferente o que não se verifica como se pode ver pela imagem seguinte.

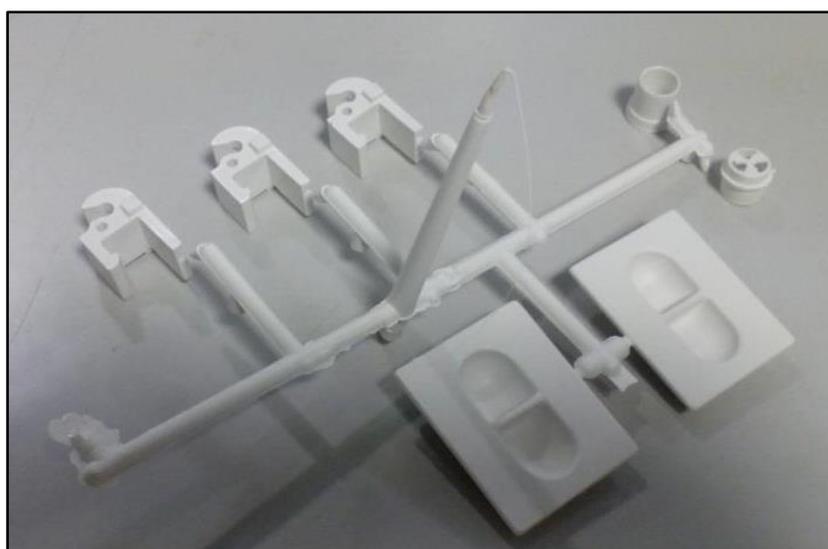


Figura 14 – Moldação não balanceada e pouco rentabilizada

3.2.3. Processo de Injeção

O processo produtivo implementado na organização é comum aos das empresas do sector.

O fluxo produtivo da Aquatlantis, no sector da injeção, dá início com a requisição por parte do armazém de uma determinada peça. O responsável pelo sector analisa os processos a decorrer e os pedidos em espera e programa a hora em que poderá dar início a produção requerida. No seguimento do processo o responsável pelo turno avalia a necessidade de requisitar matéria-prima ao armazém e se há necessidade de mudar ferramentas, como moldes ou postigos. Quando todas as condições estão reunidas dá-se início à produção.

Durante o processo, enquanto a máquina faz a injeção das peças, o operador da mesma faz o acabamento das peças e verifica se cumprem os requisitos pretendidos. As peças em conformidade são enviadas para o armazém e as peças com defeito são enviadas, juntamente com os jitos, para reciclagem no moinho para posteriormente serem reintroduzidas como matéria-prima numa nova produção.

A produção não obedece exatamente ao número de peças requeridas pelo armazém, por norma são produzidas peças a mais para repor alguma que se possa vir a danificar, mas ocorre com frequência enganos na contagem das peças produzidas, o que faz com que seja necessário uma nova troca de molde para produzir as peças em falta.

De seguida é apresentado o fluxograma do sector.

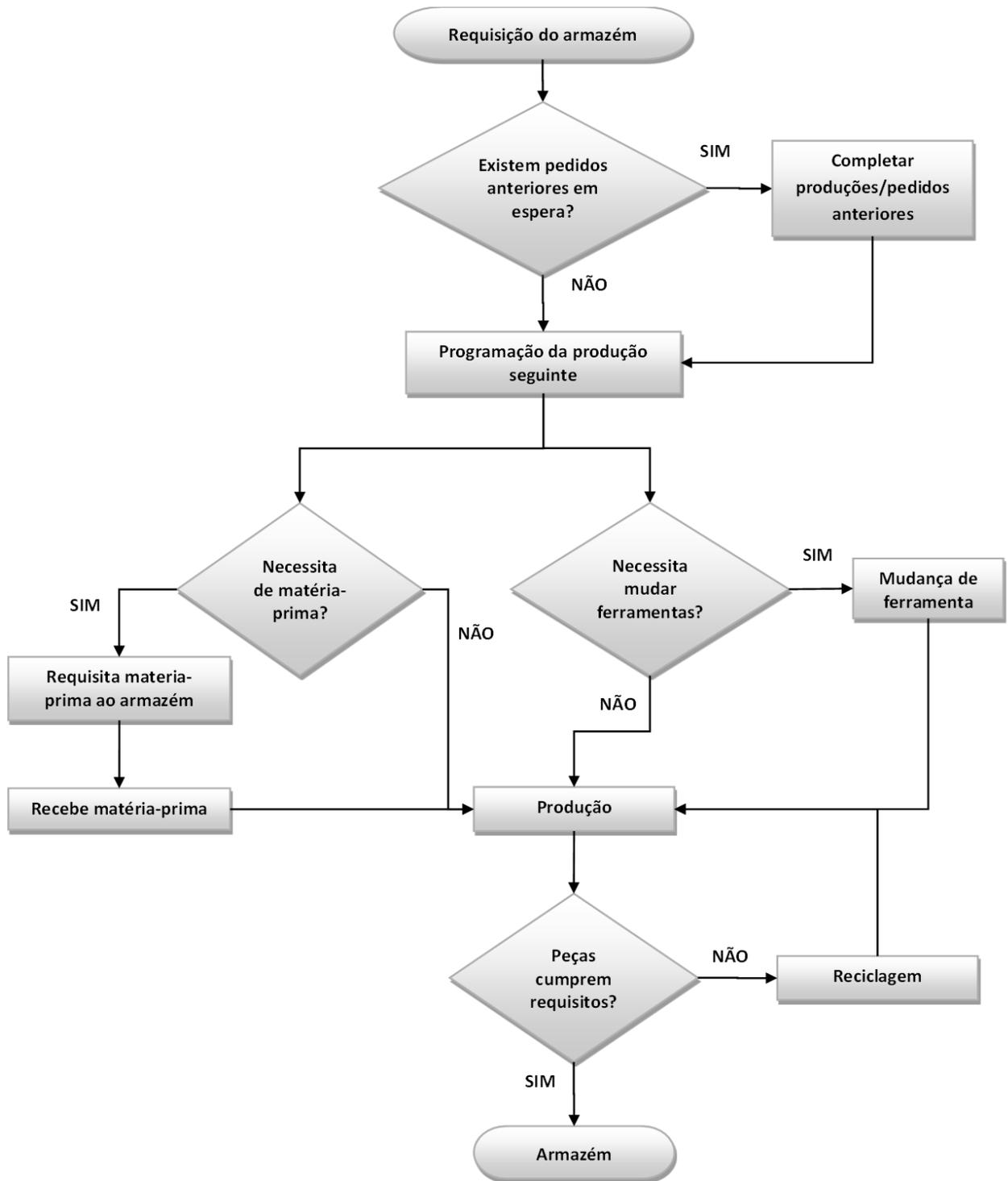


Figura 15 – Fluxograma da produção

A elevada gama de produtos produzidos pela empresa obriga a um ritmo de trabalho bastante acelerado que origina muitas vezes a falta de tempo para fazer limpeza assídua dos postos de trabalho e mesmo das máquinas o que provoca a perda de brio pelo posto de trabalho. A título de exemplo de situações a evitar, são visíveis nas imagens a seguir apresentadas. É perceptível uma

zona de acumulação de sucata sem utilidade e a base de uma máquina com muito óleo que foi sendo derramado das mangueiras dos hidráulicos.

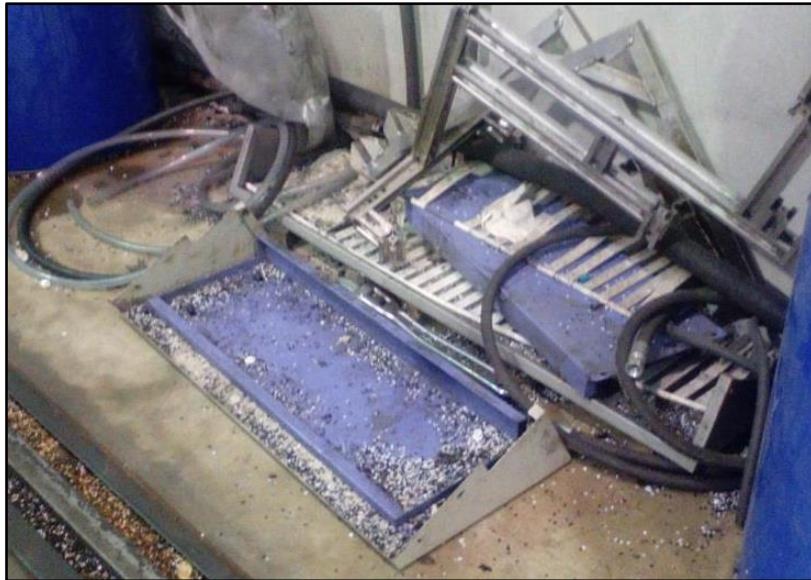


Figura 16 – Zona com acumulação de peças velhas



Figura 17 – Base de uma máquina com óleo

Assim, considera-se importante fazer uma revisão da organização do setor, tornando os espaços mais limpos e funcionais, mas também trabalhar na mudança de hábitos menos adequados de alguns colaboradores. É preciso incentivar a organização e o asseio pelos locais de trabalho porque não só torna o trabalho mais fácil e rentável, como diminui os acidentes de trabalho.

4. Proposta de Implementação das ferramentas *Lean*

4.1. Implementação da Metodologia 5S

Com o objetivo de melhorar o sector da injeção é apresentado a seguir um plano de ações de melhoria tendo por base os conceitos da metodologia 5S apresentada anteriormente.

1. Proposta de implementação para o Senso de Utilização

O Senso de Utilização diz que se deve começar por remover do local de trabalho todos os utensílios que não têm utilidade. Assim, é aconselhável marcar todos os componentes desnecessários com uma etiqueta de cor vermelha, visível na imagem a seguir, para rápido reconhecimento e identificação.

Etiqueta de Identificação

Secção _____

Item _____

Qtd. _____

Data _____

Condição _____

Figura 18 – Etiqueta vermelha de identificação artigos

Numa segunda fase todos os componentes com etiqueta de cor devem ser encaminhados para os locais onde são realmente necessários, para o sector da manutenção ou para o lixo/sucata no caso de obsoletos.

No sector observou-se a existência de alguns utensílios e materiais que não são utilizados por não pertencerem à secção, por estarem danificados ou porque entraram em desuso.

Alguns dos componentes a etiquetar são:

- Parafusos, veios, molas, chaves e cunhas de aperto;

As ferramentas danificadas irreversivelmente devem ser conduzidas para a sucata como é o caso dos parafusos, das chaves e cunhas de aperto, os veios sem rosca e as molas partidas.



Figura 19 – Parafusos, molas e veios danificados

- Mangueiras de água dos sistemas de arrefecimento dos moldes a vaziar;
- Um doseador de corante e um alimentador de tremonha que aguardam reparação;

O alimentador da estufa do EQP.119 está momentaneamente parado por falta de uma peça que avariou à alguns meses atrás, assim sendo deve ser encaminhado para o sector da manutenção para se dar início à sua reparação.



Figura 20 – Alimentador avariado

O doseador de corante do EQP.119 avariou à algum tempo e como não tinha reparação adquiriu-se outro para o substituir. O equipamento obsoleto deve ser reaproveitado para peças ou enviado para a sucata.



Figura 21 – Doseador de corante avariado

- Bidões de óleo usado;

Os bidões de óleo devem ser enviados para a reciclagem sempre que possível.

- Big Bag's de material contaminado;

O material contaminado deve ser recuperado, se possível, em caso contrário estudar a possibilidade de venda a entidades do ramo interessadas.

- Dois tapetes rolantes inutilizados.
- Moldes que já não são usados e outros obsoletos;

Os moldes obsoletos ou que deixaram de ser utilizados devem ser arrumados em local apropriado de maneira a facilitar a procura dos restantes moldes e mesmo para libertar espaço nessa zona.

Na tabela seguinte é visível alguns dos moldes obsoletos.

Tabela 3 – Moldes obsoletos

Nº Molde	Designação das peças	Ref. ^a
47	Galeria Aquadream Horizon 60	PL0076
58	Tampa Horizon 40 c/ encaixe dobradiça	PL0093
71	Coberta Júnior 40	PL0110
102	Caixa Easybox L	PL0162
178	Espelho 48 Leds SI Basculante	PL0336
	Espelho 84 Leds SI Basculante	PL0337
179	Corpo acrílico SI 8 Leds	PL0529
230	Espelho Branco SI 8 Leds	PL0530
232	Tampa acrílico SI 8 Leds	PL0531
	Torneira interior	PL0426
234	Torneira exterior	PL0427
	Anilha p/ torneira	PL0428
270	Interior Suporte 48 Led SI Basculante	—
	Interior Suporte 84 Led SI Basculante	—

Os moldes que deixaram de ser utilizados são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 4 – Moldes sem utilização

10	Canto interior Galea 45°	PL0017
	Canto interior Galea 90°	PL0018
28	Caixilho 118	PL0047
32	Canto ext. Superior Elite 90°	PL0052
	Canto ext. Inferior Elite 90°	PL0053
33	Canto ext. Superior Elite 45°	PL0054
	Canto ext. Inferior Elite 45°	PL0055
35	Suporte p/ tampa armadura (Elite Premium)	PL0058
37	Corpo da armadura Superluxe	PL0060
38	Suporte Superior armadura Superluxe	PL0061
39	Suporte Fixação interior armadura Superluxe	PL0062
40	Suporte Fixação exterior armadura Superluxe	PL0063
44	Canto Superior Elite Light 90°	PL0071
	Cantos Inferior Elite Light 90°	PL0072

50	Canto Superior Elite 140° Light	PL0082
	Canto Inferior Elite 140° Light	PL0083
80	Corpo luminária 12V c/ aba	PL0121
	Corpo luminária 12V s/ aba	PL0122
81	Tampa luminária 12V	PL0123
92	Tampa Acrílico Atlantis 40 (Antiga)	PL0141
93	Tampa Acrílico Atlantis 50 (Antiga)	PL0142
99	Dobradiça KidSafe	PL0155
106	Tampa S.I. Starlight ESQ	PL0168
	Tampa S.I. Starlight DTO	PL0306
107	Corpo da Tampa S.I. Starlight ESQ	PL0169
	Corpo da Tampa S.I. Starlight DTO	PL0305
	Suporte da Armadura Starlight ESQ	PL0170
	Suporte da Armadura Starlight DTO	PL0171
	Fixação da Armadura Starlight ESQ	PL0172
	Fixação da Armadura Starlight DTO	PL0173
108	Parafuso 8mm Pequeno Starlight	PL0174
	Parafuso 8mm Grande Starlight	PL0178
	Parafuso 4mm Pequeno Starlight	PL0309
	Parafuso 4mm Grande Starlight	PL0310
124	Cantos p/ expositores 45°	PL0195
	Cantos p/ expositores 90°	PL0196
137	Filtro lateral Dto Aquaplasma	PL0225
	Filtro lateral Esq. Aquaplasma	PL0226
146	Tampa da Luminária AquaFashion	PL0241
147	Corpo da Luminária AquaFashion	PL0242
169	Caixilho AquaCubic	PL0276
173	Tampa Acrílico SI AquaCubic	PL0289
186	Caixilho Superior NanoCorner	PL0346
188	Tampa acrílico NanoCorner	PL0031
	Suporte para poleiro	PL0354
192	Esticador de rede esq°	PL0355
	Esticador de rede dto°	PL0356
195	Tampa acrílico S.I. Led Xtra Power	PL0361
196	Aro S.I. Led Xtra Power	PL0362
197	Vedante S.I. Led Xtra Power	PL0363
199	Corpo Filtro Nano Biobox SW	PL0366
200	Costas Filtro Nano Biobox SW	PL0367
201	Separador Filtro Nano Biobox SW	PL0368
202	Tampa Filtro Nano Biobox SW	PL0369
	Suporte fixação S.I. Led Xtra Power sup.	PL0370
203	Suporte fixação S.I. Led Xtra Power inf.	PL0371
	Tampa S.I. Led Xtra Power sup.	PL0372
218	Caixilho Aquacubic XL – FW	PL0399
	Caixilho Aquacubic XL – SW	PL0400
238	Perfil Luminária Led 550	PL0433
246+206	Tampa de Alimentação Prestige 130	PL0455
	Canto exterior Elegance	PL0479

Depois de todos os elementos desnecessários estarem devidamente identificados é altura de analisar caso a caso e decidir para onde os encaminhar.

2. Proposta de Implementação do Senso de Arrumação

A segunda etapa propõe organizar todo o local/ambiente de trabalho e assim torna-lo mais funcional. Após a triagem dos materiais é altura de definir um local apropriado, segundo a frequência de utilização, para cada componente.

Alguns dos elementos que asseguram o funcionamento da seção já possuem uma organização aceitável, mas depois de uma breve análise é possível verificar que podem ser impostas alterações consideráveis para melhorar ainda mais a ordem e o trabalho dos operadores.

A Aquatlantis é uma empresa competitiva por conseguir responder às preferências do mercado, tendo para isso ao seu dispor uma grande variedade de moldes e corantes.

Atualmente, os moldes de injeção estão organizados por número de identificação numa estante, mas com o passar do tempo e com a contínua produção de novos modelos essa estante acabou por se tornar insuficiente para suportar todas as estruturas moldantes. Acontece então que, neste momento, existem equipamentos no chão em cima de paletes e outros (os de maior dimensão) mais afastados num canto da fábrica.



Figura 22 – Disposição dos moldes

Para se conseguir organizar todos os moldes por ordem crescente seria preciso aumentar a estante ou retirar os moldes que já não são utilizados do local. As ferramentas de moldar obsoletas ou em desuso deviam ser colocadas numa zona menos requisitada da fábrica e os moldes com

uso frequente na estante já existente em ordem numérica. Existe a possibilidade de mesmo retirando os obsoletos a estante não conseguir suportar todos os moldes, seria então necessário aumentar a estrutura.

As ferramentas de aperto de moldes não têm um local de arrumação definido, geralmente são deixadas perto das máquinas onde se esteve a fazer troca de molde. Para facilitar a sua arrumação e reduzir o tempo que se despende na procura desses utensílios seria rentável adquirir um carrinho de ferramentas móvel onde seriam guardados e transportados todos os componentes necessários para os *setups*.

Os corantes utilizados na injeção são vários, todos eles possuem um número e referência de identificação interna.

No momento esses corantes estão armazenados em duas caixas de alumínio identificadas no seu exterior com as cores presentes em cada caixa. Esta ordenação é aceitável mas acontece frequentemente contaminação dos materiais por desgaste dos sacos ou porque os operadores não os fecham bem.



Figura 23 – Atual armazenamento dos corantes

Para evitar estas contaminações cada corante deve ser colocado numa caixa individual fechada e devidamente identificada. Depois de alguma procura foi escolhida uma caixa branca com tampa como mostra a figura abaixo.



Figura 24 – Caixa para corantes

Uma vez que o número de corantes ainda é significativo existe a necessidade de dispor essas caixas por ordem numérica numa estante resistente e de fácil acesso a todos os colaboradores. É mostrado a seguir um esquema ilustrativo de uma possível disposição da estante para os corantes.

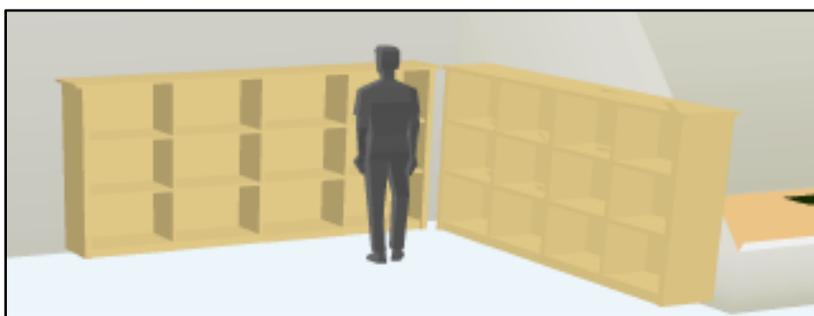


Figura 25 – Proposta de disposição dos corantes

Existem no sector, actualmente, cerca de 45 tipos de corantes distintos mas, devido à constante inovação e melhoria dos produtos, esse número pode vir a aumentar num futuro próximo. Para se conseguir armazenar todos os corantes pensou-se em duas estantes dispostas em L, uma com 4,4 metros de comprimento, 0,5 metros de largura e 1,5 metros de altura e uma outra com 2,8 metros de comprimento, 0,5 de largura e 1,5 de altura. Com estas dimensões, nas estantes, é possível armazenar 54 corantes. Por questões de segurança as prateleiras deveriam ser fixas ao chão ou à parede dado que as caixas ainda possuem um peso significativo existe o risco de acidente.

Utilizam-se geralmente oito tipos de materiais poliméricos diferenciados: ABS, PS e PS Cristal, Borracha, PP, PE PC e Nylon.

Existe uma máquina de injeção que trabalha diariamente apenas com PS Cristal, optou-se então por colocar esse material junto dessa máquina evitando assim deslocações desnecessárias. Para

armazenar os restantes materiais (material virgem) foi criada uma zona onde foram colocadas paletes identificadas com a designação de cada material. Como esse espaço já se encontrava bastante debilitado procedeu-se então á sua renovação como mostram as imagens seguintes.



Figura 26 – Armazenamento dos materiais virgens antes da renovação



Figura 27 – Armazenamento materiais virgens depois da renovação

Esta organização está presente apenas nos materiais virgens, os materiais reciclados são mantidos em bidões e *big bag's* que atualmente vão dispendo ao longo da fábrica onde existir espaço. O material reciclado, assim como o novo, deveria ter um espaço destinado e identificado para colocação de *big bag's* e bidões.

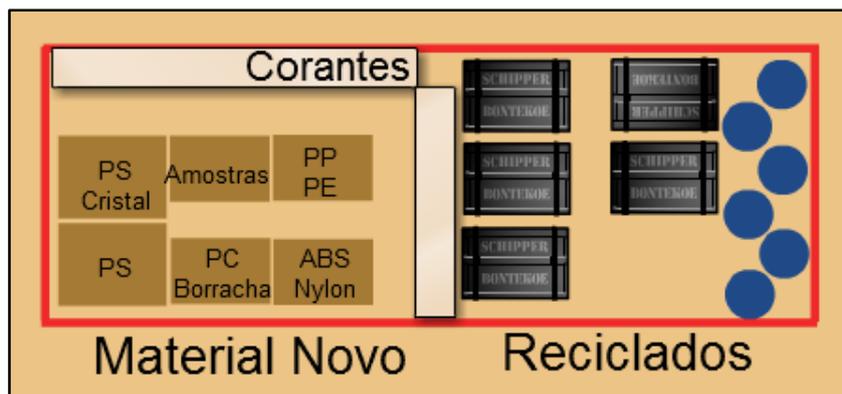


Figura 28 – Proposta de disposição dos materiais

Esses sacos e bidões geralmente não são fáceis de identificar por falta de aderência da fita-cola aos materiais que constituem os reservatórios. Para solucionar este problema deviam ser criadas chapas com o nome de cada um dos materiais para serem colados com velcro ou com um íman nos reservatórios. Este processo de identificação seria viável tanto para *big bag's* como para os bidões.

Foram criadas também placas de identificação, como mostra a imagem seguinte, dos diversos materiais para se colocar nas caixas de material para reciclar, evitando assim misturas dos materiais e também para melhorar o aspeto visual do sector.



Figura 29 – Identificação do material para reciclar

Devido ao acumular de caixas e materiais no sector existe muitas vezes dificuldade na circulação dos porta-paletes e empilhadores. Esse problema pode ser evitado delimitando no chão com uma faixa de cor forte (vermelho ou amarelo) uma zona de passagem que nunca poderá ser ultrapassada por caixas ou outros reservatórios. A imagem seguinte representa a delimitação proposta.

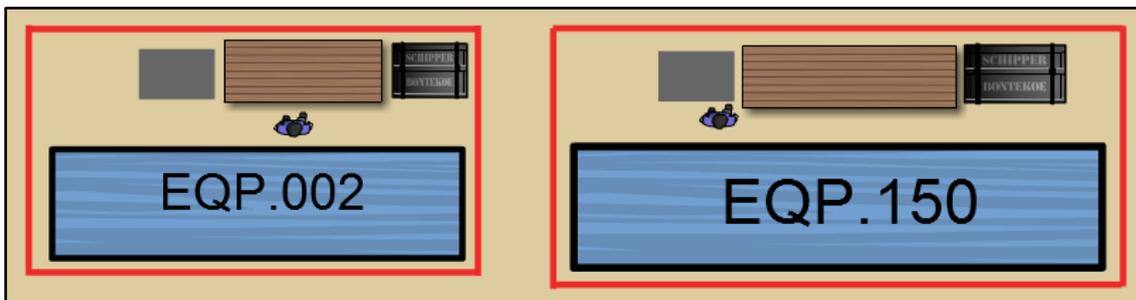


Figura 30 – Exemplo de delimitação das máquinas

Diariamente é visível no sector da injeção várias caixas em cartão espalhadas ao longo do espaço, essas caixas possuem peças em espera para serem seleccionadas e armazenadas em sacos para depois serem enviadas para o armazém. Esta acumulação acontece porque duas das máquinas de injeção trabalham em modo automático 24 horas por dia e apenas dois operadores separam peças 8 horas por dia. De maneira a evitar esta a cumulação e facilitar o trabalho dos operadores a separação de algumas peças do jito ao sair da máquina pode ser automática acrescentando um separador de peças na extremidade do tapete transportador. Esse equipamento garante a separação automática das peças segundo a sua dimensão pelo que poderá não funcionar em todas as peças produzidas em modo automático. De qualquer modo este equipamento representa uma mais-valia para se tentar reduzir o tempo gasto na separação das peças e consequentemente no acumular de caixas que transmite uma ideia de desordem e desorganização do espaço.

Uma vez que está prevista a aquisição de duas máquinas de injeção novas e de maneira a planear e aperfeiçoar a organização/disposição do sector fez-se um estudo de como poderia ser melhorado e aproveitado o espaço. Chegou-se a dois esboços que podem ser consultados no [anexo I](#). Os dois esboços consistem em duas plantas do sector com propostas para disposição das máquinas, equipamentos e materiais.

Optou-se por colocar as máquinas pequenas paralelamente para aproveitar o espaço e as de maior dimensão lado a lado. Os materiais ficariam todos centrados numa única zona, tanto os virgens como os reciclados, todos devidamente identificados. No esboço foi acrescentado á secção uma oficina para moldes, uma zona que se considera fundamental uma vez que a diversidade de

moldes é elevada e todos eles requerem manutenção frequente. É também proposto que as máquinas pequenas possuam tapetes transportadores individuais que poderiam ser ligados a um tapete de maior dimensão onde estariam operadores a fazer os acabamentos e a inspecionar a qualidade das peças. Este tapete estaria adaptado para poder transportar os jitos e peças com defeitos diretamente para o moinho e assim evitar as caixas e sacos com jitos espalhados pela secção.

3. Proposta de Implementação do Senso de Limpeza

Para se conseguir um ambiente livre de sujidades é preciso empenho e dedicação de todos os colaboradores. Não basta fazer uma limpeza, é preciso incutir nas rotinas o hábito de limpar e organizar os postos de trabalho.

Todos os operadores têm indicação para deixar os seus postos de trabalho limpos e organizados antes de terminar o seu turno mas, devido ao acelerado ritmo de trabalho, esses hábitos nem sempre são fáceis de cumprir, acontecendo dos operadores ocasionalmente não executarem as tarefas de limpeza. Este descuido tem consequências negativas tanto no aspeto visual do local de trabalho mas também no ambiente vivido no sector. O desleixo leva a que o esforço para limpar seja cada vez menor o que faz com que pequenos hábitos com grande importância acabem por se perder.

É importante neste momento voltar a insistir no valor da limpeza do local de trabalho, para isso foi criado um plano de tarefas que será exposto em cada máquina. Sendo que cada turno é responsável por uma ou duas tarefas por dia. Esse plano inclui a limpeza das máquinas e ferramentas, da mesa de trabalho, varrer o chão, recolher o lixo e depositá-lo no contentor e limpeza dos refrigeradores da água.

A limpeza dos postos de trabalho e das máquinas é uma tarefa diária para todos os operadores sem exceção. Dez minutos antes de terminar o seu turno cada operador deve começar as operações de limpeza de maneira que o próximo a utilizar o equipamento o receba em perfeitas condições.

O lixo deve ser recolhido todos os dias mas apenas um turno executa essa tarefa, ou seja, todos os dias alternadamente um dos turnos é responsável por retirar o lixo.

A limpeza dos refrigeradores está programada para acontecer uma vez por semana, na segunda-feira por ser o dia de arranque das máquinas. Esta tarefa é a única que será sempre executada

pelos operadores do primeiro turno devido à paragem semanal. O plano de trabalho pode ser consultado no anexo II.

Para se conseguir cumprir as tarefas de limpeza essas operações devem ser fáceis e rápidas de executar, para isso é preciso identificar as principais fontes de sujidade e eliminar ou reduzir a sua origem.

A principal fonte de sujidade no sector da injeção é a poeira proveniente do material plástico reciclado. Essas poeiras são libertadas pelo moinho de reciclagem mas também na limpeza das tremonhas de cada máquina. Como o material reciclado é viável económica/ecologicamente a sua utilização é frequente, conseqüentemente a libertação de poeiras para o ar é elevada. A solução passaria então por tentar reduzir a emissão desses pós. Depois de uma pesquisa junto de alguns fornecedores verificou-se que existe já no mercado algumas soluções para este tipo de problemas, tais como despoeiradores e sistemas de aspiração de pós.

O despoeirador instalado no moinho obstrói a saída de poeiras para o exterior, ou seja, o material passa pelas lâminas de corte para se obter o granulado e antes de cair no reservatório final é recolhido o pó existente nesse material. Com a instalação deste equipamento reduz-se a sujidade do material e das tremonhas bem como a emissão de poeiras para o ambiente. As imagens seguintes mostram a comparação da quantidade de pó existente no material antes e depois da instalação do despoeirador.



Figura 31 - Material reciclado antes da instalação do despoeirador



Figura 32 – Material reciclado depois da instalação do despoeirador

Atualmente a limpeza das tremonhas é feita com auxílio de uma pistola de ar comprimido que expulsa todo o pó para o ar. Com a utilização de um sistema de aspiração ou equipamento semelhante o pó não seria libertado para o ar mas sim para um reservatório próprio reduzindo assim grande parte da sujidade no sector.

4. Proposta de Implementação do Senso de Normalização

De maneira a evitar que se cometam erros é preciso garantir que todos os operadores têm as mesmas ideias/instruções de trabalho. Todas as operações que os funcionários têm que executar devem estar devidamente esclarecidas para não dar lugar a falhas. Para isso pensou-se em começar por dar uma formação aos operadores, explicando e mostrando aspetos importantes sobre a moldação por injeção. Nessa formação seriam abordados alguns dos temas mais relevantes tais como os materiais plásticos e as suas propriedades, a máquina de injeção e os seus componentes, tipos de moldes e o seu correto manuseio, o processamento da moldação por injeção e os principais defeitos ocorridos na injeção e as possíveis causas e correções. O plano da formação pode ser consultado no anexo III.

A variedade de moldes é bastante alargada, então para garantir que cada molde é colocado na máquina nas devidas condições foram feitas instruções de montagem de moldes e registados noutra folha os principais parâmetros utilizados numa produção em condições ótimas.

Na ficha de montagem de molde consta o esquema de ligação das mangueiras da água para o sistema de arrefecimento, as ligações das mangueiras do óleo no caso de ter hidráulicos, se funciona com água quente ou fria e as respetivas temperaturas e se é um molde com bico quente ou normal e a temperatura que deve trabalhar. No anexo IV pode ser consultado um exemplo de uma ficha de montagem de molde.

Na ficha técnica são registados os parâmetros para funcionamento correto da produção. Nela são assinalados os materiais e corantes utilizados, as temperaturas do fuso, pressões, velocidades e posições da carga e de injeção bem como parâmetros de abertura de fecho do molde e acionamento da extração. Um exemplo desta ficha pode ser consultado no [anexo V](#).

Estas instruções de trabalho têm por objetivo simplificar o trabalho dos operadores e reduzir o risco de acidentes ou falhas. Com estas indicações os colaboradores sabem, à partida, como devem realizar todas as operações. Depois de implementadas estas ações é esperado que a motivação e o ambiente vivido no sector melhorem consideravelmente uma vez que o trabalho se torna mais simples e rápido.

5. Proposta de Implementação do Senso de Autodisciplina

Senso de autodisciplina é a última fase da metodologia 5 S. Ela debruça-se sobre os valores morais e pessoais de todos os intervenientes no trabalho do dia-a-dia. Nesta fase devem ser mostrados às pessoas os resultados do esforço dedicado para implementar as 4 etapas anteriores e assim motivar e impedir que se regresse ao estado anterior.

Para se fazer cumprir as regras de arrumação/limpeza é necessário fazer semanalmente auditorias ao sector e aos postos de trabalho. Com estas auditorias consegue-se inculcar a obrigação de realizar as tarefas e também verificar se alguém não cumpre as suas obrigações. Na auditoria serão verificados e avaliados numa escala de 1 a 5, alguns aspetos como a limpeza do posto de trabalho e das máquinas, a organização e as condições de trabalho. O diagrama da auditoria encontra-se na tabela abaixo.

Tabela 5 – Auditoria

Auditoria Geral Sector da Injeção

Data:

Turno:

Posto:

Aspetos a avaliar:	Classificação
1. Existem utensílios desnecessários no local de trabalho?	
2. O local de trabalho está limpo e organizado?	
3. Na transição de turno os postos são limpos?	
4. As ferramentas e utensílios estão nos devidos lugares?	
5. Existem utensílios ou equipamentos danificados?	
6. Os materiais estão nos lugares designados?	
7. Os materiais estão devidamente identificados?	
8. As zonas delimitadas estão desocupadas?	
9. Existe óleo ou água no chão?	
10. Existe luminosidade adequada para execução das tarefas?	
11. A secção transmite sensação de um espaço organizado e limpo?	
12. De um modo geral o ambiente de trabalho é agradável?	
Legenda: 1-Muito Mau, 2-Mau, 3-Razoável, 4-Bom, 5-Muito Bom	Média

Esta auditoria deve ser realizada também antes do início da implementação da metodologia para se poder analisar as melhorias obtidas.

Na última fase da metodologia importa mostrar aos intervenientes os resultados alcançados depois da implementação. Estes resultados devem ser mostrados através de imagens comparativas do antes e depois mas também mensalmente devem ser expostos os resultados das auditorias para cada operador ver o que fez de bom e o que deve melhorar.

4.2. Implementação da Metodologia SMED

Para a implementação da metodologia SMED é necessário começar por observar um *setup* e registar todas as operações efetuadas e os tempos gastos na realização dessas operações. Na tabela a seguir são apresentados as operações e os tempos consumidos numa mudança de molde.

Tabela 6 – Operações realizadas num *setup* antes da implementação da metodologia

Tipo de operação	Operação	Tempo
Interna	Levar ponte para junto da máquina	00:01:00
Interna	Colocar gancho no molde	00:00:30
Interna	Desapertar cunhas (manual)	00:03:00
Interna	Retirar mangueiras da água	00:01:00
Interna	Elevar o molde	00:00:20
Interna	Procurar ferramentas	00:00:30
Interna	Retirar veio de extração e mola	00:01:00
Interna	Limpar resíduos no molde	00:02:00
Interna	Transportar molde para a estante	00:00:30
Interna	Levar a ponte para o novo molde	00:00:15
Interna	Levar o molde para junto da máquina	00:02:00
Interna	Colocar o molde na máquina	00:01:00
Interna	Colocar as cunhas do lado da frente da máquina	00:00:30
Interna	Procurar a máquina de aperto e liga-la	00:01:00
Interna	Colocar as cunhas do lado de trás da máquina e apertar	00:01:30
Interna	Ligar mangueiras da água	00:02:00
Interna	Ligar resistência e o equipamento	00:03:00
Interna	Apertar os parafusos do lado da frente da máquina	00:01:30
Interna	Retirar ponte	00:00:30
Interna	Afinar abertura e fecho do molde	00:01:40
Interna	Arrumar ferramenta	00:00:30
Interna	Limpar o bico do molde	00:30:00
Interna	Arrancar com a produção	00:15:00
Total Operações Internas		01:10:12

Verifica-se facilmente pela tabela que todas as operações de *setup* foram efetuadas com a máquina parada (operações internas), o que se traduz numa perda de 1 hora e 10 minutos de produtividade do equipamento.

Existem várias tarefas que podem ser realizadas com a máquina ainda em funcionamento, como é o caso do transporte do molde para junto da máquina, a arrumação do molde na estante e a preparação de toda a ferramenta.

Como o objetivo do SMED é tentar reduzir ao máximo as operações que se realizam com a máquina parada começa-se por analisar as intervenções que podem ser efetuadas antecipadamente e planear a execução do máximo de atividades possível antes da paragem. Na tabela seguinte é possível ver as operações que podem ser feitas com a máquina ainda em funcionamento (operações externas).

Tabela 7 – Separação das operações internas e externas

	Tipo de operação	Operação	Tempo
Máquina em Funcionamento	Externa	Levar a ponte para o novo molde	00:00:15
	Externa	Levar o molde para junto da máquina	00:02:00
	Externa	Levar ponte para junto da máquina	00:01:00
	Externa	Procurar ferramentas	00:00:30
	Externa	Procurar máquina de aperto e liga-la	00:01:00
	Externa	Ligar resistência e o equipamento	00:03:00
	Externa	Limpar o bico do molde	00:30:00
Máquina Parada	Interna	Colocar gancho no molde	00:00:30
	Interna	Desapertar cunhas (manual)	00:03:00
	Interna	Retirar mangueiras de água	00:01:00
	Interna	Elevar o molde	00:00:20
	Interna	Colocar molde na máquina	00:01:00
	Interna	Colocar as cunhas do lado da frente da máquina	00:00:30
	Interna	Colocar as cunhas do lado de trás da máquina e apertar	00:01:30
	Interna	Apertar os parafusos do lado da frente da máquina	00:01:30
	Interna	Ligar mangueiras de água	00:02:00
	Interna	Afinar abertura e fecho do molde	00:01:40
	Interna	Arrancar com a produção	00:15:00
	Externa	Retirar ponte	00:00:30
	Máquina em Funcionamento	Externa	Retirar veio de extração e mola
Externa		Limpar resíduos no molde	00:02:00
Externa		Transportar molde para a estante	00:00:30
Externa		Arrumar ferramenta	00:00:30
		Total Operações Internas	00:28:00
		Total Operações Externas	00:48:15

A segunda fase da metodologia do SMED pretende que se transformem as operações internas em operações externas. No exemplo apresentado temos o caso da ligação do bico quente, onde foi necessário esperar alguns minutos para que o molde chegasse a temperatura pretendida quando podia já estar quente se a resistência fosse ligada previamente. O mesmo acontece com a limpeza

do bico, este deveria ter sido retirado do molde e limpo manualmente para reduzir o tempo de máquina parada.

Como já referido anteriormente neste relatório, as ferramentas não têm um local de arrumação, são deixadas espalhadas pela secção o que resulta frequentemente se desconhecer a sua localização. É importante a aquisição de um carrinho de ferramenta para colocação ordenada de todos os utensílios necessários para a intervenção. Estando as ferramentas todas centradas num único local elimina-se os tempos despendidos na procura dos instrumentos.

Para otimizar o *setup* os moldes devem ser preparados e arrumados com as máquinas em funcionamento, ou seja, o molde que vai entrar na produção seguinte deve ser preparado e colocado junto da máquina antecipadamente. Esta preparação é importante não só para reduzir o tempo de transporte dos moldes mas também para prevenir possíveis problemas que o molde tenha e assim encontrar soluções antes da paragem.

De maneira a facilitar a colocação dos moldes junto das máquinas pensou-se num estrado para servir base e assim preservar os moldes e o pavimento da fábrica. Para tornar o estrado fácil de transportar este seria adaptado às costas do carrinho de ferramenta fazendo com que o transporte dos utensílios decorra em simultâneo. Este acessório seria de abrir e fechar para poupar espaço. Durante a troca do molde, por breves momentos os dois moldes vão estar no estrado, assim sendo a estrutura tem que ser num material resistente para suportar o peso e tem que também garantir a estabilidade do carrinho. É apresentado a seguir um esquema da adaptação do estrado ao carrinho.

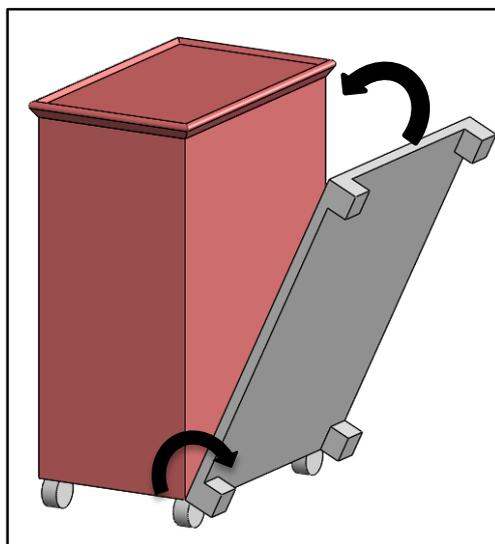


Figura 33 – Estrado adaptado no carrinho de ferramentas

Muitos dos moldes utilizados na empresa possuem postigos, o que lhe confere a possibilidade de fazer uma ou várias peças consoante a necessidade. Esses postigos estão organizados em caixas identificadas com o número de molde. Acontece frequentemente só se mudarem os postigos quando o molde já está montado na máquina, tempo que também poderia ser evitado se fossem mudados antes do início do *setup*.

Antecipando e preparando todas as ferramentas e equipamentos para o *setup* consegue-se reduzir o tempo de paragem em cerca de 42 minutos.

Tabela 8 – Tempo despendido no *setup* atualmente e depois de implementado o SMED

	Tempo	
	Antes do SMED	Depois do SMED
Operações Internas	01:10:12	00:28:00
Operações Externas	-	00:42:15

Com a redução do tempo de *setup* é possível rentabilizar mais o tempo de produção das máquinas porque o tempo que antes era gasto na alteração de ferramentas agora pode ser ocupado a produzir.

A última etapa do SMED sugere que se otimizem todas as operações do *setup*, ou seja, encontrar meios para reduzir o tempo em que essas operações decorrem. É fundamental reduzir as operações internas para a paragem ser mínima mas também é conveniente encontrar soluções para reduzir os tempos das operações externas para facilitar o trabalho dos operadores.

Operações Internas

Ao analisar de perto uma mudança de molde verifica-se que onde se despende mais tempo é na instalação dos moldes por ser necessário colocar quatro ou mais cunhas e apertar todos os parafusos.

Atualmente usam-se cunhas de aperto com parafusos iguais às da imagem seguinte, o método é demorado a instalar mas é eficaz.



Figura 34 - Cunhas de fixação de moldes utilizado atualmente

Foi já adquirida uma máquina de aperto de parafusos, como mostra a imagem a seguir, para agilizar a colocação dos moldes e a sua melhoria já foi notória. Foi possível eliminar as chaves de aperto para uma única chave não levando tempo a procurar o tipo/número de chave pretendida.



Figura 35 – Máquina de aperto de parafusos

Contudo, existe já no mercado sistemas que eliminam estes elementos, como é o caso das placas magnéticas, os sistemas de fixação tipo baioneta e a fixação por grampos hidráulicos.

Pelo que se apurou, os sistemas de fixação tipo baioneta necessitam de duas placas de travamento e de equipar todos os moldes com dois anéis de centragem, deste modo este sistema obrigaria a equipar todos os 270 moldes com esses anéis o que se traduz num investimento considerável.

Por outro lado, os sistemas de fixação por grampos hidráulicos, uma vez que eliminam a necessidade de apertar e desapertar parafusos, são bastante rentáveis mas, tem a desvantagem de ser necessária a sua deslocação consoante as várias dimensões dos moldes o que se verifica não ser compensatório.

As placas magnéticas asseguram a fixação dos moldes através de forças magnéticas permanentes sobre o molde garantindo estabilidade e segurança. Por ser uma tecnologia relativamente recente estas placas ainda são dispendiosas mas por eliminar o tempo de colocação das cunhas e o aperto considera-se que seja a opção que melhor se adequa as necessidades do sector.

A troca de moldes é uma constante no trabalho diário da secção sendo muito escassos os casos de moldes que trabalham mais do que 16 horas seguidas. Com as sucessivas paragens para troca de ferramentas a produtividade acaba por ser muito reduzida o que interfere muito no decorrer do fabrico dos produtos finais. É facilmente compreensível que qualquer melhoria por pequena que seja causa um grande impacto.

Uma operação que também consome algum tempo é a colocação das mangueiras de refrigeração. Existem moldes com apenas duas conexões de cada lado do molde mas existem também moldes com quatro ou mais entradas de mangueiras, como é possível visualizar na imagem seguinte.

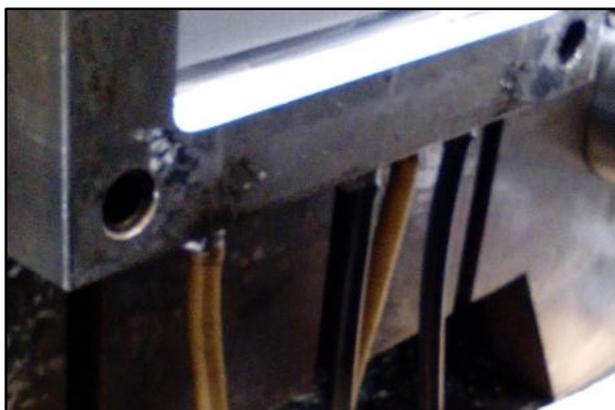


Figura 36 - Ligação de quatro mangueiras de refrigeração

Para agilizar esta instalação existe soluções no mercado, como os sistemas de conexão rápida do sistema de arrefecimento.

Com a utilização destes equipamentos no lugar de ser necessário ligar quatro mangueiras individualmente apenas se faz uma ligação. A diversidade de moldes é grande e todos eles possuem um sistema de refrigeração diferente, acontece ocasionalmente enganos nas ligações que poderiam ser evitados com a instalação destes sistemas.

Ao ligar e desligar as mangueiras a água que fica no circuito é sempre derramada sobre as máquinas e no chão. Como estes vazamentos são diários os fundos das máquinas estão já bastante danificados com ferrugem. Um dos modelos deste equipamento tem a possibilidade de estancar a água ao desligar o circuito, ou seja, quando a alavanca é desligada a água é fechada e não derrama água. Este equipamento seria também bastante importante na preservação e conservação das máquinas.

Devido ao numeroso tipo de peças que se produzem no sector da injeção, os parâmetros das máquinas são alterados frequentemente e nem sempre é fácil conseguir arrancar rapidamente

com as produções. As máquinas de injeção permitem guardar um determinado número de programas referentes aos moldes, nesses programas estão registadas algumas condições ótimas para se produzir as peças. Ao longo do tempo tem-se vindo a fazer o registo dos programas dos moldes que se colocam nas máquinas de maneira que na próxima entrada do mesmo molde o arranque seja mais rápido. Estes programas têm por objetivo reduzir a complexidade do arranque e também o tempo de paragem das máquinas. Na imagem seguinte é possível ver um painel de uma máquina de injeção já com alguns programas gravados.

*035	CAIXAS/MINE	11.22.2010	053	52-OrlaFusion	06.02.2015
036	158-TapaFiltMin	01.06.2016	054	43-TPSupSuprlux	09.23.2015
037	COLUMA/SECA	12.15.2014	055	206-TPAliStrt55	11.18.2015
038	CORPO/LU/MIMI	10.21.2010	056	244-TapaSIExtC1	04.09.2015
039	SEPARADORES/SU	02.08.2011	057	233-TopoPerf ISI	04.09.2015
040	242-TPSI Pres130	11.27.2015	058	91-TampaLateral	12.16.2015
041	TAMPA/GAVETA/GA	08.06.2010	059	266-PortAlimBau	11.06.2015
042	CANTO/REFLETOR	01.06.2015	060	128-SuportBiobx	12.28.2015
043	264-TapaSILedT8	01.08.2016	061	123-TampaExposi	04.23.2015
044	167-TPEvasioLED	12.11.2015	062	114-CantoEvasio	06.02.2015
045	226-PassaProtul	08.12.2015	063	207-UedantStrt	05.07.2015
046	254-SuportAqLED	01.08.2016	064	187-GrelhaKidsf	05.07.2015
047	113-CantoHorizo	11.28.2015	065	248-SuportSIEco	05.08.2015
048	185-TopoPerfil	11.23.2015	066	97-AroPortAlimt	12.04.2015
049	11-DobradicAtla	01.07.2016	067	85-GrelhaTerrar	10.02.2015
050	158-GrelhaVivar	12.11.2015	068	98-SerraCabo104	01.04.2016
051	145-CantoVivari	01.11.2016	069	60-PegaCobVidro	12.28.2015
052	115-CantoElegan	01.08.2016	070	256-CantoElegan	11.27.2015

Figura 37 – Alguns dos programas já gravados numa das máquinas

Operações Externas

Relativamente às operações que são realizadas com a máquina ainda em funcionamento destaca-se a substituição dos postiços. Um molde pode fazer uma ou várias peças na mesma moldação ou, alterando postiços, em moldações diferentes utilizando ainda o mesmo molde. Para se substituírem esses postiços existe sempre a necessidade de se abrir o molde, e até mesmo em alguns casos desmontar grande parte da sua estrutura. Abrir um molde nem sempre é fácil, os moldes de maior dimensão podem levar largos minutos a abrir. Geralmente a abertura é feita com auxílio de martelos e ferros, o que acaba por danificar as placas. Assim sendo, pensou-se numa estrutura para facilitar a sua abertura. Este instrumento está ainda em fase de conceção mas o conceito passa por ter uma base onde é colocado o molde, uma das partes é fixa e a outra parte do molde é movida. O operador apenas tem que fazer um movimento de rotação consoante a deslocação pretendida. Na imagem a seguir é possível ver uma aproximação do equipamento que é pretendido.



Figura 38 – Aproximação do equipamento para abrir moldes

Ainda relativamente aos postigos, alguns moldes tem um número considerável de alterações. Alguém que não esteja tão familiarizado com as peças produzidas na injeção é natural que tenha dificuldade em fazer essas substituições. Fez-se já uma numeração dos postigos através da lista de molde existente na secção. Cada peça possui um número e na sua respetiva caixa de postigos está designado um compartimento com esse mesmo número. Mas se os postigos não forem guardados na caixa correta na troca seguinte pode haver confusão. Para resolver esse problema todos os postigos devem ser marcados com o número de molde a que pertence e o número de postigo designado na tabela dos moldes como mostra a imagem seguinte.



Figura 39 – Exemplo de numeração/identificação dos postigos

5. Estudo da otimização de moldes

Nas empresas a correta gestão do tempo e dos desperdícios é essencial. Estando o mercado em mudança constante é fundamental para as empresas acompanhar a variedade e preferências dos clientes. Assim sendo, na indústria da injeção é importante conseguir rentabilizar os recursos quer pelo correto dimensionamento das moldações evitando resíduos excessivos, quer pela opção, sempre que possível, de moldes com várias cavidades diminuindo o tempo de produção de uma determinada quantidade de peças, ou ainda pela eliminação das operações de acabamento.

Tendo em vista a rentabilização e melhoria de alguns moldes é apresentado a seguir um conjunto de soluções para economizar e facilitar a produção de duas peças com elevada procura.

5.1. Peças a estudar

De uma alargada variedade de peças produzidas no sector da injeção da Aquatlantis escolheram-se duas peças com elevada procura que necessitam de intervenção, a Dobradiça Atlantis Nova e a Tampinha de Alimentação Aquafashion, apresentadas nas imagens a seguir. As duas peças possuem dimensões reduzidas, pesando a dobradiça cerca de 3,8 gramas e a tampinha 5,1 gramas. O material utilizado na fabricação destas peças é o poliestireno (PS) e são produzidas numa elevada gama de cores.

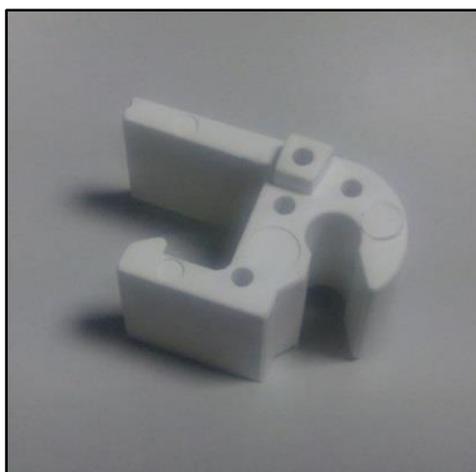


Figura 40 – Dobradiça Atlantis Nova



Figura 41 – Tampinha de Alimentação Aquafashion

Estas duas peças foram escolhidas por apresentarem um desperdício elevado, quer de tempo de produção mas também de quantidade de resíduos produzidos.

5.2. Análise da situação atual

O molde que dá forma à tampinha de Alimentação e à Dobradiça Atlantis Nova é um molde família. Inicialmente produzia dez peças mas por falta de uso três cavidades foram já provisoriamente tapadas. Neste momento, o molde produz duas tampinhas de alimentação, três dobradiças e dois reguladores de fluxo.

As Tampinhas de Alimentação Aquafashion são utilizadas em grande parte dos aquários fabricados na Aquatlantis verificando uma produção anual na ordem das 152186 unidades. Já a Dobradiça Atlantis Nova possui, em média, uma produção de 241440 peças por ano. Sendo que cada aquário leva uma tampinha e tanto pode levar duas dobradiças como pode não levar nenhuma, acaba por se produzir elevado *stock* de dobradiças desnecessárias.

Estando o molde equipado com duas cavidades de tampinhas e três de dobradiças e sabendo o tempo de ciclo de cada moldação ronda os 37,5 segundos facilmente se percebe que são necessárias 793 horas de trabalho de máquina para produzir as 152186 tampinhas e 838 horas para produzir as 241440 dobradiças como mostra a tabela seguinte.

Tabela 9 – Comparação do tempo de produção das duas peças

	Tampinha de Alimentação Aquafashion	Dobradiça Atlantis Nova
Média produção anual	152186	241440
Nº de cavidades no molde	2	3
Tempo de ciclo (s)	37,5	37,5
Tempo de produção (h)	793	838

Considerando o custo que uma máquina representa para a empresa por hora de trabalho é possível traduzir os valores da tabela anterior em custos de produção.

De salientar que o tempo e os custos de produção das dobradiças e das tampinhas não podem ser considerados individualmente uma vez que as duas peças são produzidas simultaneamente, optou-se então por fazer a estimativa do custo de produção para a peça produzida em maior quantidade, ou seja, as dobradiças.

Tabela 10 – Custos de produção hora/máquina por ano

	Dobradiça Atlantis Nova
Média produção anual	241440
Ciclos necessários	80480
Custo funcionamento de máquina (€/ano)	3.140,00

Relativamente aos custos de funcionamento de máquina verifica-se que, por ano a despesa com a produção das dobradiças e das tampinhas ronda os 3.140,00€.

Além do custo de produzir há ainda o custo de ter um operador a separar e fazer os acabamentos nas peças. As dobradiças têm um ataque que permite a separação automática do jito mas no caso das tampinhas isso já não acontece, existindo a necessidade de cortar o jito e limpar as rebarbas deixadas pela separação.

Sabendo o tempo que um operador demora a efetuar as operações de limpeza nas peças é possível determinar os custos que essas operações representam para a empresa. Considerando que um operador demora cerca de 220 horas para realizar a separação e limpeza das peças ao fim de um ano representa 1.757,71€ que poderiam ser evitados com a alteração do tipo de ataque.

Sabendo que uma moldação completa pesa cerca de 35.14 gramas e conhecendo o peso de cada uma das peças é possível calcular a quantidade de resíduos que está inerente à produção de cada uma delas. Na tabela apresentada a seguir é possível verificar que num ano para se produzir as 152186 tampinhas e 241400 dobradiças, o desperdício de cada uma delas ronda os 25%.

Tabela 11 – Produção anual de resíduos resultante das duas peças

	Tampinha de Alimentação Aquafashion	Dobradiça Atlantis Nova
Produção de peças (Kg/ano)	773	913
Produção de Resíduos (Kg/ano)	266	316

Importa também perceber o custo destes desperdícios.

Todas as peças são pigmentadas com auxílio de corante em grão que é adicionado ao material numa proporção de 3% da quantidade de material base necessário para completar a moldação. Desta forma é possível ter a perceção de quanto se desperdiça em material por ano.

Tabela 12 – Custos de material por peças e por desperdícios

	Tampinha de Alimentação Aquafashion	Dobradiça Atlantis Nova
Custo Produção de peças (€/ano)	1.124,71	1.327,90
Custo Produção de Resíduos (€/ano)	387,03	460,07

Ao analisar os custos, representados na tabela anterior, verifica-se que para produzir a totalidade das tampinhas de alimentação e das dobradiças, o desperdício financeiro é cerca de 387,03€ e 460,07€ por ano. As dobradiças representam o maior desperdício por terem também o maior número de peças produzidas por ano.

5.3. Otimização

Tendo em vista a redução de custos, tanto de material como de tempo, fez-se um estudo das possíveis melhorias que as duas peças poderiam sofrer.

Não sendo a utilização das duas peças equivalente mas ainda assim bastante elevada, a melhor solução passa então pela separação das peças em dois moldes distintos. Com a separação das peças evita-se a construção de moldes família e a produção de excessiva de uma das peças.

Optou-se por equipar ambos os moldes com seis cavidades por se considerar um número satisfatório de rentabilização e também por originar num molde com dimensões aceitáveis.

Tendo em conta o número de peças a injetar e as características do material utilizado passou-se então ao cálculo do sistema de alimentação das duas peças. Na tabela seguinte são apresentados os raios obtidos para o dimensionamento de canais de secção circular.

Tabela 13 – Raios obtidos para os sistemas de alimentação

	Tampinha de Alimentação (mm)	Dobradiça Atlantis (mm)
Ataque	0,4	0,4
Alimentador Secundário	1,9	1,3
Alimentador Principal	2,4	2,2
Jito	2,9	2,7

No [anexo VI](#) pode ser consultada a folha de cálculo que permitiu dimensionar os raios dos sistemas de alimentação.

A disposição das cavidades no molde deve ser pensada tendo em conta os canais de arrefecimento. Estes canais devem ser dimensionados de maneira a garantir o correto arrefecimento das peças no molde. Assim sendo, escolheu-se uma configuração tipo retangular para facilitar a maquinação dos canais de arrefecimento.

Nas imagens apresentadas a seguir é possível ver a disposição escolhida para as duas moldações.

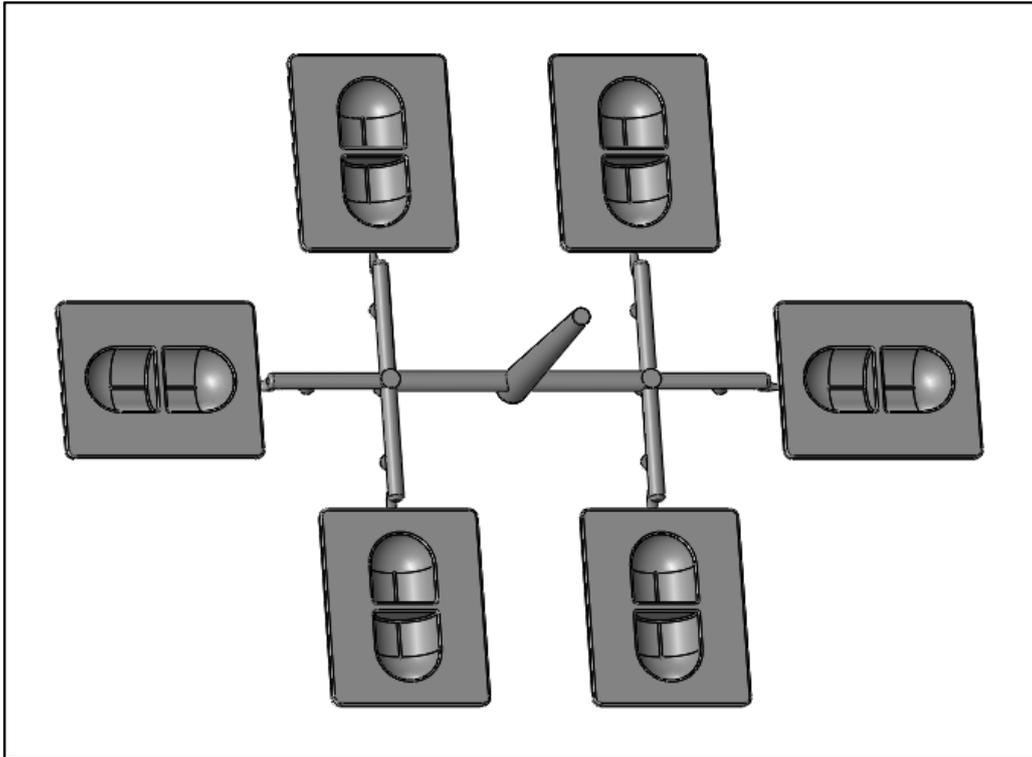


Figura 42 – Sistema de alimentação para a Tampinha de Alimentação

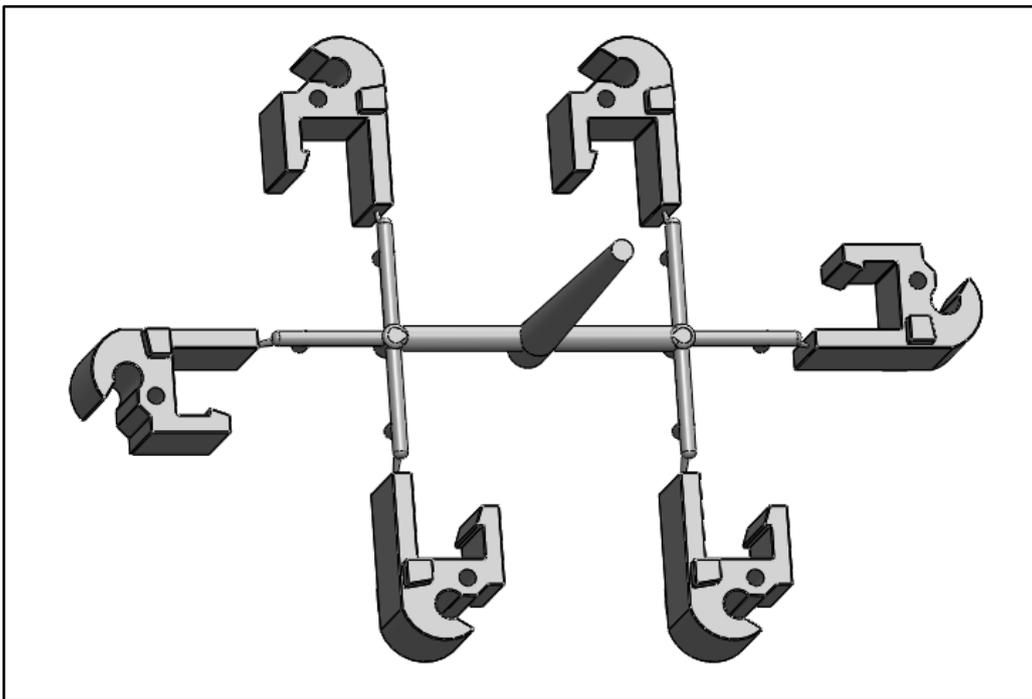


Figura 43 – Sistema de alimentação para a Dobradiça Atlantis

Para eliminar as operações de acabamentos e o corte manual do jito da peça escolheu-se o ataque submarino.

A tampinha de alimentação, devido à sua geometria, obrigou à utilização do ataque submarino curvo, como mostra a imagem seguinte.

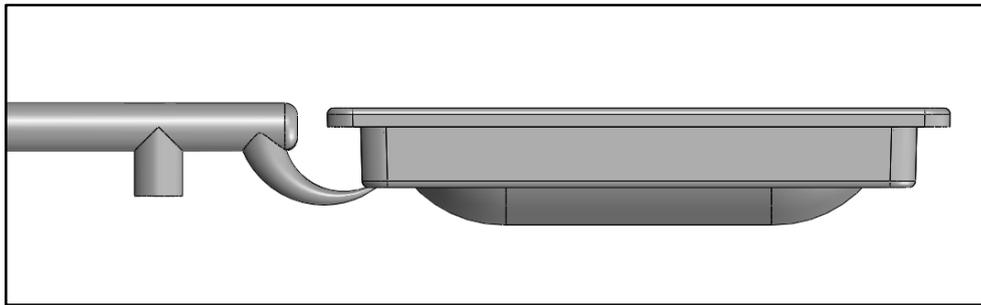


Figura 44 – Ataque submarino curvo adaptado na tampinha

Pela simulação do enchimento da peça obtida pelo *software* Moldflow é possível verificar, pela imagem seguinte, que a localização e dimensão do ataque permite o correto preenchimento da peça. As zonas a vermelho representam o fim da moldação, ou seja, as últimas zonas a serem preenchidas. No anexo VII é possível consultar imagens que ilustram o enchimento da peça.

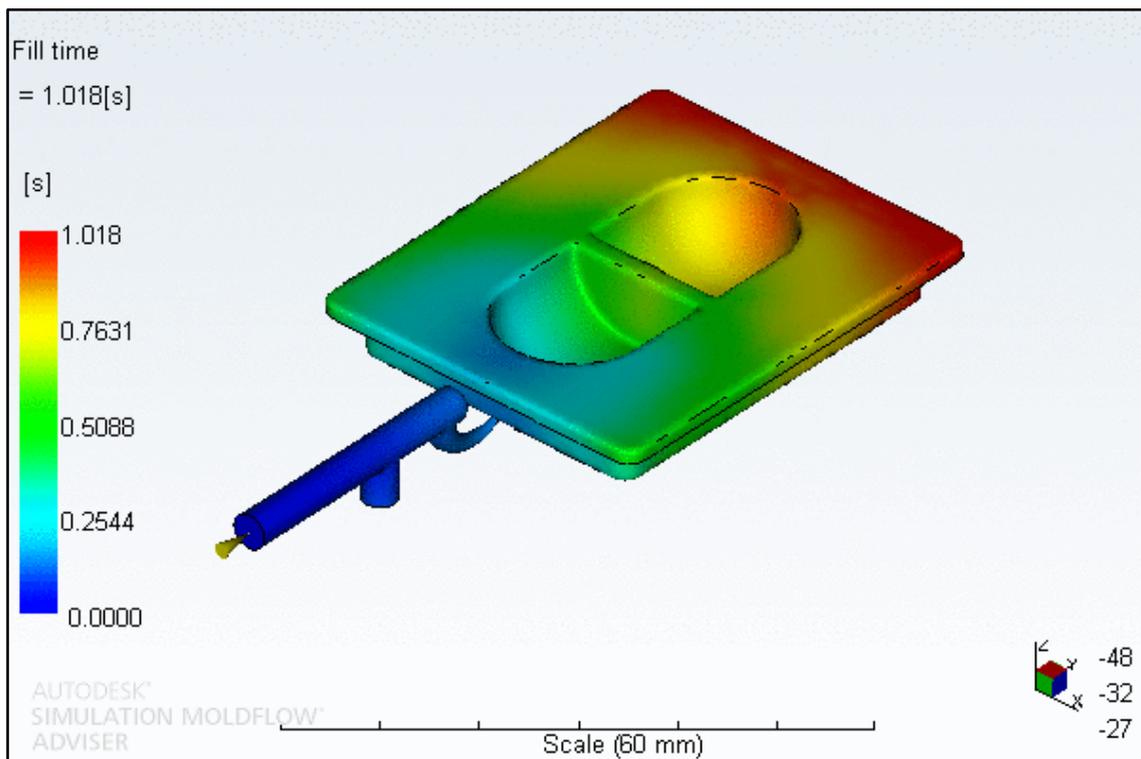


Figura 45 – Localização do ataque e enchimento da peça

Nas dobradiças, como a geometria da peça o permitia, o ataque escolhido foi o submarino normal. Na imagem seguinte é possível ver a geometria e posição do ataque na peça.

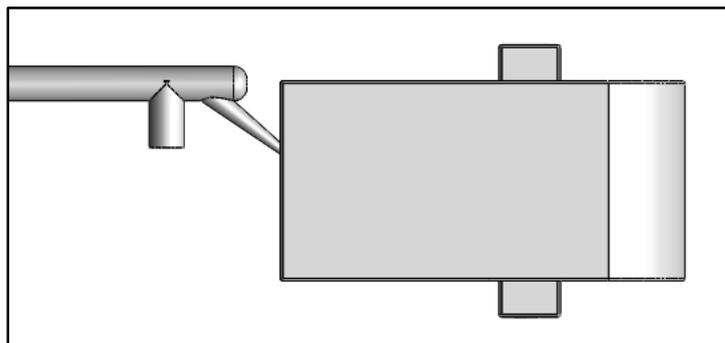


Figura 46 – Ataque submarino dimensionado para a dobradiça

À semelhança da peça anterior, e comprovado pelo *software* de simulação, a localização e dimensão do ataque também possibilita o enchimento da dobradiça. No anexo VIII estão presentes três imagens que mostram como enche a peça.

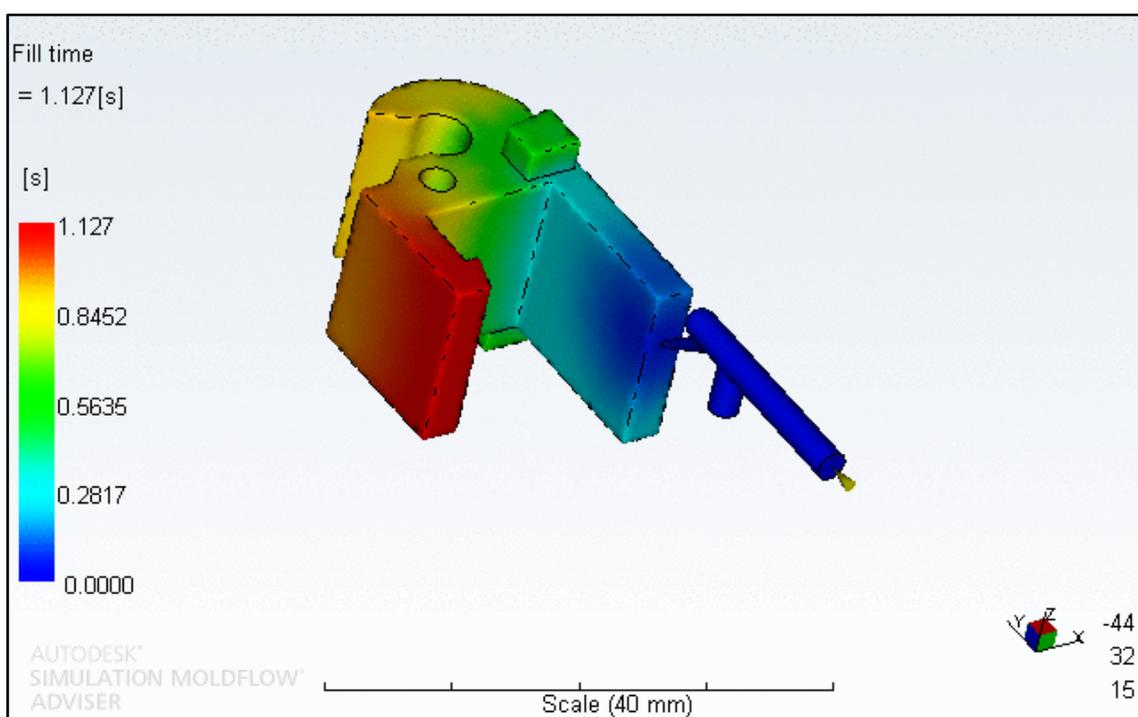


Figura 47 – Localização do ataque e enchimento da peça

Ambos os ataques permitem a separação automática da peça do jito evitando assim a necessidade de efetuar operações de acabamento e reduzindo o tempo total de produção das peças.

O correto ajuste do tempo de arrefecimento é essencial para a obtenção de peças com qualidade. Alguns defeitos como chupados e chochos tem origem num mau dimensionamento do tempo de arrefecimento.

Na tabela seguinte são apresentados os tempos de arrefecimento necessários para extrair as peças sem que ocorra deformação ou defeitos.

Para esse cálculo utilizou-se a seguinte fórmula: $t_c = \frac{s^2}{\pi^2 \alpha_{ef}} \ln KY$, onde s representa a espessura da peça, α_{ef} a difusividade térmica efetiva média, K o coeficiente dependente da espessura da peça e Y que representa a temperatura adimensional que é dada por $Y = \frac{T_i - T_m}{T_e - T_m}$, sendo T_i a temperatura de injeção, T_e a temperatura de ejeção e T_m a temperatura do molde.

Tabela 14 – Tempo de arrefecimento das duas peças

	Tempo de arrefecimento (s)
Tampa Alimentação Aquafashion	17,6
Dobradiça Atlantis Nova	35,4

Todas estas alterações propostas têm um impacto financeiro associado, é necessário então quantificar e perceber a dimensão desses valores.

Estando os moldes equipados com seis cavidades o tempo de produção da quantidade necessária por ano é bastante reduzido. Na tabela seguinte são mostradas as horas necessárias para garantir a produção anual.

Tabela 15 – Tempo e custo de produção dos moldes com seis cavidades

	Tampinha de Alimentação Aquafashion	Dobradiça Atlantis Nova
Média produção anual	152186	241440
Nº de cavidades no molde	6	6
Tempo de ciclo (s)	37,5	37,5
Tempo de produção (h)	264	419
Custo funcionamento de máquina (€/ano)	989,70	1.570,00

Importa referir que as horas de produção já são consideradas individualmente uma vez que se dividiu as peças por dois moldes distintos. Por aproximação e para não falsear os resultados considerou-se o mesmo tempo de ciclo utilizado no molde anterior.

Verifica-se que, para garantir a produção anual de Tampinhas de Alimentação e Dobradiças Atlantis o custo associado ronda os 2.559,70€ por ano.

Tendo conhecimento do peso das novas moldações é possível passar à aproximação da produção de resíduos.

Tabela 16 – Produção de resíduos por ano e custos associados

	Tampinha de Alimentação Aquafashion	Dobradiça Atlantis Nova
Média produção anual	152186	241440
Produção de Resíduos (Kg/ano)	187	142
Custo do desperdício (€)	272,37	206,68

Pela tabela anterior é possível verificar que o custo do material que vai para reciclar ronda os 479,05€ por ano.

Comparativamente conclui-se que com a alteração do tipo de ataque e com o aumento do número de cavidades no molde a redução do custo de produção é bastante significativa. Na tabela seguinte é apresentada uma comparação entre os custos antes e depois da melhoria. Antes da melhoria o tempo de produção das duas peças não pode ser considerado individualmente mas a acrescentar aos custos de produção está o acabamento das peças, depois da melhoria o tempo para produzir é muito menor e as operações de acabamentos são eliminadas.

Tabela 17 – Comparação dos custos de produção atualmente e depois da melhoria

	Custo Tempo Produção (€/ano)	
	Atualmente	Proposta de Melhoria
Tampinha de Alimentação		
Aquafashion	4.898,11 €	989,74 €
Dobradiça Atlantis Nova		1.570,20 €
Total	4.898,11 €	2.559,94 €

Ainda de salientar a redução da quantidade de resíduos produzidos. Ao fim de um ano de produção os custos de material que é enviado para a reciclagem são reduzidos em cerca de 105,67€ nas tampinhas e 253,39€ nas dobradiças.

Tabela 18 – Comparação dos custos de material desperdiçado atualmente e depois da melhoria

	Desperdício (€)	
	Atualmente	Proposta de Melhoria
Tampinha de Alimentação		
Aquafashion	378,03	272,36
Dobradiça Atlantis Nova	460,07	206,68
Total	838,10	479,04

A tabela anterior mostra a comparação entre os gastos com o material que é desperdiçado. Com a implementação das propostas os custos decrescem para quase metade do valor inicial.

Através da rentabilização das duas peças é possível economizar 2.697,23€ por ano, valor esse que permite pagar a totalidade do investimento dos dois moldes ao fim de, aproximadamente, quatro anos. O investimento para a fabricação dos moldes ainda é considerável mas tendo em conta que será também possível eliminar a produção excessiva de dobradiças e facilitar a produção com qualidade das duas peças considera-se fundamental a sua fabricação.

Existem outros moldes com necessidade de intervenção, optou-se por fazer o estudo para as duas peças que verificam elevada produção e muito desperdício de tempo nas operações de acabamento. Todo o processo seguido para o dimensionamento dos dois sistemas de alimentação pode e deve ser adotado para outros casos que também necessitam de intervenção.

Foi já realizada uma análise prévia da rentabilização de outros moldes com produtividade reduzida. Desses moldes fazem parte o Fundo Mini 30, o Caixilho Mini 30, a Tampa Lateral SI Económico, Ventosa Biobox e o Canto Inferior Elegance 45, todos eles com apenas uma cavidade com exceção da ventosa que tem seis cavidades mas mesmo assim pouco rentável. Esse estudo pode ser consultado nos anexo IX, X, XI, XII e XIII. No estudo foi apenas previsto o tempo economizado com o aumento do número de cavidades e a previsão da redução de custos associados.

6. Conclusão

Atualmente, o sector da injeção consegue dar resposta às linhas de montagem para a produção diária de vários modelos e cores de aquários.

No entanto, esta produção muito variada e nas quantidades necessárias para alimentar os restantes setores, a longo prazo, poderá tornar-se um obstáculo quer para a produtividade quer para o rigor da qualidade, podendo vir a tornar-se numa insuficiente capacidade de resposta.

Sendo o objetivo central deste projeto a melhoria do processo produtivo do sector, ao longo deste projeto foram propostas algumas medidas corretivas, algumas das quais foram já implementadas.

Com a implementação da metodologia 5S obter-se-á postos de trabalho mais funcionais e mais apelativos de maneira a incutir o gosto dos operadores pela realização das suas tarefas. Verificou-se que os postos de trabalho podiam ser bastante melhorados apenas com a eliminação de objetos sem utilidade, como peças obsoletas ou simplesmente utensílios que os operadores pensam “um dia vai fazer falta”. Foi possível libertar algum espaço e organizar algumas áreas como a parte dos materiais e dos corantes.

Com a metodologia SMED foi possível reduzir os tempos de mudança de moldes, a qual se encontra ainda em implementação. As tarefas que estavam a ser executadas nos momentos inadequados foram revistas e propostas alternativas de modo a melhorar e encurtar a sua realização. No sentido de agilizar e facilitar o trabalho dos operadores criaram-se instruções de montagem e arranque de molde e máquina e criaram-se também novos equipamentos e utensílios para ajudar na mudança de molde.

Relativamente à rentabilização dos moldes, é facilmente perceptível que um aumento do número de cavidades e um correto dimensionamento dos sistemas de alimentação, além de reduzir o tempo necessário para produzir uma determinada quantidade de peças reduz também a quantidade de resíduos produzidos no sector. Com este estudo foi possível ter a perceção do impacto que um bom planeamento e projeção dos moldes podem ter na rentabilidade dos equipamentos. A empresa está já a dar alguns passos no sentido de

aumentar a produtividade de algumas das peças mais produzidas, estando já prevista a aquisição de novos moldes.

Com a implementação parcial das melhorias propostas neste relatório já são visíveis algumas melhorias na organização do sector e otimização do processo produtivo. Encontra-se prevista a implementação das restantes ações, que seguramente trarão um ganho muito significativo para o sector em questão, em todos os aspetos mencionados ao longo deste relatório.

Referências Bibliográficas

Livro: Brito, A., Araújo, B., Sousa R., & Pontes, A. (2003). *Manual do projectista para moldes de injeção de plástico – sistema de alimentação e escapes de gases*. Portugal. ColorEstúdio.

Livro: Cuignet, R., Pillet, M. e Bonnefous, C. (2007). *Gestão da Produção*. Portugal. Lidel - Edições Técnicas

Livro: Productivity Press Development Team, The (1996). *Quick Changeover: for Operators: THE SMED SYSTEM*. Productivity.

Livro: Productivity Press Development Team, The (1996). *5S for Operators, 5 Pillars of the Visual Workplace*. Productivity.

Livro: Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York: Rawson Associates.

Slides de aulas: Brito, A. (2010). *Projecto de Moldes*. Departamento de Engenharia de Polímeros. Universidade do Minho; Guimarães.

Slides de aulas: Sousa, R. (2012). *Gestão Lean*. Slides das aulas de Organização da Produção. Departamento de Produção e Sistemas. Universidade do Minho; Guimarães.

Slides de aulas: VIANA, J.C. (2012). *Processamento de Polímeros II – Dimensionamento de sistemas de alimentação*, Slides das aulas de Processamento de Polímeros II. Departamento de Engenharia de Polímeros. Universidade do Minho; Guimarães.

Tese: Brito, L. (2011). *Organização da produção através da aplicação de ferramentas lean manufacturing numa empresa de produção de pneus*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Escola de Engenharia. Universidade do Minho; Guimarães, 123 pgs.

Tese: Cruz, N.M.P. (2013). *Implementação de ferramentas Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Escola de Engenharia. Universidade do Minho; Guimarães, 63 pgs.

Otimização de um Processo de Injeção Industrial

Tese: Soares, J. (2014). *Implementação de ferramentas Lean Production numa empresa de mobiliário*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Escola de Engenharia. Universidade do Minho; Guimarães, 147 pgs.

Texto de apoio: Brito, A. (2000). *Moldes de Injecção para Termoplásticos*. Departamento de Engenharia de Polímeros. Universidade do Minho; Guimarães.

Anexos

Anexo I – Organização do sector

Proposta A

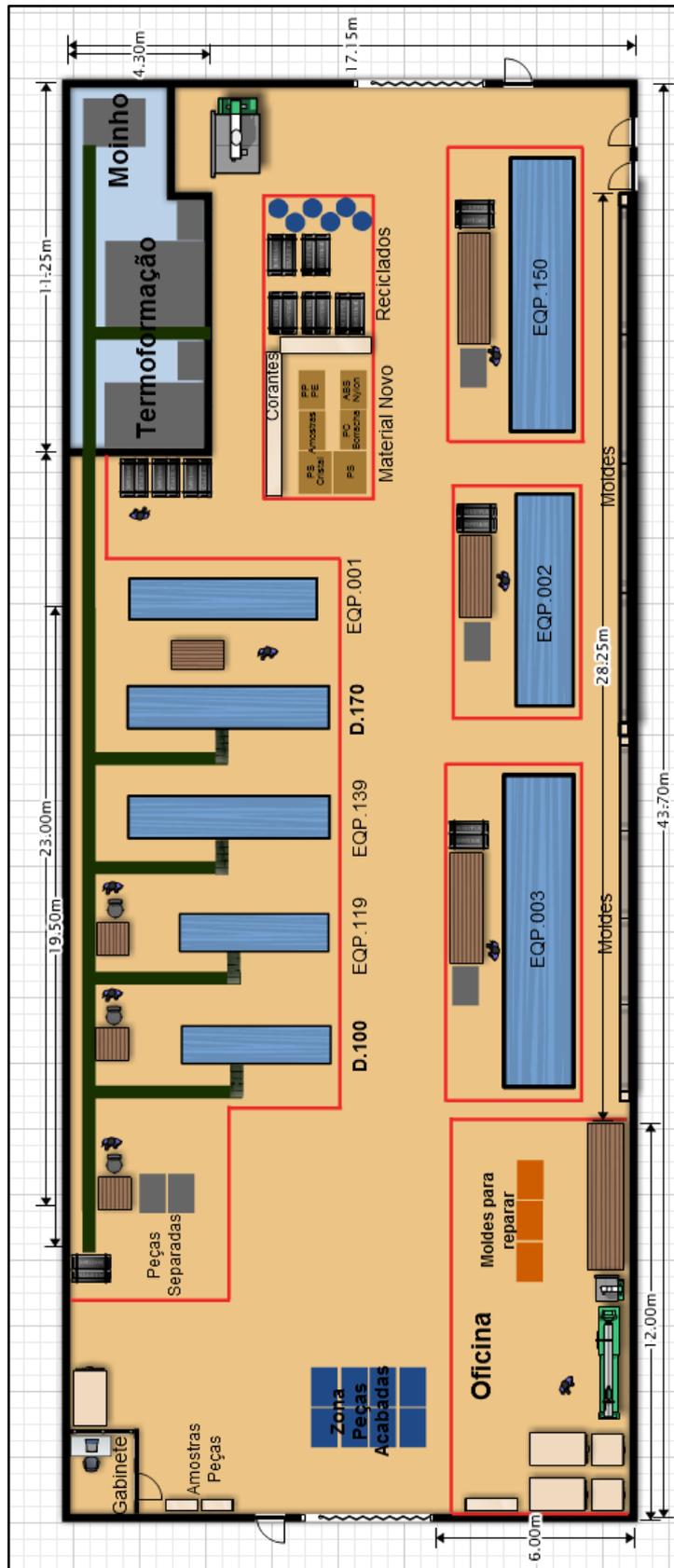


Figura 48 - Organização do sector – Proposta A

Anexo I – Organização do sector (continuação)

Proposta B

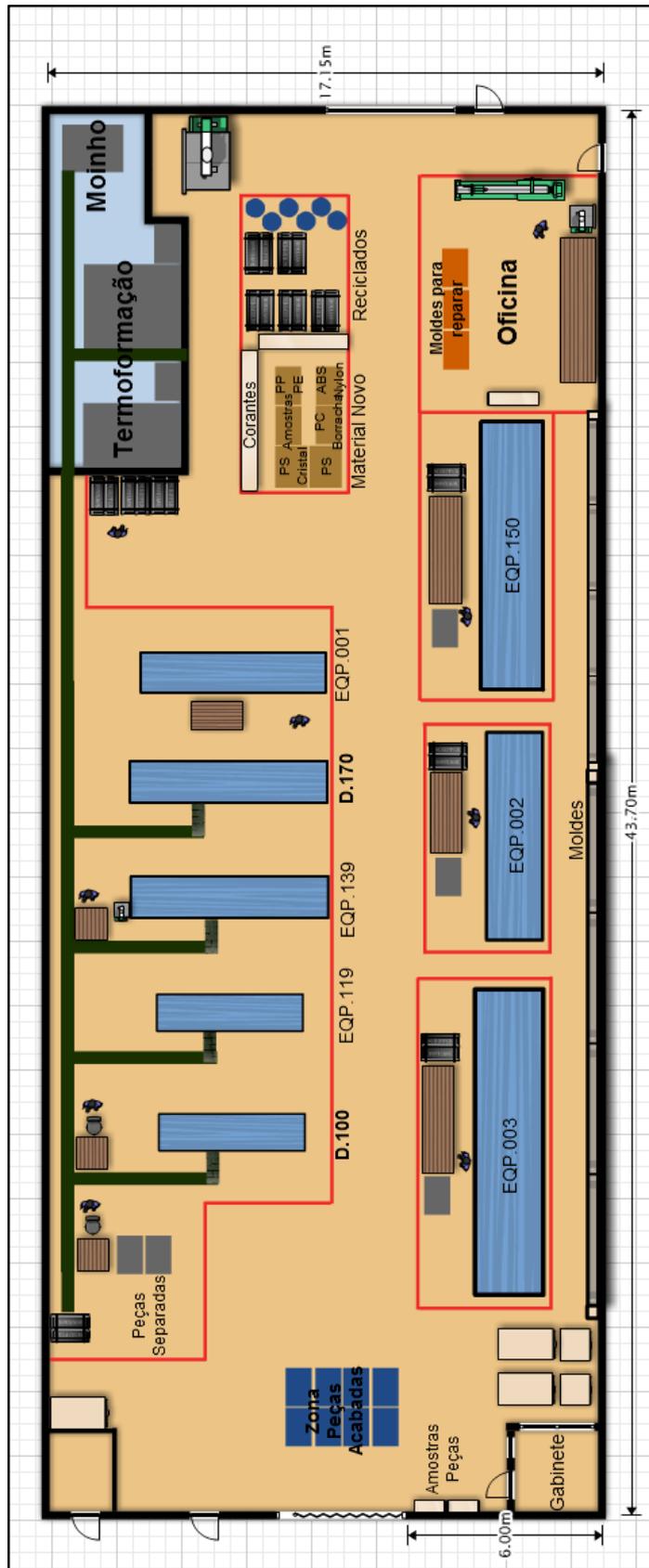


Figura 49 - Organização do sector – Proposta B

Anexo II – Plano de Tarefas

Tabela 19 – Plano de tarefas

Atividades	Execução da tarefa	Duração da tarefa (min.)	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Semana 1	Varrer chão	5	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
	Limpar mesa trabalho	5	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
	Limpar máquina	5	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
	Recolher e descartar lixo	15	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno
	Verificar fugas óleo	5	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno
	Limpar depósitos água	15	1º turno	-	-	-	-
	Varrer chão	5	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
Semana 2	Limpar mesa trabalho	5	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
	Limpar máquina	5	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
	Recolher e descartar lixo	15	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno
	Verificar fugas óleo	5	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno
	Limpar depósitos água	15	1º turno	-	-	-	-
	Varrer chão	5	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
	Limpar mesa trabalho	5	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
Semana 3	Limpar máquina	5	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
	Recolher e descartar lixo	15	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno
	Verificar fugas óleo	5	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno
	Limpar depósitos água	15	1º turno	-	-	-	-

Anexo II – Plano de Tarefas (continuação)

Tabela 20 – Plano de tarefas (continuação)

Semana 4	Varrer chão	Fim do turno	5	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
	Limpar mesa trabalho	Fim do turno	5	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
	Limpar máquina	Fim do turno	5	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
	Recolher e descartar lixo	Fim do turno	15	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno
	Verificar fugas óleo	Durante o turno	5	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno
Semana 5	Limpar depósitos água	Início do turno	15	1º turno	-	-	-	-
	Varrer chão	Fim do turno	5	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
	Limpar mesa trabalho	Fim do turno	5	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
	Limpar máquina	Fim do turno	5	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
	Recolher e descartar lixo	Fim do turno	15	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno
	Verificar fugas óleo	Durante o turno	5	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno
	Limpar depósitos água	Início do turno	15	1º turno	-	-	-	-

Anexo III – Plano de Formação

Formação Moldação por Injeção

1. Matérias-primas
 - a. Tipos de materiais e as suas principais propriedades:
 - i. Temperaturas de fusão/amolecimento;
 - ii. Tempos e temperaturas de estufa;
 - iii. Contrações;
 - iv. Identificação dos materiais.
 - b. Analogia entre material novo e reciclado:
 - i. Propriedades;
 - ii. Custos.
2. Máquina de Injeção
 - a. Componentes genéricos:
 - i. Unidade de potência;
 - ii. Unidade de comando;
 - iii. Unidade de Injeção;
 - iv. Unidade de fecho.
 - b. Segurança na utilização das máquinas.
 - c. Limpeza e manutenção.
3. Moldes
 - a. Tipos de moldes
 - i. Canais quentes;
 - ii. Canais frios.
 - b. Constituição do molde
 - i. Cavidade e bucha;
 - ii. Sistema de alimentação;
 - iii. Sistema de escape de gases;
 - iv. Sistema de controlo da temperatura;
 - v. Sistema de extração.
 - c. Limpeza e conservação.
4. Processamento
 - a. Temperatura da matéria-prima;
 - b. Temperatura do molde;
 - c. Dosagem de material e corante;
 - d. Injeção e arrefecimento;
 - e. Extração.
5. Principais defeitos na injeção e possíveis correções.

Anexo IV – Ficha de montagem de Molde



FICHA DE MONTAGEM DE MOLDE

MOLDE 205 – FUNDO START 55

- Água fria em todo o molde.
- Molde trabalha com bico quente. Resistência a 190° C com o material reciclado da Augusto Guimarães e a 240°C nos restantes materiais.

Parte Fixa

Na parte fixa tem apenas uma entrada e uma saída de água fria.



Parte Móvel

Na parte móvel tem também apenas uma entrada e uma saída de água na parte lateral do molde.



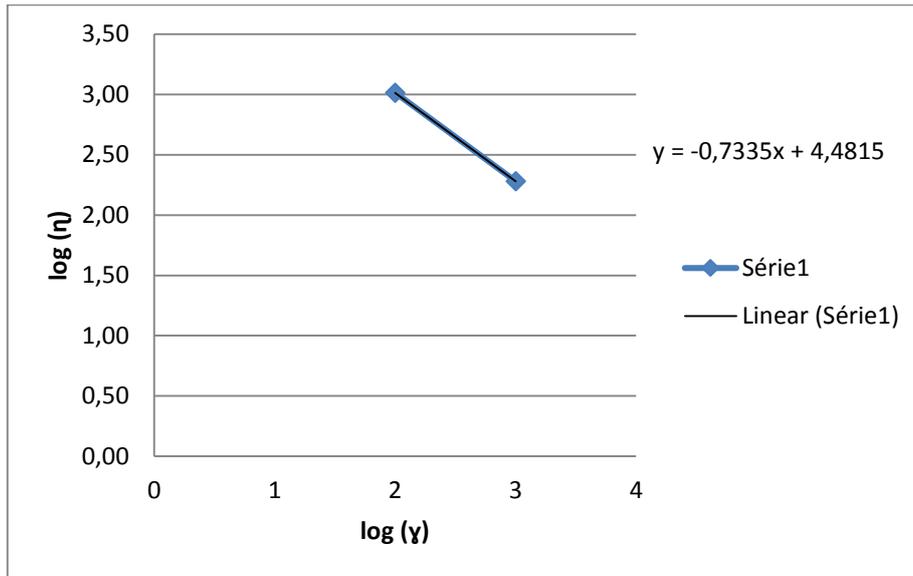
Anexo V – Ficha Técnica de Injeção

FICHA TÉCNICA DE INJEÇÃO										
Produto:		Fundo Start 55				Ref.:				PL0375.025
Molde / Máquina										
Molde nº:	205			Máq.:	EQP.002					
Tipo e material	PS	Ref.:	Styron 7 TYPE 1200							
Temperatura da estufa	60°C									
Tempo de estufa / H	2h									
Temp. molde lado fixo	-									
Temp molde lado móvel	-									
Corante / Doseador	40 rpm			Refrigeração por água:	Injeção					
Ref. Corante	MB 1537 White			Extração						
Condições de produção - Injeção										
Temperatura do fluido		Bico	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6			
		220	210	200	190	180	-			
Injeção			Molde							
Pressão	Velocidade	Posição	Pressão	Velocidade	Posição					
1	-	-	Fecho	80	50	30				
2	-	-	Proteção	70	50	3				
3	-	-	Alta Pres.	140	50					
4	80	100	Abertura L	80	25	10				
5	-	-	Abertura R	50	40	180				
Manutenção			Amortec.	10	20	200				
Limite tempo de injeção		10								
Carga										
1	40	50	230							
2	40	50	230							
3	-	-	-							
Descompressão										
		25	25	11						
Extração										
AL	15	20	-							
AR	15	20	135							
RE	40	40	100							
Contagem			1							
Arrefecimento		45								
Tempo de ciclo		54,8								
				Bico quente	240°C	-	-	-	-	
			Sopros							
			Móvel		Fixo					
			Esper.	-	-					
			Tempo	-	-					
			Posic.	-	-					
			Func.	-	-					
Acondicionamento / embalagem										
Embalagem		Caixas de alumínio								
Obs:										
Data		09-09-2015			Aprovado		_____			

Anexo VI – Folha de cálculo

Lei de Potência

η	γ	m	-0,73
191	1000	n	0,27
1034	100	k	29820,89



Tampinha de Alimentação Aquafashion

V (mm ³)	5099,74
Nº de cavidades	6
ΔP (MPa)	6,86



W (mm)	40
L (mm)	50
H (mm)	1,6

	Taxa de corte $\dot{\gamma}$ (s ⁻¹)	Caudal (mm ³ /s)	r (mm)	r0 (mm)	r1 (mm)	ΔP (MPa)
Ataque	40000	1181,91	0,4	0,4	1,9	0,06
Alimentador S	400	1181,91	1,9	-	-	4,77
Alimentador P	400	2635,62	2,4	-	-	3,65
Jito	400	4371,55	2,9	4,3	7,3	0,01
Bico injectora						7

ΔP TOTAL (MPa)	22,35
------------------------	-------

Anexo VI – Folha de cálculo (continuação)

Dobradiça Atlantis

V (mm ³)	3759,6
Nº de cavidades	6
ΔP (MPa)	2,72



W (mm)	19
L (mm)	30
H (mm)	3

	Taxa de corte $\dot{\gamma}$ (s ⁻¹)	Caudal (mm ³ /s)	r (mm)	r0 (mm)	r1 (mm)	ΔP (MPa)
Ataque	40000	946,08	0,4	0,4	1,3	0,05
Alimentador S	400	946,08	1,3	-	-	5,57
Alimentador P	400	2109,73	2,2	-	-	2,62
Jito	400	3499,28	2,7	3,9	7,0	0,01
Bico injetora						7

ΔP TOTAL (MPa)	17,97
-----------------------	--------------

$$Q_{inj} = 67 \times \left(\frac{V}{100}\right)^{0,73} \pm 40\%$$

Fórmula para obtenção do caudal de injeção

$$\dot{\gamma} = \frac{3n + 1}{n} \times \frac{Q}{\pi r^3}$$

Fórmula para obtenção do raio dos canais

$$\log \eta = \log k + (n - 1) \log \dot{\gamma}$$

Fórmula para obtenção do k da lei de potência

$$\Delta P_{\odot} = \frac{2kL}{r^{3n+1}} \left(\frac{3n + 1}{n} \times \frac{Q}{\pi}\right)^n$$

Fórmula para obtenção da queda de pressão em secções circulares

$$\Delta P_{\square} = \frac{2kL}{H^{2n+1}} \left(\frac{2n + 1}{n} \times \frac{2Q}{W}\right)^n$$

Fórmula para obtenção da queda de pressão em secções retangulares

$$\Delta P_{\triangleright} = \frac{2k}{3n \tan \theta} \left(\frac{3n + 1}{n} \times \frac{Q}{\pi r_0^3}\right)^n \times \left(1 - \left(\frac{r_0}{r_1}\right)^{3n}\right)$$

Fórmula para obtenção da queda de pressão em canais tronco-cónicos

Anexo VII – Simulação do enchimento da Tampa de Alimentação Aquafashion

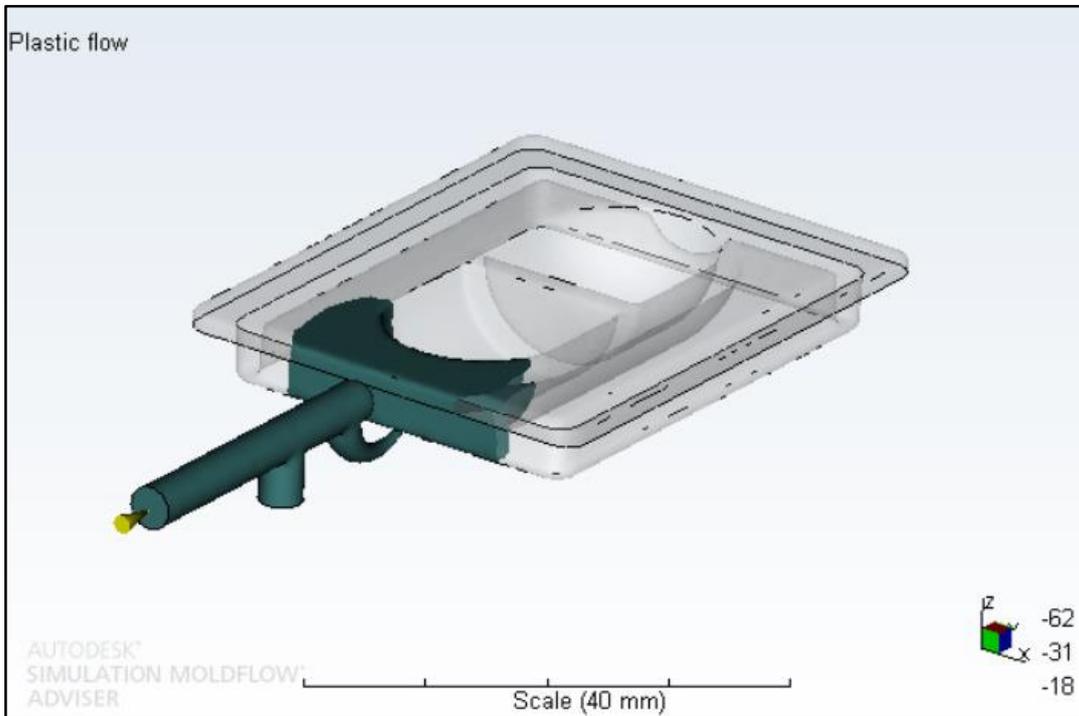


Figura 50 – Simulação do início do preenchimento da tampinha

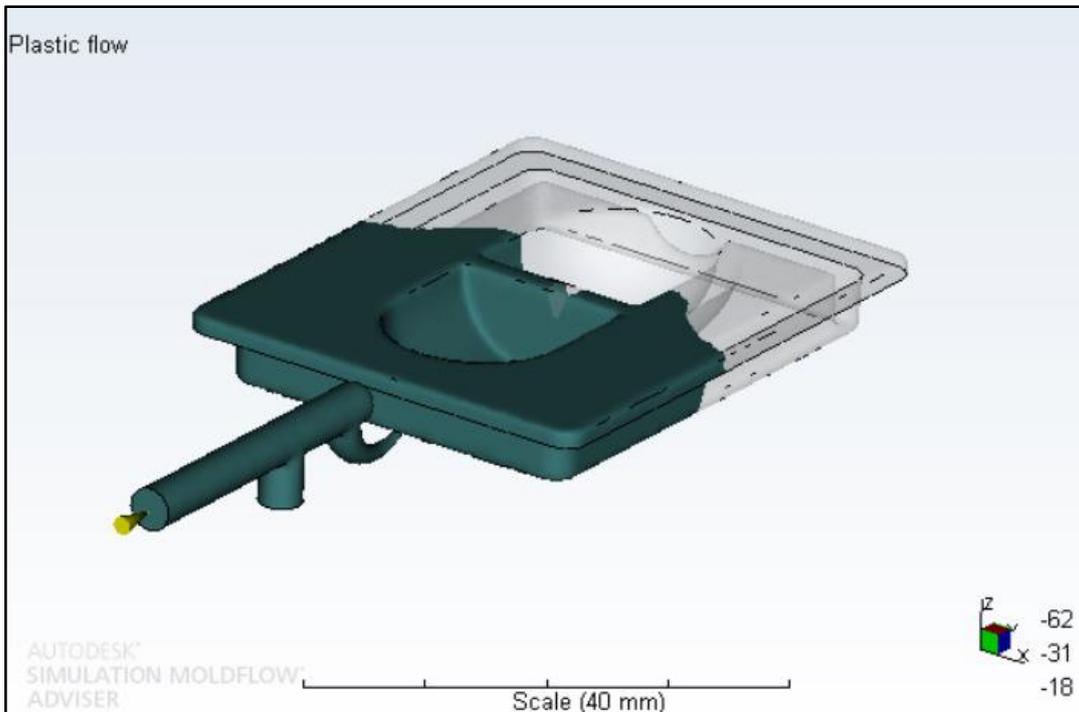


Figura 51 – Simulação da continuação do preenchimento

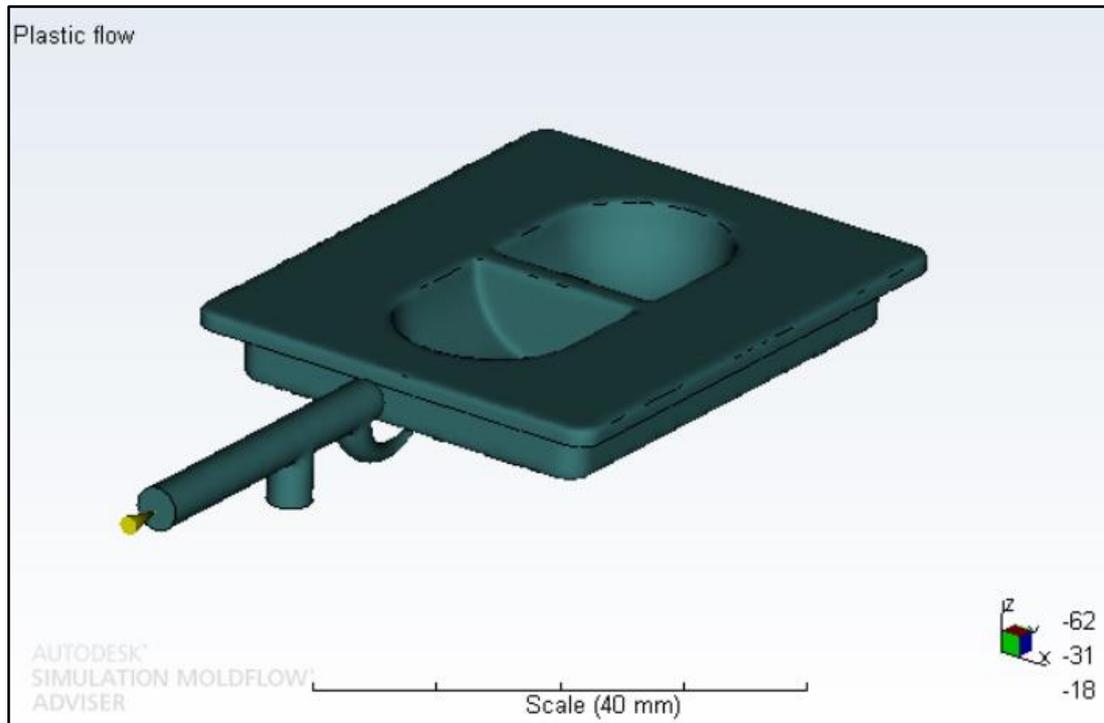


Figura 52 – Preenchimento completo da tampinha

Anexo VIII – Simulação do enchimento da Dobradiça Atlantis Nova

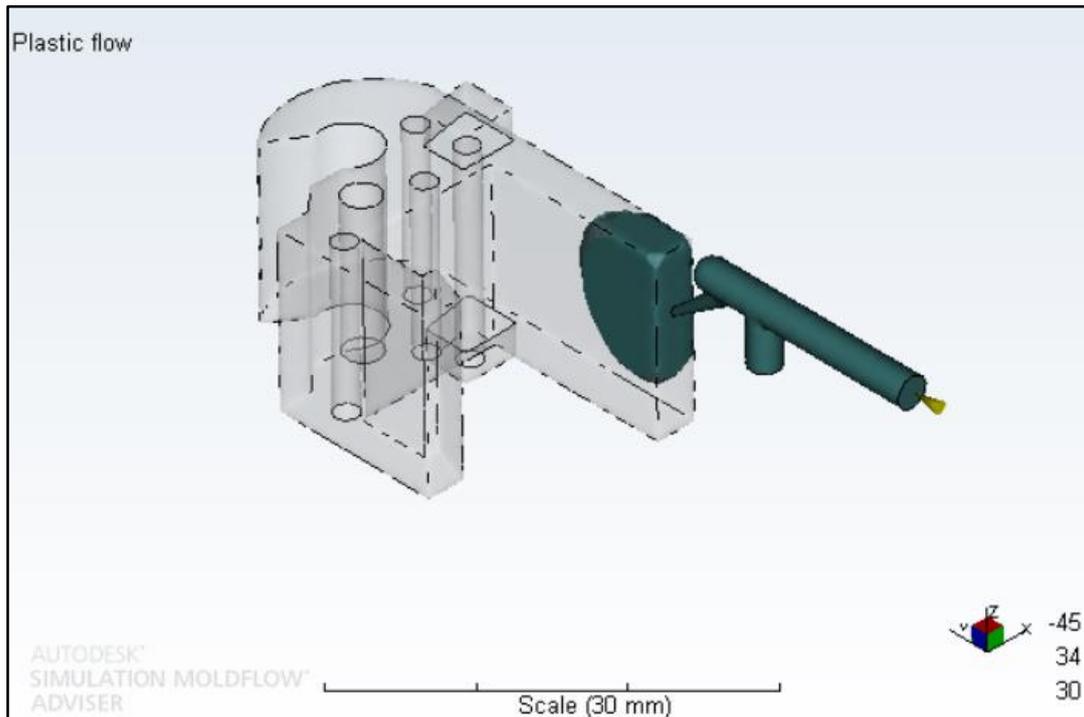


Figura 53 – Simulação do início do enchimento da dobradiça

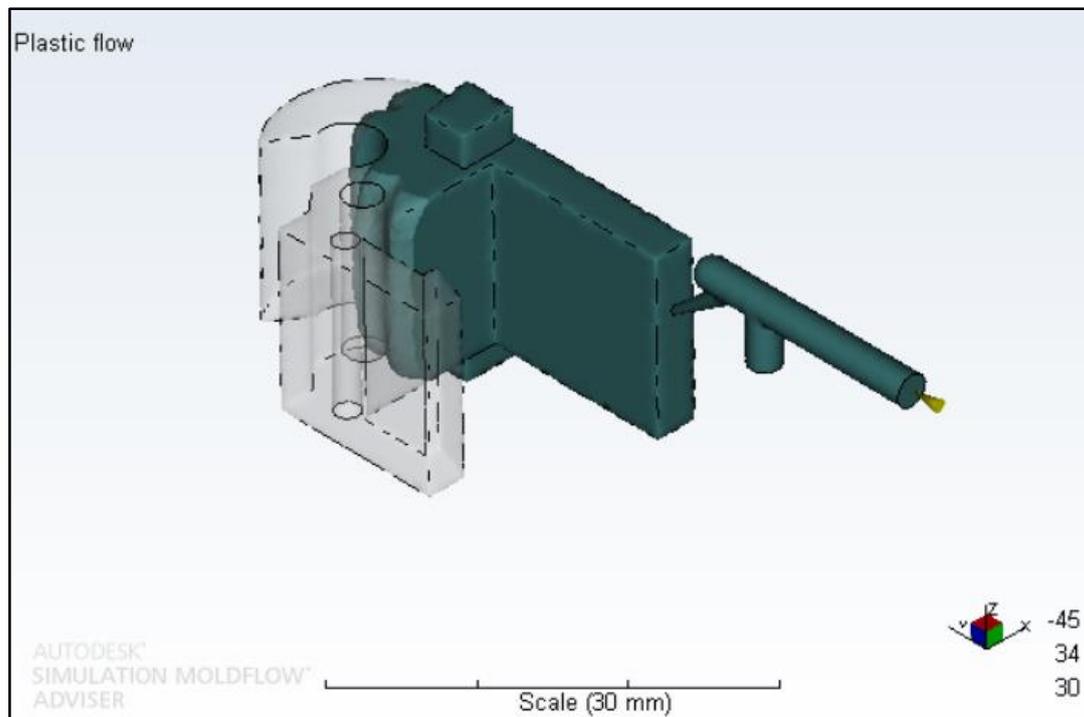


Figura 54 – Simulação da continuação do preenchimento

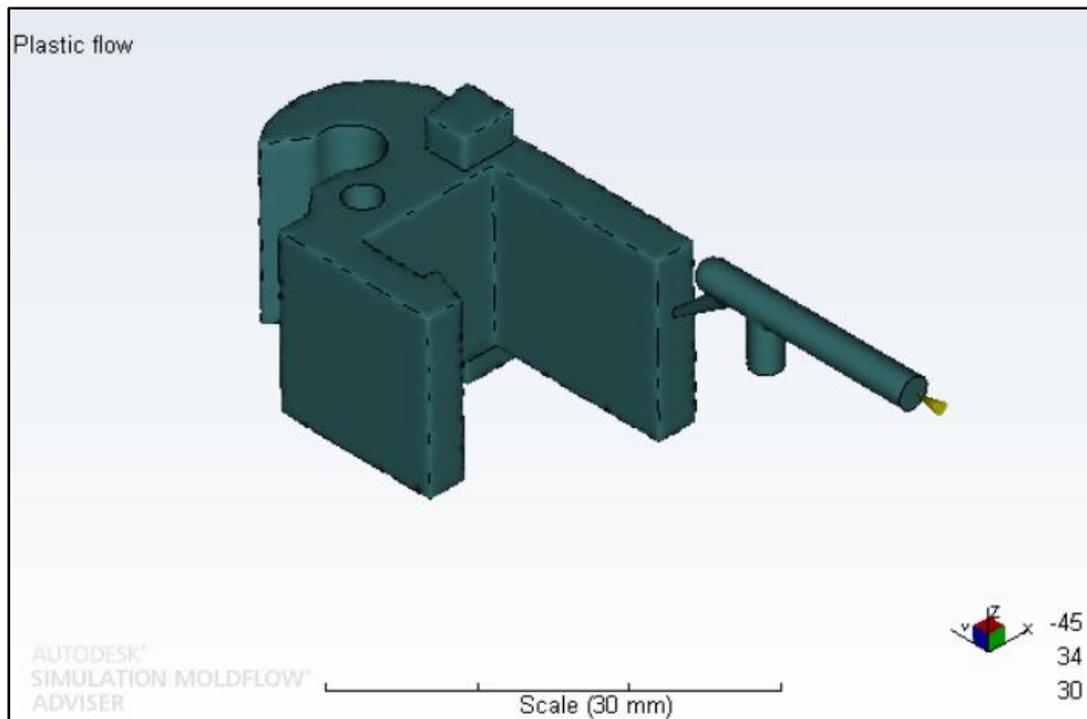


Figura 55 – Preenchimento completo da dobradiça

Anexo IX – Análise da rentabilização do molde do Caixilho Mini 30

Peça	Caixilho 30
-------------	-------------

Referência	PL0006
-------------------	--------

Nº do molde	4
--------------------	---

Material	PS
-----------------	----

Produção anual	25342
-----------------------	-------



	Situação Atual	Proposta de Melhoria
Nº de cavidades	1	2
Tipo de ataque/jito	Lateral	Submarino
Extração	Automática	Automática
Separação jito/peça	Manual	Automática
Tempo de ciclo (s)	34,5	
Tempo de produção		
Horas	243	121
Custo de produção		
Custo hora/máquina (€/ano)	2.361,82 €	1.180,91 €

Observações:

Consegue-se a extração e separação do jito/peça automaticamente, substituindo apenas o tipo de ataque para submarino.

A produção não consegue dar-se, na sua totalidade, automaticamente porque o armazenamento das peças em caixas requer um operador.

Anexo X – Análise da rentabilização do molde do Fundo Mini 30

Peça	Fundo Mini 30
-------------	---------------

Referência	PL0510
-------------------	--------

Nº do molde	257
--------------------	-----

Material	PS
-----------------	----

Produção anual	27226
-----------------------	-------



	Situação Atual	Proposta de Melhoria
Nº de cavidades	1	2
Tipo de ataque/jito	Bico Quente	Submarino
Extração	Manual	Automático
Separação jito/peça	—	Automático
Tempo de ciclo (s)	35,4	
Tempo de produção		
Horas	268	134
Custo de produção		
Custo hora/máquina (€/ano)	2.603,60 €	1.301,80 €

Observações:

A extracção pode ser automática adicionando um sopro de ar nas duas cavidades, mas o armazenamento continua a requerer um operador.

Anexo XI – Análise da rentabilização do molde da Tampa Lateral SI Económico

Peça	Tampa Lateral SI Económico
-------------	----------------------------

Referência	PL0477
-------------------	--------

Nº do molde	91
--------------------	----

Material	ABS
-----------------	-----

Produção anual	25461
-----------------------	-------



	Situação Atual	Proposta de Melhoria
--	-----------------------	-----------------------------

Nº de cavidades	1	6
------------------------	---	---

Tipo de ataque/jito	Lateral	Submarino
----------------------------	---------	-----------

Extração	Automática	Automática
-----------------	------------	------------

Separação jito/peça	Manual	Automática
----------------------------	--------	------------

Tempo de ciclo (s)	30,5	
---------------------------	------	--

Tempo de produção		
Horas	216	36

Custo de produção		
Custo hora/máquina (€/ano)	808,05 €	134,68 €

Observações:

Atualmente este molde trabalha em automático mas a forma como está projetado obriga, posteriormente, á separação manual das peças dos jitos. Alterar o tipo de ataque para submarino, adicionar 5 cavidades ao molde e acrescentar um separador automático de jitos e peças economizaria a produção.

Anexo XII – Análise da rentabilização do molde da Ventosa Biobox

Peça	Ventosa Biobox
-------------	----------------

Referência	PL0223
-------------------	--------

Nº do molde	140
--------------------	-----

Material	Cawiton
-----------------	---------

Produção anual	370500
-----------------------	--------



	Situação Atual	Proposta de Melhoria
Nº de cavidades	6	12
Tipo de ataque/jito	Lateral	Submarino
Extracção	Manual	Automática
Separação jito/peça	Automática	Automática
Tempo de ciclo (s)	31	
Tempo de produção		
Horas	532	266
Custo de produção		
Custo hora/máquina (€/ano)	5.171,13 €	2.585,57 €

Observações:

Para se rentabilizar a produção deste molde o mais indicado seria acrescentar cavidades e tentar que a extracção decorra automaticamente. Acrescentar um sopro de ar dos dois lados do molde e por um extrator no centro da ventosa, seria uma maneira de extrair as peças sem necessidade de um operador.

Anexo XIII – Análise da rentabilização do molde do Canto Inferior Elegance 45

Peça	Canto Inferior Elegance 45
-------------	----------------------------

Referência	PL0218
-------------------	--------

Nº do molde	115
--------------------	-----

Material	Nylon
-----------------	-------

Produção anual	33431
-----------------------	-------



	Situação Atual	Proposta de Melhoria
Nº de cavidades	1	2
Tipo de ataque/jito	Lateral	Submarino
Extração	Automática	Automático
Separação jito/peça	Manual	Automática
Tempo de ciclo (s)	19,5	
Tempo de produção		
Horas	181	91
Custo de produção		
Custo hora/máquina (€/ano)	2.140,42 €	1.070,21 €

Observações:

Atualmente este molde produz apenas um canto por ciclo e a separação peça/jito é feita de forma manual. Seria interessante estudar a possibilidade de acrescentar mais uma moldação ao molde e alterar o tipo de ataque. Acrescentando um separador automático de peças o processo decorria completamente em modo automático.

