



Projeto

Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial

***Abordagem LEAN aplicada aos processos de  
maquinação na indústria de moldes***

**Joana de Sousa Martins**

Leiria, Julho de 2014



Projeto

Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial

***Abordagem LEAN aplicada aos processos de  
maquinação na indústria de moldes***

**Joana de Sousa Martins**

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação da Doutora Irene Sofia Carvalho Ferreira, Professora da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e coorientação do Doutor Nuno Manuel Rosa Santos Órfão, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, Julho de 2014

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

**“Não há acaso, sina ou destino,  
que possam limitar, impedir ou controlar  
a firme resolução de uma alma determinada”**

**Ella Weeller Wilcox**

**“Se tiver o hábito de fazer as coisas com alegria,  
raramente encontrará situações difíceis.”**

**Robert S. S. Baden-Powell**

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## ***Agradecimentos***

---

À Geocam, em especial aos seus gerentes, por me facultarem a oportunidade de realizar este estudo e aplicar os meus conhecimentos, por todo o à vontade que me foi cedido dentro da organização, por todo o conhecimento que me foi transmitido e pelo reconhecimento do meu trabalho.

Aos colaboradores da secção de maquinação CNC, pela sua paciência, colaboração e por tudo o que me ensinaram.

Aos meus orientadores, Doutora Irene Ferreira e Eng. Nuno Órfão, por me terem realmente orientado neste estudo, oferecendo-me uma ajuda essencial, conselhos sensatos, disponibilidade total e motivação quando foi necessária.

Aos meus colegas de mestrado pelo seu espírito de entreaajuda e cooperação inigualáveis e pelos momentos de amizade vividos ao longo destes dois anos.

Aos meus pais por me apoiarem sem cessar na minha busca pela minha realização pessoal.

Aos meus amigos pela sua paciência e apoio ao longo deste difícil percurso que foram estes dois últimos anos.

Ao Pedro, especialmente ao Pedro, pelo apoio incondicional em todos os momentos, principalmente os mais difíceis, e por toda a paciência para com as minhas ausências.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## **Resumo**

---

O principal objetivo deste estudo prendeu-se com a análise do processo produtivo de uma organização que fábrica moldes para a injeção de plásticos: a Geocam – Maquinação e Moldes, Lda, com o intuito de identificar melhorias a nível da eficácia produtiva tendo por base a metodologia LEAN. Para tal, foi realizado um estudo do modo de funcionamento da secção de maquinação CNC, escolhida pela organização como a mais indicada a intervir. Neste estudo, verificou-se que a redução do tempo de *setup* seria uma oportunidade para aumentar o tempo de produtividade das máquinas (avaliado inicialmente por uma taxa de ocupação média de 44%).

Tendo como foco a redução dos tempos de *setup* foram recolhidos, por observação direta, dados detalhados de várias etapas de *setup* nos equipamentos da secção. Com base nos dados recolhidos foi possível identificar atividades que poderiam ser realizadas quando a máquina se encontra em funcionamento: as atividades de *setup* externo. Assim, foram propostas diversas melhorias por forma a transformar estas atividades em *setup* externo conseguindo-se uma redução no tempo de *setup* de cerca de 24%. Adicionalmente, foram ainda sugeridas melhorias ao nível das atividades de *setup* interno que podem implicar a redução do tempo de *setup* em 45%.

Ao nível da redução dos tempo de paragem de máquina por outros motivos que não ode mudança de ferramenta, foi ainda efetuada uma análise à atividade de preparação das ferramentas de corte, onde foi possível encontrar aspetos a melhorar de modo a reduzir substancialmente o tempo de paragem. Estas melhorias prendem-se essencialmente com a organização do material e do espaço associado.

Por último, e no respeitante à necessidade de maior organização foram também realizados planos de manutenção das máquinas da secção.

*Palavras-chave: Lean, SMED, setup, máquina CNC, moldes.*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# ***Abstract***

---

The main purpose of this study is to analyze the productive process of a firm that produces molds for plastic injection: “Geocam – Maquinação e Moldes, Lda.”, with the purpose of identifying improvements on the productive efficiency based on the LEAN methodology. For that, it was performed a study on the way that the machining CNC section works, chosen by the organization as the most fit to intervene. On that study we verified that diminishing the time of the *setup* would be an opportunity to increase the productivity time of the machines (evaluated initially by an average occupation rate of 44%).

Focusing on the reduction of the *setup* time, was collected by direct observation, detailed data of several *setup* steps in the section equipment. Based on the collected data, we found activities that could be performed while the machine is running: the external *setup* activities. With that in mind, some improvements were suggested in order to transform these activities in external *setup*, allowing a reduction in the *setup* time in about 24%. Additionally, more suggestions were made to improve the internal *setup* activities that can imply the reduction of *setup* time in 45%.

To diminish the down time of the machines, for reasons others than the change of tools, an analysis was made to the cutting tools preparation, and was possible to identify aspects to improve, in order to substantially diminish their down time. These improvements focus primarily on the organization of the materials and with the associated room.

Finally, and given the need to improve the organization of the firm, there were also performed maintenance plans for the section machines.

Key-Words: Lean, SMED, *setup*, CNC machine, molds.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## Índice de Figuras

---

Figura 1.- Exemplos de símbolos utilizados na construção do VSM (Lean Manufacturing Tools, 2013). .....	6
Figura 2.- Exemplo de um VSM (Lean Manufacturing Tools, 2013).....	7
Figura 3. - Exemplo de um sistema Poka-Yoke (4Lean, 2011). .....	8
Figura 4. - Exemplo do funcionamento de um sistema que utiliza <i>Kanbans</i> (Durán, 2012).....	9
Figura 5.- Exemplo de quadro de planeamento onde se colocam os <i>Kanbans</i> de forma a puxar a produção (ARS, 2013).....	10
Figura 6.- Exemplo de um <i>Kanban</i> e da informação que contém (Ferraro, 2014) .....	10
Figura 7 – Exemplo de uma linha de produção em que o recurso estrangulado é o processo B (Business Excellence - The business should be done). .....	11
Figura 8 - Os oito pilares para a implementação da TPM (Ahuja & Khamba, 2008).....	12
Figura 9 - Exemplo de um diagrama de trabalho padronizado (Kishida, Guerra, & Silva, 2006). .....	13
Figura 10.- Representação gráfica da metodologia SMED .....	17
Figura 11.- Logotipo Geocam - Maquinação e Moldes, Lda.....	20
Figura 12. - Awea SP3016 (Awea SP HSS, 2007) .....	21
Figura 13. - Awea VP 2012 mais recente (Juan Martins, 2007).....	22
Figura 14. - Awea VP 2012 mais antiga (HPC). .....	22
Figura 15. - Awea F1000 (Awea).....	23
Figura 16. - Leadwell v-30 (Tech Spex, 2006).....	23
Figura 17.- <i>Layout</i> da secção de Maquinação CNC e representação do seu funcionamento. ....	24
Figura 18. - Percentagem dos tempos das máquinas da secção, em funcionamento (esquerda) e parada (direita).....	27
Figura 19.- Análise do tempo parado da máquina M1. ....	28
Figura 20.- Análise do tempo parado da máquina M2. ....	28
Figura 21. - Análise do tempo parado da máquina M3. ....	29
Figura 22. - Análise do tempo parado da máquina M4. ....	29
Figura 23. - Análise do tempo parado da máquina M5. ....	30
Figura 24. - Gráfico de Pareto da análise do tempo parado das cinco máquinas. ....	30
Figura 25.- Gaveta de ferramentas antes (esquerda) e depois (direita.) de devidamente organizada.....	42
Figura 26. – Gaveta de ferramenta nova antes (esquerda) e depois (direita) de devidamente organizada. ....	42
Figura 27.- Bancada de preparação de ferramenta antes (esquerda) e depois (direita) de devidamente organizada. ....	43
Figura 28. - Novo armário para arrumar organizadamente os cones (não existia anteriormente). ....	43

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## Índice de Tabelas

---

Tabela 1.- Resumo das dificuldades encontradas e respetivas propostas de solução .	32
Tabela 2 – Tempo médio de <i>setup</i> e soma do tempo de todas as tarefas possíveis por cada grupo de máquinas .....	34
Tabela 3 – Atividades de <i>setup</i> externo encontradas no grupo de máquinas 1. ....	34
Tabela 4 - Atividades de <i>setup</i> externo encontradas no grupo de máquinas 2. ....	35
Tabela 5 – Ganho na eliminação das atividades de <i>setup</i> externo. ....	35
Tabela 6 - Atividades do <i>setup</i> do grupo de máquinas 1, que podem ser otimizadas e seus respetivos tempos.....	37
Tabela 7 - Atividades do <i>setup</i> do grupo de máquinas 1, que podem ser otimizadas e seus respetivos tempos.....	37
Tabela 8 - Valor/hora de cada máquina.....	38
Tabela 9 – Ganhos anuais com a otimização do tempo de <i>setup</i> através da conversão de atividades de <i>setup</i> internas em externas e da otimização de atividades internas.....	39
Tabela 10 - Ganhos anuais com a otimização do tempo de <i>setup</i> médio. ....	39
Tabela 11 - Registos de preparação de ferramenta com a máquina parada e com a máquina em funcionamento. ....	40
Tabela 12 – Tempo aproximado de preparação de cada ferramenta de corte em cada um dos grupos de máquinas. ....	41
Tabela 13 – Ganhos anuais com a otimização do processo de preparação da ferramenta de corte.....	44
Tabela 14- Plano de manutenção preventiva para as máquinas do grupo 1. ....	3
Tabela 15 - Plano de manutenção preventiva para as máquinas do grupo 2. ....	3
Tabela 16 - Atividades de <i>setup</i> e respetivos tempos do grupo de máquinas 1.....	5
Tabela 17- Atividades de <i>setup</i> e respetivos tempos do grupo de máquinas 2.....	7
Tabela 18 - Atividades de preparação de ferramenta de corte e respetivos tempos do grupo de máquinas 1.....	13
Tabela 19 - Atividades de preparação de ferramenta de corte e respetivos tempos do grupo de máquinas 2.....	15

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## ***Lista de Siglas***

---

**5S – Cinco Senso**

**APCER – Associação Portuguesa para a Certificação**

**CAD (*Computer-Aided Design*) – Desenho Assistido por Computador**

**CAM (*Computer-Aided Manufacturing*) – Fabricação assistida por Computador**

**CNC – Comando Numérico Computadorizado**

**ETO (*Engineer-to-order*) – Produção por Encomenda**

**JIT – *Just in Time***

**OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) - Eficiência Global dos Equipamentos**

**SMED (*Single-minute Exchange of Die*) – Mudança Rápida de Ferramenta em menos de 10 minutos**

**SPT – Sistema de Produção Toyota**

**TOC (*Teory of Constraints*) – Teoria dos Constragimentos**

**TPM (*Total Productive Maintenance*)- Manutençãp Produtiva Total**

**VNA – Valor não acrescentado**

**VSM (*Value Stream Mapping*) – Mapa de Fluxo de Valor**

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Índice

---

AGRADECIMENTOS.....	III
RESUMO .....	V
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABELAS .....	XI
LISTA DE SIGLAS .....	XIII
ÍNDICE .....	XV
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS DO ESTUDO .....	1
1.2 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO.....	1
2. ESTADO DA ARTE .....	3
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA.....	3
2.2 FILOSOFIA LEAN.....	4
2.2.1 Sete Desperdícios .....	5
2.3 FERRAMENTAS / TÉCNICAS LEAN .....	6
2.3.1 Value Stream Mapping (VSM).....	6
2.3.2 Poka-Yoke .....	7
2.3.3 5S.....	8
2.3.4 Kanban .....	9
2.3.5 Teoria dos Constrangimentos (TOC) .....	11
2.3.6 Manutenção Produtiva Total (TPM).....	11
2.3.6.1 Manutenção Preventiva .....	12
2.3.7 Trabalho padronizado (standard work).....	13
2.4 SINGLE-MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED) .....	14
2.4.1 Contextualização Histórica .....	14
2.4.2 Etapas do SMED.....	15
2.4.3 Vantagens do SMED .....	17
2.4. 4 Estudos realizados .....	18
3. METODOLOGIA UTILIZADA.....	19
3.1 CASO DE ESTUDO - GEOCAM .....	19
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO E METODOLOGIA .....	20

<b>3.3 AVALIAÇÃO SMED .....</b>	<b>25</b>
<b>4. ANÁLISE DE RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 PRÉ-DIAGNÓSTICO.....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 IMPLEMENTAÇÃO SMED .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.1 Estágio Preliminar: Atividades de setup interno e de setup externo não se distinguem .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.2 Estágio 1: Separar atividades de setup interno e atividades de setup externo. ...</b>	<b>34</b>
<b>4.2.3 Estágio 2: Converter atividades de setup interno em atividades de setup externo.</b>	<b>35</b>
<b>4.2.4 Estágio 3: Racionalização de todos os aspetos da operação de setup. ....</b>	<b>36</b>
<b>4.3 MELHORIA DO PROCESSO DE PREPARAÇÃO DE FERRAMENTAS DE CORTE.....</b>	<b>40</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>51</b>

# 1. Introdução

---

## 1.1 Enquadramento e objetivos do estudo

Este estudo foi realizado no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial e visou essencialmente em estudar e propor melhorias de eficácia no sistema produtivo, em particular da secção de maquinaria CNC (Comando Numérico Computadorizado) de uma organização que fabrica moldes para injeção plásticos. Este teve como principal foco a diminuição dos tempos de *setup* e introdução de melhorias na organização dos postos de trabalho dessa secção ao nível das suas ferramentas e acessórios.

Atualmente a indústria dos moldes, assim como outros setores industriais, tem de ultrapassar vários desafios para permanecer no mercado, adaptar-se às exigências dos seus clientes e produzir mais com os mesmos recursos, mais rapidamente e com melhor qualidade. Neste setor a competitividade é grande, os clientes muito exigentes e onde a melhoria contínua é crucial para garantir o sucesso de qualquer organização. Nesse sentido é essencial a aplicação da filosofia Lean na indústria de moldes, uma vez que esta permite uma maior flexibilidade da produção e uma melhoria no seu sistema produtivo, nunca descuidando a qualidade e rigor que esta indústria tanto exige.

Adicionalmente, e como se descreve mais à frente, a indústria de moldes apresenta algumas particularidades, nomeadamente ao nível de ser uma produção por encomenda envolvendo o projeto e fabrico de moldes únicos, não repetíveis. Neste sentido, a aplicação dos conceitos e técnicas do Lean terá de ser adaptada ao contexto em causa sendo este significativamente diferente da produção em série.

## 1.2 Organização do estudo

Depois deste capítulo introdutório, no capítulo 2 será realizado um enquadramento teórico do tema, começando por apresentar uma contextualização histórica no subcapítulo 2.1. O subcapítulo 2.2 apresenta o conceito da filosofia Lean, e os sete desperdícios. De seguida no subcapítulo 2.3 são apresentadas algumas técnicas Lean especificando o seu conceito e como operam. As técnicas Lean abordadas são: *Value Stream Mapping*; *Poka-Yoke*; 5S; *Kanban*; Teoria dos Constrangimentos; Manutenção Produtiva Total (onde é dada ênfase à manutenção preventiva) e trabalho padronizado. O subcapítulo 2.4 é inteiramente dedicado à

técnica *Single-Minute Exchange of Die* (SMED), uma vez que esta é a técnica principal do estudo. Aqui é apresentado o seu conceito, bem como a sua contextualização histórica, as etapas da sua aplicação e as suas vantagens. Para finalizar este subcapítulo são apresentados outros estudos que foram realizados no âmbito da técnica SMED.

O capítulo 3 refere-se à metodologia utilizada, descrevendo no subcapítulo 3.1 a empresa onde o caso de estudo é aplicado, e no subcapítulo 3.2 a caracterização do caso de estudo e da metodologia utilizada. No subcapítulo 3.3 é descrita a aplicação SMED ao caso de estudo.

No capítulo 4 é onde se depara com a análise de resultados obtidos. Inicia-se com a análise dos dados encontrados no pré-diagnóstico no subcapítulo 4.1. Segue-se o subcapítulo 4.2 onde são analisados os dados obtidos da aplicação SMED em cada um dos estágios: estágio preliminar, estágio 1, estágio 2 e estágio 3. No subcapítulo 4.3 é focada a melhoria do processo de preparação de ferramentas de corte, uma vez que esta foi identificada como oportunidade de melhoria.

Por último, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões do estudo, bem como a sugestão de trabalho futuros a realizar na empresa.

## **2. Estado da arte**

---

A economia global que hoje se verifica, caracterizada pelos avanços tecnológicos em todas as áreas, traz exigências cada vez maiores às indústrias. O avanço das tecnologias de informação e comunicação tornou fácil e económico um cliente procurar o fornecedor que lhe dá mais vantagem a nível global, deixando a distância de ser, cada vez mais, uma barreira. Esta acessibilidade fácil e rápida levou ao aumento da competição dos mercados, e consequentemente, a que as empresas tivessem de procurar a diferenciação, pois estes exigem respostas inovadoras e rápidas. Neste sentido, a redução dos prazos de entrega, a entrega pontual, a qualidade e o preço do produto tornam-se fatores essenciais na sobrevivência e sucesso das empresas. A filosofia Lean promove, assim, a otimização da produção de qualquer indústria, tornando-a mais competitiva no mercado.

### **2.1 Contextualização Histórica**

Os Toyodas foram grandes empreendedores no setor têxtil, destacando-se da concorrência pelo desenvolvimento de teares com ideias de automação. Neste sentido, sempre que existiam produtos defeituosos o tear parava. Assim, um só operador podia trabalhar em várias máquinas ao mesmo tempo sem estar a produzir tecidos com defeito (Womack, Jones & Roos, 2004 cit. por Rese, 2012).

Foi em 1937 que a Toyota entrou no mercado automobilístico (Toyota Motor Company), começando por produzir camiões militares que seriam utilizados na II Guerra Mundial. Após a II Guerra Mundial, o presidente da Toyota Motor Company, Kiichino Toyoda, percebeu que para o mercado automobilístico japonês sobreviver no mercado, teriam de evoluir rapidamente de modo a alcançarem os Estados Unidos da América. No entanto no final da II Guerra Mundial, em 1946, o engenheiro Eiiji Toyoda passou a gerir a empresa Toyoto Motor Company, pois a greve dos trabalhadores levou à demissão do antigo presidente Kiichino Toyoda (Breyfogle, 2008; Womack, Jones & Roos, 2004 cit. por Rese,

2012).

Por essa altura, enquanto a Ford produzia 220 automóveis a cada 45 minutos, a Toyota Motor Company necessitava de um ano para produzir o mesmo número de automóveis. Foi então que em 1950, Eiji Toyoda resolveu deslocar-se à Ford, para aprender os conceitos de produção em massa e levou consigo o engenheiro de produção Taiichi Ohno, numa visita que durou três meses. De volta à Toyota Motor Company, percebeu que a filosofia de produção em massa não se adaptava à situação económica do Japão nem à sua cultura, uma vez que o objetivo seria a redução dos custos e a produção de pequenas quantidades de vários modelos de automóveis (Bosenberg & Metzen, 1993). No entanto, aprendeu conceitos importantes como *Just-In-Time* (JIT), que se pode definir como um processo altamente coordenado, no qual a produção se move e os serviços são desempenhados apenas consoante são precisos, isto é, produzir o que é necessário, no tempo e quantidades necessárias. Isto permitia a redução de stocks intermédios e de produto acabado (Sugai, McIntosh, & Novaski, 2007; Bosenberg & Metzen, 1993; Breyfogle, 2008).

Criou assim o Sistema de Produção Toyota (SPT), com base na produção JIT e na automação com alguma componente humana. Os objetivos da SPT eram a produção de lotes pequenos, com elevados padrões de qualidade, a existência de manutenção preventiva e a produção do tipo “*pull*”, entre outros. Consequentemente iriam aumentar os lucros e criavam-se patamares sustentáveis para atingir o crescimento (Sugai, McIntosh, & Novaski, 2007).

Em 1980, com a adoção do SPT, os japoneses conseguiram ultrapassar os norte-americanos na capacidade de resposta aos clientes, atingindo índices de crescimento muito elevados em diversos sectores económicos (Ohno, 1997 cit. por Couto 2008).

## 2.2 Filosofia Lean

O STP foi o pioneiro da produção Lean, que passou a ser denominada assim após um estudo do Massachusetts Institute of Technology, que permitiu a consciencialização das vantagens do sistema global de produção “magra” / produção “Lean”, e não apenas na indústria automóvel (Bosenberg & Metzen, 1993; Stevenson, 2009).

A produção Lean tem como objetivo estabelecer um sistema eficaz e capaz de se adaptar às exigências, tanto do mercado como dos clientes, baseando-se pela produção do tipo “*pull*”. Há a implementação de uma cultura de melhoria contínua em toda a organização e orientação para o cliente. A ideia-chave será criar valor eliminando os desperdícios (Sugai,

McIntosh, & Novaski, 2007).

### **2.2.1 Sete Desperdícios**

Na filosofia da produção Lean existem sete tipos de desperdícios que devem ser eliminados ou minimizados ao máximo. Os desperdícios representam recursos não produtivos e devem ser eliminados de forma a otimizar a produção. Segundo Breyfogle (2008), desperdício é “qualquer coisa que seja mais do que o número mínimo de pessoas, o mínimo de esforço, materiais, informação e equipamento necessário para acrescentar valor ao produto.”

Os sete desperdícios são (Stevenson, 2009; Askin & Goldberg, 2002):

1. **Stock:** pode-se tratar de materiais ou de produto acabado. Um recurso do qual não se está a ter proveito, que ocupa espaço e não acrescenta valor ao produto;
2. **Sobreprodução:** refere-se à utilização excessiva dos recursos de produção e à produção excessiva, que acarreta consigo custos dispensáveis;
3. **Tempo de espera:** o tempo de espera entre operações leva a que os recursos ocupem espaço desnecessário e não acrescenta valor ao produto;
4. **Transporte desnecessário:** movimentação desnecessária de pessoas e materiais, devido a posicionamento inapropriado de ferramentas e equipamentos, que consomem tempo, energia e não acrescentam valor ao produto final;
5. **Movimentos desnecessários:** movimentos de operadores que não acrescentam valor ao produto final porque estão a seleccionar ou a procurar algo;
6. **Processamento:** existência de passos na produção que são desnecessários.
7. **Produto com defeito:** pode ser devido a erros humanos, informação pouco precisa, poucos conhecimentos tecnológicos. Requer o retrabalho dos produtos, o que afeta os custos do produto e há a possível perda de clientes devido à sua insatisfação.

A produção Lean pretende assim obter um fluxo balanceado das operações através da eliminação das ruturas do sistema, tornando-o flexível em termos da variedade de produto e do volume de produção, e como já referido anteriormente, eliminando desperdícios. Algumas das técnicas utilizadas são: os *setups* rápidos e económicos; um layout que permita que a produção seja do tipo “*pull*” e não do tipo “*push*”, ou seja, que permita a produção JIT; e o

desenvolvimento de uma cultura de cooperação onde todos procuram a melhoria contínua. A produção Lean não esquece no entanto a qualidade dos produtos, mesmo em pequenos lotes e prazos apertados, uma vez que a baixa qualidade pode originar ruturas no fluxo do processo (Bosenberg & Metzen, 1993).

## 2.3 Ferramentas / Técnicas Lean

De modo a reduzir ou a eliminar qualquer desperdício, a produção Lean tem diversas ferramentas em que se apoia. Apresentam-se de seguida algumas delas.

### 2.3.1 Value Stream Mapping (VSM)

VSM significa *Value Stream Mapping*, e trata-se de um mapa que utiliza símbolos para representar atividades, caracterizando o fluxo de materiais e informação (Figura 1). Este tipo de diagrama promove o conhecimento do processo de forma a identificar onde se devem concentrar os esforços para melhorar o processo de produção (Figura 2). É dada muita atenção a aspetos como a estabilização do fluxo de produção, eliminação de desperdício e acrescentar valor ao produto (Breyfogle, 2008).

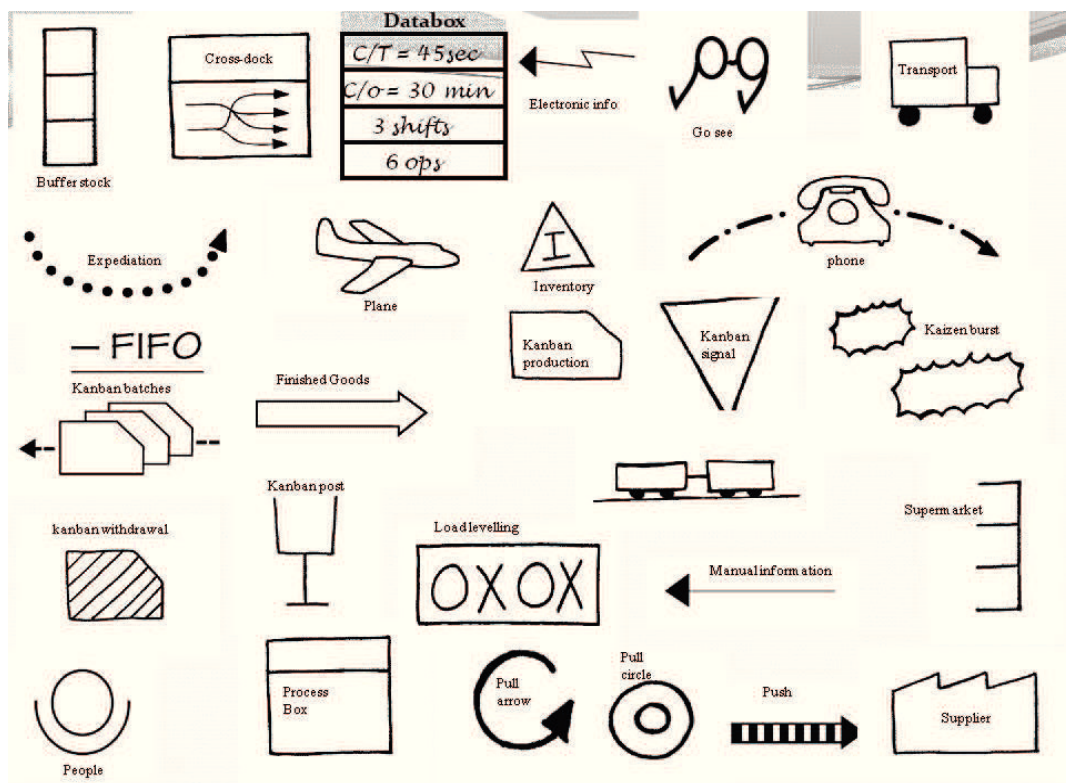


Figura 1.- Exemplos de símbolos utilizados na construção do VSM (Lean Manufacturing Tools, 2013).

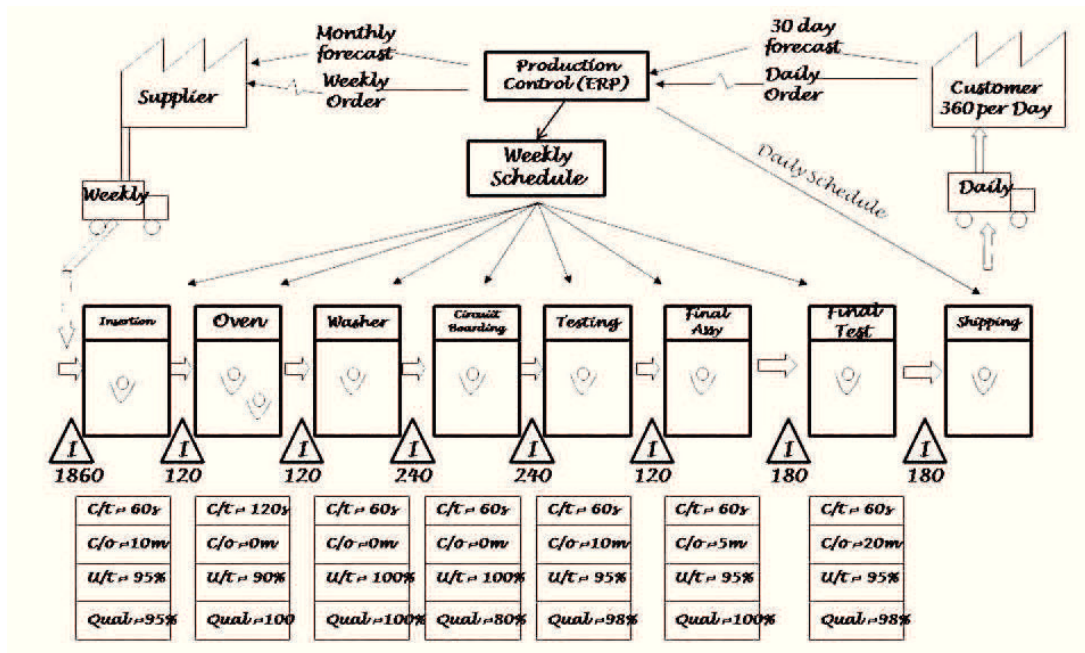


Figura 2.- Exemplo de um VSM (Lean Manufacturing Tools, 2013).

### 2.3.2 Poka-Yoke

*Poka-yoke* é um termo japonês que significa “à prova de erro”. O sistema *Poka-yoke* reduz a possibilidade de ocorrerem erros no processo através de salvaguardas, evitando assim o desperdício da produção de produto com defeito (Bosenberg & Metzen, 1993). Adicionalmente, e no caso de acontecerem erros, o sistema *Poka-yoke* prevê detetá-los o mais rápido possível de forma a evitar mais desperdícios. O *Poka-yoke* apresenta várias formas, mas os seus princípios básicos são: todas as unidades devem ser inspecionadas (autocontrolo); os defeitos devem ser identificados o mais perto possível da fonte do defeito; aquando da deteção de um defeito, a produção deve ser parada de imediato e devem ser tomadas medidas de correção para que o erro não seja repetido; e o processo deve ser concebido de forma a evitar produtos com defeito. Neste último aspeto podem ser utilizadas ferramentas como listagens de verificação, inspeção, peças à prova de erro (Figura 3), maquinaria com calibração integrada e sistemas de verificação sucessiva (Askin & Goldberg, 2002).

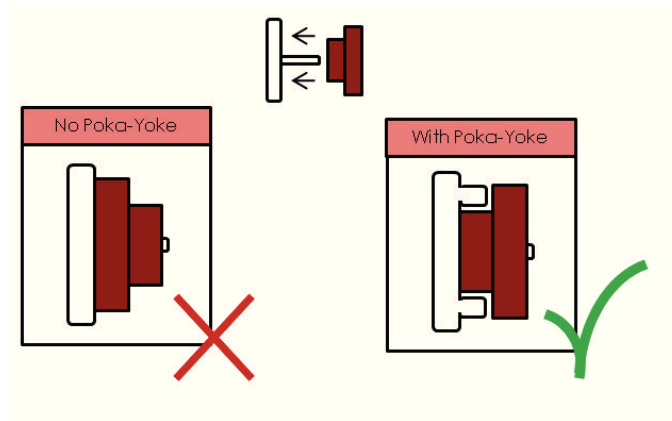


Figura 3. - Exemplo de um sistema Poka-Yoke (4Lean, 2011).

### 2.3.3 5S

A ferramenta 5S, ou cinco sentidos, é uma metodologia que promove a organização do posto de trabalho através de cinco etapas. Esta ferramenta ajuda a identificar e eliminar o desperdício no posto de trabalho e a manter um ambiente produtivo e de qualidade (Sarkar, 2006).

Os cinco sentidos são (Sarkar, 2006):

1. **Seiri:** Senso de Utilização - no local de trabalho devem encontrar-se apenas os equipamentos e materiais necessários à realização do trabalho. Para isso deve ser feita uma análise do trabalho a ser realizado e remover tudo o que se encontra a mais.
2. **Seiton:** Senso de Ordenação - de forma a promover um trabalho eficiente, o que se encontra no posto de trabalho deve ser posicionado em locais previamente atribuídos para facilitar a sua utilização. A lógica deve acompanhar a decisão dos locais onde se colocam os materiais e equipamentos, pois os que são utilizados com maior frequência devem estar mais facilmente acessíveis.
3. **Seiso:** Senso de Limpeza - Manter o local de trabalho limpo é essencial para o seu bom funcionamento. A limpeza deve ser inculcada como uma rotina durante a qual também se deve realizar inspeções.
4. **Seiketsu:** Senso de Saúde - O objetivo nesta etapa é o de instalar todos os elementos necessários e padronizar as melhores práticas de trabalho para que estas sejam favoráveis à saúde e higiene pessoal, facilitando assim o cumprimento do senso de utilização e do senso de ordenação.





Figura 5.- Exemplo de quadro de planeamento onde se colocam os Kanbans de forma a puxar a produção (ARS, 2013).

Tipicamente o *kanban* inclui informação do tipo de peça a produzir, o número de unidades autorizadas pelo *kanban*, a localização dos materiais necessários para produzir o item, entre outros (Figura 6). Atualmente os *kanbans* podem ser utilizados de forma eletrónica (Askin & Goldberg, 2002).



Part Description				Part Number	
	SafetyTac Floor Tape - Yellow 2" x 100'			ST201	
<b>QTY</b>	10	<b>Lead Time</b>	1 week	<b>Order Date</b>	1/29
<b>Customer</b>	ABC Company			<b>Due Date</b>	2/4
<b>Planner</b>	Antonio F.		Card 1 of 1		
			<b>Location</b>	Rack 75	

Figura 6.- Exemplo de um Kanban e da informação que contém (Ferraro, 2014)

### **2.3.5 Teoria dos Constrangimentos (TOC)**

Uma das técnicas da gestão de constrangimentos é a TOC (Theory Of Constraints), que significa Teoria Dos Constrangimentos, e trata-se de um sistema de análise de toda a linha de produção com principal foco no ponto de constrangimento ou no recurso estrangulado. Sabe-se que a capacidade produtiva de qualquer sistema é em função do seu ponto mais fraco (recurso limitador de capacidade), considerado o recurso estrangulado da linha de produção e o qual deve ser melhorado de modo a haver uma resposta adaptada ao pedido do cliente (Breyfogle, 2008).

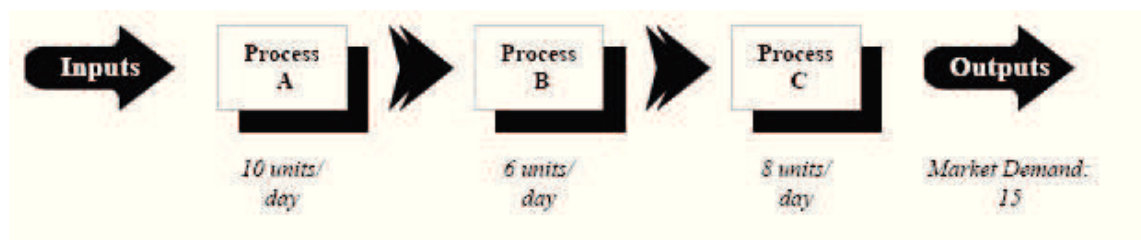


Figura 7 – Exemplo de uma linha de produção em que o recurso estrangulado é o processo B (Business Excellence - The business should be done).

Na Figura 7 apresenta-se um esquema de uma linha de produção que apresenta três processos com diferentes capacidades. Neste caso o recurso estrangulado é o processo B, uma vez que é o processo que limita a produção, produzindo apenas seis unidades por dia, em comparação com as dez unidades do processo A e as oito unidades do processo C.

### **2.3.6 Manutenção Produtiva Total (TPM)**

TPM trata-se de uma filosofia que otimiza a eficiência dos equipamentos por forma a eliminar as suas falhas, ou seja, tem como foco a gestão e planeamento das ações de manutenção considerando-a uma necessidade vital da organização. Nesse sentido, a TPM promove o envolvimento de todos os trabalhadores incluindo os gestores de topo. De forma resumida, a Figura 8 demonstra os oito pilares da implementação da TPM (Ahuja & Khamba, 2008).

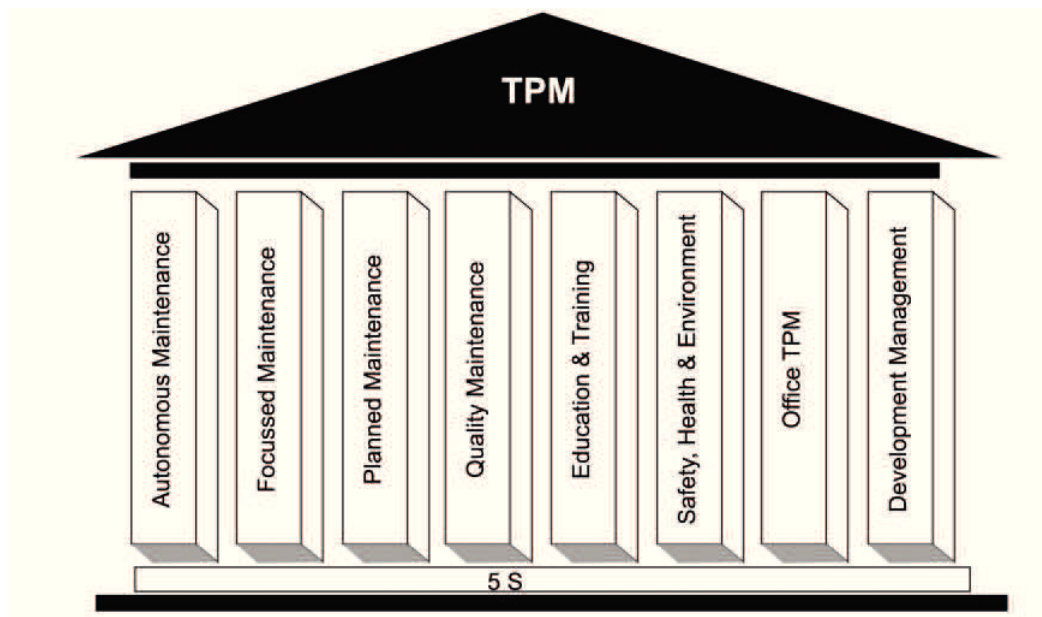


Figura 8 - Os oito pilares para a implementação da TPM (Ahuja & Khamba, 2008).

A manutenção autónoma refere-se à promoção de tarefas por parte do operador como lubrificações, limpezas, ajustamentos, inspeções, entre outros. O pilar da manutenção focada visa a melhoria da OEE (Eficiência Global dos Equipamentos) nos sistemas de produção. A manutenção da qualidade trata-se do acompanhamento e resolução de problemas e suas causas. O pilar da educação e do treino visa transmitir competências técnicas e tecnológicas, de controlo de qualidade e de relações interpessoais, de modo a alinhar os colaboradores às metas da organização. Na segurança, saúde e ambiente, o objetivo é assegurar um ambiente de trabalho seguro, eliminando acidentes e prejuízos, e padronizando o trabalho. Em relação ao TPM administrativa, este visa implementar a técnica 5S nos escritórios e promover a sinergia entre as várias funções na empresa. O pilar do desenvolvimento da gestão tem como objetivo desenvolver a iniciativa da manutenção.

De destacar o pilar da manutenção planeada onde se encontra, entre outras, a manutenção preventiva, a qual vai ser aplicada aos equipamentos da secção em estudo.

### ***2.3.6.1 Manutenção Preventiva***

A avaria de equipamentos implica uma rutura no processo produtivo, a qual, segundo a filosofia Lean, deverá ser eliminada ou reduzida através da manutenção preventiva (Stevenson, 2009).

Enfatizando a manutenção preventiva de nível 1, por ser aplicada neste estudo, pode-se dizer que esta, por norma, é executada pelos operadores dos equipamentos e consiste em

planear e executar tarefas que pretendem manter os equipamentos em perfeito estado de utilização. Para tal são substituídas partes do equipamento que têm tendência para falhar, antes das falhas acontecerem. Contudo, mesmo com a execução da manutenção preventiva, existem falhas nos equipamentos que podem colocar em causa a sua disponibilidade. Nestes casos, a organização deve estar preparada para dar uma resposta rápida e eficiente e, por exemplo, ter em stock componentes/órgãos dos equipamentos com maior probabilidade de falha e ter operadores treinados para fazer as reparações mais urgentes (Stevenson, 2009).

### 2.3.7 Trabalho padronizado (standard work)

Padronizar o trabalho significa estabelecer procedimentos *standard* (normalizados), para os operadores realizarem determinada atividade da mesma forma. Assim, o trabalho será realizado da mesma forma por todos os colaboradores, demorando o mesmo tempo e produzindo resultados similares. Adicionalmente, a quantidade de material em processo é também padronizada e há um aumento da produtividade, uma vez que ao padronizar o trabalho há menor probabilidade de realizar erros e impõe-se de forma rotineira as melhores práticas (Monden, 1984, citado por Rese, 2012). Na Figura 9 apresenta-se um exemplo de um diagrama de trabalho padronizado, que inclui todos os materiais e respetivas quantidades utilizadas no posto de trabalho, assim como a ordem das operações que o colaborador deve seguir.

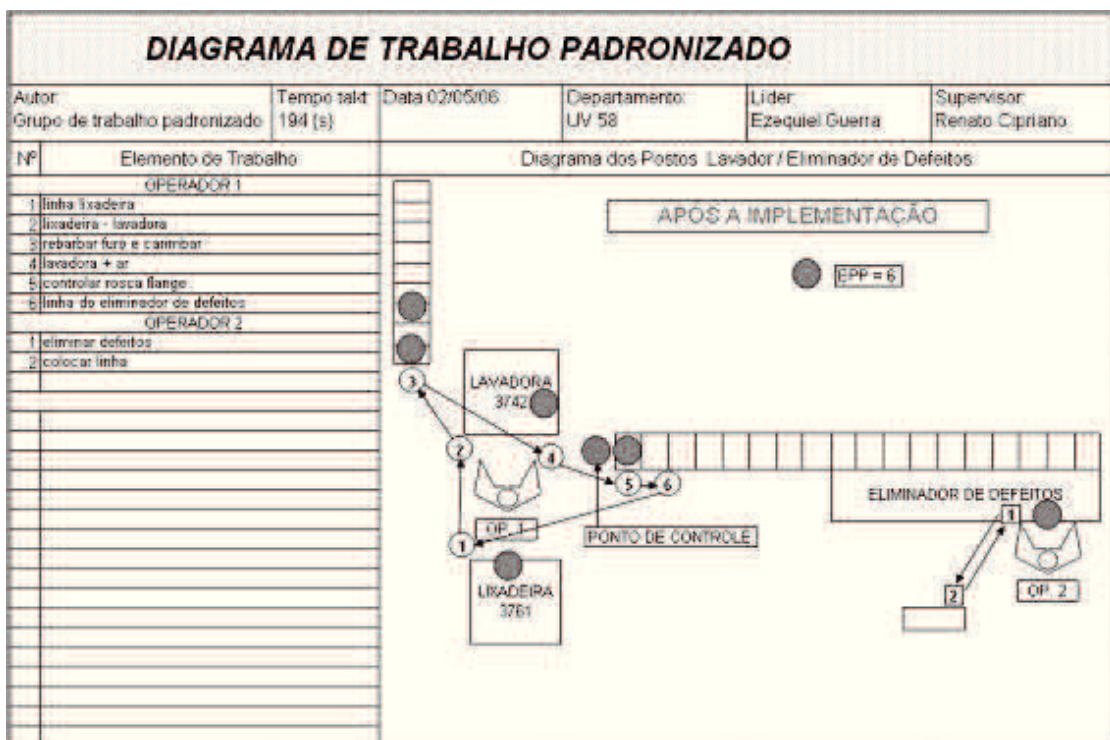


Figura 9 - Exemplo de um diagrama de trabalho padronizado (Kishida, Guerra, & Silva, 2006).

## **2.4 Single-Minute Exchange of Die (SMED)**

O SMED é uma técnica a que tem como objetivo diminuir o tempo de *setup* e com isso diminuir os custos envolvidos no produto. O tempo de *setup*, engloba o tempo entre a última peça boa produzida do modelo atual, e a primeira peça boa do modelo seguinte (Shingo, 1985).

Dada a relevância desta técnica para este estudo, será apresentada de seguida uma descrição detalhada da técnica SMED.

A produção de pequenos lotes e a variedade de produtos faz com que exista uma maior necessidade de realizar *setups*. Os *setups* têm associados a si custos, uma vez que o tempo de *setup*, não está a acrescentar valor ao produto (Bosenberg & Metzen, 1993).

SMED, que significa Single Minute Exchange of Die, ou seja Mudança de Ferramenta em menos de dez minutos, e visa diminuir os custos através do melhoramento das condições de *setup*, procurando essencialmente a redução dos respetivos tempos. Esta técnica é o fruto de 19 anos de experiências, iniciado por Shingo em 1950, e pode ser aplicada em qualquer operação de substituição de produto ou de referência (Bosenberg & Metzen, 1993; Shingo, 1985).

### **2.4.1 Contextualização Histórica**

Segundo Shingo (1985), foi em 1950 que numa visita à Mazda Toyo Kogyo, ao observar a troca de matrizes de uma prensa, que este identificou e classificou as atividades em dois tipos diferentes: as atividades de *setup* interno (atividades que eram realizadas com a máquina parada) e as atividades de *setup* externo (atividades que eram realizadas com a máquina em funcionamento). Esta classificação foi resultado da sua observação de um operador que procurou um parafuso, essencial para colocar uma prensa a funcionar, durante uma hora. Após esse tempo, o parafuso não foi encontrado e tiveram que tirar um outro de uma prensa diferente.

Mais tarde, em 1957, no estaleiro da Mitsubishi Heavy Industries, ao observar o modo como o *setup* era realizado, Shingo sugeriu a duplicação das ferramentas de apoio, de modo a que as atividades de *setup* fossem executadas em paralelo, o que resultou num aumento de 40% da produção (Shingo, 1985).

Por fim, em 1969, Shingo descobriu o último conceito do SMED. Na Toyota Motor Company eram necessárias quatro horas para realizar o *setup* de uma prensa de 1000 toneladas, enquanto nessa altura a Volkswagen fazia-o em duas horas. Ao aplicar os conceitos

aprendidos anteriormente de separar as atividades de *setup* interno e as atividades de *setup* externo, Shingo conseguiu, após seis meses, reduzir o tempo total de *setup* para 90 minutos. No entanto, a administração exigiu melhores resultados e Shingo, ao converter as atividades de *setup* interno em *setup* externo, conseguiu melhorar o tempo de *setup* para apenas três minutos. A esta diminuição do tempo de *setup* para menos de dez minutos, denominou-se SMED (Shingo, 1985).

Shingo (1985) afirma ainda que o modelo JIT, onde se baseia o Sistema Toyota de Produção, não teria sido desenvolvido sem o SMED, pois esta técnica permite a flexibilização, e conseqüente capacidade de produção de lotes mais pequenos, aumentando a capacidade produtiva e diminuindo a quantidade de peças em *stock*, permitindo que a produção seja do tipo “*pull*”.

### **2.4.2 Etapas do SMED**

Apesar dos procedimentos de *setup* variarem consoante o equipamento e a operação a desempenhar, consegue-se definir quatro estágios genéricos que se podem utilizar em qualquer *setup* de modo a implementar o SMED (Shingo, 1985).

#### **Estágio Preliminar: Atividades de *setup* interno e de *setup* externo não se distinguem.**

O que acontece frequentemente é que os engenheiros e os gestores atribuem a responsabilidade do *setup* aos trabalhadores, assumindo que eles farão os possíveis para desempenhar essa tarefa da forma mais rápida possível. Esta é a principal razão pela qual não existia nenhum progresso no melhoramento dos tempos de *setup* (Shingo, 1985).

Por norma, nos procedimentos tradicionais de *setup*, as atividades de *setup* interno e externo não são distintas e muitas vezes acontece que as atividades de *setup* externas são realizadas com o equipamento parado. Assim, inicialmente é necessário analisar as condições existentes associadas ao *setup*. Existem diversas formas de analisar como o *setup* é realizado, tais como, medir o tempo das tarefas com um cronómetro, filmar o processo ou interrogar os colaboradores (Shingo, 1985).

#### **Estágio 1: Separar atividades de *setup* interno e atividades de *setup* externo.**

Esta é considerada a etapa mais importante na implementação do SMED. É considerado senso comum, que as atividades de *setup* externo (como a preparação de trabalho ou manutenção) são atividades que devem ser realizadas com o equipamento em

funcionamento. No entanto, são inúmeras as vezes em que isto não acontece (Shingo, 1985). Segundo Shingo (1985), se existir um esforço para realizar as atividades de *setup* externo quando o equipamento estiver em funcionamento, o tempo de *setup* pode ser reduzido em média entre 30 a 50%.

Algumas das técnicas que asseguram que as atividades de *setup* externo são realizadas enquanto o equipamento está em funcionamento são (Shingo, 1985):

- Lista de verificação: estabelecer um quadro ou uma lista, por exemplo dos materiais que são necessários para realizar o *setup*, de modo a que antes do equipamento parar, ter tudo o que é necessário para realizar as operações e assim poupar tempo na procura das ferramentas;
- Executar verificações de função: uma lista que defina a sequência das tarefas a executar no *setup* externo;
- Melhorar o transporte de peças: o movimento dos produtos deve ser realizado como atividade de *setup* externo, ou preconizar que outro operador deve executar esse transporte (função de preparador de trabalho).

### **Estágio 2: Converter atividades de *setup* interno em atividades de *setup* externo.**

Neste estágio existem duas ações importantes: voltar a examinar a operação de *setup* e perceber quais as atividades que estão a ser assumidas erradamente como atividades de *setup* interno, e descobrir formas de transformar essas atividades em atividades de *setup* externo. Aqui é muito importante largar os hábitos antigos e adotar novas perspetivas (Shingo, 1985).

As técnicas que se podem utilizar neste estágio são: preparação das condições necessárias para realizar o *setup* de antemão e padronizar as funções (Shingo, 1985).

### **Estágio 3: Racionalização de todos os aspetos da operação de *setup*.**

De modo a conseguir uma maior redução do tempo de *setup*, pode-se estudar cada atividade de *setup*, interno ou externo, mais detalhadamente (Shingo, 1985).

Por forma a realizar melhorias nas atividades de *setup* externo, pode-se aperfeiçoar o armazenamento e o transporte de peças e ferramentas. Estas visam, por exemplo, armazenamento focalizado, organizado e próximo da máquina, evitando o tempo de procura de acessórios e materiais.

Para melhorar as atividades de *setup* interno pode-se referir a implementação de

operações paralelas, dispositivos de fixação de ferramentas num único movimento e a eliminação de ajustes (Shingo, 1985).

Os estágios dois e três não necessitam de ser executados separadamente, pois podem ser realizados em simultâneo (Shingo, 1985). A metodologia SMED pode seguir diferentes caminhos, dependendo da aplicação das diversas técnicas, pois cada caso visa responder a necessidades distintas (Couto, 2008).

Na figura 5 estão representados os 4 estágios da metodologia SMED.

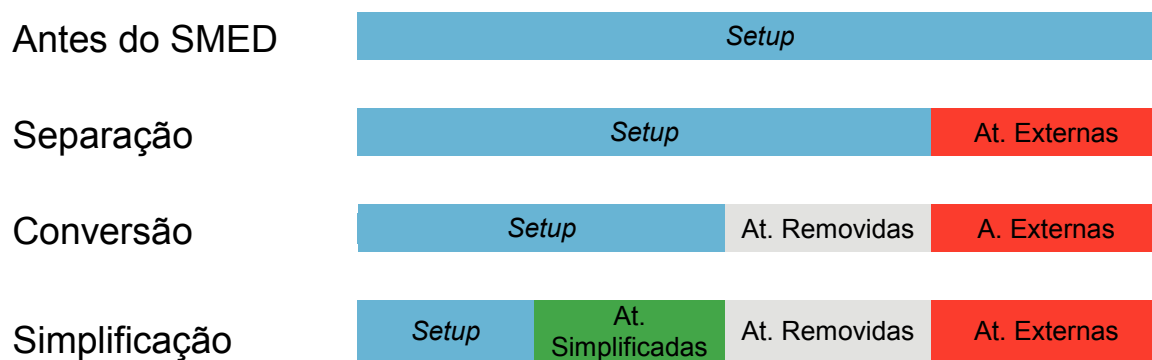


Figura 10.- Representação gráfica da metodologia SMED

### 2.4.3 Vantagens do SMED

A técnica SMED tem várias vantagens na sua aplicação para além da redução do tempo de *setup* e a conseqüente diminuição do custo do produto. Segundo Shingo (1985) aplicar o SMED favorece também:

- Produção sem *stock*;
- Aumento da taxa de ocupação das máquinas e capacidade de produção;
- Eliminação dos erros de *setup*;
- Melhoria da qualidade do produto;
- Melhoria da segurança;
- Simplificação da limpeza;
- Necessidade de um menor nível de competências;
- Redução do tempo de produção;
- Aumento da flexibilidade da produção;
- Novas atitudes;
- Revolução dos métodos de produção.

#### **2.4. 4 Estudos realizados**

Os casos de aplicação da técnica SMED são cada vez mais comuns devido ao seu sucesso no que toca à economia de tempo e dinheiro. Em 2009, H. Guo realizou um estudo da aplicação SMED na empresa Schlumberger. Esta empresa produz cerca de 1000 produtos diferentes, o que requer uma flexibilidade no sistema produtivo, pois os *setups* são constantes. No entanto, era o longo tempo de *setup* das máquinas CNC que se apresentava como um limitador da capacidade de produção. Nesse sentido, Guo implementou a técnica SMED aliada a outras implementações, como a melhoria da sequência de *setup* e a simplificação de algumas operações de *setup*. Como resultado final, Guo refere uma diminuição do tempo de *setup* em cerca de 40% refletindo-se numa poupança de 50.000 dólares.

Mais recentemente, Araújo (2012), na sua dissertação de mestrado, aplicou a técnica SMED numa empresa portuguesa de nome Felino S.A.. Esta empresa localiza-se em Ermesinde e produz máquinas para o sector da padaria e pastelaria, e tinha como principal oportunidade de melhoria a redução do tempo de *setup*. Neste sentido, Araújo primeiramente aplicou as técnicas 5S de modo a organizar o espaço e os materiais e de seguida, através da técnica SMED, identificou várias atividades de *setup* externo, provando assim a capacidade de diminuição do tempo de *setup*.

Por último, Rese (2012) realizou um estudo que tinha como objetivo a implementação da técnica SMED em máquinas CNC de uma empresa que produzia peças para o sector automóvel, e que tinha uma baixa produtividade devido ao longo tempo de *setup* destas máquinas. Neste estudo a autora eliminou as atividades de *setup* externo, melhorou as atividades de *setup* interno e padronizou operações de modo a conseguir uma diminuição do tempo de *setup* de 72%.

## ***3. Metodologia Utilizada***

---

Este estudo foi realizado em contexto organizacional na empresa Geocam – Maquinação e Moldes Lda., produtora de moldes para a injeção de plásticos, sediada na Martingança, Alcobaça. Durante cinco meses (Novembro de 2013 a Março de 2014) foram analisados os processos de trabalho da organização com o intuito de identificar e propor ações que visassem a melhoria dos processos internos.

### **3.1 Caso de Estudo - Geocam**

A Geocam – Maquinação e Moldes, Lda., foi fundada em 1999 e surgiu da união de cinco pessoas com experiência na indústria dos moldes para plásticos, com a empresa Imoplastic, Lda. A Geocam surgiu assim com o objetivo de colmatar as lacunas da Imoplastic no que toca à produção de moldes de maior tonelagem. Nesse sentido, a Geocam teve desde sempre como principal objetivo, a maquinação de peças para moldes de grande porte, contando para tal com a experiência já existente de modelação, programação e maquinação.

Em 2001 iniciou-se a fabricação de moldes completos com a preparação das infraestruturas necessárias à realização dos trabalhos de montagem e acabamento. Por esta altura a Geocam dedicava-se à produção de peças para moldes até 12 toneladas.

No ano de 2004 foi implementado um Sistema de Gestão de Qualidade, devidamente certificado pela APCER – Associação Portuguesa para a Certificação, pela norma NP EN ISO 9001. No que toca à higiene, saúde e segurança no trabalho, a implementação das metodologias é assegurada por uma entidade externa devidamente credenciada.

Já em 2009 houve mudança de instalações e troca de alguns equipamentos de modo a aumentar a capacidade produtiva, melhorando significativamente a qualidade do ambiente de trabalho e das infraestruturas de apoio. Aumentou também a capacidade de produção para 30 toneladas, que se mantém até aos dias de hoje.

Atualmente a Geocam tem 52 colaboradores e o seu trabalho é destinado para os mais

diversos mercados e aplicações. Como clientes tem maioritariamente a indústria automóvel, mas também realiza trabalhos para a indústria de embalagem e elétrica, sendo que grande parte dos seus produtos é destinada a exportação.

O logotipo da Geocam apresenta-se na figura 11.



Figura 11.- Logotipo Geocam - Maquinação e Moldes, Lda.

### 3.2 Caracterização do caso de estudo e metodologia

O sistema de produção da Geocam, em relação às quantidades fabricadas e grau de repetibilidade, pode classificar-se como um sistema de produção unitária, não repetitiva, visto que cada molde é sempre diferente. Em função do relacionamento com os clientes trata-se de uma produção por encomenda (ETO – *Engineer-to-order*), uma vez que a matéria-prima do molde, o aço, só é comprada depois da encomenda confirmada. No que toca aos fluxos de produção, classifica-se como produção intermitente, *Jobshop*, uma vez que a produção é unitária e utiliza equipamentos multitarefa, onde estão agrupados por funcionalidades.

Assim, a área de fabricação da Geocam, ao nível da ótica estrutural, está dividida em cinco secções de trabalho homogéneas: centros de maquinação, furações, erosão, maquinação convencional e, montagem e acabamentos. Existe também uma secção de projeto de moldes que se encontra no departamento técnico-comercial.

A produção do molde inicia-se na secção de desenho e projeto, onde é desenhado em desenho assistido por computador (CAD). Este CAD passa para a secção de maquinação CNC, onde é realizada também a fabricação assistida por computador (CAM), executada com base no desenho que vem da secção de projeto. Algumas peças são maquinadas de uma forma mais tradicional na secção de maquinação convencional. Após a maquinação, algumas peças passam para a secção de electro erosão, onde são erodidas as zonas cuja maquinação não é possível com processos de corte por arranque de apara. De seguida as peças vão para a secção de furação onde são maquinados os canais necessários à refrigeração e bom funcionamento do molde. Por último, todas as peças constituintes do molde seguem para a secção da bancada,

onde é montado e ajustado o molde final. O percurso maquinação CNC, electro erosão e furações descrito, nem sempre é realizado segundo esta sequência, existindo por vezes alterações no fluxo produtivo por forma a rentabilizar o tempo e a taxa de ocupação das máquinas.

O trabalho desenvolvido no âmbito deste projeto desenrolou-se na secção de maquinação CNC, uma vez que esta foi identificada pela empresa como sendo uma área crítica do processo. A secção da maquinação CNC pode-se dividir em dois grupos:

- Grupo 1 – Maquinação de peças de maiores dimensões como cavidades, buchas e chapas. Composto por três máquinas CNC: uma Awea SP3016 (Figura 12); duas Awea VP2012, sendo uma mais recente (Figura 13) e outra mais antiga (Figura 14), designadas neste estudo por M1, M2 e M3 respetivamente.



Figura 12. - Awea SP3016 (Awea SP HSS, 2007)



Figura 13. - Awea VP 2012 mais recente (Juan Martins, 2007)



Figura 14. - Awea VP 2012 mais antiga (HPC).

- Grupo 2 – Maquinação de peças mais pequenas como posições, balancés, entre outros. Este é composto por duas máquinas CNC: Awea F1000 (Figura 15) e Leadwell v-30 (Figura 16), designadas neste estudo por M4 e M5, respetivamente.



Figura 15. - Awea F1000 (Awea)



Figura 16. - Leadwell v-30 (Tech Spex, 2006)

Para além da maquinação CNC é também realizado nesta secção, como já referido anteriormente, a programação CAM.

Nesta secção trabalhavam, à data do início do estudo, oito colaboradores e o chefe de secção. No grupo 1, trabalham três colaboradores por turnos de oito horas, por forma a maximizar o tempo de produção das máquinas ao longo das 24 horas do dia. Para além destes três colaboradores, trabalha mais um no turno de dia. A programação para estas três máquinas é realizada paralelamente por duas pessoas: o chefe de secção (que acumula funções) e outro colaborador, realizando ambos horários diurnos. No grupo 2 trabalham três colaboradores, por turnos de 8 horas que acumulam as funções de programação e respetiva maquinação. Na

Figura 17 está representado o *layout* da secção, assim como o seu modo de funcionamento.

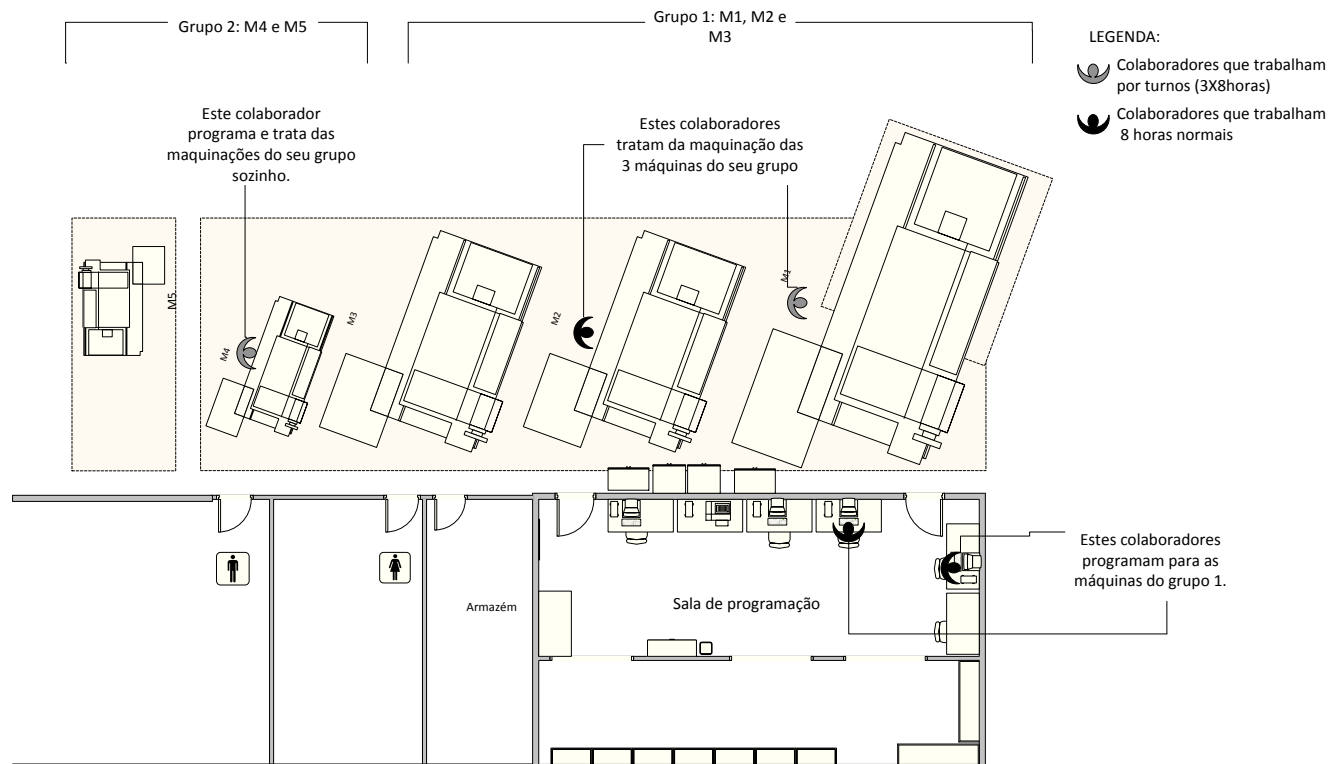


Figura 17.- *Layout* da secção de Maquinação CNC e representação do seu funcionamento.

Durante o primeiro mês e meio foi realizado um pré-diagnóstico ao funcionamento da secção de modo a identificar pontos possíveis de melhorias, e assim conseguir definir uma área de trabalho que fosse de encontro à realidade e às necessidades da organização tendo como intuito melhorar a eficácia produtiva. O objetivo desta primeira fase seria identificar algumas das dificuldades da secção em termos de gestão de operações e otimização de processos, assim como perceber em que aspeto se podia melhorar a sua eficácia em termos produtivos.

Para isso foram estudados os processos realizados na secção, bem como medidos e caracterizados os tempos de paragem e funcionamento das cinco máquinas. Foram ainda estudadas todas as atividades que eram realizadas quando as máquinas não estavam em funcionamento. Esta medição de tempos foi realizada com o auxílio de um relógio, durante três dias de trabalho, 8 horas/dia.

Após a apresentação dos resultados do relatório do pré-diagnóstico à organização, ficou decidido, atendendo à realidade e às necessidades da organização, que este estudo se iria

focar na aplicação da metodologia SMED com o intuito de reduzir tempos de mudança de ferramenta. No entanto, existiu também a necessidade de refazer os planos de manutenção preventiva para o ano de 2014. O detalhe desta análise de pré-diagnóstico é apresentado na primeira secção do capítulo 4 – Análise de resultados.

### **3.3 Avaliação SMED**

Para aplicar o SMED, foram inicialmente realizadas filmagens, com a devida autorização dos colaboradores, de cinco *setups* do grupo de máquinas 1 e de quatro *setups* do grupo de máquinas 2. Dois dos *setups* efetuados no grupo 1, corresponderam ao processo de retirar uma peça da máquina CNC, virá-la e colocá-la de novo dentro da máquina.

Após as filmagens foram analisadas as imagens recolhidas, de modo a decompor todo o processo nas suas várias operações e contabilizar o tempo que cada uma despendia. Com uma lista detalhada das atividades realizadas procedeu-se à separação das atividades de *setup* interno e das atividades de *setup* externo – estágio 1 da metodologia SMED.

Com esta lista de atividades, elaborou-se uma linha de orientação para a realização do processo de *setup*, ou seja, procedeu-se à padronização do trabalho. Para além disso, analisaram-se as atividades que deveriam começar a ser realizadas quando a máquina está em funcionamento, em vez de o serem quando a máquina está parada – estágio 2 da metodologia SMED.

Por último, foi analisado em detalhe a tarefa de preparação de ferramentas das máquinas com o objetivo de a otimizar. Nesse sentido, foram realizadas filmagens desta atividade: 22 vezes do grupo 1 e 17 vezes do grupo 2. As imagens foram analisadas de modo a decompor o processo em todas as suas atividades e a contabilizar o tempo de cada uma delas. Com estes dados foi possível identificar as atividades que deveriam ser otimizadas ou eliminadas, bem como definido o padrão de trabalho a seguir. A aplicação desta metodologia e a análise dos resultados são apresentados na secção 3 do capítulo 4 – Análise de resultados.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## 4. Análise de resultados

### 4.1 Pré-diagnóstico

Como referido anteriormente, foi realizado um pré-diagnóstico inicial visando identificar possíveis pontos de melhorias na secção de maquinação CNC. Para tal, foram medidos e analisados os tempos de operação das cinco máquinas. Esta medição de tempos foi realizada com o auxílio de um relógio e teve a duração de três dias de trabalho, 8 horas cada dia.

Quanto à contabilização dos tempos, foram realizadas observações instantâneas por forma a identificar se as máquinas estavam paradas ou em funcionamento. O método das observações instantâneas consiste na realização de um grande número de observações distribuídas ao longo do tempo de forma aleatória, e no registo da atividade observada. As atividades que são objeto de observação podem ser trabalhadores ou máquinas. Este registo pretende classificar as atividades observadas consoante o objetivo do estudo a decorrer (Programa Nacional de Qualificação e Chefias Intermédias, 2003). Os resultados obtidos através do método das observações instantâneas podem ser observados na Figura 18.

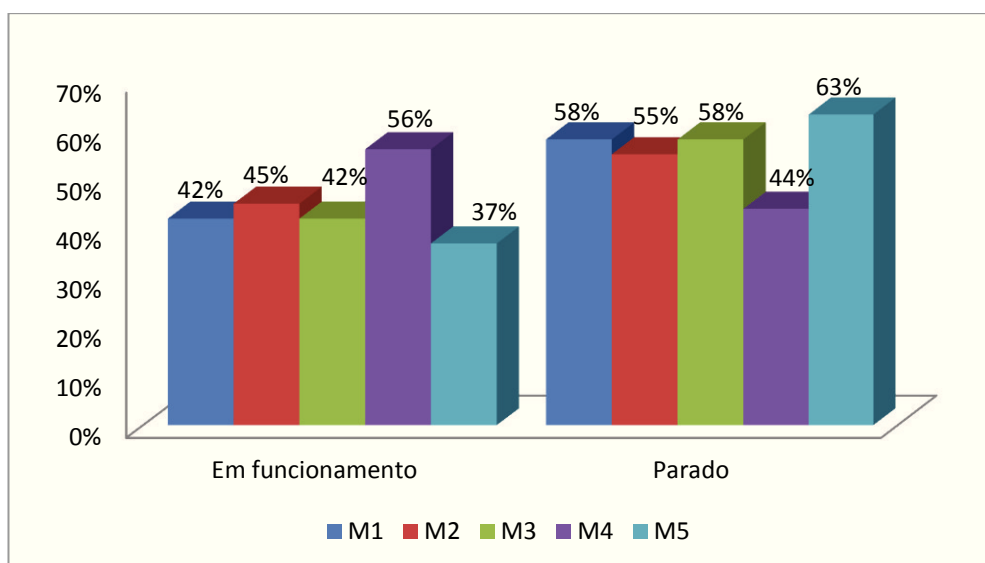


Figura 18. - Percentagem dos tempos das máquinas da secção, em funcionamento (esquerda) e parada (direita).

Assim, pode-se observar que dos três dias de trabalho examinados, a máquina M1 esteve parada cerca de 58% do tempo, a M2 esteve parada 55% do tempo, a M3, 58% do tempo, a máquina M4, 44% do tempo e a máquina M5, 63% do tempo. Logo, em média, as máquinas desta secção estão paradas 56% do tempo disponível, estando em funcionamento 44%.

Dado que na maior parte do tempo em análise as máquinas não estão em funcionamento, foi então efetuada uma análise das tarefas que estavam a ser desempenhadas aquando das máquinas paradas. Os resultados apresentam-se nas Figuras 19, 20, 21, 22 e 33.

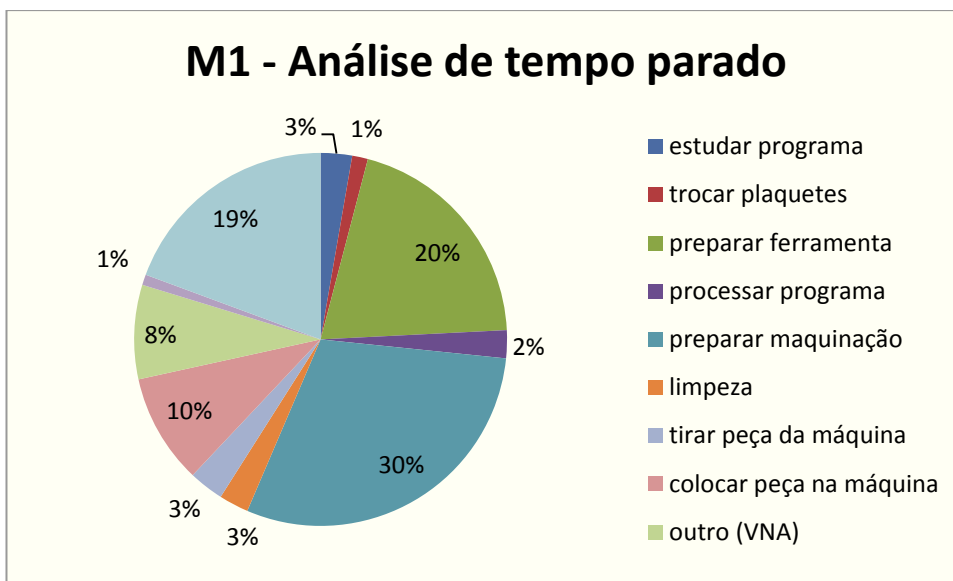


Figura 19.- Análise do tempo parado da máquina M1.

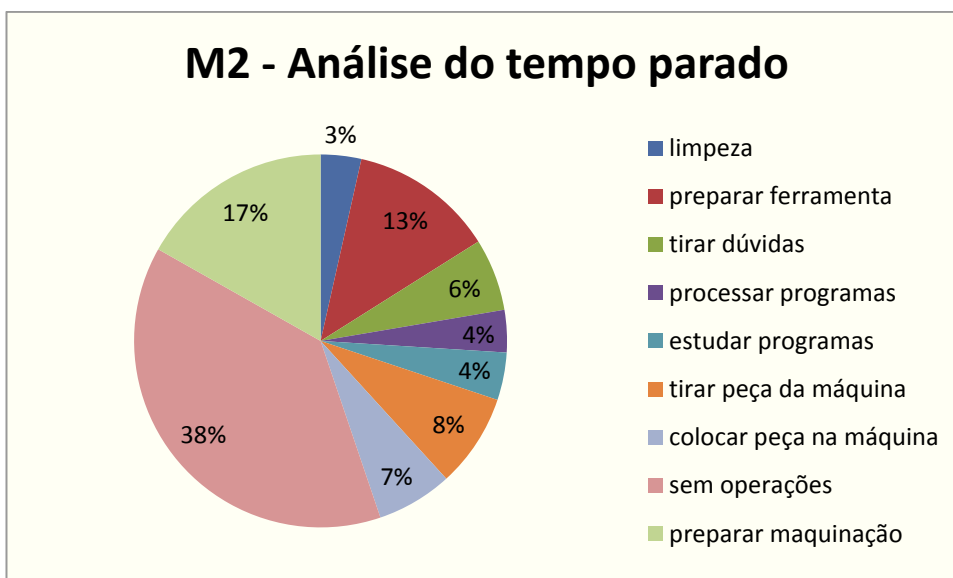


Figura 20.- Análise do tempo parado da máquina M2.

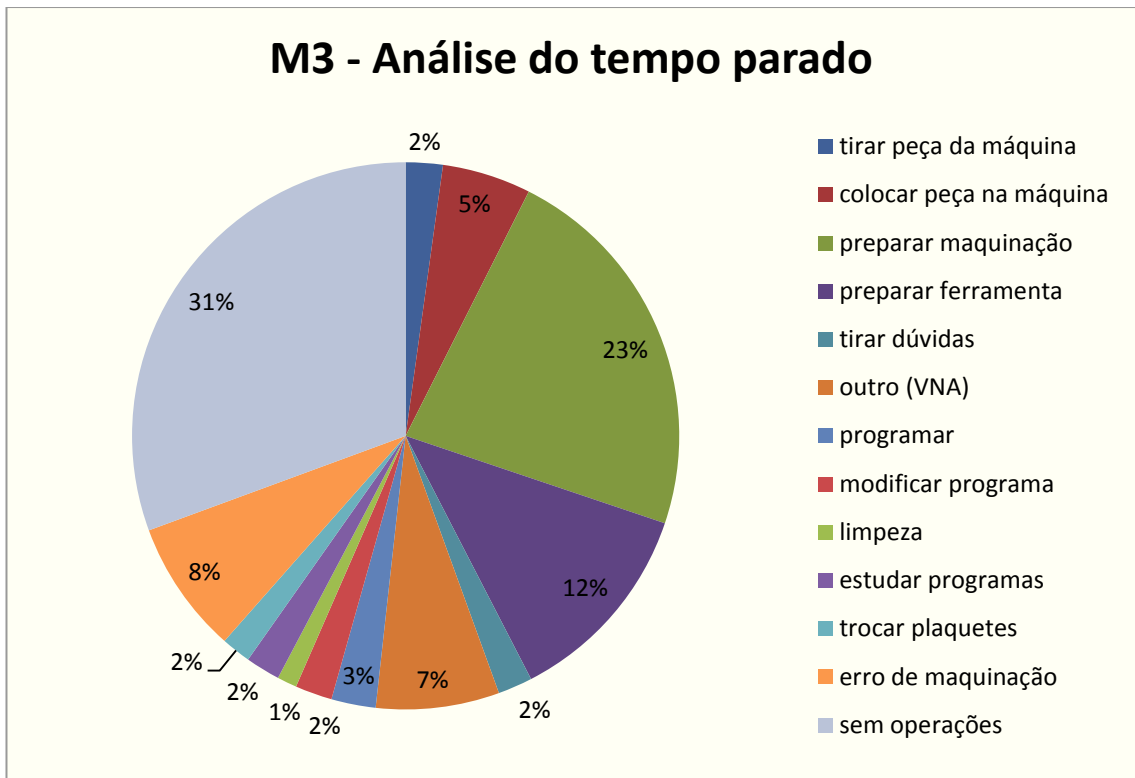


Figura 21. - Análise do tempo parado da máquina M3.

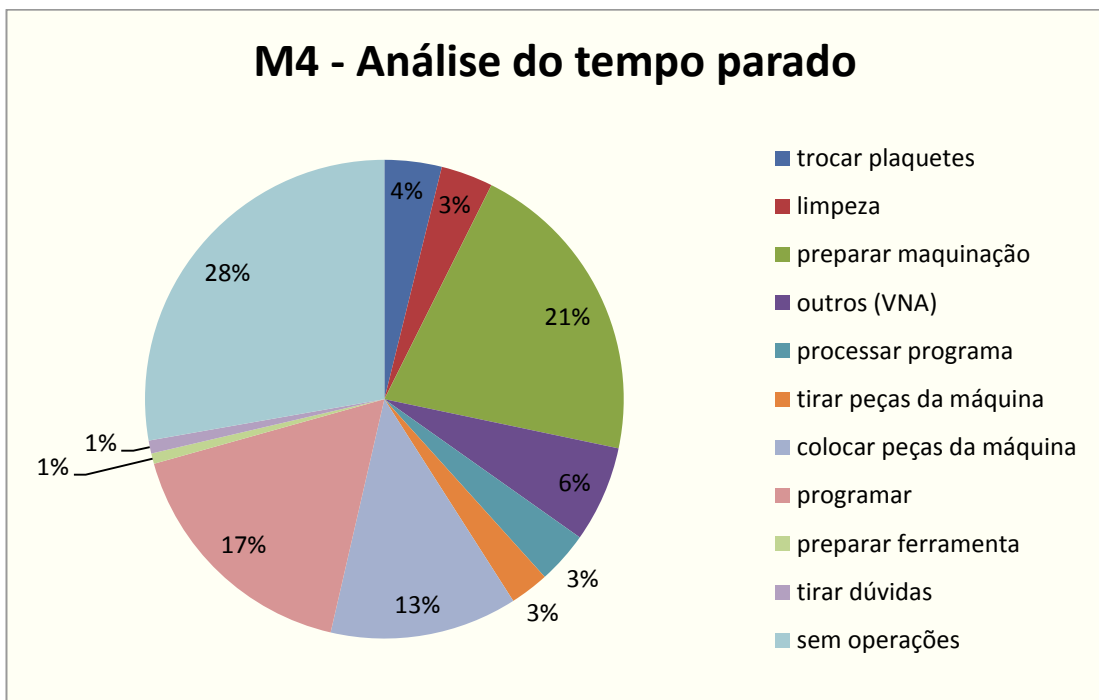


Figura 22. - Análise do tempo parado da máquina M4.

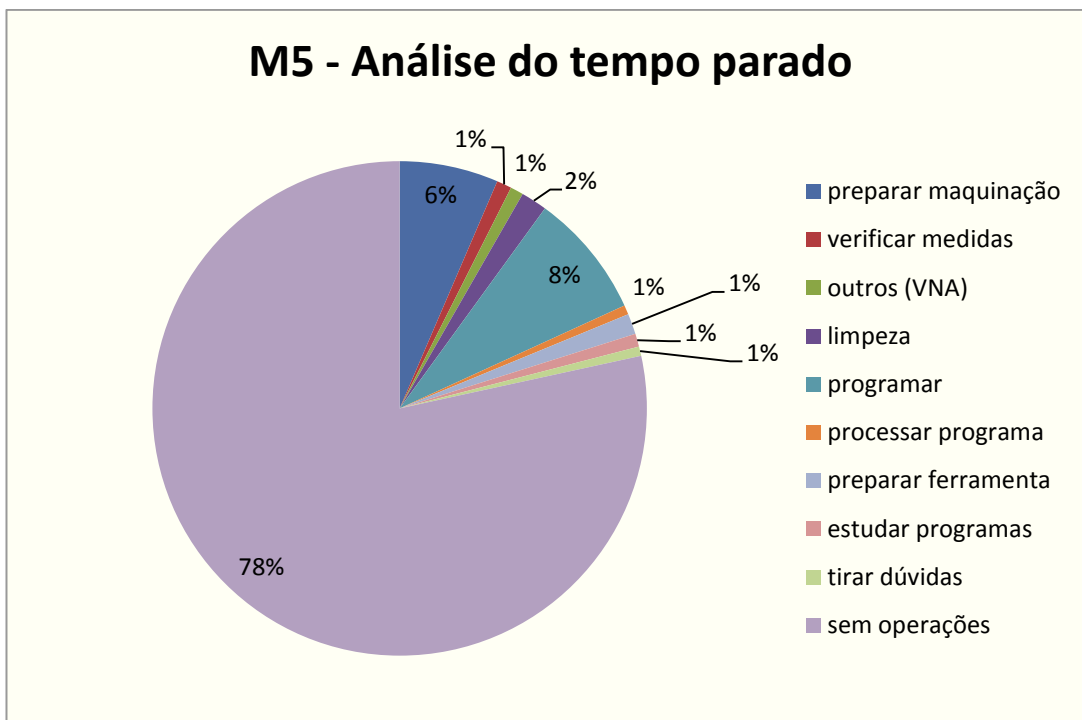


Figura 23. - Análise do tempo parado da máquina M5.

Agrupando as tarefas de “colocar peça na máquina”, “tirar peça da máquina” e “preparação da maquinação” (que corresponde a tarefas indispensáveis para colocar a máquina a funcionar corretamente, tais como desempenamento e centramento das peças), numa única tarefa, designada por “*setup*”, obtém-se o seguinte diagrama de Pareto (Figura 24), relativo às cinco máquinas existentes:

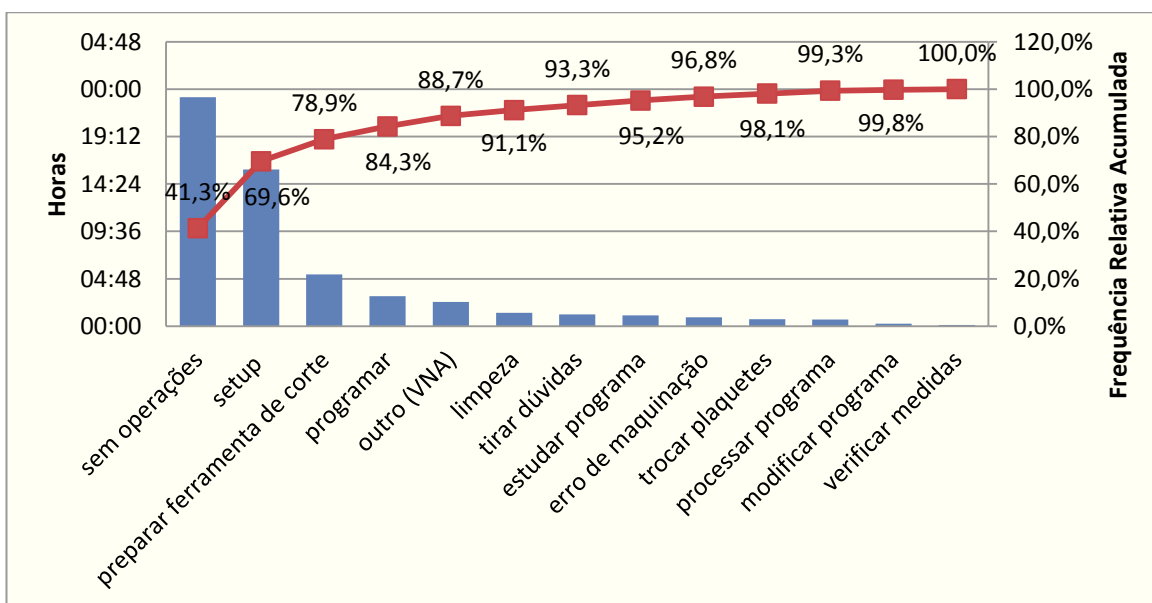


Figura 24. - Gráfico de Pareto da análise do tempo parado das cinco máquinas.

Assim, analisando os dados obtidos, percebe-se que 41,30% do tempo em que as máquinas estão paradas, estas estão “sem operações”. Isto quer dizer que durante este tempo, a máquina está parada e não tem nenhum colaborador a preparar trabalho ou ferramenta para a colocar a funcionar. Esta realidade justifica-se, tipicamente, porque o operador encontra-se a realizar outros trabalhos em outras máquinas. Para reduzir este tempo, de valor não acrescentado para a maquinação, pode-se propor, por exemplo, a contratação de mais colaboradores ou uma melhor distribuição de carga de trabalho por operador.

No respeitante ao tempo de *setup*, este corresponde a 28,3% do tempo em que as máquinas se encontram paradas, e a preparação de ferramenta de corte corresponde a 9,33%. Dado que o objetivo será otimizar o processo utilizando os recursos já existentes na organização (i.e. não se considerou como opção a contratação de mais colaboradores), optou-se por se focar a análise nos tempos de *setup* por forma a melhorar os tempos de funcionamento das máquinas. Para tal, recorreu-se à ferramenta SMED como técnica de suporte.

De salientar ainda que estes resultados foram formalmente apresentados à administração tendo sido obtido um feedback muito positivo. Os resultados foram validados pelo grupo e foi definida uma estratégia para inverter os valores encontrados, uma vez que, apesar de não prováveis permitiram identificar oportunidades de melhoria.

Por último, e após o período de pré-diagnóstico através da análise do funcionamento da secção, foram ainda identificadas outras oportunidades de melhoria. Na Tabela 1 encontra-se o resumo das oportunidades encontradas e as respetivas propostas de melhoria apresentadas.

Tabela 1.- Resumo das oportunidades de melhoria encontradas e respetivas propostas de solução

<b>Oportunidades de Melhoria</b>	<b>Propostas de solução</b>
Falta de planos de manutenção ou não execução das tarefas de manutenção por parte de alguns colaboradores	Criação / atualização de planos de manutenção preventiva das máquinas da secção
Colaboradores recentes com muitas dificuldades em realizar o seu trabalho autonomamente	Criação de um plano de formação e integração na organização (formação interna / externa)
Peças apresentam erros (medidas ou falta de maquinação) e não se sabe quem os cometeu	Criação de uma folha de acompanhamento das peças produzidas
Definição de trabalho entre secções quando a peça já está na produção	Otimização da preparação de trabalho por parte das chefias de secção antes do início da produção
Normas de fabricação mal definidas	Criação de um Manual de Fabrico do Molde
Alguma falha na passagem de informação entre turnos	Criação de um documento de passagem de informação entre turnos
Interrupção do plano de trabalhos causada pelas peças que voltam para trás na produção devido a erros	Juntar dados e descobrir a principal causa dos erros que causam o retrabalho das peças.
Não-conformidades apresentadas na secção têm como maior causa “falta de atenção” do operador	Definir melhor a “falta de atenção”, de modo a descobrir as verdadeiras causas das não-conformidades, e tomar medidas para as reduzir ou eliminar
Aumento da carga de trabalho no final da semana (sexta-feira), por forma a garantir o trabalho das máquinas autonomamente no fim-de-semana	Estudo de formas de redistribuição de cargas e formação/sensibilização para uma melhor preparação de trabalho

A este nível, foram elaborados os planos de manutenção preventiva para o ano de 2014. O plano de manutenção preventiva para o ano de 2014, das cinco máquinas da secção, foi realizado tendo em conta os planos do ano de 2013, sendo que apenas uma máquina não

tinha ainda nenhum plano de manutenção preventiva. Este teve em conta as tarefas que os colaboradores já realizam, a opinião dos colaboradores e a experiência do chefe de secção e da responsável do departamento da qualidade. Este novo plano inclui as tarefas a serem realizadas, tanto pelos colaboradores como pelas entidades externas contratadas para esse efeito.

Os planos de manutenção de cada uma das máquinas podem ser consultados no Anexo I.

## **4.2 Implementação SMED**

### ***4.2.1 Estágio Preliminar: Atividades de setup interno e de setup externo não se distinguem***

Inicialmente procedeu-se à análise das tarefas de *setup*, como estas são realizadas habitualmente, com o auxílio de uma câmara de filmar. Registaram-se cinco tarefas de *setup* das máquinas do grupo 1 e quatro tarefas de *setup* das máquinas do grupo 2.

Em média, no grupo 1 o *setup* demora cerca de 48 minutos e 49 segundos, e no grupo 2 demora 25 minutos e 10 segundos (Tabela 2).

Face aos resultados obtidos, verifica-se que é natural a diferença de tempos detetada, uma vez que as peças que são colocadas nas máquinas do grupo 1 são muito pesadas e necessitam sempre da ponte rolante como auxílio. Já no grupo 2, a ponte rolante só é utilizada para auxiliar a colocação das peças nas máquinas em casos pontuais.

Com base nas imagens recolhidas, decompôs-se então as tarefas de *setup* (do grupo 1 e do grupo 2) em todos os seus elementos de trabalho, e contabilizou-se o tempo de cada um deles. A tabela com a lista de todas as atividades e os seus respetivos tempos encontra-se no Anexo II.

No entanto, é de destacar que o processo de *setup* não é sempre igual, verificando-se que existem tarefas que são realizadas em todos os *setups*, contrariamente a outras tarefas que só se verificaram uma vez. Por outro lado, na contabilização de tempos não se podem considerar todas as tarefas realizadas em *setups* similares, pois existem tarefas que não podem ser executadas aquando de outras. Por exemplo: quando uma peça é fixa à máquina através de uma mesa magnética, não se podem considerar tarefas de fixação através de barras de aperto. Nesse sentido, foi considerado para contabilização do tempo o pior cenário (ou seja, o somatório de tempos de tarefas sequenciais que despense mais tempo). O método de fixação por barras de aperto foi o que se revelou “o pior cenário”.

Assim, no grupo 1, o pior cenário possível encontrado exclui as tarefas referentes à fixação através de mesa magnética e as tarefas referentes à mudança de posição de maquinação da mesma peça. A soma da média dos tempos de todas as atividades consideradas é de 1 hora 32 minutos e 18 segundos (Tabela 2).

No grupo 2, o pior cenário possível encontrado exclui as tarefas referentes à fixação através de mesa magnética e de prensa. A soma da média dos tempos de todas as atividades consideradas é de 41 minutos e 16 segundos (Tabela 2).

Tabela 2 – Tempo médio de *setup* e soma do tempo de todas as tarefas possíveis por cada grupo de máquinas

<b>Grupo de Máquinas</b>	<b>Tempo médio de <i>setup</i></b>	<b>Soma do tempo de todas as tarefas possíveis</b>
1	48:49 Minutos	1:32:18 Horas
2	25:10 Minutos	41:16 Minutos

#### ***4.2.2 Estágio 1: Separar atividades de *setup* interno e atividades de *setup* externo.***

Ao verificar a lista das atividades consideradas para a realização do *setup*, identificam-se algumas tarefas que podem ser realizadas quando a máquina está em funcionamento, antes ou depois do *setup* (i.e., as atividades de *setup* externo). Na Tabela 3 estão identificadas as atividades de *setup* externo encontradas no grupo de máquinas 1.

Tabela 3 – Atividades de *setup* externo encontradas no grupo de máquinas 1.

<b>Atividades</b>	<b>Tempo (minutos)</b>
Esperar pela ponte rolante	7:03
Levar ponte até à máquina	1:10
Identificar a peça marcando-a com o seu número	5:40
Montar a pistola de ar	1:03
Questionar o trabalho	3:00
Colocar olhais na peça que vai ser colocada na máquina	1:04
Arrumar o material utilizado	1:30

Na Tabela 4 estão identificadas as atividades de *setup* externo encontradas no grupo de máquinas 2.

Tabela 4 - Atividades de *setup* externo encontradas no grupo de máquinas 2.

<b>Atividades</b>	<b>Tempo (minutos)</b>
Preparação do trabalho que se vai maquinar	1:36
Ver qual a posição de maquinação	1:56
Receber indicações de maquinação	5:08
Processar programas	1:15

#### **4.2.3 Estágio 2: Converter atividades de *setup* interno em atividades de *setup* externo.**

Ao realizarmos as atividades identificadas anteriormente como atividades de *setup* externo, durante o funcionamento da máquina, poupam-se os seguintes tempos:

- Grupo 1 – 21:15minutos
- Grupo 2 – 9:55minutos

Ao eliminar estas tarefas verifica-se que no grupo de máquinas 1 o tempo de *setup* desce de 1hora e 32minutos para 1hora e 11 minutos, o que implica uma diminuição do tempo em cerca de 23% (Tabela 5).

No grupo de máquinas 2, o tempo de *setup* desce de 41minutos para 31minutos, resultando numa diminuição de 24% (Tabela 5).

Tabela 5 – Ganho na eliminação das atividades de *setup* externo.

<b>Grupo de máquinas</b>	<b>Tempo de <i>setup</i> considerado</b>	<b>Soma do tempo das atividades de <i>setup</i> externo</b>	<b>Tempo de <i>setup</i> sem as atividades de <i>setup</i> externo</b>	<b>Ganho</b>
1	1:32:18 Horas	21:15 Minutos	1:11:03 Horas	23%
2	41:16 Minutos	9:55 Minutos	31:21 Minutos	24%

De modo a otimizar o processo de *setup*, promovendo a realização destas atividades de *setup* externo quando a máquina está em funcionamento, foi realizado uma padronização de trabalho que pode ser consultada no Anexo III.

#### **4.2.4 Estágio 3: Racionalização de todos os aspetos da operação de *setup*.**

Analisando de novo todas as atividades do processo de *setup*, identificaram-se algumas tarefas que são passíveis de melhorias. Na lista de atividades executadas para o *setup* do grupo de máquinas 1, encontra-se a atividade de “varrer máquina” duas vezes, uma antes de tirar a peça da máquina e outra quando se está a realizar a limpeza do interior da máquina. Se possível, aconselha-se a realizar esta atividade apenas uma vez, de modo a diminuir o tempo de *setup*. No entanto, por vezes, para conseguir verificar a maquinação que foi efetuada, é necessário varrer a apara.

Outras atividades que são possíveis de melhorar são as deslocações que se fazem com a ponte rolante e as peças (maquinadas ou por maquinar). Sempre que possível, deveria ser utilizada a zona junto da máquina, destinada a colocar as peças que vão entrar, para colocar também aquelas que estão a sair. Assim, podem-se poupar três tempos: o da colocação da peça maquinada na zona de espera, (para depois ser levada para outra secção ou diretamente para a secção seguinte); o da deslocação da ponte até à peça, e o da deslocação dessa peça até à máquina. Nesse sentido, a que vai entrar já deve estar previamente preparada junto da máquina, e a peça que vai sair deve ser colocada também nessa zona, até a máquina iniciar o seu funcionamento, sendo depois deslocada para onde for precisa.

Por fim, destas atividades é ainda possível otimizar os tempos do desempenamento e centramento da peça a ser maquinada. Atualmente existem diversas soluções tecnológicas para diminuir o tempo destas atividades e também para diminuir o seu erro. A aquisição de um destes sistemas automáticos pode ser vantajoso apesar do custo de investimento.

Em termos de estimativa de redução de tempos de *setup* a conseguir com estas alterações, verifica-se que a soma dos tempos médios destas atividades é de cerca de 26 minutos (Tabela 6). Adotando as propostas descritas, é então possível chegar a uma diminuição desse tempo para 8 minutos. Considerando esta melhoria e a conversão das atividades supramencionadas em atividades de *setup* externo, poder-se-á conseguir uma diminuição do tempo de *setup* inicial em cerca de 43,1%, ou seja, para cerca de 52 minutos.

Para além destas melhorias, aconselha-se sempre que possível, a recorrer a mais do que um colaborador para a realização do *setup* de forma a conseguir executar atividades em paralelo (por exemplo, limpar a peça e a mesa da máquina), diminuindo ainda mais o tempo de *setup*.

Tabela 6 - Atividades do *setup* do grupo de máquinas 1, que podem ser melhoradas e respetivos tempos.

<b>Atividades que podem ser melhoradas</b>	<b>Tempo (minutos)</b>
Varrer Máquina	1:16
Levar peça maquinada até outro local	2:16
Levar ponte até peça para ser maquinada	2:18
Levar peça à máquina	4:00
Desempenar peça	8:42
Centrar peça	8:00
Soma	26:32

No grupo de máquinas 2, as atividades que podem ser melhoradas são também as de desempenamento e centramento das peças. Estas tarefas, conforme se apresenta na Tabela 7, representam 14 minutos e 37 segundos do *setup*, o que quer dizer que com a adoção de sistemas automáticos (considerando que o tempo é diminuído para 5 minutos), pode existir uma diminuição do tempo de *setup* inicial para 21 minutos e 44 segundos, o que corresponde a um ganho de 47,0% do tempo de *setup* em relação ao tempo inicialmente considerado.

Tabela 7 - Atividades do *setup* do grupo de máquinas 1, que podem ser otimizadas e seus respetivos tempos.

<b>Atividades que podem ser melhoradas</b>	<b>Tempo (minutos)</b>
Desempenar peça	8:10
Centrar peça	6:27
Soma	14:37

Considerando que em média durante um dia, no grupo de máquinas 1, são realizados dois *setups* e no grupo de máquinas 2 são realizados quatro *setups*, pode-se estimar a poupança monetária a conseguir com esta melhoria do processo. Para tal, será tido em conta cinco dias por semana, quatro semanas por mês e doze meses por ano. Apesar de estes valores não perfazerem um ano completo, uma vez que no mês de Agosto e na última semana de

Dezembro a fabricação funciona a um ritmo mais calmo, entende-se que estes valores são mais representativos.

Nos cálculos efetuados foram considerados os valores/hora de cada máquina, cedidos pela organização e apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Valor/hora de cada máquina.

<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>
M1 = 33.13€	M4= 8.95€
M2= 23.66€	M5= 7.37€
M3= 23.66€	
$\bar{x}$ =26.82€/hora	$\bar{x}$ = 8.16€/hora

Utilizando os valores médios de cada grupo e o número média diário de *setups*, pode-se dizer que no pior cenário (em que um *setup* demora 1 hora 32 minutos), são gastos por dia 82,51€, o que se reflete em cerca de 19.800,00€ no final do ano.

Ao diminuir o tempo de *setup* do grupo 1, apenas através da conversão de algumas atividades para *setup* externo (o tempo de *setup* de 1 hora 11 minutos), reduz-se o gasto por dia em 63,51€, o que se reflete ao longo de um ano numa poupança de cerca de 4.600,00€.

No grupo 2, considerando o pior cenário de 41 minutos de tempo de *setup*, estima-se um gasto de 22,45€ por dia e 5.387,78€ ao final do ano. Com a diminuição do tempo de *setup* para 31 minutos, consegue-se uma redução dos custos em cerca de 1.300,00€/ano. Somando estes valores, ao final do ano a organização pode poupar cerca de 5.900,00€ com a diminuição do tempo de *setup* através da conversão de algumas atividades em atividades de *setup* externo.

Com a otimização das atividades de *setup* interno conforme descrito (estágio 2), os valores de poupança do grupo 1 podem chegar aos 8.500,00€ anuais, e no grupo 2 aos 2.500,00€, o que perfaz uma soma de 11.000,00€ que se pode poupar anualmente (Tabela 9).

Tabela 9 – Ganhos anuais com a otimização do tempo de *setup* através da conversão de atividades de *setup* internas em externas e da otimização de atividades internas.

<b>Grupo de Máquinas</b>	<b>Tempo de Setup inicial</b>	<b>Tempo de Setup melhorado</b>	<b>Número de setups por dia</b>	<b>Ganhos por ano</b>
1	1:32:18	52:31	2	8.534,85€
2	41:16	21:44	4	2.550,30€

Contudo, nestes cálculos foi considerado o pior cenário possível na realização do *setup* e este cenário poderá não ser representativo. Como indicado no início deste estudo o tempo médio de *setup* do grupo 1 é de 48 minutos e 49 segundos e o tempo médio de *setup* do grupo 2 é de 25 minutos e 10 segundos.

Realizando uma proporção do tempo de *setup* inicialmente considerado para estes valores médios, apresenta-se uma diminuição de apenas 12% no grupo 1 e de 15% no grupo 2, relativamente à conversão de atividades de *setup* interno para atividades de *setup* externo. Consideram-se as mesmas reduções de tempo na otimização das atividades de *setup* interno que as consideradas anteriormente (uma vez que estas são consideradas representativas).

Neste caso, o tempo de *setup* do grupo 1 desce de cerca de 48 minutos para cerca de 24 minutos, ou seja, representa um ganho de 50% ao nível de eficácia. No grupo 2 o *setup* passa de cerca de 25 minutos para cerca de 11 minutos, o que resulta num ganho de 54%.

Em termos monetários isto significa que no grupo 1 pode existir uma poupança de 5.200,00€ anuais, e no grupo 2 pode existir uma poupança de 1.800,00€ anuais, o que totaliza o valor de 7.000,00€ por ano (Tabela 10).

Tabela 10 – Estimativa dos ganhos anuais com a aplicação SMED considerando tempos médios.

<b>Grupo de Máquinas</b>	<b>Tempo de Setup inicial</b>	<b>Tempo de Setup melhorado</b>	<b>Número de setups por dia</b>	<b>Ganhos por ano</b>
1	48:49	24:17	2	5.263,22€
2	25:10	11:33	4	1.777,79€

### 4.3 Melhoria do processo de preparação de ferramentas de corte

Na análise realizada inicialmente (pré-diagnóstico), para além da tarefa de *setup*, a tarefa de preparação das ferramentas de corte ocupa também uma parte significativa do tempo em que a máquina se encontra parada. A preparação desta ferramenta é, naturalmente, essencial para iniciar o funcionamento da máquina, e apesar de ser uma tarefa que deve ser realizada com esta em funcionamento, a maior parte das vezes isso não acontece, pois o número de colaboradores afeto às máquinas é inferior ao número de máquinas existentes. Assim optou-se igualmente por se analisar o processo de preparação de ferramentas de modo a identificar melhorias.

Para tal foram efetuados registos de vídeo da preparação de ferramenta de corte dos dois grupos de máquinas: 17 registos no grupo de máquinas 1 e 22 registos no grupo de máquinas 2. Em média o tempo de preparação da ferramenta de corte no grupo de máquinas 1 é de 6 minutos, e no grupo de máquinas 2 é de 3 minutos. No grupo de máquinas 1, 65,0% das preparações de ferramenta de corte foram efetuadas com a máquina parada, e no grupo de máquinas 2 isso aconteceu 86,0% das vezes (Tabela 11).

Tabela 11 - Tempos de preparação de ferramentas com a máquina parada e com a máquina em funcionamento.

Grupo de Máquinas	Com máquina parada	a Com máquina em funcionamento	Total Registos	% de registos com a máquina parada
1	11	6	17	64,71%
2	19	9	22	86,36%

Ao analisar as imagens obtidas, construiu-se uma tabela com a descrição de todas as atividades a executar para a preparação das ferramentas de corte, com a contabilização dos tempos de realização e a sua média. No entanto, o processo de preparação da ferramenta de corte também não é sempre igual, existindo tarefas que não podem ser executadas aquando de outras. Assim, dividiu-se a tarefa de preparação de ferramenta de corte em três tipos diferentes consoante o tipo de ferramenta:

- i. Preparação de fresa ou broca sem alongador;
- ii. Preparação de fresa ou broca com alongador;

iii. Preparação de roca.

Nos dois grupos de máquinas, a ferramenta mais rápida de preparar é a roca (cerca de 6 minutos no grupo 1 e de 3 minutos no grupo 2). A ferramenta de corte que mais demora a preparar no grupo de máquinas 1 é a fresa ou broca com alongador, envolvendo cerca de 16 minutos, e no grupo de máquinas 2 a que demora mais tempo a preparar é a fresa ou broca sem alongador, que demora cerca de 8 minutos (Tabela 12). As tabelas completas construídas com as atividades de preparação de ferramentas de corte com os respetivos tempos apresentam-se no Anexo IV.

Tabela 12 – Tempo aproximado de preparação de cada ferramenta de corte em cada um dos grupos de máquinas.

<b>Grupo de Máquinas</b>	<b>Fresa/Broca sem alongador</b>	<b>Fresa/Broca com alongador</b>	<b>Roca</b>
1	7 Minutos	16 Minutos	6 Minutos
2	8 Minutos	6 Minutos	3 Minutos

Ao analisar as atividades realizadas verifica-se que existe um tempo significativo despendido na procura de ferramenta (brocas, fresas, cones, pinças, etc.), assim como na realização da simulação das possíveis colisões das ferramentas nas peças. Tais atividades podem e devem ser eliminadas. A eliminação da realização da simulação das possíveis colisões das ferramentas nas peças é influenciada pelo modo de operar da secção, nesse sentido aconselha-se a mudar o hábito de realizar este controlo de colisões dos operadores das máquinas, passando esta função para os programadores. Assim, se os programadores realizarem esta tarefa aquando da programação CAM, os operadores das máquinas não necessitarão de despendar tempo a fazê-lo.

De modo a eliminar o tempo de procura das ferramentas e acessórios necessários à preparação da ferramenta de corte realizou-se uma reorganização do material existente na secção como demonstram as Figuras 25, 26, 27 e 28. A organização e a identificação das ferramentas e acessórios evita o tempo de procura das mesmas. Foi tido como suporte a esta melhoria a técnica 5S, pois os materiais foram dispostos consoante a sua frequência de utilização, e foram definidos locais específicos de posicionamento dos materiais de modo a evitar que os colaboradores os coloquem em sítios errados, e que estes voltem a ficar desorganizados.

Ao eliminar estas atividades no grupo 1, a preparação de fresa/broca pode passar de 7

minutos para cerca de 4:30 minutos (menos 35% do tempo), a preparação de fresa/broca com alongador, de 16 minutos para cerca de 10 minutos (menos 37,5% do tempo), e a preparação da roca de 6 minutos para 4:30 minutos (menos 25% do tempo). No grupo 2, a preparação da fresa/broca sem alongador pode passar de 8 minutos para 3 minutos (menos 62,5% do tempo). De destacar que nos registos efetuados ao grupo 2 não se verificou a procura de ferramenta ou a execução do controlo de colisões na preparação de fresas/brocas com alongador ou rocas, pois são ferramentas pouco utilizadas neste grupo de maquinaria.



Figura 25.- Gaveta de ferramentas antes (esquerda) e depois (direita.) de devidamente organizada.

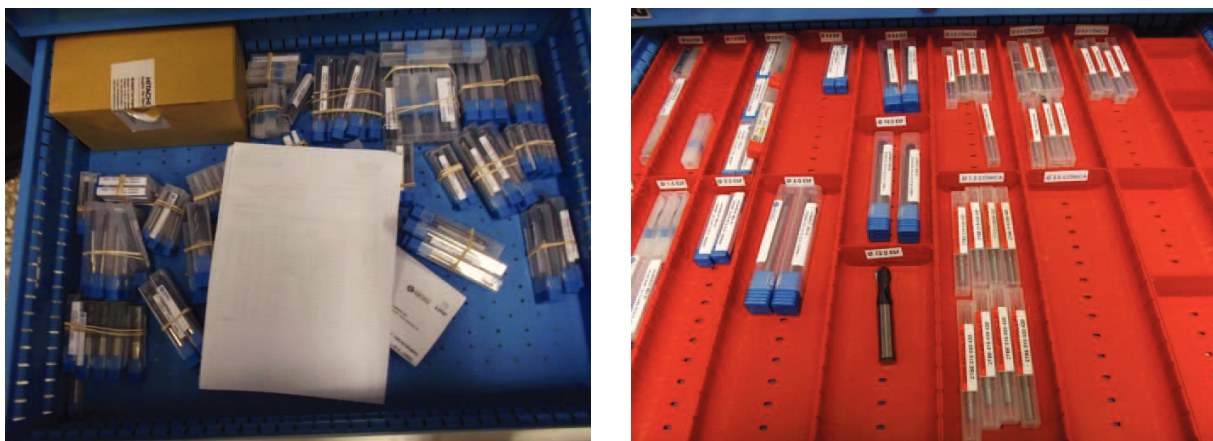


Figura 26. – Gaveta de ferramenta nova antes (esquerda) e depois (direita) de devidamente organizada.



Figura 27.- Bancada de preparação de ferramenta antes (esquerda) e depois (direita) de devidamente organizada.



Figura 28. - Novo armário para arrumar organizadamente os cones (não existia anteriormente).

Foi ainda construída uma padronização da tarefa de preparação das ferramentas de corte, de modo a que os colaboradores sigam boas práticas ao realizar esta tarefa, evitando erros e desperdícios de tempo, assim como estabelecendo um padrão entre colaboradores e uniformizar as melhores práticas. A padronização da preparação da ferramenta encontra-se no Anexo V.

Pode-se dizer que em média a preparação de ferramenta de corte do grupo 1 passa de

10 minutos para 6 minutos (menos 35% do tempo), e no grupo 2 passou de 6 minutos para 4 minutos (menos 33% do tempo). Os tempos iniciais aqui considerados são um pouco mais elevados que a média encontrada nos registos realizados, no entanto, considerou-se mais uma vez o pior cenário.

Ao considerar que num dia, no grupo de máquinas 1, há cerca de 45 preparações de ferramentas de corte, e que cerca de 65% dessas preparações (29) são realizadas quando a máquina está funcionamento, pode-se concluir que com esta melhoria conseguiu-se uma diminuição no tempo de preparação, resultando na poupança de cerca de 11.000,00€ por ano. Considerando que no grupo 2 são preparadas por dia 20 ferramentas de corte, e que 86% dessas ferramentas de corte são preparadas com a máquina em funcionamento (17), com a diminuição de tempo conseguida no processo poder-se-á ganhar cerca de 1.100,00€ ao final de um ano. No total será possível poupar cerca de 12.100,0€ durante um ano (Tabela 13).

Tabela 13 – Ganhos anuais com a otimização do processo de preparação da ferramenta de corte.

<b>Grupo Máquinas</b>	<b>de Tempo de preparação inicial</b>	<b>de Tempo de preparação otimizado</b>	<b>de N.º de preparações por dia</b>	<b>de Ganhos por ano</b>
1	10:00	6:30	29	10.887,57€
2	6:00	4:00	17	1.109,76€

## 5. Conclusão

---

Com a integração na secção de maquinaria CNC da empresa Geocam – Maquinação e Moldes, Lda., foram encontrados vários aspetos passíveis de melhoria de modo a aumentar a eficácia do seu processo produtivo. Como suporte metodológico ao estudo realizado foi utilizada a filosofia Lean e suas técnicas, em particular o SMED. Para tal, foi primeiramente realizado um pré-diagnóstico onde, pelo método das observações instantâneas, se conseguiu identificar que em média, 56% do tempo, as máquinas estavam paradas. Nesse sentido, foi analisado com maior detalhe os motivos das paragens, tendo-se chegado à conclusão, que estas prendiam-se essencialmente com tempos sem operações. Contudo, dada a estratégia da empresa de não contratação de mais recursos, decidiu-se reduzir os tempos de *setup* e os de preparação de ferramentas (segundo e terceiro motivos de paragem).

Ao nível da redução de tempos de *setup* (segundo motivo de paragem), e por análise de todo o processo, foram encontradas algumas atividades que estavam a ser realizadas como atividades de *setup* interno e que se poderiam converter em atividades de *setup* externo. Assim, foram propostas melhorias para a eliminação destas atividades durante o *setup*. Verificou-se ainda que existiam atividades de *setup* interno que poderiam ser otimizadas, como é o caso do transporte das peças para a máquina, o transporte das peças terminadas para outro local, o desempenamento, o centramento, entre outras.

Através das melhorias propostas, o tempo de *setup*, e considerando o pior cenário possível, poderá ser melhorado em 43% no grupo de máquinas 1 e em 47% no grupo de máquinas 2. Estes valores podem refletir-se numa economia estimada de 11.000,00€ anuais (assumindo que são realizados por dia dois *setups* no grupo 1 e 4 no grupo 2).

Considerando em alternativa, o tempo médio de *setup* dos registos efetuados, pode-se prever uma melhoria no tempo de *setup* do grupo de máquinas 1 em 48% e no grupo de máquinas 2 em 50%. Aqui foi considerada a melhoria das mesmas atividades de *setup* interno, e uma melhoria nas atividades de *setup* externo de 12% no grupo 1 e 15% no grupo 2. Estas melhorias podem-se refletir numa economia de 7.000,00€ ao final do ano.

No respeitante ao processo de preparação das ferramentas de corte (terceiro motivo de paragem), com a eliminação de uma atividade que pode ser desenvolvida pelos programadores e com a organização da ferramenta para evitar a sua procura, o tempo de preparação pode diminuir cerca de 35% no grupo de máquinas 1, e no grupo de máquina 2, 33%. Tendo em conta que no grupo 1 são realizadas 29 preparações de ferramenta de corte enquanto a máquina está parada, e no grupo 2 são realizadas 17 preparações, a otimização deste tempo pode-se refletir na economia de 12.000,0€ por ano.

No total, se todas estas melhorias forem implementadas com sucesso a organização pode poupar 19.000,0€ por ano.

É de realçar que este ganho é conseguido com a aplicação de algumas ferramentas de melhoria contínua apenas na secção de maquinaria CNC, ou seja, aplicando estas metodologias à totalidade da empresa, o ganho de produtividade seria ainda mais significativo.

A implementação deste tipo de abordagens nem sempre é pacífica e simples. Exige uma mudança de hábitos e de cultura, o que por vezes introduz muita resistência à mudança. No entanto, as melhorias aparecem do aperfeiçoamento permanente do trabalho que é realizado e os ganhos para a organização são evidentes e as equipas acabam por se sentir mais motivadas com a identificação dessas melhorias.

Para além disso, as melhorias conseguidas ao nível dos tempos de *setup* e da preparação das ferramentas de corte tratam-se apenas de um êxito parcial, se estas forem tratadas como uma ação isolada. De facto, o envolvimento de toda a organização numa melhoria contínua é essencial na otimização, da eficácia do processo produtivo. Para tal, podem ser apontadas como etapas futuras de melhoria, as apresentadas no pré-diagnóstico.

## **Bibliografia**

---

- 4LEAN. **Lean Tools**. [Em linha]. 2001. [Consult. 26 Jun. 2014]. Disponível em WWW:<URL: [http://www.4lean.net/cms/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70&Itemid=188&lang=en](http://www.4lean.net/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=188&lang=en)>.
- AHUJA, I.; Khamba, J.. Total productive maintenance: literature review and directions. **International Journal of Quality & Reliability Management**. ISSN 0265-671X. 15 (2008) 709 - 756.
- ARAÚJO, JOSÉ - **Sistematização da Preparação e Organização do Trabalho de Máquinas CNC na FELINO, S.A.**. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Porto, 2012. Dissertação de Mestrado.
- ARS. **Kanban, entenda o Sistema de Controle!** [Em linha]. Set. 2013. [Consult. 09 Jun. 2014]. Disponível em WWW:<URL: <http://arsparafusos.com.br/kanban-entenda-o-sistema-de-controle/>>.
- ASKIN, Ronald; GOLDBERG, Jeffrey - **Design and Analysis of Lean Production Systems**. Nova Iorque: John Wiley & Sons, Inc, 2002. ISBN 978-0471115939
- AWEA. Awea - The Ultimate Machining Power. **AF detail info**. [Em linha]. [Consult. 26 Jun. 2014]. Disponível em WWW:<URL: [http://www.awea.com/awea\\_en/milling/vertical/af/indetail.htm](http://www.awea.com/awea_en/milling/vertical/af/indetail.htm)>.
- VIEIRA MÁQUINAS. **Awea SP HSS**. [Em linha]. 2007. [Consult. 26 Jun. 2014]. Disponível em WWW:<URL: [http://www.vieiramaquinas.com.br/incMaquinas.php?pag=juan\\_martin/awea-sp-sphss.php&img=awea](http://www.vieiramaquinas.com.br/incMaquinas.php?pag=juan_martin/awea-sp-sphss.php&img=awea)>.
- BOSENBERG, D.; METZEN, H. - **Lean Management**. 1.<sup>a</sup> ed. Mem Martins, Portugal: Edições Cetop, 1993. Vol. 10
- BREYFOGLE, F. - Integrated Enterprise Excellence. **In Business Deployment**. Texas: Bridgeway Books, 2008. Vol. 2
- BUSINESS EXCELLENCE . **Theory of Constraints**. [Em linha]. [Consult. 26 Jun. 2014]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.bexcellence.org/Theory-of-Constraints.html>>.

- COUTO, R. - **Estudo de implementação do método SMED e do método Taguchi no processo de injeção de plásticos.** Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008. Dissertação de Mestrado.
- DURÁN, M. - **¿Qué significa kanban?** [Em linha]. Dez. 2012. [Consult. 26 Jun. 2014]. Disponível em WWW:<URL:[http://eficalingenieria.blogspot.pt/2012\\_12\\_01\\_archive.html](http://eficalingenieria.blogspot.pt/2012_12_01_archive.html)>.
- FERRARO, ANTONIO – Creative Safety Supply. **5 Easy Rules For Kanban Success.** [Em linha]. Jan. 2014. [Consult. 09 Jul. 2014]. Disponível em WWW:<URL:<http://blog.creativesafetysupply.com/easy-rules-kanban-success/>>.
- GUO, HAIQING – **Head & Base Production Optimization: Setup Reduction.** Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 2009. Dissertação de Mestrado.
- HPC - **CNC Fraeser.** [Em linha]. [Consult. 26 Jun. 2014]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.hpcvkt.dk/maskinliste/cnc-fraeser.html>>.
- JUAN MARTINS - **VP 2012 Hss.** [Em linha]. 2007. [Consult. 26 Jun. 2014]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.juan-martin.es/index.php/br/produto/fabricante/awea/hss/vp-2012-hss>>.
- KISHIDA, M.; GUERRA, E.; SILVA, A. Lean Institute Brasil- **Benefícios da implementação do Trabalho Padronizado na ThyssenKrupp.** [Em linha]. Out. 2006. [Consult. 26 Jun. 2014]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.lean.org.br/artigos/95/beneficios-da-implementacao-do-trabalho-padronizado-na-thyssenkrupp.aspx>>.
- LEAN MANUFACTURING TOOLS - **Creating a value stream map.** [Em linha]. 2013. [Consult. 09 Jun. 2014]. Disponível em WWW:<URL:<http://leanmanufacturingtools.org/551/creating-a-value-stream-map/>>.
- PROGRAMA NACIONAL DE QUALIFICAÇÃO E CHEFIAS INTERMÉDIAS - **Métodos e Tempos - Manual Pedagógico.** Associação Empresarial de Portugal, 2003. ISBN 972-8702-15-9
- RESE, SELMA - **Método de implantação de troca rápida de ferramenta em tornos CNC aplicado a uma empresa fabricante de autopeças.** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Dissertação de Mestrado.
- SARKAR, D. - **5S for service Organizations and Offices - a Lean look at Improvements.** Estados Unidos da América: ASQ Quality Press, 2006. ISBN 0873896777
- SHINGO, Shigeo - **A Revolution in Manufacturing: The SMED System.** 1.<sup>a</sup> ed. Portland, Estados Unidos da América: Productivity, Inc., 1985. ISBN 0915299038

STEVENSON, W. - **Operations Management**. 10.<sup>a</sup> ed. Nova Iorque, Estados Unidos da América: McGraw-Hill International Edition, 2009. ISBN 0073525251

SUGAI, M.; MCINTOSH, R.; NOVASKI, O - Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. **Gestão da Produção**. Vol. 14, nº2 (2007), p. 323 – 335.

TECH SPEX - **Machining Centers**. [Em linha]. Mai. 2006. [Consult. 26 Jun. 2014]. Disponível em WWW:<URL:[http://www.techspex.com/machining-centers/leadwell\(2463\)/2793](http://www.techspex.com/machining-centers/leadwell(2463)/2793)>.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## ***Anexos***

---

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## ***Anexo I***

### ***Planos de Manutenção Preventiva***

Plano de manutenção preventiva para as máquinas do grupo 1.

Tarefa	Descrição	Responsável	Periodicidade
A	Revisão Geral: - Verificar estado do sistema elétrico - Verificar painel de controlo - Verificar correia de transmissão do movimento do <i>spinning</i> - Verificação geométrica - Verificar cunha do eixo Z.	AT	Anual
B	Limpeza geral profunda	OP	Anual
C	Verificar estado do fluido de corte	OP	Anual
D	Limpeza do reservatório do fluido de corte	OP	Anual
E	Verificação de níveis de óleo do grupo hidráulico	OP	Mensal
F	Verificar óleo da árvore	OP	Mensal
G	Limpeza de filtros de ar do grupo hidráulico	OP	Semanal
H	Verificar nível dos barramentos	OP	Semanal
I	Limpar zona de troca de ferramenta e zona do carrossel	OP	Semanal
J	Purgar óleo do filtro de ar	OP	Semanal
K	Purgar óleo barramentos dos coletores dos 3 eixos	OP	Semanal

Plano de manutenção preventiva para as máquinas do grupo 2.

Tarefa	Descrição	Responsável	Periodicidade
A	<b>Revisão Geral:</b> - <b>Verificar estado do sistema elétrico</b> - <b>Verificar painel de controlo</b> - <b>Verificar correia de transmissão do movimento do <i>spinning</i></b> - <b>Verificação geométrica</b>	<b>AT</b>	<b>Anual</b>
B	<b>Verificação do óleo do refrigerador</b>	<b>OP</b>	<b>Anual</b>
C	<b>Limpeza geral profunda</b>	<b>OP</b>	<b>Anual</b>
D	<b>Verificar estado do fluido de corte</b>	<b>OP</b>	<b>Anual</b>
E	<b>Limpeza do reservatório do fluido de corte</b>	<b>OP</b>	<b>Anual</b>
F	<b>Limpeza de filtros</b>	<b>OP</b>	<b>Semanal</b>
G	<b>Verificação dos níveis do óleo</b>	<b>OP</b>	<b>Semanal</b>
H	<b>Limpar zona de troca de ferramenta</b>	<b>OP</b>	<b>Semanal</b>

## ***Anexo II***

### ***Tabelas de tempos de Setup***

Atividades de *setup* e respetivos tempos do grupo de máquinas 1.

Com apertos	tempo (minutos)	Soma dos tempos	média	código	Com Mesa Magnética	Tempo (minutos)	soma dos tempos	média	código
Verificar maquinação	0:09	00:09	00:09	█					
desapertar barras de aperto	0:35 0:53	01:28	00:44		Desmagnetizar mesa	1:27	01:27	01:27	
retirar barras de aperto	1:07 1:47 5:10	08:04	02:41						
limpeza da peça com ar	3:02 0:33 1:52 4:10 1:15	10:52	02:10						
colocar aperto (para juntar chapas)	0:50	00:50	00:50						
colocar olhais	0:40 1:18 2:10	04:08	01:22						
limpeza com pano	0:50 2:30	03:20	01:40						
varrer máquina	1:17 1:16	02:33	01:16		█				
Espera de ponte	8:24 5:43	14:07	07:03		█				
Levar ponte até maquina	0:55 0:49 0:40 2:57 0:32	05:53	01:10		█	Colocar magnético na ponte	1:40	01:40	01:40
Colocar ganchos nos olhais	0:12 0:22 0:29 0:48	01:51	00:27	█	Agarrar peça com magnético	0:05	00:05	00:05	█
Tirar peça da máquina	1:07 1:16 1:00 3:06 0:35	07:04	01:24	█					
Marcar número da peça	5:40	05:40	05:40	█					
Retirar rebarba que ficou da maquinação	1:20	01:20	01:20	█					
Levar peça até outro local	2:05 3:20 1:24	06:49	02:16	█					
Retirar ganchos	0:10 0:36	00:46	00:23	█					
Virar peça	2:36 6:10	08:46	04:23	█					
Elevar ponte	0:39	00:39	00:39	█					
retirar apoios da maquina	0:18 1:11	01:29	00:44	█					
montar pistola de ar	1:07 1:00	02:07	01:03	█					
limpeza de máquina com ar	1:15 1:51 2:15	09:55	02:28	█					

	4:34							
varrer máquina	0:42 1:00 5:47	07:29	02:29					
limpeza com água	2:59 4:41	07:40	03:50					
limpeza com pano	0:38 3:51 1:05 1:27	07:01	01:45					
Questionar trabalho	3:00	03:00	03:00					
Levar ponte à peça	1:00 1:55 4:00	06:55	02:18					
Colocar olhais	1:49	01:49	01:49					
Colocar ganchos nos olhais	0:15 1:02 1:18	02:35	00:51					
elevantar peça	0:29 0:50 1:32	02:51	00:57					
Levar peça à máquina	6:34 1:26	08:00	04:00					
limpar peça com pano	1:02 0:36 0:13 0:45 3:50	06:26	01:17					
limpar apoios	0:24 1:00	01:24	00:42					
Passar pedra na peça	0:41 0:34 0:58 4:30	06:43	01:40					
colocar peça sobre a máquina	1:17 1:31 2:17 2:04	07:09	01:47					
colocar apoios	3:21 5:20 2:10 3:41	14:32	03:38		colocar peça sobre mesa magnética	2:13	02:13	02:13
colocar peça sobre os apoios	0:24 0:42 0:53 1:15	03:14	00:48		desmagnetizar magnético	0:12	00:12	00:12
retirar ganchos dos olhais	0:11 0:10 0:11 0:11	00:43	00:10		arrumar magnético	0:48	00:48	00:48
arrumar ponte	0:21 0:30 0:32 0:26 0:39	02:28	00:29					
retirar olhais	0:40 0:40 0:29	01:49	00:36					
colocar barras de aperto	3:29 6:53 4:50	15:12	05:04					
desempenar peça	6:38 8:17	34:51:00	08:42					

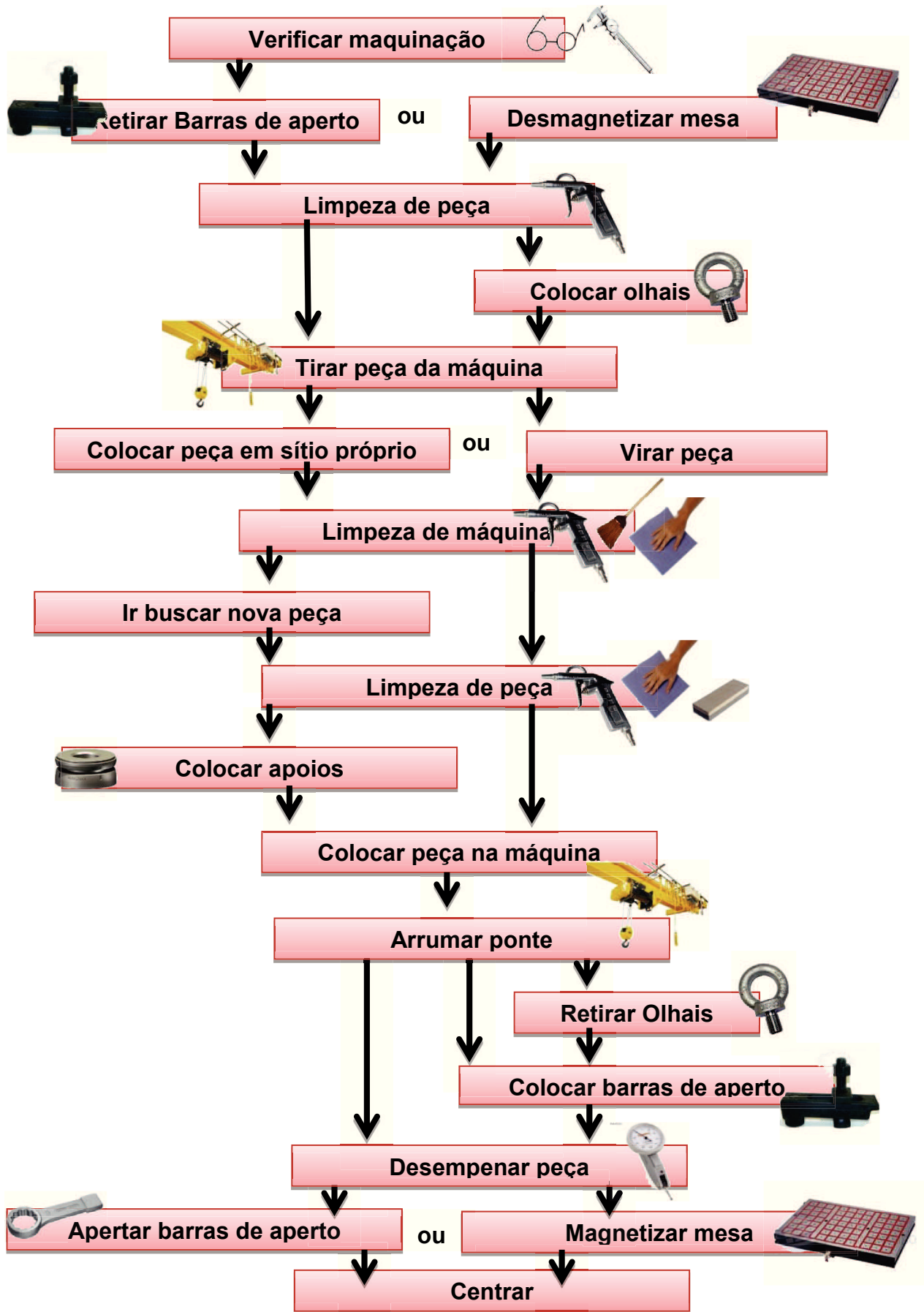
	6:07								
	13:49								
apertar barras de aperto	1:47	04:19	02:09		magnetizar mesa	1:49	01:49	01:49	
centrar	2:32								
	6:50	32:02:00	8:00:30						
	10:24								
	4:13								
	10:35								
arrumar material utilizado	1:30	01:30	01:30						

Tabela 14- Atividades de *setup* e respectivos tempos do grupo de máquinas 2.

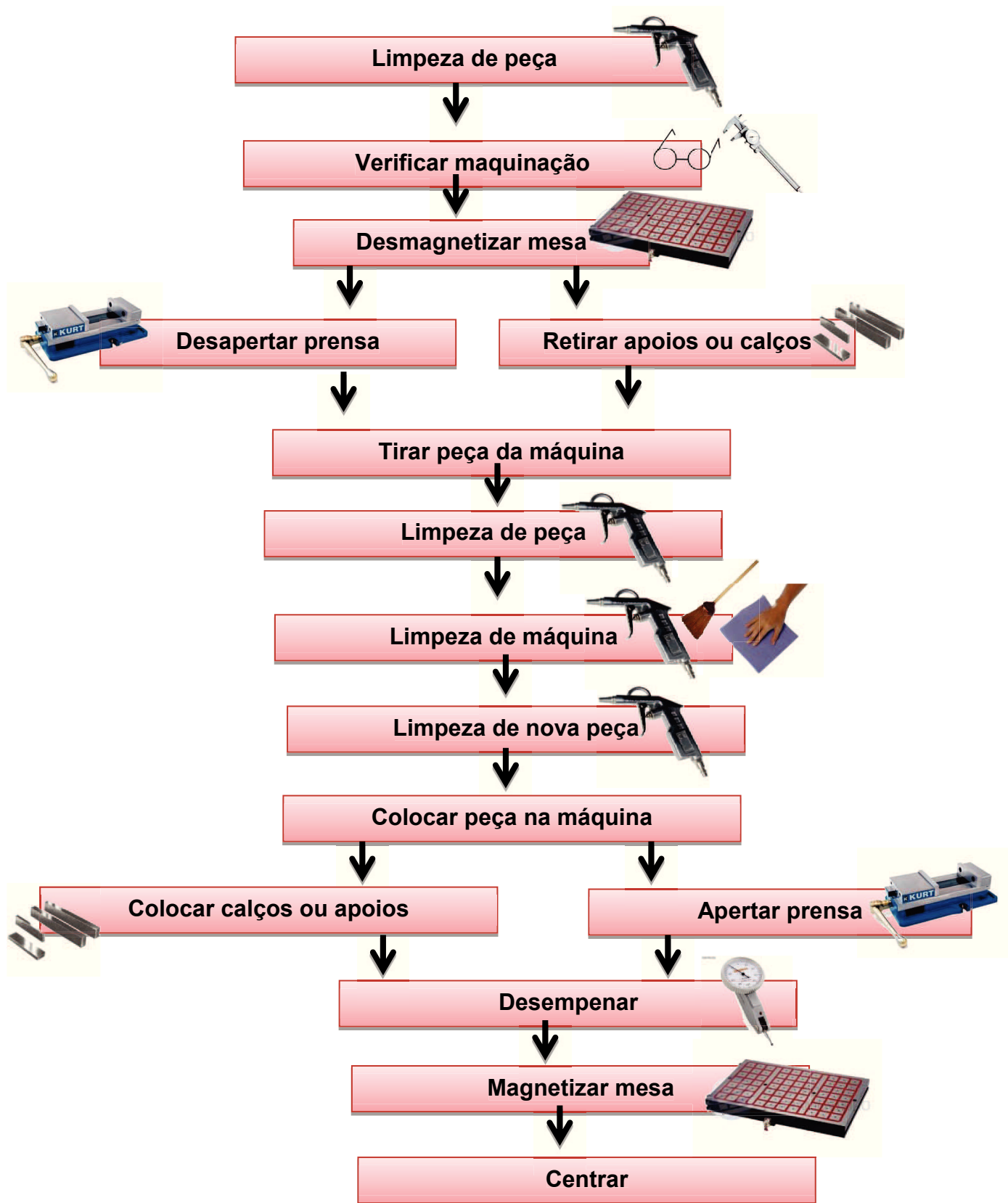
Atividades	tempos (m)	Soma dos tempos (m)	média (m)	código
Limpeza	00:16	00:16	00:16	
Verificação de maquinação	0:17 0:22	00:39	00:19	
Desmagnetizar mesa	0:23 0:23	00:46	00:23	
Desapertar barras de aperto ou prensa	0:28 0:39 0:30	01:37	00:32	
Tirar peça	0:07 0:23 0:05 0:01	00:36	00:09	
limpeza de peça	0:35 0:24 1:18 0:49	03:06	00:46	
preparação de trabalho	01:36	01:36	01:36	
limpeza de mesa com ar	0:32 1:30	02:02	01:01	
limpeza de mesa com pano	00:15	00:15	00:15	
passar pedra	0:22 0:21	00:43	00:21	
Limpeza com ar	0:04 0:39	00:43	00:21	
limpeza de peça com pano	0:11 0:38	00:49	00:24	
passar pedra	0:29 0:32	01:01	00:30	
ver posição de maquinação	1:24 0:23 4:03	05:50	01:56	
indicações de maquinação	05:08	05:08	05:08	
colocar peça na máquina	0:20 0:51 0:25 0:28	02:04	00:31	
apertar prensa	00:17	00:17	00:17	
colocar peça no ângulo certo	03:00	03:00	03:00	
colocar calços	00:43	00:43	00:43	
verificar altura da peça	0:47 0:57	01:44	00:52	
processar programa	01:15	01:15	01:15	
tirar altura da peça	01:43	01:43	01:43	
tirar altura da ferramenta	0:53 2:15	03:08	01:34	
desempenar	5:04 12:54 5:03 9:39	32:40:00	08:10	
apertar barras de aperto	06:23	06:23	06:23	
centrar	4:03 6:40 8:40	19:23	06:27	

## ***Anexo III***

### ***Padronização de Setup***



Padronização de *setup* do grupo de máquinas 1.



Padronização de *setup* do grupo de máquinas 2.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## ***Anexo IV***

### ***Tabelas de tempos de preparação de ferramenta de corte***

Atividades de preparação de ferramenta de corte e respetivos tempos do grupo de máquinas 1.

Fresa /Broca	soma dos tempos (s)	média	código	Fresa/Broca (com alongador)	soma dos tempos (s)	média	código	Roca	soma dos tempos (s)	média	código
Ver que ferramenta preparar	30	30									
Tirar ferramenta da máquina	10	10									
Procurar cone	227	32,4									
Verificar altura do cone	29	29									
Colocar cone no apoio	60	7,5									
Desapertar cone	146	11,23									
Tirar broca	3	1		Procurar alongador	122	61		Procurar haste	85	85	
Arrumar broca	14	14		Colocar alongador	59	29,5		Procurar roca	9	9	
Separar pinça	7	7		Apertar cone	32	10,67		Apertar roca	15	15	
Procurar pinça	90	22,5		Verificar medidas	27	13,5		Verificar altura	14	14	
Colocar pinça	14	3,5		Controlo de colisões	1232	308		Colocar haste	3	3	
Procurar broca	1059	151,29		Retirar cone do apoio	2	2		Apertar haste	26	26	
Verificar altura	13	6,5		Colocar cone no térmico	48	6		Apertar roca	5	5	
				Aquecer cone no térmico	73	24,3					
Apertar cone	40	8		Retirar broca	4	1,33					
Colocar broca	13	2,6		Aquecer cone no térmico	36	18					
Apertar cone	125	17,86		Retirar alongador	1	1					
Verificar altura	7	7		Colocar alongador	8	8					
Limpar com ar	3	3		Aquecer alongador	178	29,67					
Tirar cone do apoio	4	2		Colocar broca	53	7,57					
				Escolher cilindro	21	21					
				Colocar cilindro	85	14,17					
				arrefecer com cilindro	466	116,5					
				Tirar cilindro	9	9					
				Retirar cone do térmico	6	6					
				Colocar cone do apoio	9	9					

---

			Arrefecer com ar	96	48		
Apertar carrapeta	168	28					
Colocar ferramenta na máquina	154	25,67					
Arrumar ferramenta	5	5					

---



## ***Anexo V***

### ***Padronização da preparação da ferramenta de corte***

