

Produção Lean em PMEs – Diagnóstico e Plano de Implementação, um caso de estudo

Bruno Alexandre de Oliveira Madaleno

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Mecânica

Orientadores: Prof. Paulo Miguel Nogueira Peças

MSc. Diogo Pina Jorge

Júri

Presidente: Prof. Rui Manuel dos Santos Oliveira Baptista

Orientador: Prof. Paulo Miguel Nogueira Peças

Vogais: Prof. Elsa Maria Pires Henriques

Prof. Tânia Rute Xavier de Matos Pinto Varela

Novembro 2018

Agradecimentos

O meu percurso académico finda com a realização desta dissertação, e por isso não posso deixar passar a oportunidade de agradecer a todos os que me acompanharam ao longo deste percurso.

Em primeiro lugar quero agradecer ao Professor Paulo Peças, pela sua motivação, boa disposição e à sua enorme disponibilidade que demonstrou durante a realização deste trabalho. Agradeço ainda ao Eng. Diogo Jorge e à Eng. Helena Cecílio pelo apoio incondicional que me deram nesta etapa da minha vida académica.

Em segundo lugar gostaria de agradecer à empresa que me acolheu durante dois meses, tendo me proporcionado uma experiência que não irei esquecer. Presto o meu agradecimento a todos os colaboradores, pela boa disposição, hospitalidade e disponibilidade com que me receberam e me ajudaram na realização deste trabalho.

Agradeço ainda ao Eng. Joaquim Menezes, ao Sr. João Eusébio e ao Eng. Jorge Coelho pelos conhecimentos que me transmitiram.

Aos meus pais pelas oportunidades que me proporcionaram e à minha irmã pelos conselhos e apoio. Aos meus amigos Francisco, Ricardo, Pedro, Mauro e ao André que cada um, à sua maneira, contribuíram com a sua amizade.

E por último, mas não menos importante, à Catarina, pelo apoio, pela companhia e pelo carinho, obrigado.

Resumo

A elevada competitividade industrial tem ditado a evolução do setor que aliado ao ambiente economicamente inconstante e instável tornam as empresas bastante vulneráveis e altamente dependentes do mercado que as rodeia. Esta é uma preocupação de especial relevância para as PME's e cada vez mais as empresas estão a apostar na adoção de soluções *Lean* para que possam garantir a sua melhoria contínua.

Este estudo tem como objetivo o diagnóstico de um sistema de produção de uma empresa de estruturas para moldes de injeção. O diagnóstico incidiu sobre diversos aspetos como o *lead time* de peças, um estudo dos tempos de *setup*, o cálculo do OEE dos equipamentos CNC e uma análise aos postos de trabalho. Para as análises efetuadas são identificados problemas e determinadas as suas causas raiz. No final da fase de diagnóstico são propostas soluções *Lean* como novas regras de apoio ao planeamento, procedimentos de *setup*, *5S*, e um plano de implementação adaptados à empresa do caso de estudo. Para algumas das soluções foi realizado um estudo de impacto com a sua implementação. É ainda realizada uma análise aos fatores de sucesso e insucesso identificados durante a revisão bibliográfica e que se verificaram durante a fase de diagnóstico à empresa do caso de estudo.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*, PME, *Lead time*, *setup*, OEE, plano de implementação *Lean*

Abstract

The high industrial competitiveness has dictated the development for this sector that allied with the inconstant and unstable economic environment make the companies very vulnerable and highly dependent of the surrounding market. This is a concern of special relevance for the SMEs and companies are increasingly adopting *Lean* solutions to continuously improve their operations.

The objective of this study is to diagnose a production system of an injection mold structure production factory. The diagnosis was focused on many aspects such as the part production lead time, a time study of the setups, the OEE determination for the CNC equipments and an analysis of the work stations. For the aspects that were analyzed during the diagnosis the problems are identified and the root causes determined. At the end of the diagnosis stage Lean solutions are proposed like new rules for production planning, setups procedures, 5S, and a Lean implementation plan that is adapted to the company of this case study. For some of the solutions an impact study with their implementation is made. Is also made an analysis of the success and unsuccess factors proposed in the bibliographic review that were verified during the diagnosis stage of the case study factory.

Key-words: Lean Manufacturing, SME, Lead time, setup, OEE, Lean implementation plan

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract	v
Índice	vi
Índice de Figuras	viii
Índice de Tabelas	x
Índice de Equações	xi
Nomenclatura	xii
1. Introdução	1
2. Revisão bibliográfica	3
2.1. Definição PME	3
2.2. Lean nas PMEs	4
2.3. Fatores de sucesso e insucesso <i>Lean</i>	5
2.4. Estratégias de implementação <i>Lean</i>	8
2.4.1. Lean Staircase	9
2.4.2. Outras abordagens estratégicas	11
2.4.3. Diagnóstico Lean e Lean Assessment	12
2.5. Adaptabilidade de técnicas <i>Lean</i> em PMEs	13
3. Caso de estudo e metodologia	15
3.1. Caso de estudo	15
3.2. Metodologia e abordagem ao diagnóstico	18
4. Diagnóstico Lean	23
4.1. Lead time	23
4.1.1. Análise de impacto de esperas	28
4.1.2. Análise de causas aos problemas do <i>lead time</i>	30
4.2. Setups.....	31
4.2.1. Resultados dos <i>setups</i> na secção das CNC	31
4.2.1. Resultados dos <i>setups</i> das máquinas convencionais	36
4.2.2. Análise de causas para os elevados tempos de <i>setup</i>	38

4.3.	OEE	41
4.3.1.	Disponibilidade	41
4.3.2.	Desempenho	42
4.3.3.	Qualidade	44
4.4.	Análise ao posto de trabalho	45
4.5.	Análise das causas raiz aos problemas identificados no diagnóstico	49
5.	Plano de implementação e soluções	50
5.1.	Plano de implementação	50
5.2.	Soluções propostas	53
5.2.1.	Setups.....	56
5.2.2.	Apoio ao planeamento.....	65
5.3.	Discussão final	72
6.	Conclusão.....	75
6.1.	Trabalho já realizado pela empresa	76
6.2.	Trabalho futuro	77
7.	Bibliografia	78
8.	Anexos	80

Índice de Figuras

Figura 1 Cinco forças de Porter [9]	4
Figura 2 Fatores identificados pelas empresas para o insucesso da implementação Lean [13]	6
Figura 3 Plano estratégico Lean Staircase [2]	10
Figura 4 Fluxo do processo de maquinação típico para peças de estrutura	16
Figura 5 Fluxo do processo de maquinação típico para zonas moldantes	16
Figura 6 Parque de máquinas da empresa	17
Figura 7 Fluxograma do plano de diagnóstico	19
Figura 8 Peças analisadas: (a) #4001, (b) #6001 e (c) #8001	23
Figura 9 Lead time das peças #4001 das obras OM8459 e OM8460	24
Figura 10 Fluxo do processo das peças #6001 e #8001	26
Figura 11 Lead time das peças #6001 e #8001 das obras OM8459 e OM8460	26
Figura 12 Redesbaste da 1ª posição em detalhe das 4 peças	27
Figura 13 Impacto das esperas no lead time das peças #6001	29
Figura 14 Impacto das esperas no lead time das peças #8001	29
Figura 15 Esquematização da ferramenta 5 Whys para determinação das causas raiz dos problemas do lead time	31
Figura 16 Análise aos tempos absolutos dos setups das equipamentos CNC.....	32
Figura 17 Análise percentual das operações SID em cada setup da secção CNC	32
Figura 18 Análise detalhada aos setups 5 e 6	34
Figura 19 Diagrama de esparguete da movimentação do operador durante o setup 5	35
Figura 20 Diagrama de esparguete da movimentação do operador durante o setup 6	35
Figura 21 Análise aos tempos absolutos dos setups das máquinas convencionais.....	37
Figura 22 Análise percentual por operação aos setups das máquinas convencionais	37
Figura 23 Esquematização da ferramenta 5 Whys para a operação de movimentação	38
Figura 24 Esquematização da ferramenta 5 Whys para a operação de ferramentas	39
Figura 25 Esquematização da ferramenta 5 Whys para a operação de transporte	39
Figura 26 Esquematização da ferramenta 5 Whys para a operação de ajuste	40
Figura 27 Resultados do parâmetro da disponibilidade	41

Figura 28 Gráfico com as componentes que compõem a disponibilidade total dos equipamentos	42
Figura 29 Resultados do parâmetro do desempenho dos equipamentos	43
Figura 30 Esquematização da ferramenta de 5 Whys para determinação das causas da perda de performance dos equipamentos	44
Figura 31 OEE dos equipamentos analisados	45
Figura 32 Estados considerados nas observações efetuadas.....	46
Figura 33 Observações instantâneas – estado geral dos equipamentos	46
Figura 34 Observações instantâneas – estados dos equipamentos com o operador ausente	47
Figura 35 Plano de implementação proposto.....	51
Figura 36 Esquema 5S [24].....	54
Figura 37 Representação esquemática da metodologia SMED [25,26]	58
Figura 38 Resultados da categorização de tarefas pelo SMED aos equipamentos CNC	59
Figura 39 Resultados da categorização de tarefas pelo SMED aos equipamentos convencionais	59
Figura 40 Tempos finais e percentagem de melhoria prevista.....	64

Índice de Tabelas

Tabela 1 Fatores facilitadores e inibidores por categoria [2].....	8
Tabela 2 Técnicas Lean e sua adaptabilidade às empresas [8]	13
Tabela 3 Dimensões dos equipamentos de produção	18
Tabela 4 Agrupamento das tarefas de setup nas operações SID [23].....	20
Tabela 5 Incidência no TDT da etapas do processo de produção das peças #4001	24
Tabela 6 Comparação do tempo previsto de maquinação com o real das peças #4001	25
Tabela 7 Incidência no TDT da etapas do lead time das peças #6001 e #8001	27
Tabela 8 Comparação do tempo previsto de maquinação com o real das peças #6001 e #8001	28
Tabela 9 Média das operações SID e variabilidade por tipo de peça	33
Tabela 10 Observações instantâneas - estados dos operadores quando ausentes do posto	48
Tabela 11 Etapas SMED e respectivas ações [23,25]	57
Tabela 12 Procedimento de preparação do setup	61
Tabela 13 Procedimento de setup.....	61
Tabela 14 Procedimento de pós-setup.....	62
Tabela 15 Resultados obtidos com a etapa 3 do SMED.....	63
Tabela 16 Resultados da aplicação do SMED por tipo de peça	63
Tabela 17 Matriz de trabalhos para planeamento	67
Tabela 18 Resultados para peças com planeamento da empresa	68
Tabela 19 Resultados para as máquinas com planeamento da empresa	68
Tabela 20 Matriz de trabalhos para planeamento proposto.....	70
Tabela 21 Resultados para peças com o planeamento proposto	71
Tabela 22 Resultados para as máquinas com planeamento proposto	71
Tabela 23 Resumo dos resultados dos KPIs para o planeamento com regras atuais e propostas.....	71

Índice de Equações

Equação 1 Qualidade	44
Equação 2 Utilização do turno cego.....	66
Equação 3 Peças com atraso	66
Equação 4 Diferença entre o TD e o LT	66
Equação 5 Relação entre o lead time da peça e o tempo utilizado para a maquinar	66
Equação 6 Relação de performance	69
Equação 7 Tempo total de maquinação na máquina 483	69
Equação 8 Tempo total de maquinação na máquina 495	69

Nomenclatura

CAM – (*Computer-Aided Manufacturing*) Produção assistida por computador

CNC – (*Computer Numeric Control*) Comando Numérico Computadorizado

CSF – *Critical Success Factors*

FIFO – *First In First Out*

FMEA – *Failure Modes and Effects Analysis*

JIT – *Just in Time*

KPI – *Key Performance Indicator*

LAT – *Lean Assessement Tool*

LT – *Lead Time*

LTm – *Lead Time* médio

OEE – *Overall equipment effectiveness*

OM – Obra Moldante

PME – Pequena e Média Empresa

RH – Recursos humanos

SID – Sistema de Indicadores de Desempenho

SMED – *Single Minute Exchange Die*

SVA – Sem valor acrescentado

TD – Tempo disponível

TDT – Turnos com disponibilidade total

TPM – *Total Productive Maintenance*

TQM – *Total Quality Management*

VA – Valor acrescentado

VSM – *Value Stream Mapping*

1. Introdução

A elevada competitividade industrial que se verifica nos dias que correm, que decorre da elevada procura por produtos customizados tem ditado a evolução do setor industrial. Aliado a este facto, o ambiente económico instável leva as empresas a ficarem vulneráveis e altamente dependentes do mercado que as rodeia. Esta é uma preocupação de especial relevância para as PME's – Pequenas e Médias Empresas, que assumem uma representatividade economicamente considerável nos países em que operam. Desta forma, a melhoria constante dos sistemas de produção, resultando na capacidade de produzir de acordo com as solicitações de mercado, com melhor qualidade e com um custo cada vez mais reduzido, é uma aposta que deve ser considerada pelas PME's.

É um facto que os princípios e práticas *Lean* são reconhecidos pelas empresas como ferramenta para atingir objetivos que visem a melhoria contínua, atuando tanto nas áreas de gestão empresarial como nas áreas diretamente ligadas à produção. A implementação *Lean* tem por base a compreensão integral de um sistema de produção, identificando tanto a cadeia de valor acrescentado como as fontes de desperdícios, quantificando-os e analisando-os. Dessa forma é possível determinar as causas associadas aos desperdícios e atuar diretamente nelas. No entanto, dada a sua génese estar associada a grandes empresas, a implementação *Lean* é questionada em relação à sua aplicabilidade nas PME's.

O trabalho realizado nesta dissertação foi motivado pela necessidade de correlacionar os problemas associados a um sistema de produção de uma PME com a capacidade da mesma em adotar práticas *lean*, garantindo o sucesso da implementação das mesmas. A realização desta dissertação incidiu sobre um diagnóstico *Lean* numa PME do setor de produção de moldes, que visou determinar as áreas da secção de produção em que a empresa deve atuar, de forma a tornar-se mais competitiva através de uma produção mais capaz de satisfazer os requisitos da sua carteira de clientes. Para minimizar o impacto dos problemas identificados durante o diagnóstico foram propostas soluções que consideram os fatores de sucesso apresentados no capítulo 2 para minimizar o risco de insucesso da sua implementação.

O capítulo 2 apresenta uma análise a diversos estudos sobre temas que abordam os fatores de sucesso e insucesso de uma implementação *Lean* em PME's, verificando como são agrupados e classificados consoante os diversos autores referenciados. É feita também uma análise a uma estratégia de implementação *Lean* e comparada com outras apresentadas por investigadores da área. No final do capítulo 2 é ainda feita uma análise bibliográfica às técnicas consideradas como mais indicadas para implementação nas PME's.

No capítulo 3, de forma a enquadrar o trabalho realizado durante o período de estágio de dois meses na empresa do caso de estudo, é descrita a empresa e a metodologia de análise ao sistema de produção bem como a abordagem adotada para realização do diagnóstico de cada área.

Os resultados do diagnóstico são apresentados e analisados no capítulo 4. São também identificados os problemas de cada área abordada durante o diagnóstico e realizada uma análise através da ferramenta de 5 *Whys* para determinação das causas raiz de cada problema.

No capítulo 5 são propostas um conjunto de soluções que visam a melhoria do sistema de produção analisado na empresa e proposto um plano de implementação de doze meses para essas soluções. Para algumas das soluções apresentadas é feita uma previsão do impacto esperado com a sua implementação. Além disso é ainda realizada uma análise que visa relacionar os problemas identificados durante o diagnóstico, as soluções propostas e sua adaptação com os fatores de sucesso e insucesso de uma implementação *Lean* referidos no capítulo 2.

2. Revisão bibliográfica

Para a realização da tese foi necessário efetuar uma pesquisa sobre o histórico da implementação da filosofia Lean nas empresas para melhor definir a estratégia do trabalho a realizar. Este capítulo começa por explorar algumas definições de pequenas e médias empresas – PME - e pela definição do Lean segundo alguns autores e pelo potencial como filosofia de gestão [1], são expostos alguns inibidores da implementação do Lean em Pequenas e Médias Empresas (PMEs), é descrita uma estratégia de implementação Lean em PMEs e por fim são descritas algumas técnicas *Lean* aplicadas neste, e noutros, tipos de empresas.

2.1. Definição PME

A aplicabilidade Lean tem sido discutida por alguns investigadores no que toca à relação entre as empresas em que é aplicado e a sua dimensão, nomeadamente entre pequenas e médias empresas e grandes empresas [2]. A definição de uma pequena e média empresa não é universal e assume diferentes critérios de classificação para diversos países.

Um decreto lei publicado em Diário da República define que, em Portugal, uma PME consiste numa empresa que compreenda um numero de colaboradores efetivos igual ou superior a 10 e inferior a 50, para uma pequena empresa, e superior a 50 e inferior a 250 para uma média empresa [3], além disso estas empresas devem ter um volume de negócios inferior a 10 milhões e 50 milhões de euros, para uma pequena e uma média empresa, respetivamente. A definição dos critérios por parte deste decreto lei tem como base um estatuto definido pela legislação europeia designado por “Recomendação da Comissão 2003/361”. Esta recomendação europeia emitida em 2003 sugere aos estados membros a definição para uma pequena empresa como possuindo de 10 a 49 colaboradores, e uma média empresa de 50 a 249 colaboradores e um volume de negócios até 10 milhões e entre 10 milhões e 50 milhões, respetivamente [4]. Ainda assim, dentro da comunidade europeia vigoram diferenças na definição. No caso alemão, por exemplo, uma pequena empresa compreende até 9 colaboradores efetivos e um volume de negócios até 1 milhão de euros, enquanto uma média empresa compreende entre 10 e 499 efetivos e até 50 milhões de euros em volume de negócios, uma definição por parte do Institut für Mittelstandsforschung – IFM [5]. Fora da comunidade europeia esta diferença também se verifica, como na definição dos EUA, onde se define uma PME como não tendo mais de 499 colaboradores, na canadiana com até 199 colaboradores e no caso da China, onde a definição vai até aos 999 colaboradores [2].

2.2. Lean nas PMEs

A produção *Lean* tem a sua origem no Japão pelas mãos de Taichi Ono [10]. No entanto o termo *Lean* apenas é introduzido na indústria por John Krafcik em 1988 [2] para descrever o *Toyota Production System* (TPS) cuja génese se deve a Ono onde era engenheiro [1].

O *Lean* é amplamente reconhecido como um fator chave nas empresas de produção repetitiva de grandes lotes como a indústria automóvel, alimentar, têxtil, eletrónica, de forma a que estas consigam melhorar as suas operações, no entanto o reconhecimento da sua aplicabilidade em PMEs não é consensual pela comunidade de investigadores que se debruçam sobre esta matéria, que consideram a sua aplicabilidade dependente do tamanho da empresa [7]. Portanto, esta aplicabilidade tem sido alvo de um escrutínio constante nos últimos anos por parte da comunidade científica devido ao crescente número de PMEs que aplicam *Lean* e pela relevância deste tipo de empresas em termos económicos para os países em que se inserem [8]. A vulnerabilidade destas empresas obriga-as a apostar em novas alternativas de pensamento devido à enorme concorrência do mercado em que operam como se verifica na Figura 1 onde estão representadas as cinco forças de Porter [9].

A aplicabilidade do *Lean* nas empresas de forma geral pode ser feita com a implementação de alterações em diversas áreas da empresa, desde a introdução de técnicas *Lean* no chão de fábrica a uma atuação mais estratégica ao nível da área da gestão da empresa [2]. Estudos que identificam a aplicação da filosofia *Lean* nas empresas revelam que no caso das PMEs a atuação é feita maioritariamente na vertente operacional, enquanto numa empresa de maior dimensão é mais comum encontrarem-se implementações ao nível das áreas estratégicas da empresa [10]. Além disso, é muito comum as PMEs adotarem um comportamento bastante mais seletivo no que toca às técnicas a implementar, dando preferência a técnicas que comportem um investimento financeiro menor e que se tornem mais simples de implementar [2].

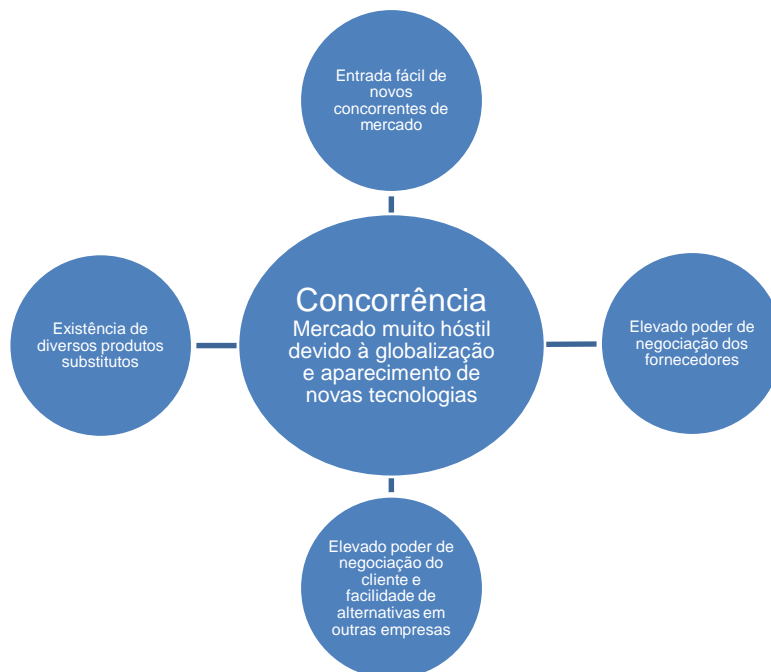


Figura 1 Cinco forças de Porter [9]

2.3. Fatores de sucesso e insucesso *Lean*

Apesar de haver uma tendência na indústria, nomeadamente no que toca às PME's, de se reduzir o *Lean* a um conjunto de técnicas que atuam ao nível operacional, a sua aplicação não se reduz a esta área de atuação, sendo que na sua essência pode ser aplicado em todas as áreas de atuação da empresa, desde o nível operacional à gestão da mesma. Torna-se, portanto, necessário entender as razões que levam as PME's a decidirem pela aplicação *Lean* preferencialmente ao nível operacional, analisando os fatores que condicionam o sucesso desta decisão em detrimento de outra [11].

Independentemente dos fatores que possam ser observados como causadores do sucesso ou insucesso de uma implementação, um estudo publicado por Hamid [12] propõe que estes possam ser agrupados em fatores externos ou internos. Na categoria de externos eles podem relacionar-se com o consumidor e intervenção governamental. Os fatores internos relacionam-se com as características da própria empresa. Para cada subcategoria são sugeridos os seguintes fatores:

- Externos
 - Cliente – relação com o cliente e foco no seu feedback
 - Governamental – legislação em vigor, mudanças de governo com alteração de legislação

- Internos
 - Gestão de topo – Envolvimento por parte da área de gestão, apoio e disponibilização de recursos
 - Formação – apoio aos colaboradores para que possam entender os conceitos *lean*
 - Colaboradores – envolvimento dos colaboradores, motivação, cultura de trabalho em equipa, reconhecimento
 - Cultura de trabalho – relacionados com costumes tradicionais, formas de pensar, fatores que surjam como barreiras à mudança
 - Comunicação – qualidade dos canais de comunicação dentro da organização entre todas as áreas da empresa
 - Recursos da empresa – financeiros, tempo, humanos
 - Desenvolvimento de filosofias de melhoria continua – relacionados com a capacidade de desenvolvimento de um pensamento estratégico que vise a melhoria do presente com vista à sua continuidade no futuro

A decisão pela aplicação *Lean* em determinada área de uma empresa está diretamente relacionada com o a experiência do sucesso ou insucesso da aplicação da mesma. Um estudo apresentado por AIManei, Salonitis et al. [11], propõe agrupar os fatores de sucesso da implementação *Lean* nas empresas em categorias, algumas delas coincidentes com os propostos por Hamid, como a cultura de trabalho, a comunicação, a capacidade dos recursos da empresa e sugere ainda os seguintes:

- Capacidade de prontidão organizacional
- Capacidade de compromisso nas cadeias superiores de gestão
- Disponibilização eficaz de recursos para a implementação do *Lean*
- Apoio de consultores externos
- Adoção de uma abordagem estratégica e adequada à situação da empresa
- Adoção de *milestones* realistas

Outro estudo realizado por Antosz e Stadnicka agrupa os fatores de insucesso de uma implementação de forma diferente como evidenciado no gráfico da Figura 2 [13], referindo que o mais comum apontado pelas PMEs para o insucesso da implementação *Lean* é o excesso de trabalho atribuído aos operadores. Apesar de agrupar os fatores de forma diferente, também para este estudo pode ser feita uma correlação com os anteriores, sendo que o excesso de trabalho apresentado como fator mais comum pode ser relacionado com a disponibilização de recursos. Também a resistência à mudança e a falta de envolvimento dos colaboradores são fatores comuns aos estudos apresentados anteriormente. O desconhecimento da filosofia *Lean* está relacionado com a subcategoria da formação apresentada por Hamid e a falta de motivação com a subcategoria de colaboradores do mesmo autor. Evidenciam-se assim alguns pontos convergentes entre os diversos fatores apresentados pelos autores referidos.

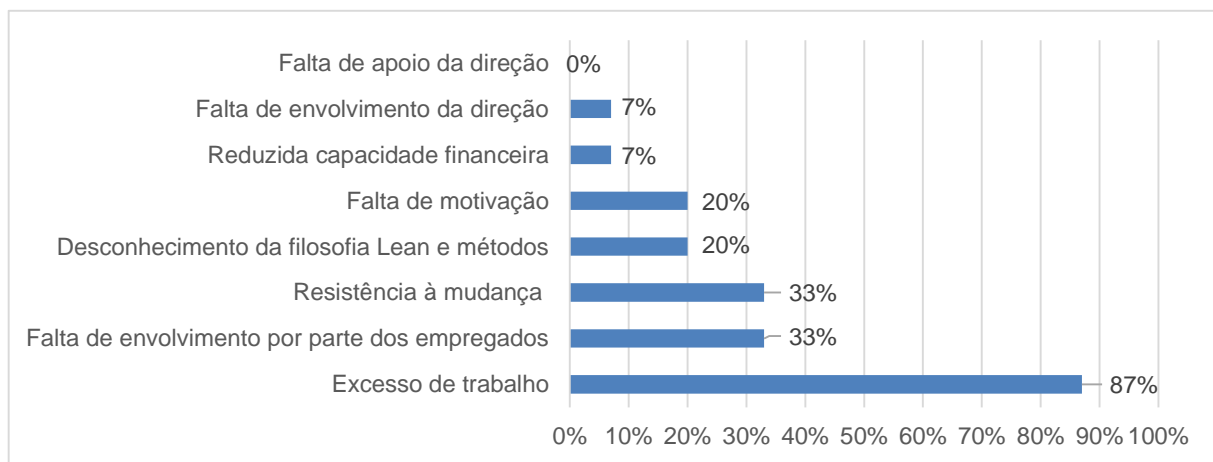


Figura 2 Fatores identificados pelas empresas para o insucesso da implementação Lean [13]

Por outro lado, uma revisão bibliográfica sobre modelos de diagnóstico *Lean* identificou a resistência à mudança por parte dos empregados e a falta de envolvimento dos mesmos como fator principal no insucesso da implementação [6]. Um outro estudo aponta novamente questões relacionadas com os colaboradores da empresa como o envolvimento dos mesmos e a resistência à mudança, no entanto, sublinha também o excesso de presença do proprietário ou gestores de topo que leva a uma falta de delegação de tarefas com a consequente perda de poder do colaborador na tomada de decisões como fator importante no insucesso da implementação.

Apesar da caracterização sugerida pelos autores já referidos relacionando-os com o sucesso ou insucesso, existem outros que fazem a categorização de fatores como inibidores ou facilitadores da implementação tal como se mostra na Tabela 1, denominando-os de fatores críticos de sucesso (CSF – Critical Success Factors) [2]. Apesar das diferenças na categorização, estes autores confirmam que as empresas com melhor performance são aquelas que conseguem adotar um espírito proativo na resolução de problemas e de manter um desenvolvimento sustentável [9]. No entanto, sendo comum um proprietário de uma PME estar bastante envolvido na produção, atuando como gestor e operário, torna muito informal a sua atividade de gestão. A não delegação de funções por parte deste elemento gera constrangimentos ao nível da disseminação de conhecimentos a todos os colaboradores não permitindo o desenvolvimento de novas competências [14]. Da categorização exposta na Tabela 1 pode ser feita uma analogia com os estudos já referidos. Existem categorias comuns como a organizacional e cliente, com o financiamento e disponibilização de recursos.

Categoria	Facilitador	Inibidor
Fornecedores	Os fornecedores podem estar altamente dependentes das PMEs quando estas atuam em mercados muito restritos, “nichos de mercado”	PMEs não possuem o poder de mercado necessário para influenciar a rede de fornecimento de matérias prima
Organização	Proprietários dedicados em atingir lucros cada vez maiores a longo prazo	Potencial falta de visão ao nível da gestão, quando o proprietário atua como operário
	Operários multifacetados	Falta de apoio para os empregados se instruírem acerca das metodologias adotadas
	Grande capacidade de trabalho em equipa e de comunicação	Ciclo de empregabilidade mais curto que pode incorrer em perda de conhecimento acerca do trabalho já efetuado
Operacional		Processos de produção menos evoluídos e sistemas de controlo de produção deficientes

Financiamento	Possibilidade de usufruir de fundos governamentais	Falta de financiamento próprio
		Infraestruturas insuficientes ou inexistentes
Cliente	Contacto mais direto com os clientes	Capacidade diminuta de influenciar comportamentos e procura por determinado produto

Tabela 1 Fatores facilitadores e inibidores por categoria [2]

Segundo alguns autores, a capacidade financeira das PME's é também um fator muito importante, principalmente no que toca a financiamento para serviços de consultoria externa e alteração de instalações [2,11,15]. Grande parte destas empresas não é capaz de suportar os custos de um serviço de consultoria externo, capaz de providenciar o conhecimento e experiência necessária para o sucesso de uma implementação [2,9]. O desenvolvimento de competências por parte dos colaboradores é também uma etapa do processo que requer recursos financeiros, e, portanto, torna-se desta forma mais um obstáculo [9]. Outra consequência desta lacuna financeira é a incapacidade destas organizações não possuírem poder negocial com alguns fornecedores, visível na incapacidade de, por exemplo, adotarem o conceito da entrega *just in time* [2].

Da análise dos diversos estudos apresentados, são identificados pontos convergentes no que toca à categorização dos fatores que podem ser relevantes para a implementação *Lean* nas empresas. Em todos os estudos foi identificada a existência de uma ligação entre a cultura organizacional da empresa e o sucesso da implementação. Além destes fatores, a centralização do poder no proprietário ou gestor de topo torna-se um obstáculo preponderante na motivação dos colaboradores e na delegação de funções aos mesmos [8,9,14], bem como o envolvimento da gestão de topo em atividades dos quais não devem ser responsáveis como a nível operacional retirando o foco da base que deve ser a gestão da empresa [2,9]. Outro fator identificado foi a incapacidade financeira destas empresas, que dificulta a contratação de serviços de consultoria externa e implementação de alterações que incorram em despesas para a empresa a curto prazo [2,15].

2.4. Estratégias de implementação *Lean*

No subcapítulo anterior foram apresentados alguns fatores que assumem algum tipo de limitação à implementação *Lean* nas PME's. De forma a contornar estas limitações são propostas por investigadores estratégias de implementação *Lean* que consistem numa espécie de mapas que, se seguidos, diminuem o risco de insucesso de uma determinada implementação.

Investigadores afirmam que a melhor forma de implementação *Lean* em PMEs é fazendo-a etapa a etapa, *step by step*, devido a falta de recursos, que contrasta com a facilidade de difusão de ideias e conhecimento dentro da organização [8]. Outra ideia comum a todas as estratégias propostas, é a de que é necessário identificar as fontes de desperdício, valor acrescentado, que permitam definir um plano estratégico de melhoria [2,6,11,16].

Um dos planos estratégicos de implementação *Lean* propostos pela literatura é o *Lean Staircase* descrito de seguida.

2.4.1. Lean Staircase

O “Lean Staircase”, representado na Figura 3 é um plano estratégico apresentado por Hu, Mason et al. desenvolvido tendo em consideração os fatores inibidores e facilitadores apresentados na Tabela 1 [2]. Este é um plano estratégico dividido em duas fases, Fase de Investimento e Fase de Melhoria. Na fase de investimento é dada prioridade a uma atuação mais estratégica em que são definidos os objetivos *Lean* e sobretudo na disseminação perante os colaboradores da empresa dos objetivos definidos e de conhecimentos *Lean* e de técnicas a implementar. Esta fase define o hiato temporal entre a adoção da implementação e obtenção de resultados tangíveis resultantes da mesma. A segunda fase adota um estilo mais operacional de intervenção *Lean*, sendo que é a fase em que se obtém resultados da implementação *Lean*.

Os autores desta metodologia sugerem que a primeira etapa na intervenção *Lean* seja o comprometimento muito elevado por parte dos proprietários de PMEs e dos elementos da gestão de topo com o programa de melhoria contínua proposto. Este é um critério definido por diversos autores como essencial para o sucesso da implementação [2,6,11,12]. Além disso, é nesta etapa que a gestão de topo deve definir os objetivos da implementação e do tipo de *Lean a implementar*.

O segundo passo estabelece como condição que o proprietário entenda a necessidade da implementação de alterações que vão além da resolução de problemas que se verifiquem ao nível operacional. Esta condição permite que seja revisto o plano estratégico e de investimento definido pela empresa para que seja adaptado e adequado à fase de implementação *Lean*.

O terceiro passo sugere que sejam procuradas formas de financiamento do programa de melhoria contínua. Dadas as limitações de capital próprio das PMEs, a procura por capital através de fundos governamentais/associativos é referida como de extrema importância pois a obtenção de resultados da implementação *Lean* pode implicar o investimento em programas de manutenção preventiva, na formação dos colaboradores da empresa recorrendo a serviços de consultoria externos, serviços estes que auxiliam também na definição de KPIs, sejam eles quantitativos ou qualitativos.

O quarto passo sugerido pelos autores consiste no reconhecimento do valor do cliente, enquanto entidade que usufruirá do produto e que deve ficar satisfeito com sua aquisição. O cliente tem de ser o foco da estrutura organizacional para que a estratégia adotada pela gestão de topo seja orientada

consoante as necessidades do cliente. O foco no cliente é um fator comum a diversos investigadores, considerando este como um fator que pode atuar como facilitador ou inibidor da implementação [2].

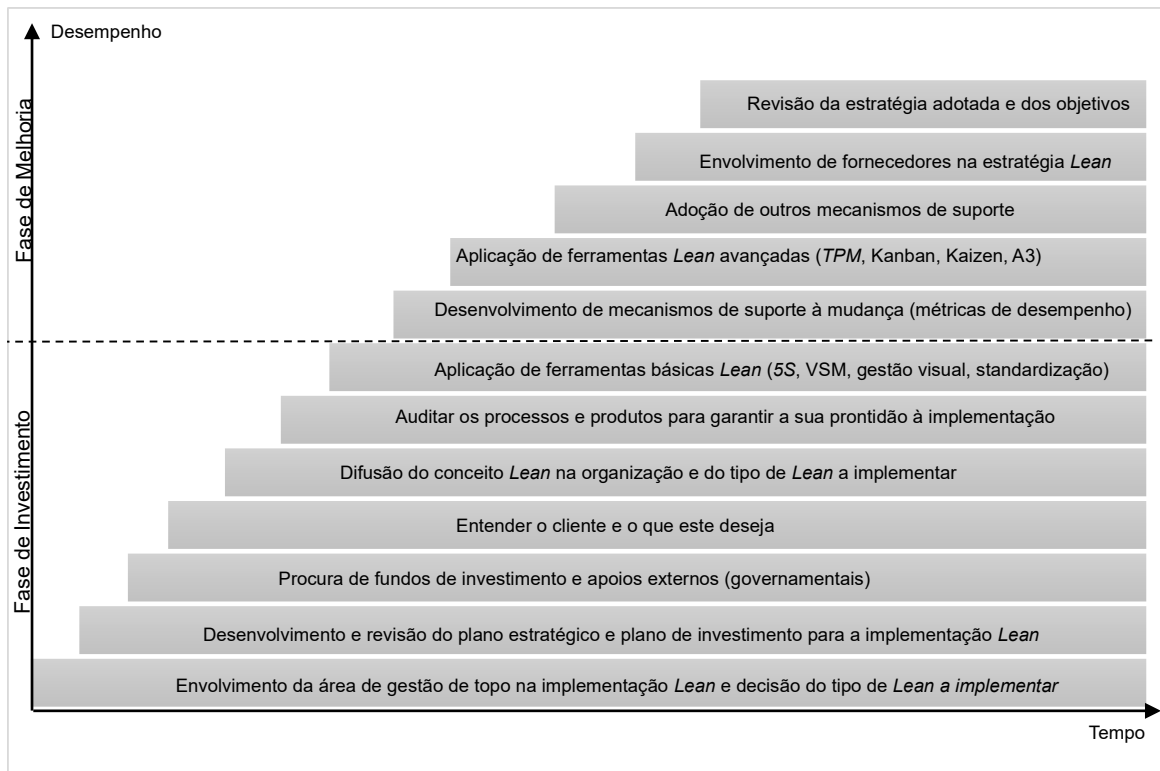


Figura 3 Plano estratégico Lean Staircase [2]

O quinto passo sugerido por este plano estratégico consiste na difusão clara e concisa dos objetivos estabelecidos pela empresa. Além disso, os autores sugerem que a difusão do conceito *Lean* e do tipo de *Lean* a adotar também seja efetuado. Este passo permite que toda a estrutura esteja envolvida no programa de melhoria contínua. Este passo estabelece ainda a relação entre a implementação *Lean* e a capacidade comunicativa associada às PMEs, em que a proximidade da relação entre os elementos da gestão de topo e os restantes colaboradores da empresa faz deste um passo crítico na implementação [8,11,15].

O sexto passo sugerido pelos autores do *Lean Staircase* consiste na realização de uma auditoria aos processos de fabrico e produtos acabados. A implementação *Lean* tem por objetivo a redução de inventários e de *buffers* requerendo que as operações sejam feitas com sucesso a uma única tentativa e com o mínimo de recursos possível [7]. Caso os níveis de qualidade das operações não sejam satisfatórios, estes objetivos podem causar falhas na produção que em último caso se traduzem em falhas para o cliente. A auditoria dos processos permite, segundo os autores do plano estratégico, determinar a prontidão da PME em aplicar *Lean*.

A última etapa da fase de investimento do plano estratégico *Lean Staircase*, sugere que sejam aplicadas ferramentas básicas *Lean* como: gestão visual, padronização de procedimentos, definição de um VSM – Value Stream Mapping - que permita identificar as fontes de desperdício e de valor acrescentado, 5Ss.

Na segunda fase da estratégia, os autores sugerem que se inicie o desenvolvimento de mecanismos de suporte e análise às mudanças que serão implementadas ao longo do tempo. Nesta fase pode ser necessário que seja feito algum investimento ao nível de softwares de controlo de processos. Além disso os autores sugerem ainda que sejam definidas métricas de desempenho que permitam aferir quais os KPIs definidos no terceiro passo da fase de investimento que estão a ser cumpridos.

A segunda etapa da fase de melhoria consiste, segundo os autores, na aplicação de ferramentas mais avançadas que as adotadas na última etapa da fase de investimento, tais como programas de manutenção preventiva, Kanban, métodos de diagnóstico de problemas e desenvolvimento de ações de melhoria como o relatório A3 e os 8D bem como a implementação de reuniões Kaizen.

A terceira etapa da fase de melhoria contempla a adoção de mecanismos de suporte à produção e à gestão da PME, designadamente tecnologias informáticas que permitam a obtenção em rede de informação relativa a uma determinada área da empresa.

Segundo os autores, a quarta etapa da segunda fase consiste no envolvimento dos fornecedores para que estes adotem *Lean* permitindo à PME tornar o meio em que atua menos hostil à manutenção da implementação.

A última etapa da implementação consiste na revisão contínua das implementações adotadas de forma a garantir que os objetivos definidos no início da implementação são cumpridos e se necessário, rever os próprios objetivos definidos adaptando-os à nova realidade da empresa.

2.4.2. Outras abordagens estratégicas

A abordagem estratégica de implementação apresentada anteriormente não é única. Outros autores sugerem diferentes abordagens [6,16].

Uma abordagem mais conceptual definida por Nordin et al. (2016) [6] sugere que um plano estratégico de implementação *Lean* tem como objetivo principal a eliminação do desperdício. Este objetivo é alcançado atuando simultaneamente em 5 áreas de intervenção definidos pelo autor: melhoria de equipamentos e processos, definição de regras de produção e disciplina de trabalho, envolvimento da área operacional, integração da cadeia de fornecedores e o foco no consumidor.

Um estudo publicado por Sundar et al. (2014) [16] sugere outra abordagem estratégica. De forma simplificada, este autor sugere um conjunto de passos que se iniciam pela definição de *milestones* para objetivos definidos pela empresa em simultâneo com realização de um VSM da empresa em conjunto com o envolvimento dos colaboradores. O autor sugere depois a implementação de um conjunto de técnicas e métodos como: a implementação de produção por células, SMED – *Single minute Exchange Die*, redução do tamanho de lotes para controlo de inventário, *pull system* e *single flow production*. Na

fase mais avançada da implementação sugere a implementação do Kanban, processos padronizados e por último a revisão de objetivos e melhoria contínua.

A etapa da revisão da fase de implementação é um aspeto abordado por vários investigadores, que afirmam que a melhoria contínua permite uma maturação das ações implementadas [2,6,15,16].

2.4.3. Diagnóstico Lean e Lean Assessment

Uma das fases apresentadas no tema anterior, referia a necessidade de se realizar uma auditoria inicial que permita avaliar o estado do sistema produtivo da empresa antes de qualquer implementação [2].

A auditoria a uma empresa pode ser realizada com um diagnóstico de análise de dados como registos da empresa e análises presenciais no chão de fábrica. A análise de dados compreende um estudo de tempos, nomeadamente com recurso a cronometragem de processos, análise ao lead time de produção de determinado produto, análise VSM, cálculo do OEE dos equipamentos e também análise de vendas, compras, inventário.

A análise aos tempos compreende um estudo com recurso a cronometragens de processos e procedimentos. Um exemplo desta análise é o *lead time*, que consiste numa métrica que quantifica o tempo total entre o início e o fim de uma atividade [17]. O somatório dos tempos de processamento e inventário de um produto [18] desde a receção da encomenda até à sua entrega ao cliente final compõem o *lead time* total [19]. O VSM consiste no mapeamento do fluxo de um determinado produto ou serviço desde a sua idealização até à entrega ao cliente [20]. Este método pretende criar um mapa que descreva o fluxo de valor acrescentado e não acrescentado, permitindo assim identificar os sete tipos de desperdício identificados por Ohno [21]. O Overall Equipment Effectiveness (OEE) é um método de avaliação da eficiência de um sistema produtivo. Permite avaliar três fatores: disponibilidade, desempenho e qualidade. Desta forma, é atribuído a cada fator um valor e o produto desses três fatores corresponde ao valor do OEE. Uma vantagem deste indicador de desempenho é que permite identificar de forma bastante simples em qual dos fatores é necessário atuar de forma a melhorar a eficiência do sistema.

Outra forma de se auditar uma empresa proposta pela literatura é aplicando-lhe um *Lean Assessment tool (LAT)*, que corresponde a avaliar o estado *Lean* da empresa através de um questionário ao qual os intervenientes da empresa têm a possibilidade de manifestar por meio de uma resposta o estado da empresa.

Existem vários *LAT* propostos na literatura, cada um focado em diferentes aspetos de um sistema de produção e não a totalidade do sistema, focando-se numa perspetiva quantitativa ou qualitativa e nunca as duas em simultâneo [7]. O recurso a apenas um *LAT* pode incorrer em resultados que levam a conclusões ambíguas e por isso sem valor para a avaliação da empresa [6,7].

Uma limitação associado à utilização de um *LAT* quantitativo em PMEs referido pela literatura é a dificuldade em analisar um sistema produtivo, sendo que este se baseia na perceção do utilizador em

relação à empresa, contrastando com a facilidade de obtenção de resultados através da análise de dados estatísticos [7]. No entanto, a realização de uma análise estatística está dependente da existência e manutenção de registos fidedignos de tempo e custo em relação a cada etapa de um processo produtivo visto ser uma operação que acarreta um esforço extra por parte dos operadores, estando por isso relacionada com a falta de meios e recursos por parte das PME's. Esta dificuldade pode ser ultrapassada com a realização de um diagnóstico *in loco* que possibilite a obtenção dos dados necessários [7].

2.5. Adaptabilidade de técnicas *Lean* em PME's

Como já referido, as PME's possuem algumas limitações que podem não permitir a implementação de determinadas técnicas *Lean* de forma direta como se de grandes empresas se tratassem. Desta forma, surge a necessidade de averiguar quais as técnicas que são mais adequadas para implementação direta ou quais as que podem ser implementadas, mas que necessitem de ser reajustadas para gerarem resultados positivos. A Tabela 2 resume os resultados de um estudo publicado em 2013, cujo objetivo era distinguir as técnicas e métodos *Lean*, avaliando a sua adaptabilidade às empresas consoante a sua dimensão.

Type	Lean Production methods	micro	small	medium	large
Machinery and equipment	Low Cost Automation	○	◐	●	●
	OEE Overall Equipment Effectiveness	○	◐	●	●
	Preventive Maintenance	○	◐	●	●
	Setup Time Reduction (SMED)	○	◐	●	●
	Total Productive Maintenance	○	◐	●	●
Material flow and layout	Cellular Manufacturing	○	◐	●	●
	First in first out (FIFO)	●	●	●	●
	One-piece-flow	○	◐	●	●
	Simulation software (e.g. MatFlow)	○	○	◐	●
	Optimization of the supply chain	○	◐	●	●
	Value Stream Mapping	○	◐	●	●
Organization and staff	Work station design	○	◐	●	●
	5S	○	◐	●	●
	Autonomous work groups	○	◐	●	●
	Benchmarking	●	●	●	●
	Ideas Management	○	◐	●	●
	Job rotation	○	◐	●	●
Production planning and control	Lean Office (Administration)	○	◐	●	●
	Kaizen (CIP-Meetings)	○	◐	●	●
	Standardisation	○	◐	●	●
	Just in Sequence	○	◐	●	●
	Just in Time	○	◐	●	●
	Kanban	○	◐	●	●
	Line Balancing and Muda reduction	○	◐	●	●
	Milkrun	○	◐	●	●
Quality	PPS Simulation software	○	○	◐	●
	Economic (optimal) lot size	○	◐	●	●
	Visual Management	○	◐	●	●
	FMEA	○	○	◐	●
	Poka Yoke	○	◐	●	●
	Quality Circles	○	◐	●	●
	Quality Function Deployment	○	○	◐	●
	Six-Sigma	○	○	◐	●
	Statistical Process Control (SPC)	○	◐	●	●
	Supplier Development	○	◐	●	●
Total Quality Management	○	◐	●	●	
Zero Defect (Jidoka)	○	◐	●	●	

Tabela 2 Técnicas *Lean* e sua adaptabilidade às empresas [8]

Alguns dos métodos apresentados na Tabela 2 apenas são recomendados para grandes empresas devido ao grande esforço que acarreta a sua implementação, a escassez de recursos associada às PMEs bem como a falta de mão de obra qualificada, como já referido no ponto subcapítulo 2.1, impede as PMEs de implementarem algumas das técnicas apresentadas [8,11]. A implementação Six Sigma, FMEA e TQM são apresentadas pelos autores como pouco recomendadas, em consonância com alguns dos problemas associados às PMEs anteriormente apresentados, como a falta de envolvimento da direção, a reduzida capacidade financeira e o envolvimento excessivo da gestão de topo no nível operacional desconsiderando o trabalho de gestão [2,8,11,13]. Além disso, o controlo de processos pela via estatística é também considerado pelos autores como de difícil adaptabilidade dada a limitação das PMEs em manter registos fidedignos dos processos produtivos [7,8].

As técnicas mais recomendadas para implementação em PMEs são [6,8]: produção em células, sistema de fluxo contínuo, controlo de qualidade, melhoria contínua, manutenção preventiva, filosofia FIFO, 5S, JIT, princípio *Pull*, Kanban, gestão visual, Poka Yoke. Estas são técnicas com uma reduzida necessidade de mão de obra qualificada para implementação, permitindo às PMEs a sua implementação sem o esforço financeiro associado a outros métodos [8].

Conclusão

A revisão bibliográfica apresentada nesta dissertação apontou os principais fatores que contribuem para o sucesso e o insucesso da implementação *Lean* nas PMEs. Destacam-se os fatores relacionados a cultura organizacional, capacidade de financiamento e fatores relacionados com os colaboradores da empresa [2,11,13].

No que toca à necessidade de definição de estratégias e do rumo a dar à implementação *Lean*, constata-se que o caminho para a mudança é algo que deve ser considerado a longo-prazo e que a sua implementação no caso das PMEs deve ser feita passo a passo, de forma a garantir o desenvolvimento sustentável da mudança [2].

A implementação *Lean* nas PMEs deve considerar as suas características específicas e distintivas das grandes empresas [15]. Segundo alguns autores, essa perceção é fundamental para garantir que as técnicas aplicadas estão de acordo com o funcionamento das empresas e não estão desadequadas às mesmas gerando resultados distantes do pretendido [9,15].

Quanto à implementação, esta deve ser precedida de um processo de análise ao estado da empresa, permitindo assim melhor definir objetivos estratégicos. Esta análise pode ser realizada através de um LAT [6], no entanto, dada a ambiguidade em que estes processos de análise podem resultar, pois dependem da perceção empírica dos utilizadores, pode surgir a necessidade de ser realizado um diagnóstico *in loco* para a obtenção precisa e rigorosa dos dados necessários à análise do estado da empresa [7].

3. Caso de estudo e metodologia

Uma implementação *lean* deve ser estruturada etapa a etapa, tal como as estratégias de implementação *lean* apresentadas no capítulo anterior. Uma das etapas definidas pelas estratégias apresentadas consiste na auditoria inicial da PME, analisando todo o sistema de produção, podendo esta auditoria ser realizada através de um diagnóstico *in loco*. No âmbito desta dissertação foi realizado um diagnóstico *lean* a uma PME.

A realização desta dissertação tem também como objetivo o diagnóstico *lean* a uma PME. Pretendeu-se verificar a qualidade dos registos efetuados, o envolvimento e atuação da gestão de topo, analisar os equipamentos produtivos, procedimentos utilizados pelos operadores e analisar os tempos de produção.

Este capítulo inicia com a descrição do caso de estudo do diagnóstico, onde é descrita a empresa, os seus produtos, processos e máquinas. É também descrita a metodologia e a abordagem ao diagnóstico que foi realizado *in loco*.

3.1. Caso de estudo

Para a realização deste estudo foi realizado um estágio numa empresa durante cerca de dois meses, permitindo uma análise *in loco* conhecendo a indústria, os produtos e métodos de produção empregados.

A empresa em questão labora desde 1978 tendo sido pioneira no fabrico de estruturas para moldes de alta precisão em Portugal. Mantendo a sua área de trabalho até ao presente, foca a sua atividade laboral no fabrico de estruturas completas de grande porte para moldes em materiais como o aço, alumínio e outras ligas. As estruturas produzidas pela empresa são sobretudo para o sector automóvel, estampagem e fundição. Está inserida num grupo económico de renome internacional no ramo de fabrico de moldes, sendo considerada segundo a definição da legislação portuguesa como uma PME.

A empresa produz estruturas completas por encomenda, no entanto maquina também as zonas moldantes consoante o pedido do cliente. No caso das estruturas, estas são compostas por peças maquinadas pela empresa e outras que são subcontratadas a empresas externas, como o caso de peças cilíndricas que têm de ser maquinadas por torneamento e os elementos de fixação da estrutura. As peças da estrutura são maquinadas e durante o processo podem ser sujeitas a processos de tratamento térmico antes de serem maquinadas até à cota final. No final da maquinação passam por uma etapa de controlo dimensional, responsável por verificar a coerência da peça maquinada com o desenho técnico. No final de todas as peças maquinadas estas são montadas e enviadas para o cliente. No caso de zonas moldantes, compostas pelo macho e fêmea, os brutos de maquinação podem chegar à empresa com o tratamento térmico efetuado. Neste tipo de produto a empresa não maquina até à cota final, sendo esse trabalho deixado a cargo do cliente que termina o acabamento da peça. O fluxo

do processo típico de uma peça de estrutura está representado na Figura 4, para o caso de zonas moldantes o processo típico é o representado na Figura 5.

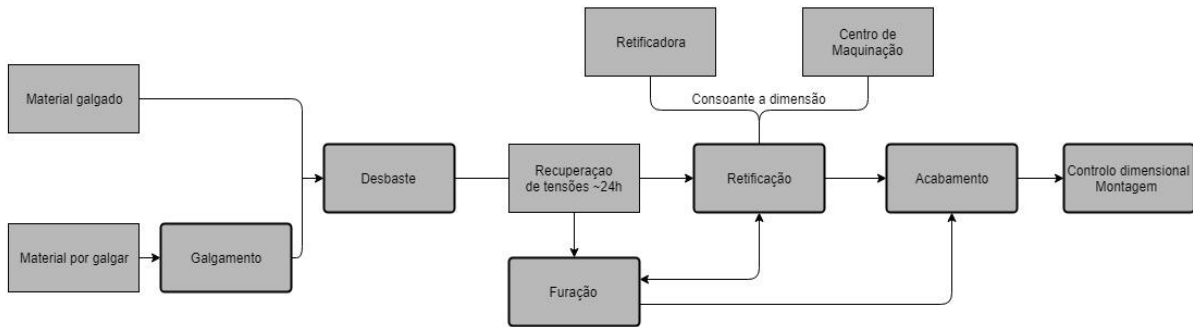


Figura 4 Fluxo do processo de maquinação típico para peças de estrutura

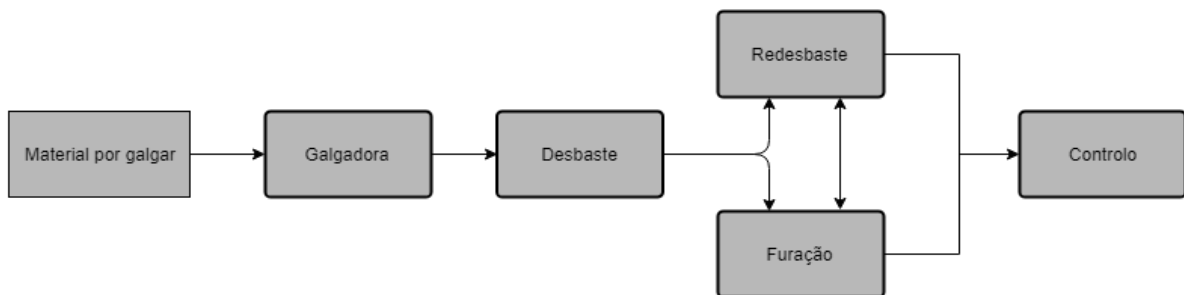


Figura 5 Fluxo do processo de maquinação típico para zonas moldantes

Ao nível de recursos humanos, o sector da produção conta com um efetivo de cerca de 16 operadores de máquina, alguns dos quais com menos de um ano de experiência na indústria. Existe ainda um operador na secção de controlo dimensional e montagem. A secção de programação conta com 4 programadores de CAM.

O parque de máquinas da empresa contabiliza dezanove máquinas de três eixos, das quais: três mandriladoras (duas convencionais e uma CNC), duas fresadoras convencionais, nove centros de maquinação vertical, três centros de maquinação horizontal e duas retificadoras planas. O parque de máquinas está representado esquematicamente na Figura 6. As dimensões dos equipamentos estão descritas na Tabela 3. Algumas das máquinas que equipam o parque estão na empresa desde a sua fundação.

As zonas delimitadas a tracejado da Figura 6 correspondem a zonas servidas por pontes rolantes, no caso da zona A com uma capacidade para 20 toneladas, na zona B para 3,2 toneladas e na zona C para 5 toneladas. Esta configuração está de acordo com a capacidade em termos de dimensão das próprias máquinas.

Na zona A encontram-se os três centros de maquinação horizontal, responsáveis pelo desbaste lateral das peças de estruturas de maiores dimensões que a fábrica maquina e são assistidas por dois operadores, um dedicado apenas à 491 e outro que assiste simultaneamente as máquinas 488 e 487. Nesta área encontram-se ainda os centros de maquinação vertical responsáveis pelo desbaste e acabamento das peças de grande porte das estruturas sendo assistidas por 3 operadores, um dedicado simultaneamente às máquinas 489 e 494 e dois às máquinas 486,490 e 492. Está instalada também uma ponte rolante com uma capacidade de elevação até 20 toneladas.

Na zona B encontram-se duas mandriladoras convencionais, máquinas 133 e 134 e uma mandriladora CNC, máquina 161. A estas máquinas compete a furação lateral das peças para o sistema de refrigeração das estruturas. Existe ainda a bancada onde é efetuado o controlo dimensional das peças e montagem das estruturas e os quatro centros de maquinação vertical de menor porte da fábrica. À exceção da máquina 495 e 133, que dispõem apenas de um operador para ambas, todas as outras da zona B têm um operador dedicado. Esta zona é servida por uma ponte rolante com capacidade até 3,2 toneladas, comum à zona C.

Na zona C encontram-se as duas retificadoras assistidas por um operador e as duas fresadoras convencionais cada uma com um operador. As retificadoras são responsáveis pela retificação plana das faces das peças antes de serem maquinadas até à cota final. A fresadora 158 realiza o galgamento inicial das peças e a 157 é responsável por outras operações de maquinação que o responsável pela produção lhe atribua.

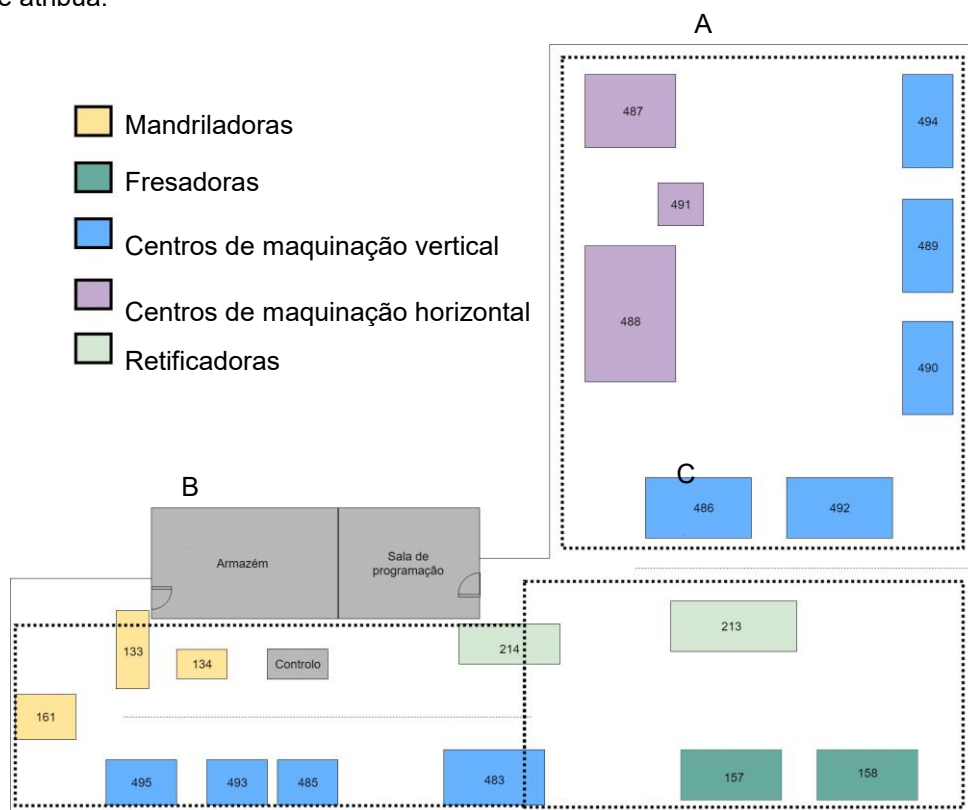


Figura 6 Parque de máquinas da empresa

Zona	Tipo	Máquina	Cursos		
			X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
A	CNC Horizontal	487	2500	1800	1800
		488	3000	2200	1250
		491	2000	1500	1500
	CNC Vertical	486	2000	1200	750
		489	3000	1600	1000
		490	2500	1750	800
		492	1800	1000	550
		494	3000	1600	750
B	Mandriladoras	133	700	820	600
		134	2050	1200	900
		161	1200	600	1500
	CNC Vertical	483	2000	850	700
		485	1600	650	650
		493	1000	600	500
		495	2000	1200	750
C	Retificadoras	213	2000	1000	730
		214	1650	850	650
	Fresadoras	157	2000	700	650
		158	2000	900	750

Tabela 3 Dimensões dos equipamentos de produção

3.2. Metodologia e abordagem ao diagnóstico

Ao longo do tempo de permanência na empresa foram empregues métricas e métodos de diagnóstico de forma a caracterizar diversos aspetos da área de produção. Os resultados foram analisados, os problemas mais críticos foram identificados e determinadas as suas causas. Desta forma foi possível identificar as metodologias *Lean* necessárias para a implementação das soluções fazendo uma previsão do impacto das mesmas. As técnicas usadas no diagnóstico foram adaptadas à realidade da empresa, em resposta a algumas lacunas que foram identificadas ao longo do estágio, como a existência de alguns registos pouco fidedignos e ausência de outros no software de gestão de produção que obrigaram a observações *in loco* para obtenção de dados. Esta adaptação é expectável dadas as conclusões apresentadas na revisão bibliográfica da presente dissertação, bem como os aspetos relacionados com a manutenção de registos por parte das PMEs.

O fluxograma do plano de diagnóstico à área de produção da empresa está esquematizado na Figura 7.

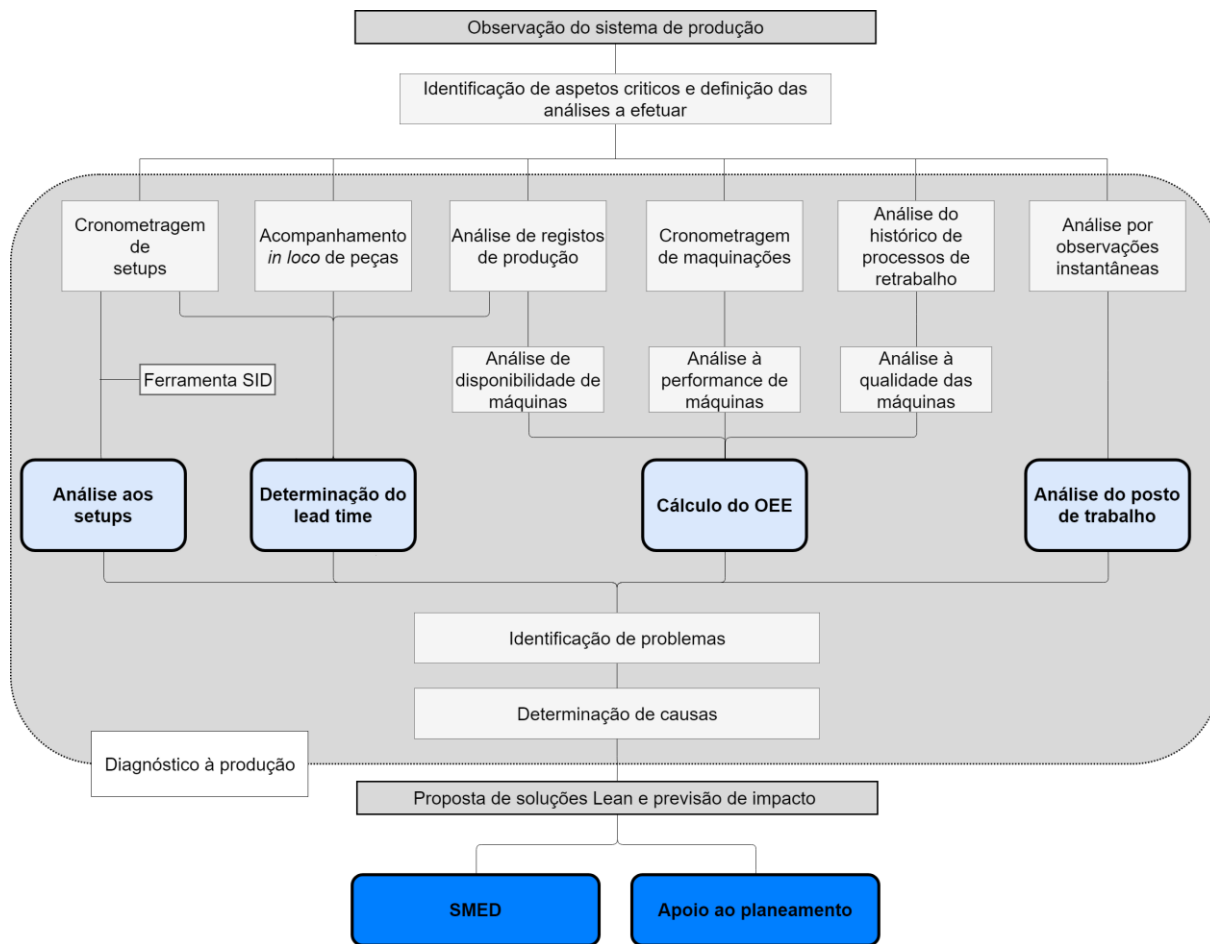


Figura 7 Fluxograma do plano de diagnóstico

O primeiro passo na realização do diagnóstico consistiu na observação *in loco* do sistema de produção. Esta observação permitiu identificar aspetos críticos ligados à secção de produção e definir quais os aspetos que seriam alvo de análise durante o período de diagnóstico.

Um dos aspetos críticos identificados foi a longa duração das ações de *setup*, motivo pelo qual estas ações foram analisadas por meio de cronometragem de *setups*. Esta foi uma análise que se prolongou durante todo o tempo de estágio na empresa dado o elevado número de máquinas em análise, cerca de 10, e dada a necessidade de se efetuar mais do que uma cronometragem por cada máquina. No total foram realizadas 26 ações de cronometragem aos equipamentos de produção, 23 aos CNC e 3 aos convencionais. Para a análise aos *setups* utilizou-se a ferramenta SID – Sistema de Indicadores de Desempenho [22,23]. Esta ferramenta permite categorizar as tarefas efetuadas pelo operador durante o *setup* em: posicionamento, ferramenta, ajuste e aperto, transporte, movimento do operador, limpeza, programação, afinação e operação desadequadas. A definição das operações e alguns exemplos das tarefas consideradas em cada operação SID estão identificadas na Tabela 4. Esta ferramenta torna possível a comparação de *setups* de diferentes máquinas de forma mais sistemática e objetiva. A análise dos *setups* permite também aferir a organização dos postos de trabalho. Ao longo dos dois meses de estágio foi também realizado uma observação *in loco* dos estados das máquinas e dos operadores por meio de observações instantâneas. Este método de diagnóstico, quando contempla

uma amostra considerável de observações, permite aferir o rácio dos vários estados referentes aos equipamentos e aos operadores. Foram realizadas entre duas a quatro observações diárias, cerca de duas em duas horas, que consistiam na realização de uma ronda por todos os postos de trabalho, observando o estado da máquina e do seu operador efetuando o registo dos mesmos. Para a obtenção de resultados foi realizada uma análise estatística aos dados, os quais puderam ser agrupados de diversas formas, por equipamento, por operador e por secção (CNCs ou convencionais).

Operação SID	Definição	Tarefas
Limpeza	Operações relacionadas com a limpeza do equipamento de produção e das peças processadas	Limpeza da máquina Limpeza da peça maquinada Limpeza da ponte/magnético
Movimento	Operações relacionadas com o movimento do operador em vazio para recolher algum tipo de ferramenta, acessório ou informação	Procurar/reunir utensílios, ferramentas Reunir informação Movimentos em vazio
Transporte	Operações relacionadas com a movimentação de materiais, envolvendo sistemas auxiliares de movimentação	Transporte de peças
Posicionamento	Operações relacionadas com a remoção da peça processada e colocação da peça da peça a processar	Remoção e colocação de peças da máquina Rotação de peças para posteriores apertos
Ajuste	Operações relacionadas com o desempenho das peças nos eixos da máquina e definição de centros de maquinação	Colocação de dispositivos de fixação/aperto Desempeno de peças na mesa magnética Aperto de peças
Ferramenta	Operações relacionadas com a limpeza, manutenção, colocação e remoção de ferramentas na máquina	Manutenção de ferramentas Preparação de ferramentas Medição de ferramentas
Programa	Operações relacionadas com a seleção dos programas de maquinação e seleção dos parâmetros de processamento	Seleção dos programas de maquinação Correção de programas em máquina Verificação de ponteados Definição de centros de maquinação
Operação desadequada	Tarefas não relacionadas com o setup	

Tabela 4 Agrupamento das tarefas de setup nas operações SID [23]

Outro aspeto analisado durante o primeiro mês de estágio consistiu no acompanhamento *in loco* da maquinação de seis peças. Este acompanhamento permitiu caracterizar o percurso das peças no processo de produção identificando todos os tempos com valor acrescentado – VA - e sem valor acrescentado – SVA – desde a chegada da encomenda até à sua expedição. Sublinha-se que alguns dos resultados deste diagnóstico provêm da cronometragem aos *setups* pois parte deles foram das peças analisadas. As análises aos *setups*, *lead time* e aos posto de trabalho permitiram também retirar conclusões no que toca à cultura organizacional e de trabalho da empresa, aspetos fundamentais para uma implementação *Lean* identificados na revisão bibliográfica da presente dissertação.

Durante o segundo mês de estágio na empresa foi dado enfoque ao cálculo do OEE dos equipamentos CNC (disponibilidade, desempenho e qualidade). A determinação do valor da disponibilidade dos equipamentos baseou-se numa análise aos registos de produção durante um mês. Foi feito um somatório aos tempos em que o equipamento se encontrou em funcionamento. O registo destes tempos contempla o tempo em que os equipamentos se encontram em *setup*, pelo que foi necessário subtrair a este somatório uma estimativa do tempo total de equipamento em *setup* baseado no tempo médio de *setup* multiplicado pelo número de peças maquinadas durante esse mês no equipamento. Para a determinação do valor da desempenho de cada equipamento foi solicitado aos programadores os dossiers de maquinação de várias peças por máquina. A comparação dos tempos previstos de maquinação presentes no dossier de cada maquinação com cronometragens realizadas *in loco* dos mesmos programas permitiu o cálculo do valor da desempenho. A desempenho de cada equipamento resultou da média de todos os rácios calculados para esse equipamento. Para o valor da qualidade foi feita uma análise ao número de processos de retrabalho ao longo de um ano de produção.

A análise aos registos de produção efetuados pelos operadores no software de gestão, quando comparados com os registos efetuados *in loco*, permitiram aferir a qualidade dos registos por parte dos operadores, permitindo também identificar quais dos recursos do software não estavam a ser explorados. Esta foi uma das lacunas inicialmente observadas, tendo sido identificados registos mal efetuados, verificada a ausência de alguns registos e a não existência de um procedimento padrão para a realização dos registos no software.

Após a identificação e quantificação dos problemas na fase de diagnóstico foi então realizada uma análise às suas causas raiz por meio da ferramenta dos 5 Whys. Determinadas as causas raiz dos problemas, foi possível combiná-las e verificar que alguns dos problemas têm por base a mesma causa raiz, permitindo ajustar as soluções propostas de forma a serem de mais rápida e eficaz implementação.

Uma das soluções propostas é resultado da utilização da ferramenta SMED. O SMED tem como objetivo a redução dos tempos de *setup*. Para isso, as tarefas realizadas pelos operadores durante uma ação de *setup* são divididas em duas categorias – tarefas internas e tarefas externas. Fazem parte das tarefas internas aquelas que apenas são passíveis de realização com a máquina em *standby* e as tarefas externas aquelas que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Associado a esta solução está também a definição de um posto de trabalho “tipo”, recorrendo à lógica dos 5S que a empresa possa implementar e adaptar a cada posto de trabalho.

Outra solução proposta está relacionada com a forma como é efetuado o planeamento da produção. É proposto um conjunto de regras que permitam efetuar um planeamento que minimize os tempos de espera, de máquinas em standby, diminuindo o *lead time* e o aumento da disponibilidade dos equipamentos.

Para as soluções do SMED e do planeamento é efetuado uma análise de impacto na empresa e proposto um plano de implementação estratégica adaptado à empresa que contemple todas as soluções propostas e permita a monitorização das implementações tendo por base o “*Lean Staircase*” apresentado no capítulo anterior.

4. Diagnóstico Lean

Neste capítulo é descrito o processo de diagnóstico que foi realizado durante o tempo em permanência na fábrica. São descritas numa primeira fase quais as métricas e métodos de diagnóstico utilizados, a fim de se destacar o objetivo com que foram realizadas. No decorrer das análises efetuadas foram identificados e quantificados uma série de problemas que são depois alvo de escrutínio para determinar quais as causas raiz que lhes estão associadas. Para isso recorreu-se à ferramenta dos 5 Whys de forma a determinar essas causas raiz para cada problema.

4.1. Lead time

A fábrica do caso de estudo trabalha por encomenda, sendo que designa cada encomenda por uma obra e cada obra pode conter mais que uma peça. A análise ao lead time foi feita a duas obras do mesmo cliente que requisitou as peças em duplicado. Neste caso a fábrica designou cada obra por OM8459 e OM8460. A designação OM resulta do facto que as peças em questão corresponderem a zonas moldantes (OM – obra moldante), nomeadamente cavidades e buchas de um molde, peças responsáveis por darem a forma à peça final de material injetado. A cada obra correspondiam três peças representadas na Figura 8. A análise deste tipo de encomendas teve como justificação o facto do tempo de maquinação das mesmas se adequar ao tempo disponível para efetuar o diagnóstico. Além disso, a ocorrência em simultâneo de maquinação de mais de uma peça das obras permitiu analisar o impacto da filosofia da empresa em colocar mais que uma peça em simultâneo na mesma máquina.

As zonas moldantes não são maquinadas até à cota final. Ao invés, são deixadas com uma sobre espessura, designação na gíria industrial, de cerca de 2mm que permite ao cliente realizar as operações de acabamento.

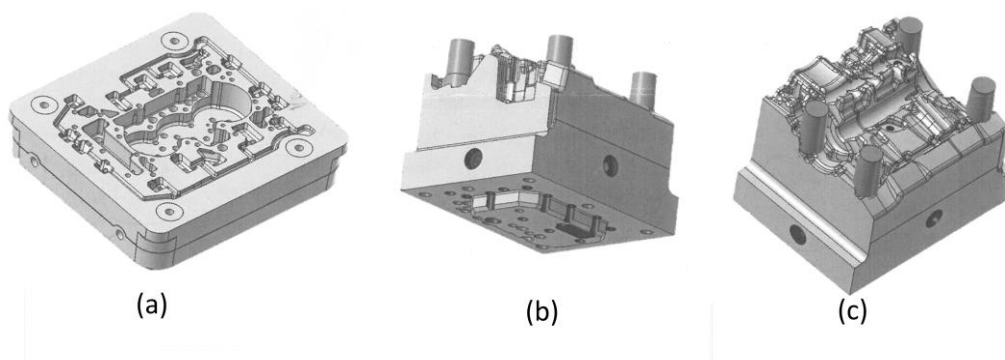


Figura 8 Peças analisadas: (a) #4001, (b) #6001 e (c) #8001

A análise ao *Lead time* teve em consideração um período de 24 horas por dia, 7 dias por semana, daqui em diante designado por turnos com disponibilidade total, TDT. A análise foi efetuada tendo por base TDT pois foi a base que a empresa decidiu usar e porque os equipamentos CNC permitem que sejam

utilizados autonomamente sem operador. Esta análise requereu cerca de 1 mês de observações *in loco* no chão de fábrica.

As peças #4001 das obras OM8459 e OM8460 realizaram todo o processo de maquinação na mesma máquina: desbaste e redesbaste. Este facto deveu-se sobretudo ao volume de material a retirar aos brutos de maquinação tendo o responsável pela produção determinado que não seria necessário as peças serem maquinadas em equipamentos diferentes.

A linha temporal que representa o *lead time de produção* das duas peças #4001 está representada na Figura 9, estando a distribuição das várias parcelas das etapas descritas na Tabela 5, sendo que se designa VA como o tempo de valor acrescentado e SVA como tempos sem valor acrescentado. Os valores apresentados correspondem ao somatório das duas peças. De referir que existem tempos de setup a meio da etapa de maquinação que correspondem à rotação das peças para maquinação das duas faces de cada peça.

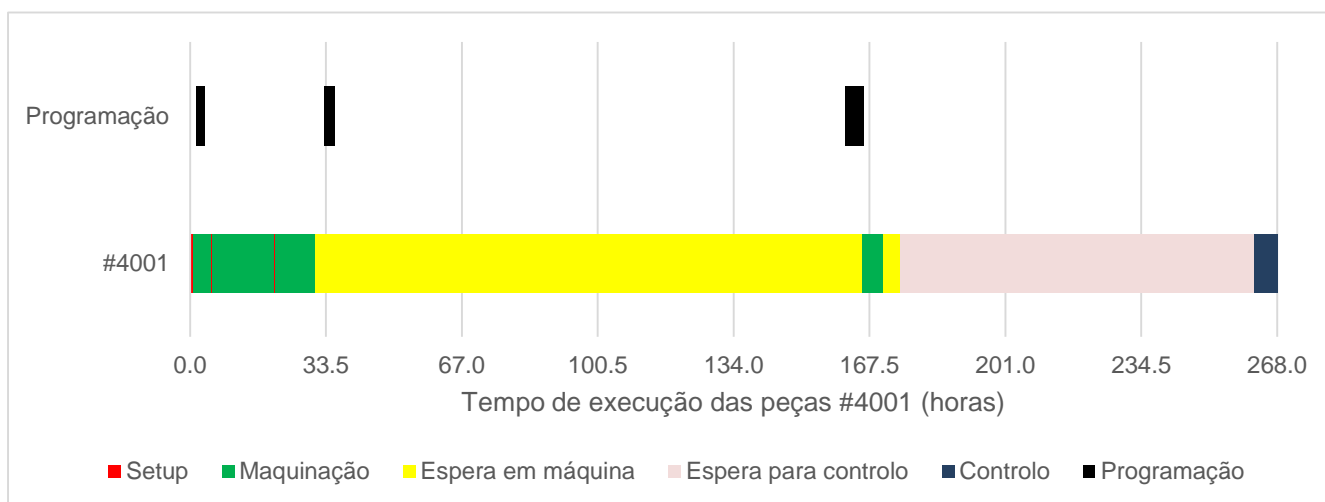


Figura 9 Lead time das peças #4001 das obras OM8459 e OM8460

Lead time	268 horas	
Programação	9 h	3,4%
Setup	1,4 h	0,5%
Maquinação	34,7 h	13,0%
Espera em máquina	139,0 h	51,9%
Espera para controlo	87,2 h	32,5%
Controlo dimensional	5,7 h	2,1%
Total	268 horas	100%
Total VA	40,4 h	15,1%
Total SVA	227,6	84,9%

Tabela 5 Incidência no TDT da etapas do processo de produção das peças #4001

O *lead time* de produção apresentado contempla cerca de 268 horas considerando TDT, que corresponde a 11 dias e 4 horas. O tempo total de valor acrescentado (VA), considerando as etapas da maquinação e do controlo dimensional, é de 15,1% do tempo total do *lead time* sendo que o tempo sem valor acrescentado (SVA) representa a maior porção do *lead time* com 84,9%, com a espera em máquina a ter maior relevância com 51,9% seguido da espera para controlo com 32,5%. Os desenhos técnicos disponibilizados pelo cliente não estavam completos, sendo que faltava informação relativamente a furos na face inferior das peças. Por este motivo, as faces superiores das peças foram maquinadas e quando terminaram permaneceram em espera até a informação relativa aos furos ser enviada pelo cliente. No entanto, por se tratar de um cliente internacional que se encontrava em período de férias, o atraso na chegada da informação em relação aos furos prolongou o tempo de espera em máquina. Depois do cliente disponibilizar a informação o programador pôde terminar o programa CAM da faces inferiores e a maquinação pôde prosseguir. Além desta espera, há a salientar cerca de 87,2 horas de espera para as peças poderem seguir para o controlo dimensional, que se devem sobretudo à falta de disponibilidade da secção de controlo dimensional. No caso em questão, a programação das peças foi efetuada por 3 etapas, sendo que a terceira foi devida à inexistência de informação em relação aos furos das peças. No entanto, há ainda outras duas etapas iniciais, que mostram que a programação das peças não é realizada numa única etapa, sendo desfasada no tempo consoante a progressão das peças no processo produtivo. Contudo, neste caso, o desfasamento da etapa de programação não provocou esperas na maquinação das peças uma vez que o programador foi enviando programas à secção de produção para que a maquinação pudesse ser iniciada.

A Tabela 6 resume o somatório dos tempos de maquinação previstos e reais das duas peças #4001. Verifica-se que há um desvio entre o tempo total previsto e o tempo total real de cerca de 13,8% ou de 4,2 horas. Esta discrepância deve-se a diferenças nas velocidades de maquinação consideradas pelos programadores CAM e pelas escolhidas pelos operadores durante a maquinação, um tópico abordado em pormenor no subcapítulo 4.3 da presente dissertação.

	Tempo previsto	Tempo real (VA)	Desvio
Face superior (2 peças)	6,6 h	9 h	36,4%
Face inferior (2 peças)	23,9 h	25,7 h	7,5%
Total (2 peças)	30,5 h	34,7 h	13,8%

Tabela 6 Comparação do tempo previsto de maquinação com o real das peças #4001

Além das peças #4001 foi também analisado o *lead time* das peças #6001 e #8001. O *lead time* destas quatro peças, duas #6001 e duas #8001, foi analisado em simultâneo pois a sua maquinação foi realizada em paralelo nas mesmas máquinas. Cada uma das peças realizou galgamento, desbaste, redesbaste, furação e desbaste lateral, como se pode verificar no esquema da Figura 10.

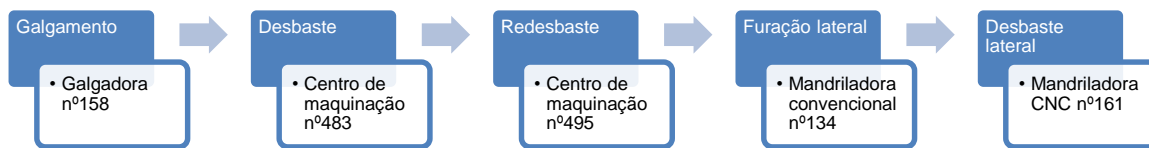


Figura 10 Fluxo do processo das peças #6001 e #8001

A linha temporal que representa o *lead time* das peças #6001 e #8001 está representado na Figura 11. Da análise do gráfico da Figura 11, há a salientar que cada linha temporal identificada como #6001 e #8001 representa duas peças. A espera no posto representa o tempo em que as peças estão a aguardar fora da máquina.

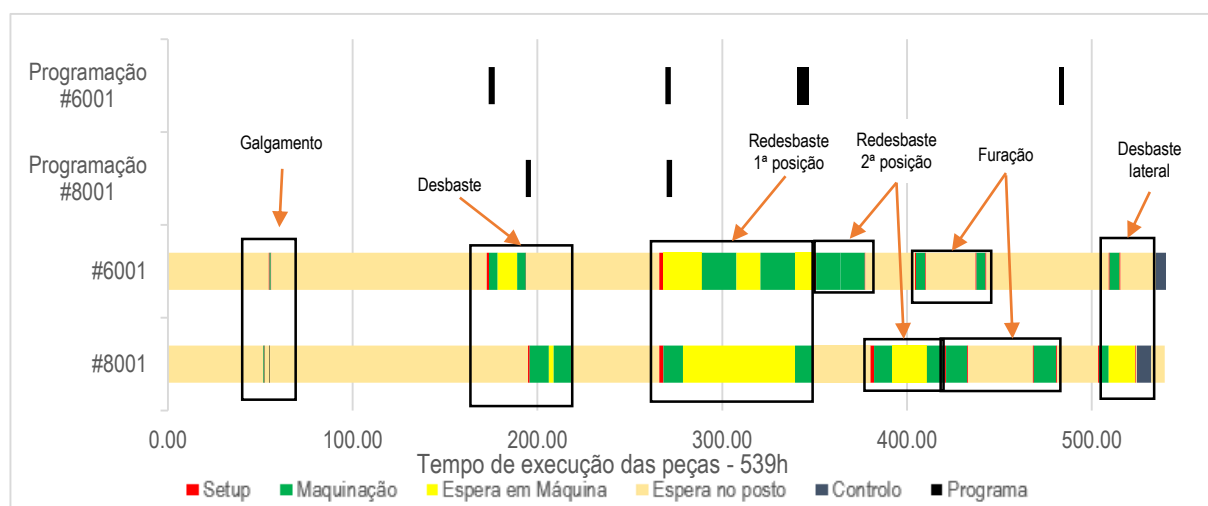


Figura 11 Lead time das peças #6001 e #8001 das obras OM8459 e OM8460

Ao contrário das peças #4001, as #6001 e #8001 estiveram em espera por disponibilidade de máquinas para entrar em produção, tempo este representado antes da operação de galgamento na Figura 11. Este tempo de espera correspondeu ao hiato temporal desde a disponibilização à empresa dos desenhos técnicos das peças, ficheiros 3D para programação CAM e brutos de maquinação por parte do cliente até as peças terem iniciado a primeira etapa do processo produtivo, o galgamento. Apesar de ser um tempo em que as peças estão em inventário, foi tempo que a empresa teve disponível para maquinar as peças e por isso considerado parte do *lead time*. Após a operação de galgamento as quatro peças ficaram novamente em espera por disponibilidade da máquina nº483 onde entraram em simultâneo as duas #6001 para efetuarem desbaste. O tempo de espera na máquina nº483 deveu-se a uma paragem programada no CAM para verificação de ferramenta, paragem que coincidiu com o período da noite. Quando esta operação terminou saíram as duas #6001 e entraram em seguida as duas #8001 para a mesma operação. Após o desbaste as quatro peças ficaram em espera para

poderem entrar as quatro em simultâneo na máquina nº495 para efetuarem o redesbaste da 1ª posição, esta espera deveu-se à falta de disponibilidade do equipamento por estar a maquinar outras peças. A operação de redesbaste das primeiras posições das quatro peças está representada em pormenor na Figura 12. Este gráfico pretende retratar a sequência de maquinações ocorridas na máquina 495 durante o redesbaste das quatro peças, ao contrário das linhas temporais representadas na Figura 11.

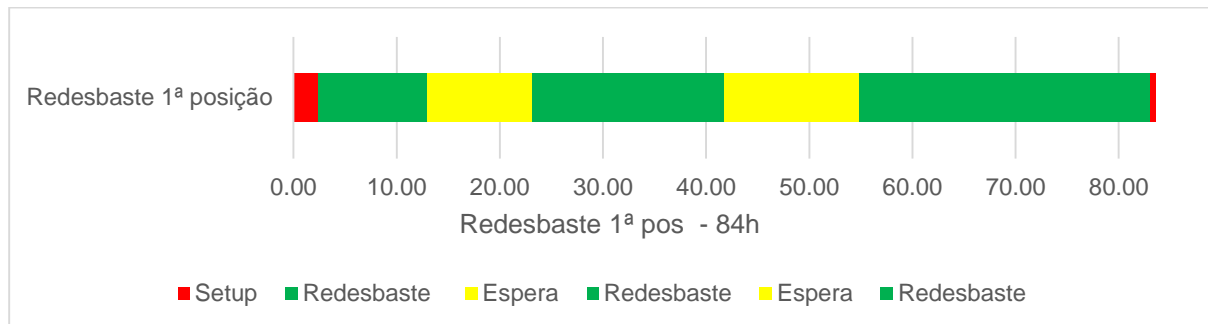


Figura 12 Redesbaste da 1ª posição em detalhe das 4 peças

O redesbaste das peças não é sequencial, sendo realizadas etapas em cada peça que requerem a mesma ferramenta. Os períodos de espera representados a amarelo na Figura 12 representam paragens da máquina para: verificação/manutenção de ferramentas durante o período noturno (período em que não se encontram operadores na fábrica) ou paragens determinadas pelo programa de CAM para verificação da maquinação pelo operador. De seguida foi feito o redesbaste da 2ª posição separadamente para as duas #6001 e as duas #8001, seguidas da furação lateral e por fim o desbaste lateral. As esperas no posto entre as etapas de furação deveram-se ao planeamento efetuado pelo responsável de produção, dando prioridade a outras maquinações.

A Tabela 7 resume os rácios das várias etapas do *lead time* para as duas obras em consideração, correspondendo ao somatório das duas peças de cada referência.

	#6001	#8001
Lead time	539h	
Programação	6,5%	1,0%
Setup	1,7%	1,7%
Maquinação	16,5%	17,0%
Espera em máquina	11,0%	23,0%
Espera no posto	60,3%	48,1%
Espera para produção	10,1%	10,0%
Controlo	0,4%	0,2%
Total	100%	100%
Total VA	16,9%	17,2%
Total SVA	83,1%	82,8%

Tabela 7 Incidência no TDT da etapas do lead time das peças #6001 e #8001

O *lead time* de produção apresentado contempla cerca de 539 horas considerando TDT, que corresponde a 22 dias e 11 horas. O VA, considerando as etapas da maquinação e do controlo dimensional, é de 16,9% e 17,2% para as peças #6001 e #8001, respetivamente, do tempo total do *lead time* sendo que o SVA representa a maior porção do *lead time* com cerca de 83% para ambos os casos com a espera no posto (peças fora da máquina) a ter maior relevância com 60,3% e 48,1% para as peças #6001 e #8001, respetivamente. Além disso, as esperas em máquina têm também alguma relevância no tempo de *lead time*, com especial incidência para as peças #8001 com cerca de 23%. De notar também a contribuição do tempo de espera para produção, com uma incidência de cerca de 10% para ambos os casos.

À semelhança das peças #4001, também o tempo de VA para as peças em questão é superior ao tempo previsto pelo CAM. A comparação destes valores só pode ser feita para as etapas de produção que são sujeitas à programação CAM, desta forma excluiu-se desta análise o galgamento, a furação lateral e o desbaste lateral. Este último, apesar de ser realizado numa mandriladora CNC, a sua programação é feita pelo operador e não é alvo de simulação para obtenção de previsão. A Tabela 8 resume o somatório dos tempos de maquinação previstos e reais das duas peças #6001 e das duas peças #8001 para as etapas do desbaste e redesbaste. Verifica-se que há um desvio entre o tempo total previsto e o tempo total real de cerca de 59,8% ou de 49,1 horas. Esta discrepância deve-se a diferenças nas velocidades de maquinação consideradas pelos programadores CAM e pelas definidas pelos operadores durante a maquinação, um tópico abordado em pormenor no subcapítulo 4.4 da presente dissertação.

		Tempo previsto	Tempo real (VA)	Desvio
#6001 (2 peças)	Desbaste	8,6	9,3	8,1%
	Redesbaste	34,8	63,5	82,5%
#8001 (2 peças)	Desbaste	9	19,8	120%
	Redesbaste	30,7	40,3	31%
Total (4 peças)		83,1	132,9	59,8%

Tabela 8 Comparação do tempo previsto de maquinação com o real das peças #6001 e #8001

4.1.1. Análise de impacto de esperas

Uma análise aos tempos de espera torna perceptível o impacto destes tempos no *lead time* total das peças. Os gráficos das Figura 13 e Figura 14 mostram a redução do *lead time* com a ausência de esperas, considerando três situações: a real, uma situação hipotética em que não existissem esperas no posto e uma outra em que não existissem simultaneamente esperas no posto e esperas em máquina. Verifica-se que há uma redução de cerca de 81,3% para as peças #6001 e 81,6% para as peças #8001 no que diz respeito ao *lead time* considerando o caso sem esperas. Associado a esta diminuição do *lead time* está um aumento do rácio de VA, que aumentaria de 16,9% para 90,7% nas peças #6001 e de 17% para 90,6% nas peças #8001. A situação intermédia apresentada nos gráficos das Figura 13 e Figura 14 representa uma situação em que o planeamento fosse efetuado de forma a

que as peças seguissem de forma contínua no processo de produção, ou seja, não estivessem em espera por disponibilidade de máquinas.

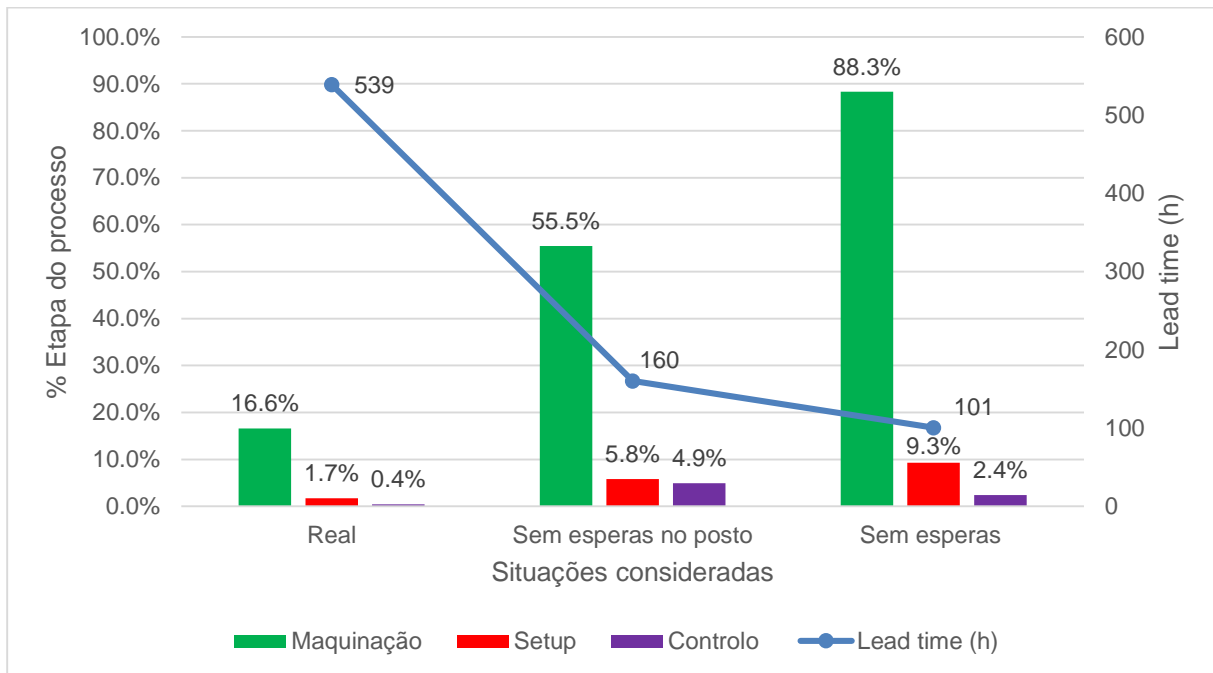


Figura 13 Impacto das esperas no lead time das peças #6001

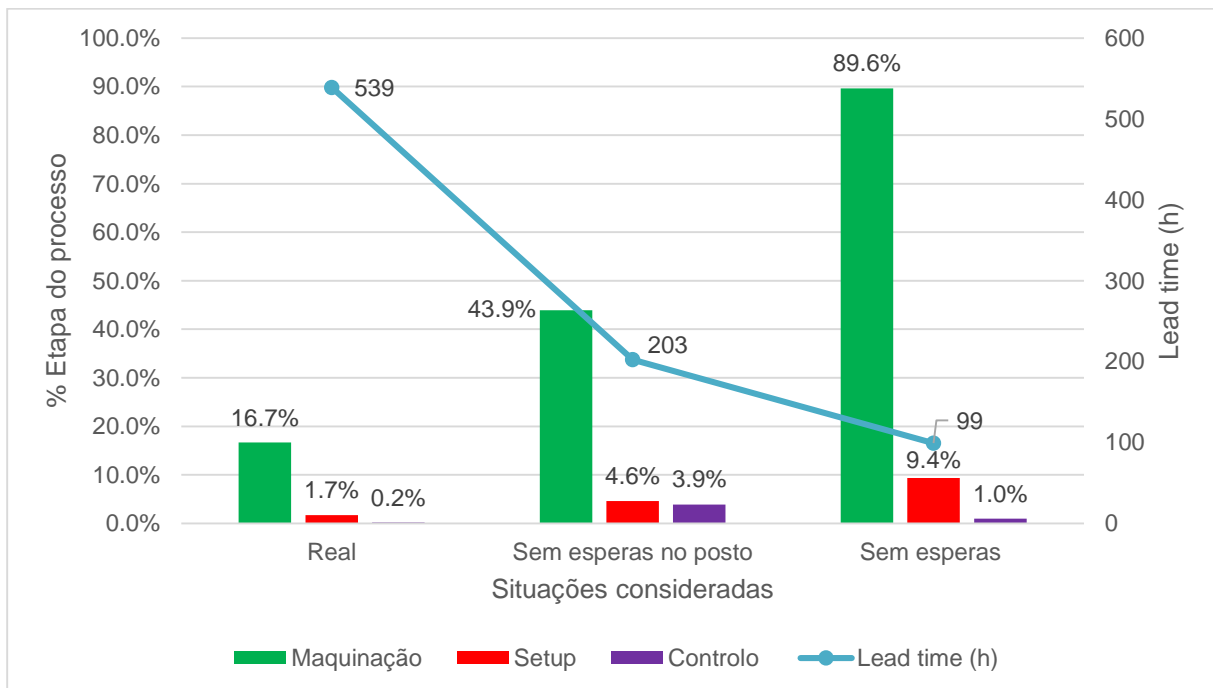


Figura 14 Impacto das esperas no lead time das peças #8001

Como se verifica pela comparação do gráfico da Figura 11 com o gráfico da Figura 12, grande parte dos tempos de espera em máquina são provocados pela colocação em simultâneo de várias peças na máquina. Esta opção tem vantagens ao nível do aproveitamento dos tempos de setup, que apresentam

uma baixa incidência no lead time real, no entanto provoca esperas nas peças, aumentando o lead time das mesmas e diminuindo os rácios de valor acrescentado. Além disso, verifica-se que, na ausência de esperas, os setups representam quase 10% do lead time, ou cerca de 10 horas. Dada a magnitude da incidência do *setup* nestas condições (ausência de esperas), decidiu-se que seria útil contemplar no diagnóstico uma análise às ações de *setup*.

Da análise ao lead time das peças #6001 e #8001 foram identificados os seguintes problemas: elevada incidência de tempo de espera das peças no posto, onde se inclui também a espera para produção, a elevada incidência de espera das peças na máquina e a diferença de tempo de valor acrescentado real face ao previsto pela secção de CAM.

4.1.2. Análise de causas aos problemas do *lead time*

Dos dados apresentados anteriormente, podem ser identificados os seguintes problemas inerentes ao *lead time*:

- elevada incidência de tempos de espera
- discrepância elevada entre os tempos previstos de maquinação e os reais (abordados na análise de causas do subcapítulo 4.3)
- baixa incidência do rácio de VA/SVA que é consequência dos elevados tempos de espera

Foi realizada uma análise com recurso da ferramenta *5 Wh's* para se identificarem as causas raiz dos problemas evidenciados pelo diagnóstico do *Lead time* como se verifica na Figura 15.

O problema da elevada incidência das esperas manifesta-se na espera das peças dentro de uma determinada máquina ou na espera das peças fora da máquina. A permanência das peças fora de máquina deveu-se à ocupação da máquina para onde iriam maquinar de seguida, consequência da priorização de algumas maquinações em detrimento destas. No caso das esperas com as peças dentro da máquina, estas ocorrem porque a máquina para para manutenção de ferramenta ou para verificação da maquinação efetuada (caso em que a paragem é programada no CAM), nestes casos a máquina fica a aguardar que o operador esteja disponível para proceder como necessário. O problema da elevada incidência de esperas tem, portanto, três causas raiz: o planeamento da manutenção ineficaz, planeamento de maquinações ineficaz e a gestão de recursos humanos (RH) ineficaz e/ou recursos humanos insuficientes.

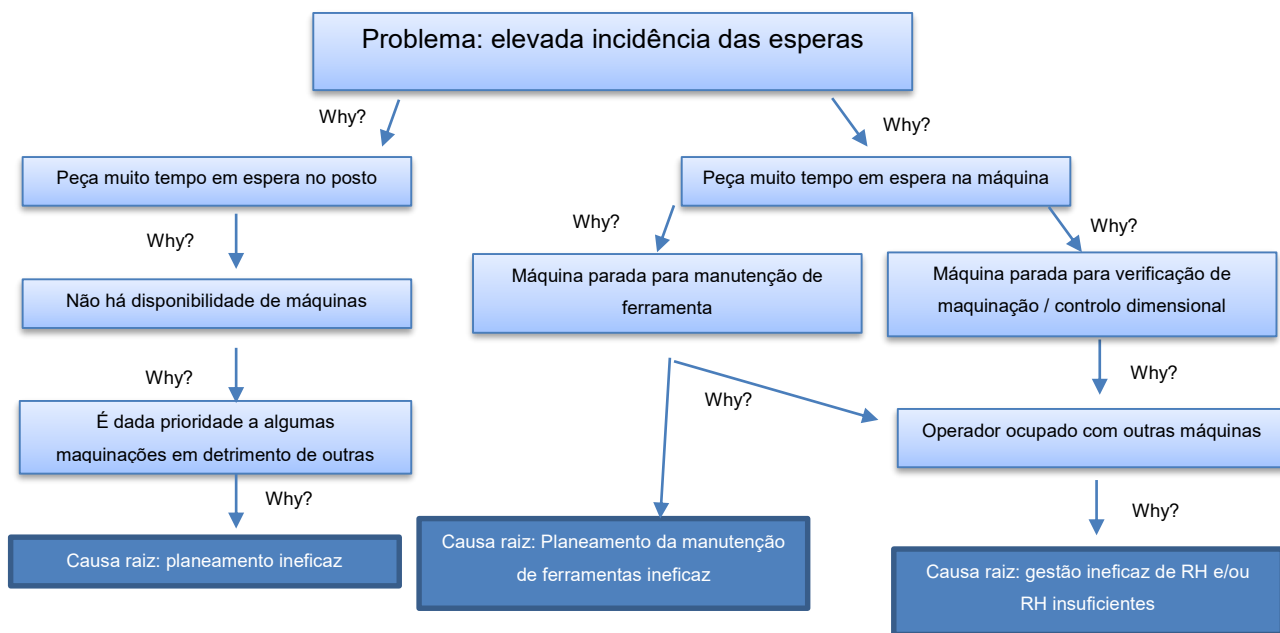


Figura 15 Esquematisação da ferramenta 5 Whys para determinação das causas raiz dos problemas do lead time

4.2. Setups

O *setup* representa para as empresas uma atividade que não gera valor acrescentado ao produto final, contudo é uma atividade necessária, imprescindível e integrante do processo de maquinação da peça. Além disso, apesar de se ter mostrado uma atividade com incidência baixa no *lead time* das peças analisada no capítulo anterior tem uma influência indireta uma vez que a ocupação do operador em *setup* pode gerar esperas noutras máquinas. Desta forma, é do interesse de um diagnóstico *Lean* a análise desta parte do processo de forma a quantificar o tempo total do *setup* e os tempos parciais de cada operação associada ao mesmo. Torna-se assim possível classificar as tarefas efetuadas como necessárias ou não necessárias de efetuar com a máquina parada. A caracterização das operações realizadas durante o tempo de *setup* foi efetuada segundo a metodologia SID.

Durante o estágio na empresa foram analisadas 26 ações de *setup*, com especial incidência nos que se referem a secção das equipamentos CNC, por representarem a maior parte dos equipamentos onde as peças produzidas pela fábrica são maquinadas.

4.2.1. Resultados dos setups na secção das CNC

Os resultados das cronometragens e classificação das tarefas de *setup* organizados por máquina CNC estão expostos no gráfico da Figura 16. A tabela detalhada com os tempos parciais de cada *setup* pode ser consultado no Anexo A.

Da análise do gráfico da Figura 16 verifica-se que a variabilidade do tempo total dos *setups* é elevada, com intervalo de 17 minutos (*setup 2*) a 245 minutos (*setup 18*), com uma média dos valores obtidos de 81 minutos. Além disso, é de notar também a variabilidade entre os tempos parciais de cada operação SID em setups de peças semelhantes.

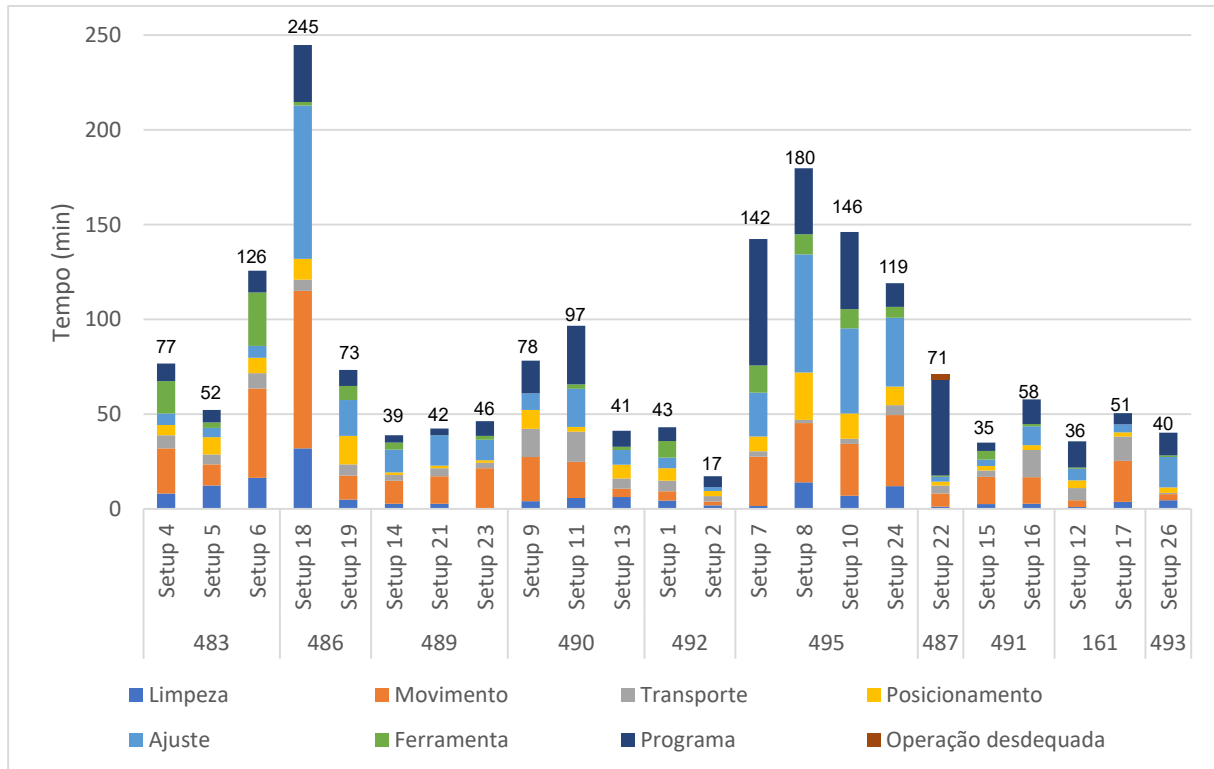


Figura 16 Análise aos tempos absolutos dos setups das equipamentos CNC

Esta variabilidade das operações SID torna-se mais fácil de analisar numa perspetiva relativa ao invés da absoluta como verificado no gráfico da Figura 17.

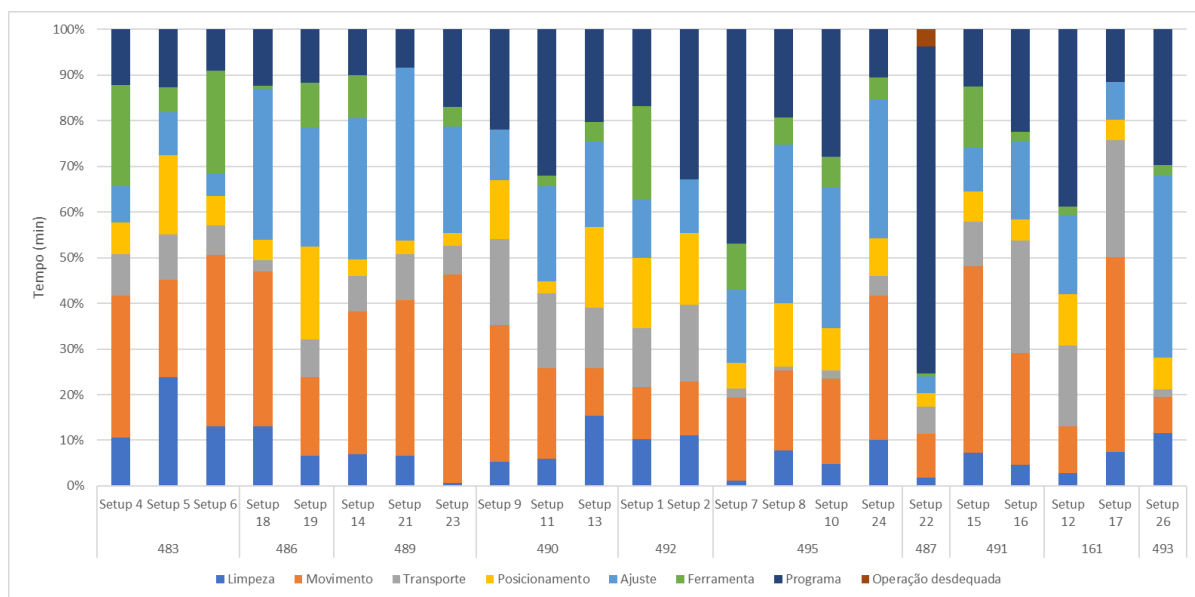


Figura 17 Análise percentual das operações SID em cada setup da secção CNC

Verifica-se uma grande variação entre as incidências de cada operação SID na Figura 17. Uma vez que as peças produzidas pela empresa variam bastante no que toca às suas dimensões e peso, é de interesse verificar se a variação das incidências das operações SID nos *setups* analisados se deve a esta diferença nas peças. Para isso, os dados referentes aos *setups* foram analisados consoante o peso da peça. Os *setups* foram divididos tendo em consideração as características das máquinas e das pontes rolantes que servem cada zona do chão de fábrica. Foi considerado como peças de pequena dimensão aquelas cujo peso não excede as 3,2 toneladas e grandes dimensões aquelas cujo peso está compreendido entre as 3,2 toneladas e as 20 toneladas, intervalos de acordo com a capacidade das pontes rolantes que servem cada zona da fábrica. A Tabela 9 apresenta os valores médios e a variação (diferença entre os valores máximo e mínimos registados) das operações SID por tipo de peça, tendo-se verificado que não há um padrão entre os tempos verificados e que, tal como na análise anterior, existe uma variação considerável entre os tempos mínimo e máximos das operações SID nos *setups* analisados.

	Até 3,2 toneladas		De 3,2 a 20 toneladas	
	Média (min)	Variação (min)	Média (min)	Variação (min)
Limpeza	10	30	3	6
Movimento	26	81	14	19
Transporte	4	7	8	13
Posicionamento	10	22	3	9
Ajuste	26	79	10	17
Ferramenta	9	28	2	5
Programação	20	59	16	47
Setups considerados	1,2,4,5,6,7,8,10,18,19,24,26		9,11,13,14,15,16,21,22,23	

Tabela 9 Média das operações SID e variabilidade por tipo de peça

Verifica-se que nas operações de posicionamento e ajuste, operações em que há manuseamento da peça e que implicam a alteração da sua posição tanto no posto de trabalho como dentro da máquina, não há relação entre os tempos para peças de pequena dimensão e de grande dimensão. Seria de esperar que o manuseamento de peças de maiores dimensões levaria mais tempo do que de pequenas dimensões, o que não se verifica, em que o posicionamento de peças de pequena dimensão leva em média 10 minutos e de grandes dimensões 3 minutos. Além disso, a variação desta operação é muito superior em peças de pequena dimensão do que em peças de grande dimensão. Outra operação que poderia evidenciar alguma relação entre o peso das peças e o seu tempo parcial, é a de ajuste. A análise da Tabela 9 mostra que o tempo médio de ajuste para peças de pequena dimensão é de 26 minutos e para peças de grandes dimensões de 10 minutos, evidenciando novamente uma variação bastante superior para as peças de pequena dimensão. Poder-se-ia comparar os tempos da operação de transporte, no entanto, a variação dos tempos desta operação está relacionada com a distância

entre a posição inicial da peça no chão de fábrica e o posto de trabalho e não apenas com a dimensão das peças. Reforça-se, portanto, que não há relação entre o tempo de duração dos *setups* e a dimensão das peças, sendo que a principal causa para a variação de duração das operações a inexistência de um procedimento de *setup* padronizado.

A análise *in loco* aos *setups* mostra que existe uma elevada variabilidade entre *setups* e que não é seguido um procedimento padronizado para a realização dos mesmos. Estes factos podem ser verificados efetuando uma análise a dois *setups* de peças semelhantes como o caso dos *setups* 5 e 6, com uma duração de 52 minutos e 126 minutos respetivamente, detalhados na Figura 18. A estes dois *setups* estão associadas a colocação de peças de tamanho semelhante e com sistema de aperto por mesa magnética na mesma máquina CNC.

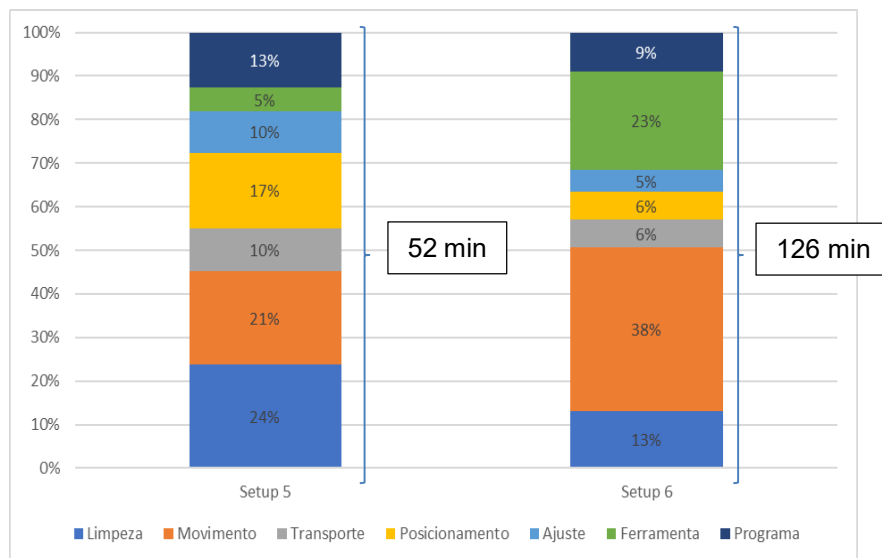


Figura 18 Análise detalhada aos setups 5 e 6

Como se pode verificar, o índice de movimentação varia de 21% a 38%. Os diagramas de esparguete da movimentação do operador durante a realização do *setup* estão representados na

Figura 19 para o *setup* 5 e Figura 20 para o *setup* 6. O tempo total de movimentação foi de 11 minutos e 47 minutos, com uma distância total percorrida de 384 metros e 1150 metros, respetivamente. A esta movimentação estão associadas tarefas sem valor acrescentado como a procura de ferramentas e utensílios, reunião de informação relativa a cada peça sobre a sua montagem e programas selecionados para maquinação, momentos de conversa com outros operadores e movimentos no vazio. No decorrer do *setup* 6 o operador desconhecia a localização das ferramentas, dos olhais indicados para a remoção com a ponte das peças, pelo que teve de percorrer todo o chão de fábrica para reunir todo o material necessário.

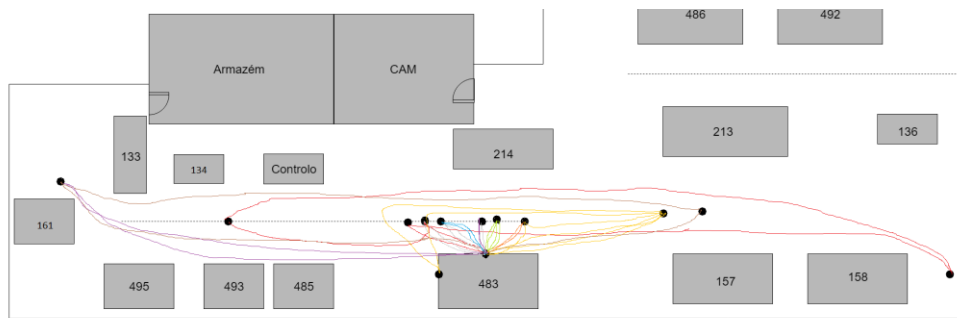


Figura 19 Diagrama de esparguete da movimentação do operador durante o setup 5

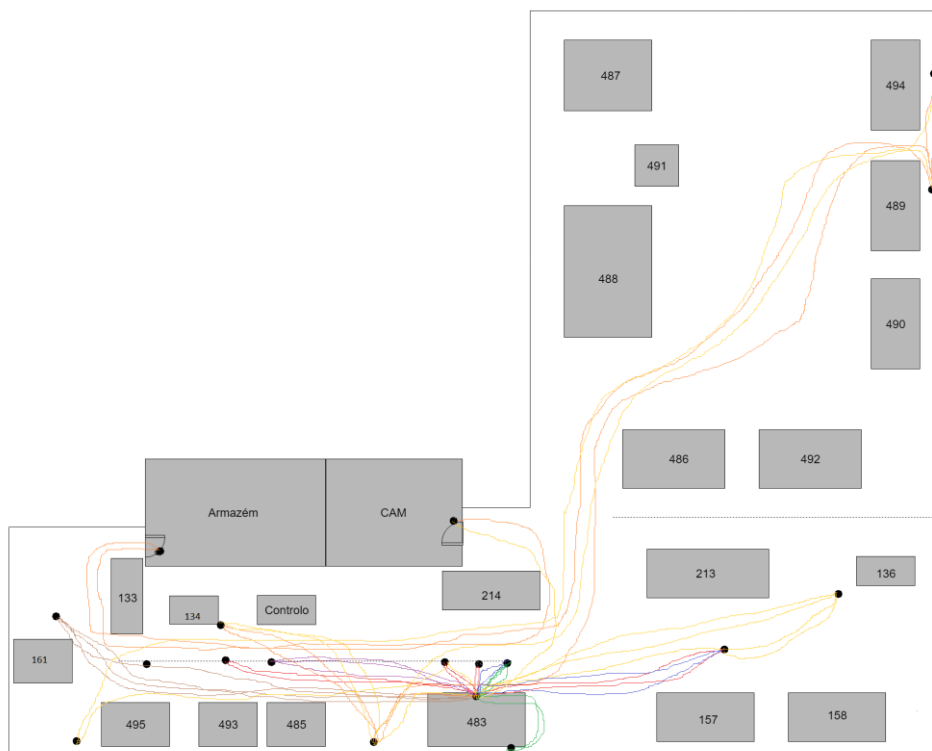


Figura 20 Diagrama de esparguete da movimentação do operador durante o setup 6

A incidência de tarefas de limpeza do equipamento tem também uma variação elevada, de 13% (*setup 6*) a 24% (*setup 5*), com uma variação temporal de 16 minutos a 12 minutos respetivamente, ou seja, apesar da sua semelhança em termos temporais, a relevância da operação no tempo total do *setup* é elevada. A variabilidade deveu-se ao facto do operador no *setup 5* apenas ter efetuado limpeza da mesa magnética e no *setup 6* a limpeza da mesa magnética e da peça maquinada o que mostra a inexistência de um procedimento normalizado para a manutenção dos equipamentos.

A incidência de operações relacionadas com ferramentas varia de 5% (*setup 5*) a 23% (*setup 6*), com uma variação temporal de 3 minutos a 28 minutos, respetivamente. O tempo de preparação de ferramentas variou devido ao facto de a tarefa de troca de plaquetes ter sido bastante superior no *setup*

6 devido ao número superior de ferramentas para preparar, além disso, neste caso as ferramentas necessárias encontravam-se no carrossel máquina pelo que o operador levou mais tempo para efetuar a remoção dos cones.

No que toca ao índice de transporte, verifica-se uma variação de 6% (*setup 6*) a 10% (*setup 5*), justificada pela preparação prévia ao *setup* no caso do 5 dos equipamentos de transporte, nomeadamente o engate na ponte do magnético para transporte das peças.

Apesar de nos casos exemplificativos dos *setups 5 e 6* o índice de ajuste representar apenas 10% e 5% respetivamente, em alguns *setups* o valor é superior aos 30%. A operação de ajuste é uma operação que deve ser realizada com a máquina parada (operação interna), no entanto, esta contempla tarefas com uma duração excessiva como a colocação do instrumento “comparador” na máquina para se efetuar o “desempeno” da peça (termo utilizado na gíria que significa colocar as faces do bruto de maquinaria paralelas aos eixos da máquina) bem como a definição dos centros de maquinaria. No caso do *setup 18*, por exemplo, o tempo total da operação de ajuste é de 81 minutos, tempo maioritariamente gasto na preparação do comparador e montagem num cone para colocação na máquina. Esta evidência foi verificada em todos os *setups*, a necessidade de preparação do comparador sendo que em alguns casos o próprio posto de trabalho partilhava um único comparador com outros postos.

Apesar de apenas descritos dois *setups*, a análise percentual foi realizada a todos os *setups*, sendo que os problemas identificados são idênticos.

Os problemas principais identificados no decorrer da análise aos *setups* estão ligados à elevada incidência de tempo despendido em tarefas externas, e da elevada duração de tarefas internas devido à repetição das mesmas pelos operadores por não haver um planeamento prévio do trabalho que tem de ser executado.

4.2.1. Resultados dos *setups* das máquinas convencionais

Os resultados das cronometragens e classificação das tarefas de *setup* organizados por máquina convencional estão expostos no gráfico da Figura 21. A tabela detalhada com os tempos parciais de cada *setup* pode ser consultado no Anexo B.

Por comparação do gráfico da Figura 16 com o gráfico da Figura 21, verifica-se que o tempo total para as convencionais é muito menor do que para as equipamentos CNC, com uma média de 11 minutos. No caso das máquinas convencionais, as tarefas associadas à operação de programa contemplam apenas a definição dos centros para maquinação. Além disso, no caso da máquina 158, tem apenas função de galgamento pelo que trabalha com recurso a uma única ferramenta de desbaste vertical para qualquer peça que machine. Também para o caso das retificadoras, operações de manutenção e troca de ferramenta são raras, pois a máquina funciona apenas com uma mó que tem de sofrer ações de afiamento periódicas, tarefa que requer apenas alguns segundos para ser efetuada. Por estes motivos, verifica-se que os tempos totais das ações de setup das máquinas convencionais é bastante inferior aos verificados nos equipamentos CNC.

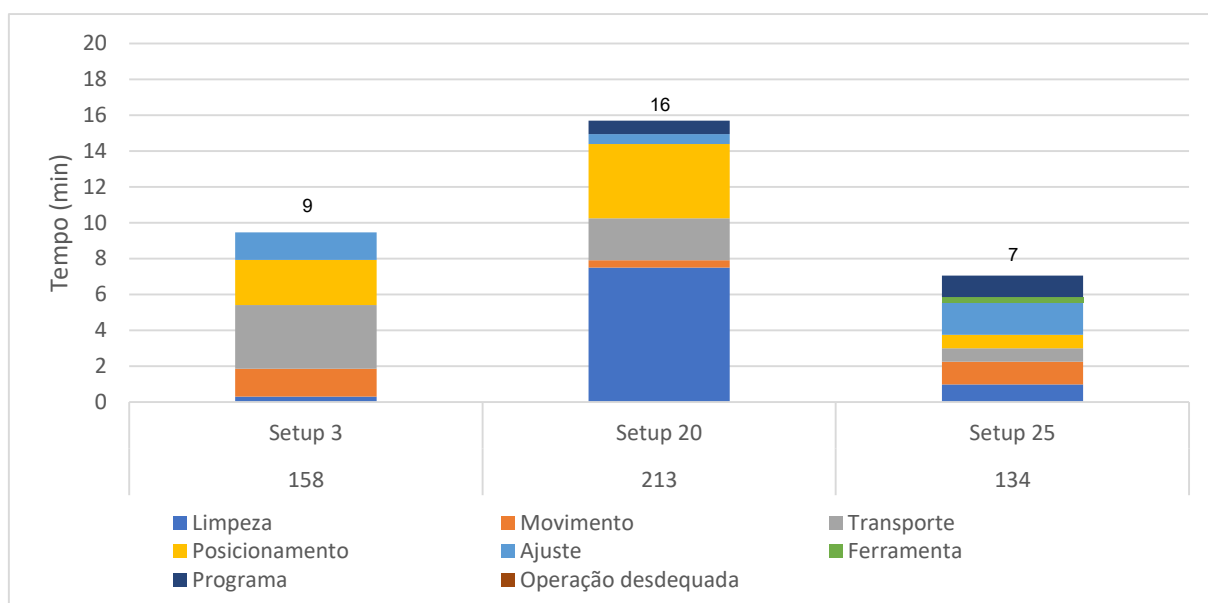


Figura 21 Análise aos tempos absolutos dos setups das máquinas convencionais

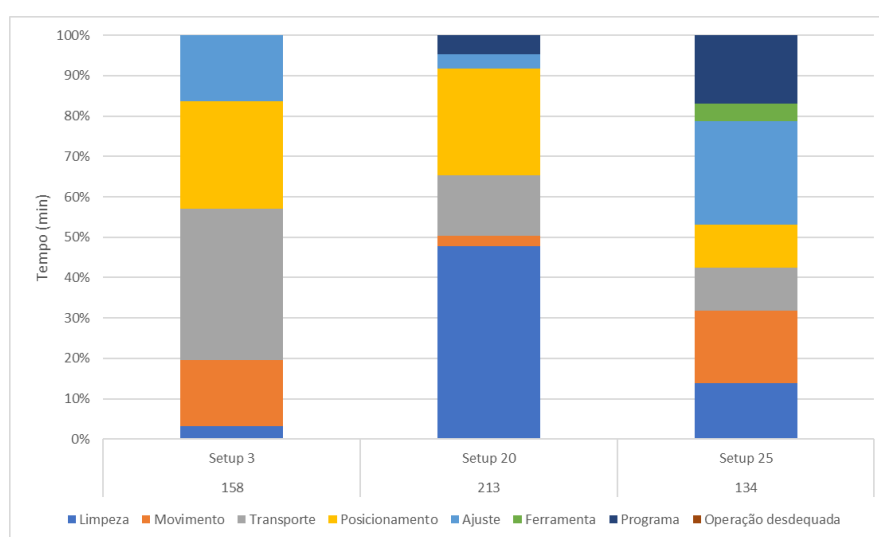


Figura 22 Análise percentual por operação aos setups das máquinas convencionais

Do gráfico da Figura 22 verifica-se a elevada incidência das operações de limpeza, transporte e movimento, evidenciando os mesmos problemas verificados para as equipamentos CNC quando analisados através da metodologia SID que evidencia a existência de operações não essenciais ao *setup*.

4.2.2. Análise de causas para os elevados tempos de *setup*

A ferramenta de 5 Whys para a determinação das causas raiz para o problema da elevada duração de tarefas de movimentação está esquematizada na Figura 23. A movimentação do operador está associada à procura de utensílios de limpeza, ferramentas e de transporte. Associado ao elevado tempo despendido nestas tarefas está o desconhecimento por parte do operador do local exato onde se encontram os utensílios e ferramentas pois os operadores que os utilizaram anteriormente não os arrumam sempre no mesmo local, devendo-se este facto à inexistência de um local definido para os mesmos. No caso das ferramentas, apesar de existirem armários alocados para o efeito, as ferramentas são partilhadas por todos os operadores, sendo que cada um as arruma no armário mais próximo do seu posto de trabalho depois de as utilizar.

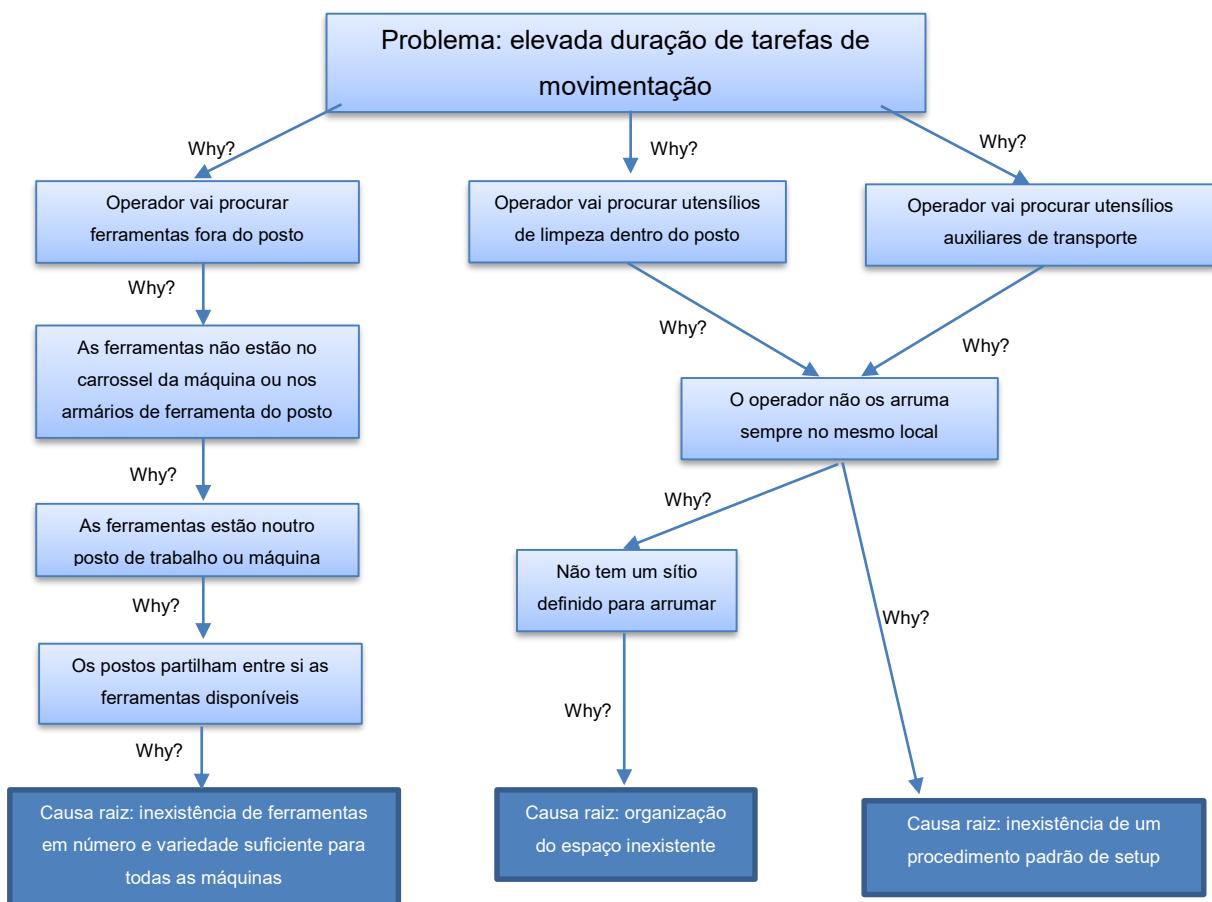


Figura 23 Esquematização da ferramenta 5 Whys para a operação de movimentação

A ferramenta de 5 Whys para a determinação das causas raiz para o problema da elevada duração de tarefas relacionadas com manutenção e preparação de ferramentas está esquematizada na Figura 24. Estas tarefas apresentam uma elevada duração porque o operador necessita de retirar as ferramentas do carrossel da máquina de forma a poder efetuar a medição das ferramentas e voltar a colocá-las quando finaliza a tarefa. Esta tarefa é efetuada fora da máquina pois a mesma não se encontra equipada com a tecnologia necessária para a medição das ferramentas. Além disso, também a colocação de ferramentas de maquinação que não se encontravam na máquina é uma tarefa que representa alguma duração pois não há ferramentas suficientes para equipar todas as máquinas.

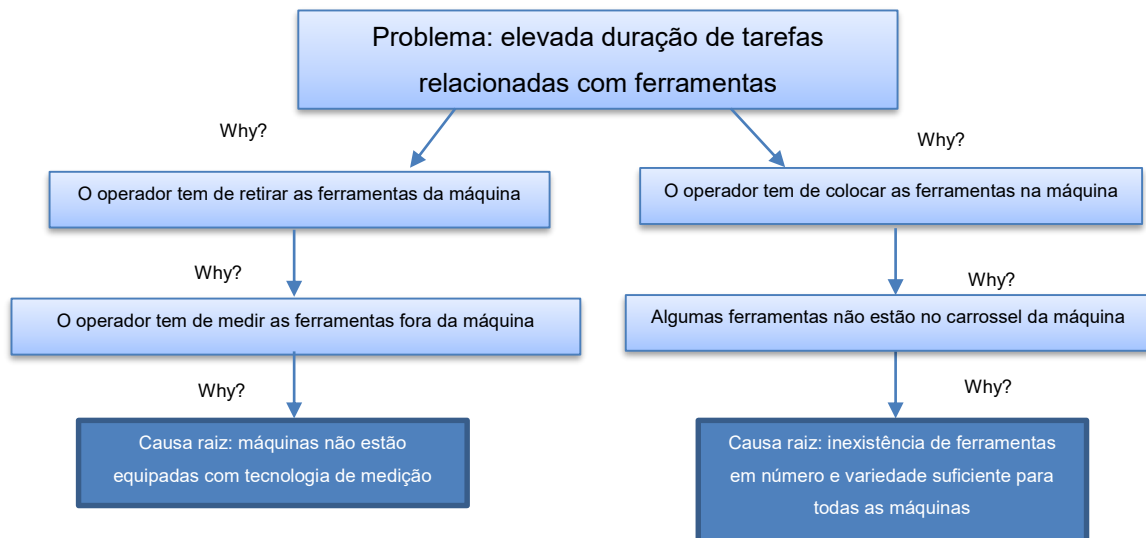


Figura 25 Esquematização da ferramenta 5 Whys para a operação de ferramentas

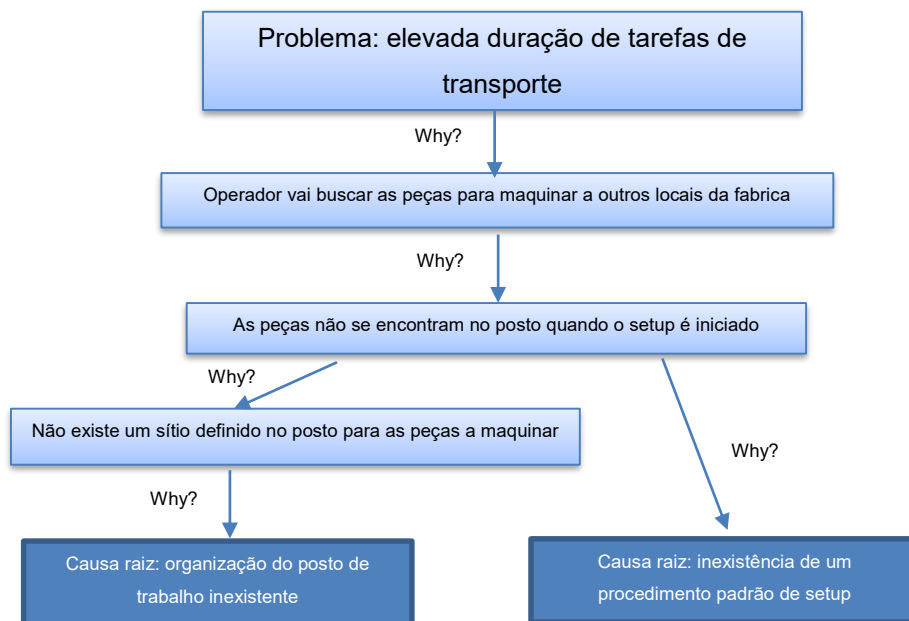


Figura 24 Esquematização da ferramenta 5 Whys para a operação de transporte

A ferramenta de 5 Whys para a determinação das causas raiz para o problema da elevada duração de tarefas relacionadas com o transporte está esquematizada na Figura 25. A elevada duração de tarefas

associadas ao transporte deve-se à necessidade do operador em ir buscar as peças que irá maquinar a outros locais da fábrica. Estas não se encontram junto ao posto devido à inexistência de um local pré-definido para o efeito e o operador ocupa o tempo de setup a ir buscar as peças, ao invés de o fazer com a máquina em funcionamento a maquinar a peça anterior, mostrando a inexistência de um procedimento de *setup*.

A ferramenta de 5 Whys para a determinação das causas raiz para o problema da elevada duração de tarefas de ajuste está esquematizada na Figura 26. À operação de ajuste está associada a necessidade de utilização de um comparador para verificar a posição da peça na mesma magnética. Para isto o operador tem de o montar num cone para colocação na árvore da máquina pois não existem comparadores suficientes para equipar as máquinas para que possa cada uma ter o comparador montado no carrossel o tempo inteiro. Além disso, a tarefa de ajuste é prolongada no tempo devido à demora do operador em montar os dispositivos de fixação da peça, quando esta não é fixada através da mesa magnética. A preparação destes dispositivos requer a experimentação de vários de tamanhos e formatos diferentes pois o operador não efetua o planeamento do tipo de trabalho a executar de forma a saber de antemão quais os dispositivos que vai necessitar.

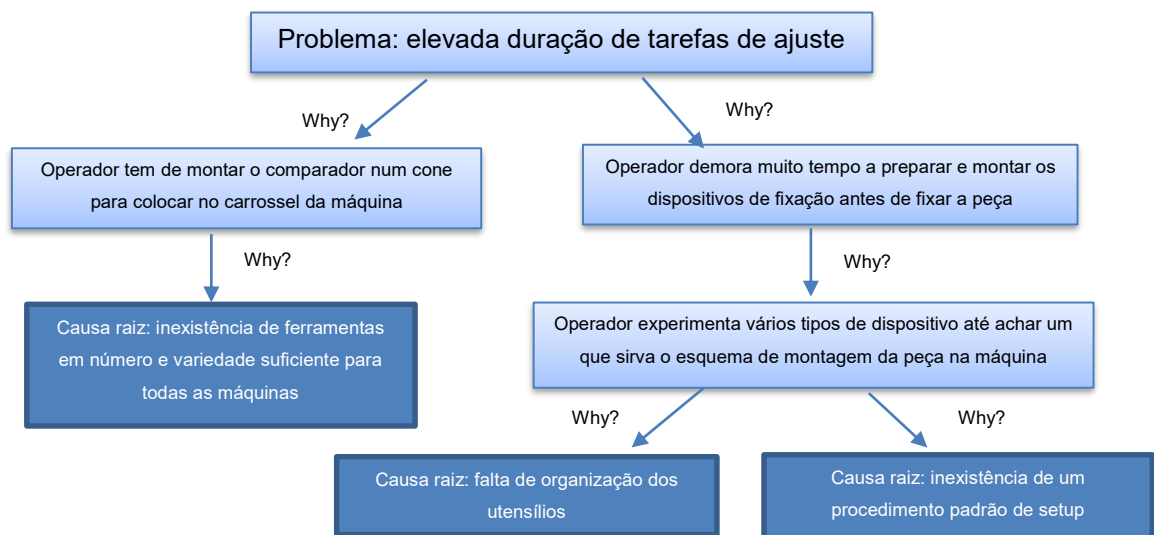


Figura 26 Esquematização da ferramenta 5 Whys para a operação de ajuste

Tal como nas análises anteriores, também a análise aos *setups* não seria possível através dos registos da empresa, uma vez que estes registos não abrangem as ações de *setup*. Esta é uma consequência da inexistência na empresa de uma cultura de melhoria contínua com a implementação de um procedimento de *setup* padrão e de ações de verificação do cumprimento do mesmo. Paralelamente, a excessiva atuação ao nível operativo dos dirigentes da empresa impede-os de adotarem uma atitude vigilante do processo de produção de forma a tomar ações que permitam monitorizar os setups. Esta consequência está prevista como um dos fatores limitantes de uma implementação *lean* no capítulo 2, no que toca ao excessivo envolvimento da gestão de topo no nível operacional desconsiderando o trabalho de gestão.

4.3. OEE

O cálculo do OEE dos equipamentos fabris constitui para um diagnóstico *Lean* uma etapa importante que permite de forma direta identificar qual ou quais dos aspetos associados às máquinas que estão a gerar perdas ao nível do desempenho, qualidade e disponibilidade.

O cálculo do OEE só foi efetuado para os equipamentos CNC, dado que correspondem aos equipamentos essenciais para a execução das obras, tal como verificado na análise ao *lead time*.

O cálculo do valor da disponibilidade tem por base, tal como a do *lead time*, a disponibilidade total da empresa, TDT. O valor do desempenho tem por objetivo relacionar o tempo de maquinação real com o previsto pela secção de programação. Tal como referido no capítulo 3 o cálculo deste tempo de maquinação foi realizado através de cronometragens *in loco* de programas de maquinação e na sua comparação com os tempos previstos. Para a determinação do valor da qualidade foi efetuada uma análise ao número de peças que passa por processos de soldadura para acréscimo de aço que posteriormente servirá para corrigir maquinações que foram além da cota.

4.3.1. Disponibilidade

No gráfico da Figura 27 podem ser verificados os resultados do cálculo da disponibilidade. O valor médio de disponibilidade observado foi de 34%, o que significa que a fábrica apenas aproveita cerca de um terço da capacidade total dos equipamentos ao nível da disponibilidade, estes resultados variam de 24% a 53%, ou seja, há equipamentos com apenas um quarto do aproveitamento e apenas um com um aproveitamento acima dos 50%. Estes resultados mostram que já existe na empresa a prática de utilizar o equipamento nos turnos em que não existe operador que representam cerca de dois terços do TDT, com valores de disponibilidade acima dos 33%.

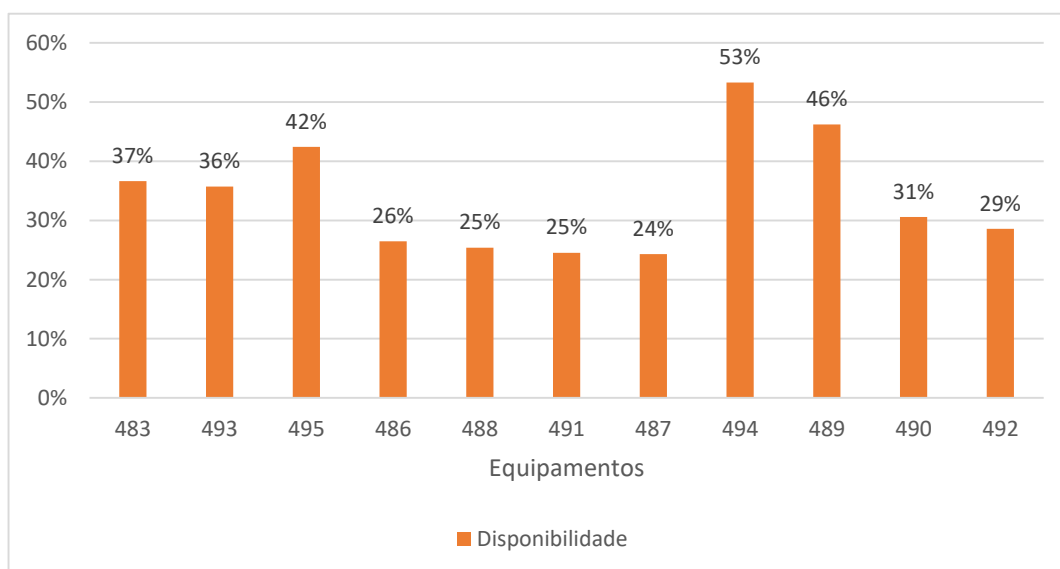


Figura 27 Resultados do parâmetro da disponibilidade

Observando a Figura 28 verifica-se a elevada incidência de tempos em *idle* dos equipamentos, sendo que esta é a componente que mais influência a disponibilidade, resultado que demonstra a ineficiência do planeamento efetuado. Apenas dois dos equipamentos possuem uma taxa de *idle* abaixo dos 50%. Por outro lado, as incidências de esperas de máquina possuem alguma relevância com um valor médio de 6%. A elevada incidência de tempos em *idle* e de esperas nas máquinas deve-se a períodos de inutilização das máquinas, maioritariamente nos períodos em que não se encontram operadores na fábrica, tal como verificado também na análise ao *lead time*. Outro resultado que pode ser retirado da análise do mesmo gráfico é a quase inexistência de ocorrências de manutenção em algumas máquinas uma vez que não há um plano de manutenção periódica para cumprir. Além disso verifica-se a incidência elevada de avarias em máquinas como a 488, 490 e 491.

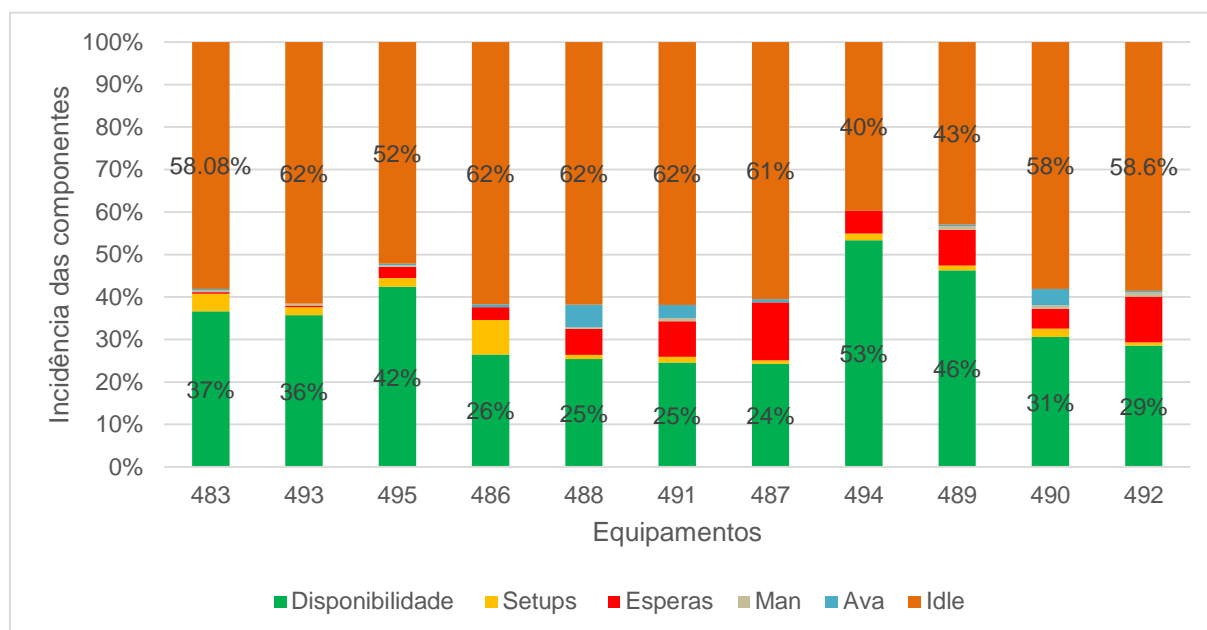


Figura 28 Gráfico com as componentes que compõem a disponibilidade total dos equipamentos

Os baixos de valores de disponibilidade são causados pelo insuficiente aproveitamento do tempo disponível nos turnos sem operador, representados em *idle*. Além disso verifica-se a elevada incidência de tempos em avaria em alguns equipamentos que estão diretamente relacionados com o incumprimento de um plano de manutenção preventiva

4.3.2. Desempenho

Os resultados obtidos para o desempenho dos equipamentos encontram-se no gráfico da Figura 29. Os equipamentos sujeitos a análise apresentam valor de desempenho entre os 46% a 91%. Da análise do gráfico da Figura 29 verifica-se que apenas dois equipamentos apresentam um valor acima dos 80% e cerca de metade com valores abaixo dos 65%.

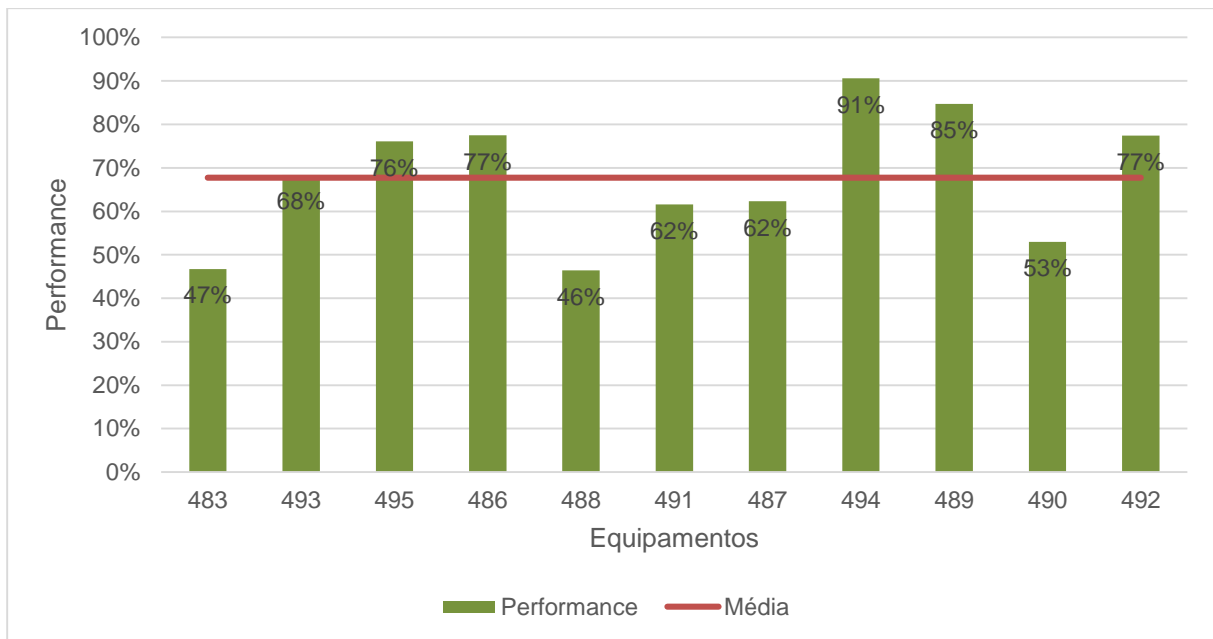


Figura 29 Resultados do parâmetro do desempenho dos equipamentos

A análise em exclusivo dos resultados do desempenho dos equipamentos não é conclusiva na determinação das causas para os baixos valores de desempenho, no entanto, o acompanhamento *in loco* das maquinações permitiu listar um conjunto de razões que os justificam.

A análise às causas das perdas de desempenho está esquematizada na Figura 30, onde foi utilizada a ferramenta dos 5 *Whys*. As perdas de desempenho ocorrem por diminuição das velocidades de maquinação previamente programadas pela secção de programação. Esta diminuição é propositada por parte do operador para evitar a ocorrência defeitos nas peças, devido à existência de folgas e avarias nos equipamentos. A diminuição da velocidade deve-se também à necessidade do operador de dar assistência a múltiplas máquinas em simultâneo e por isso, querendo evitar que a máquina fique em espera, diminui a velocidade de maquinação da mesma. Outro motivo para a diminuição da velocidade prende-se com a incapacidade de alguns dos operadores adotarem um olhar crítico para o comportamento das ferramentas e das peças a fim de perceber se algo está fora do normal durante a maquinação, como a perceção de ruídos e vibrações anormais. Pelos motivos apresentados, conclui-se que as causas raiz do problema da perda de desempenho dos equipamentos se devem ao não cumprimento de um plano de manutenções preventivas, à deficiente gestão de recursos humanos e/ou à insuficiência de recursos humanos e à falta de formação dos operadores em relação ao tipo de equipamentos que operam.

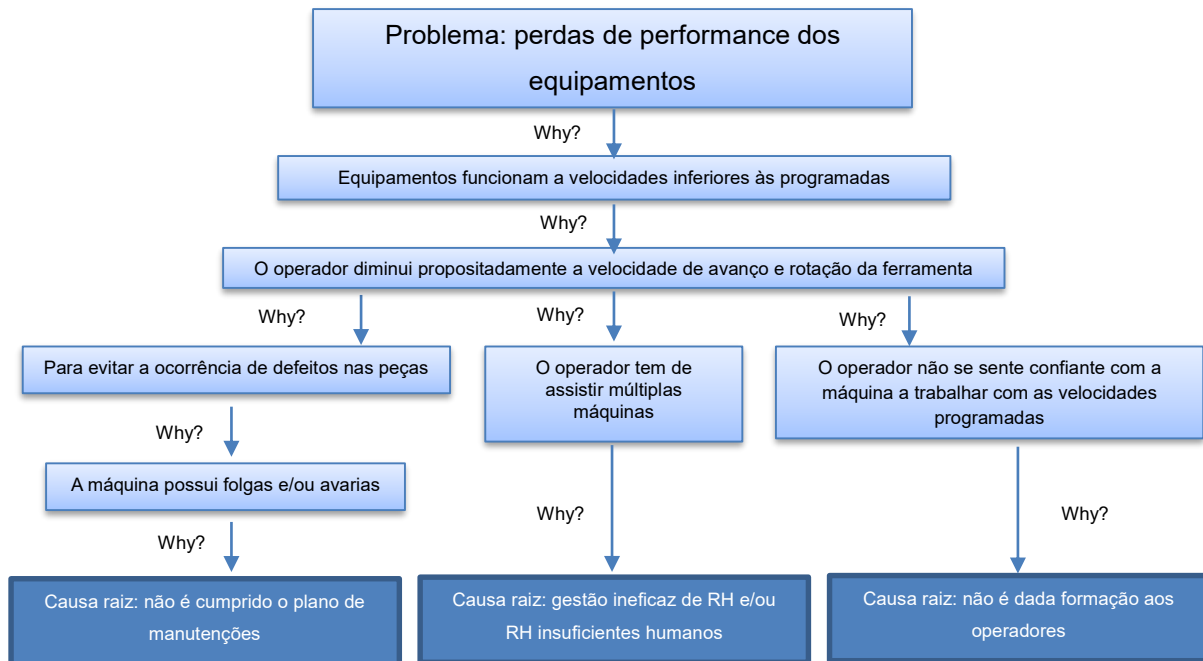


Figura 30 Esquemática da ferramenta de 5 Whys para determinação das causas da perda de performance dos equipamentos

4.3.3. Qualidade

O parâmetro da qualidade foi considerado igual para todos os equipamentos, dada a inexistência de registos que permitissem o cálculo individual para cada um. Dada a natureza das peças produzidas e do tipo de produção da fábrica, o cálculo da qualidade baseou-se no facto de que uma peça que se considere com defeito tenha de ser sujeita a um processo de soldadura de um acrescento de aço na zona defeituosa para que possa ser maquinada novamente. Desta forma, foram pedidos os registos de peças sujeitas a soldadura no ano de 2017, com o valor de 38 peças, e o número total de peças maquinadas no mesmo ano, 1400 peças. O rácio da qualidade toma, portanto, o valor de 97,3%, resultado da equação 1.

$$Qualidade = \frac{N^{\circ} \text{ de peças sujeitas a processos de soldadura num ano}}{N^{\circ} \text{ total de peças produzidas num ano}}$$

Equação 1 Qualidade

O resultado da qualidade dos equipamentos não é um valor muito rigoroso, no entanto, a inexistência de registos detalhados destes processos não permite inferir um valor mais preciso para a qualidade.

Os valores do OEE para cada equipamento considerado, que resultada da multiplicação do valor da disponibilidade, desempenho e qualidade encontram-se no gráfico da Figura 31.

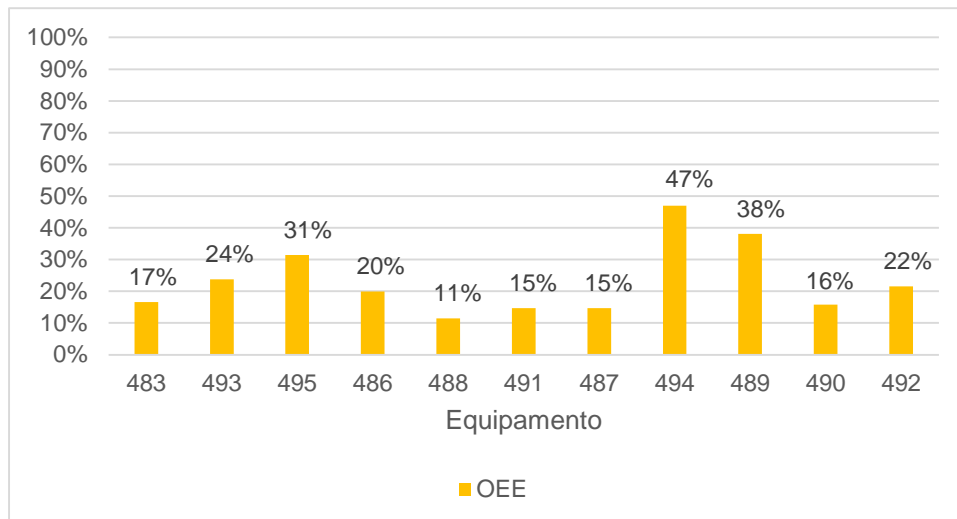


Figura 31 OEE dos equipamentos analisados

Tal como nas análises anteriores, também o cálculo do OEE permite concluir que uma análise aos registos da empresa em exclusivo não seria suficiente para o cálculo do mesmo. Durante o decorrer da análise, foram efetuadas diversas cronometragens de maquinações e comparadas com a previsão da simulação CAM, algo que não teria sido possível sem a observação *in loco* das maquinações. Os registos que a empresa mantinha não cobriam todo o processo produtivo. Esta ausência de registos corresponde com o fator limitante do sucesso de uma implementação *lean* abordado no capítulo 2, nomeadamente no que toca à incapacidade das PMEs de manterem um registo atualizado e rigoroso de aspetos ligados ao processo produtivo.

4.4. Análise ao posto de trabalho

A análise aos equipamentos com cálculo do OEE, mais particularmente do parâmetro da disponibilidade, permite perceber quais as perdas associadas às máquinas e a análise ao *lead time* permite estabelecer uma relação entre o tempo de produção de uma encomenda e o fluxo do processo de produção. Ambas as análises descritas evidenciam um problema bastante relevante no que toca a elevados tempos de espera, quer seja da peça em si ou do próprio equipamento, mas não justificam o que acontece no posto de trabalho para a ocorrência destes tempos de espera. Torna-se importante efetuar uma análise que permita perceber o que acontece durante um turno de trabalho diário em cada posto para assim determinar as causas da elevada taxa de esperas.

O método utilizado para esta análise foi o método das observações instantâneas, permitindo assim determinar quais os estados de cada posto, incidindo a análise sobre o estado da máquina e do próprio operador. Consideraram-se os estados expostos no esquema da Figura 32, sendo que os resultados da análise por observações instantâneas se encontram no gráfico da Figura 33. A tabela detalhada com os valores de cada estado organizada por máquina pode ser consultada no Anexo C.

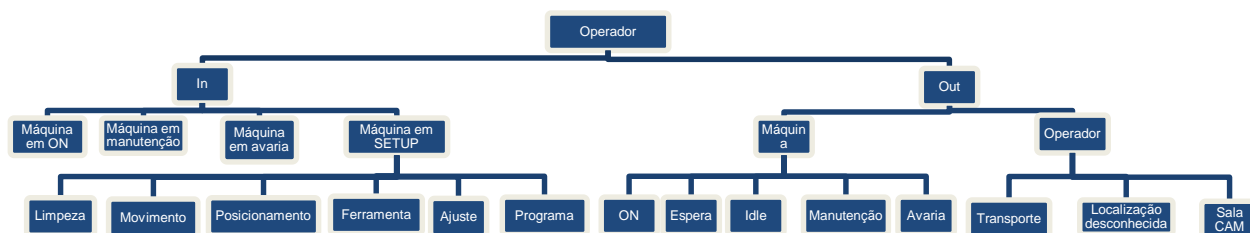


Figura 32 Estados considerados nas observações efetuadas

De salientar que os resultados expressos no gráfico da Figura 33 não têm em consideração a presença do operador no momento da observação, mas apenas do estado equipamento, sendo que são obtidos com o somatório dos estados correspondentes, com e sem operador, segundo o diagrama da Figura 32

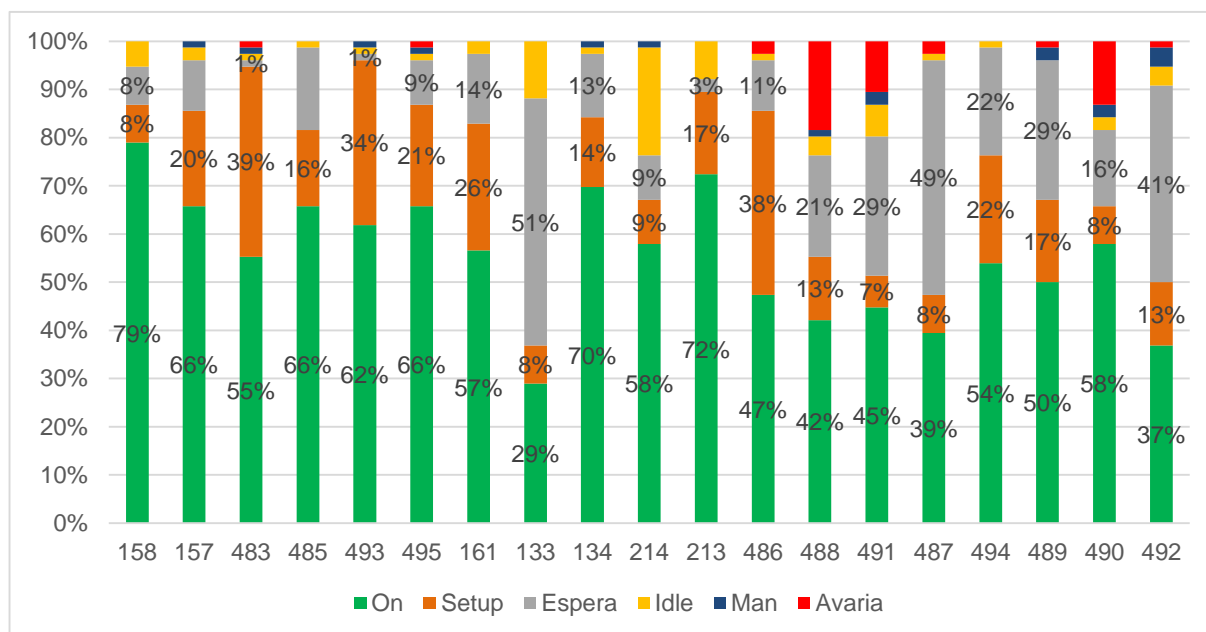


Figura 33 Observações instantâneas – estado geral dos equipamentos

Os resultados mostram que as ações de *setup* têm grande relevância no turno diurno, com uma média de 18% de momentos registados. Por outro lado, verifica-se uma baixa incidência, em alguns casos mesmo inexistente, de momentos de manutenção dos equipamentos assumindo um valor médio de 1%. Este seria um valor bastante aceitável, caso as ações de manutenção fossem realizadas fora do período de funcionamento normal da empresa, no entanto isso não se verifica. Associado a este resultado, verifica-se uma alta incidência de momentos em avaria em alguns equipamentos, como o caso dos equipamentos 488, 490 e 491 tal como já verificado no subcapítulo 4.3.1. No que toca ao estado de equipamento em espera, destaca-se o caso do 133, com uma incidência superior a 50%. Este equipamento é uma mandriladora convencional e o operador assignado para este posto é também responsável pelo equipamento 495, um centro de maquinação CNC. Comparando com o caso do

equipamento 483 e 493, equipamentos cujos operadores têm apenas um equipamento do qual são responsáveis, a incidência de esperas nesses equipamentos é de apenas 1,32%.

Uma análise semelhante feita aos operadores mostra que estes se encontram ausentes do posto de trabalho em média cerca de 49% das vezes em que são observados.

Uma das causas associadas à perda de desempenho dos equipamentos evidenciada na análise do OEE do subcapítulo anterior refere a ineficaz gestão de recursos humanos ou mesmo a insuficiência dos mesmos. Esta causa é responsável pela ausência de operadores nos postos de trabalho. Por este motivo é de interesse determinar o estado dos equipamentos quando os operadores não se encontram no posto. Os resultados desta análise estão expostos na Figura 34, representando o estado dos equipamentos na ausência de operador.

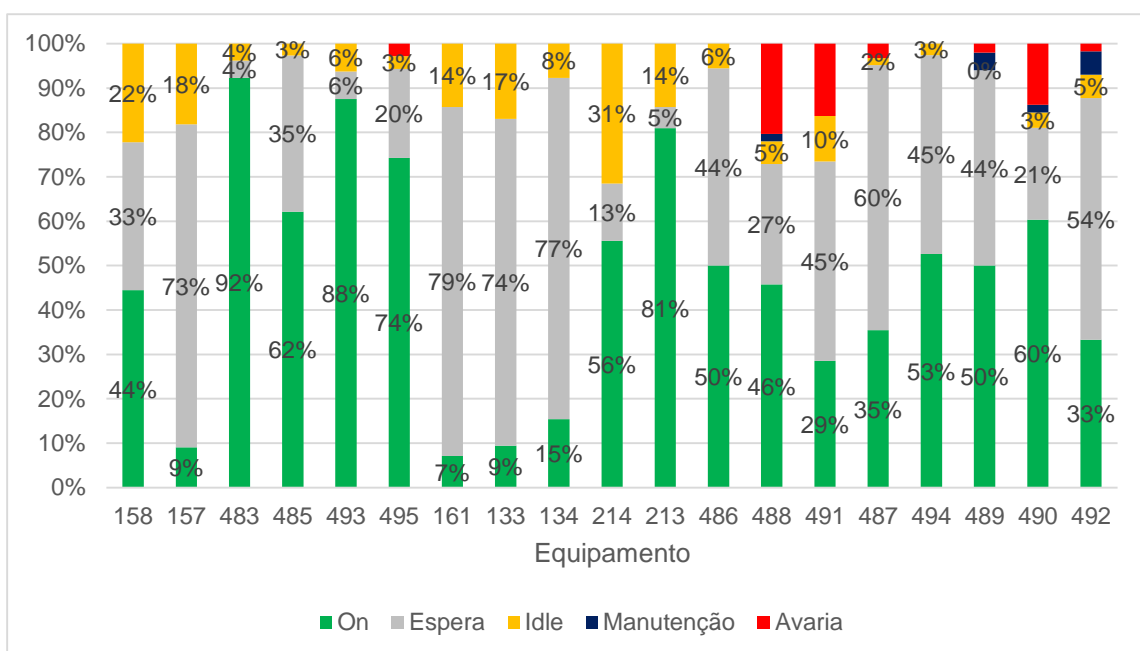


Figura 34 Observações instantâneas – estados dos equipamentos com o operador ausente

Dos resultados expressos no gráfico da Figura 34 pode verificar-se que no caso dos equipamentos convencionais (133, 134, 157, 158) a incidência do estado de espera é elevada, com uma média de 64% de ocorrências. No entanto, para alguns dos equipamentos CNC esta taxa é igualmente elevada, resultado que corrobora a causa raiz determinada de insuficiência e/ou má gestão de recursos humanos associada às perdas de desempenho do subcapítulo 4.3.2. Para o caso do estado de máquina em *Idle* obteve-se um resultado médio de 9% com um intervalo de variação de 0% a 31%.

Uma vez analisados os resultados dos estados dos equipamentos na ausência de operador no posto de trabalho, verifica-se que a incidência de esperas é elevada bem como a incidência de equipamentos no estado *Idle*, ou seja, sem peça na mesa. Por este motivo é de interesse para o diagnóstico perceber quais as tarefas que os operadores efetuam quando estão fora do posto de trabalho. Segundo o diagrama da Figura 32 os estados considerados para o operador no caso de estar ausente do posto

são: a efetuar o transporte de peças, na sala CAM ou localização desconhecida. Os resultados desta análise podem ser consultados na

Tabela 10. Os resultados mostram que a incidência de observações de operadores na sala de CAM (sala onde se encontram os programadores) é nula em quase todos os equipamentos. A incidência de operadores em operações de transporte é baixa, com uma média de 12%. Pelo contrário, a incidência de observações em que se desconhece a localização do operador é bastante elevada, com uma média de 86% das observações. Este resultado reforça a conclusão retirada através da análise aos *setups* de que não existe a preparação prévia das ações de *setup* enquanto os equipamentos se encontram em funcionamento.

	Transporte	Localização desconhecida	Sala CAM
136	0%	100%	0%
158	61%	39%	0%
157	27%	73%	0%
483	15%	81%	4%
485	3%	97%	0%
493	6%	75%	19%
495	3%	91%	6%
161	21%	71%	7%
133	0%	100%	0%
134	15%	85%	0%
214	13%	87%	0%
213	5%	95%	0%
486	6%	94%	0%
488	3%	95%	2%
491	2%	98%	0%
487	5%	95%	0%
494	5%	92%	3%
489	0%	100%	0%
490	2%	98%	0%
492	2%	96%	2%
Média	12%	86%	2%

Tabela 10 Observações instantâneas - estados dos operadores quando ausentes do posto

A análise por observações instantâneas permite concluir que a ineficiente gestão de recursos humanos e/ou a sua insuficiência tem implicações diretas no aproveitamento dos equipamentos. Verifica-se que a ausência de operadores nos postos de trabalho com equipamentos CNC provoca esperas dos mesmos, ao contrário do que seria expectável. Além disso, esta análise permite ainda relacionar a elevada taxa de avaria de alguns equipamentos com a inexistência de observações de equipamentos em manutenção.

4.5. Análise das causas raiz aos problemas identificados no diagnóstico

Durante o período do diagnóstico foram encontradas um conjunto de causas raiz associadas aos problemas identificados através de cada análise realizada.

A análise aos problemas revelou que há causas raiz que são comuns a vários problemas identificados nas análises efetuadas. A elevada incidência de esperas das peças, no que toca ao *lead time* e das máquinas no que toca à sua disponibilidade tem como causas comuns o planeamento realizado, tanto a nível de ações de manutenção preventiva como da prioridade dada às obras que estão em maquinação. Por outro lado, as esperas são também provocadas pela má gestão e/ou insuficiência de recursos humanos, causa responsável também pelos baixos valores de disponibilidade e desempenho registados no cálculo do OEE. Outra causa raiz identificada foi o não cumprimento de um plano de manutenções preventivas, resultando num elevado índice de avarias e esperas de máquina, contribuindo também para baixar os indicadores de disponibilidade e desempenho do OEE. Outra causa que contribui para baixar o parâmetro do desempenho é a falta de formação que é dada aos operadores. No que diz respeito às ações de *setup*, foi identificada uma causa raiz comum a todos os problemas que corresponde à inexistência de um procedimento de *setup* padronizado. Este facto contribui largamente para fazer aumentar os tempos de *setup*, sendo estes também fortemente influenciados pela falta de organização dos postos de trabalho, ao nível de utensílios (de limpeza, ajuste, transporte) e ferramentas, e do próprio chão de fábrica ao nível do *layout*.

5. Plano de implementação e soluções

Tal como verificado na revisão bibliográfica, uma implementação *Lean* deve ser precedida por um processo de diagnóstico que audite o estado do sistema produtivo da empresa. Depois deste processo de auditoria torna-se possível a definição de uma estratégia de implementação que contemple todas as ações a implementar e o mapeamento das mesmas através de um plano de implementação onde se possa definir no tempo todas as etapas do processo.

Depois da realização do diagnóstico *Lean* ao sistema produtivo do caso de estudo apresentado no capítulo anterior foi definido um plano de implementação e propostas um conjunto de soluções *Lean*. Este capítulo inicia com a descrição do plano de implementação definido para a empresa do caso de estudo sendo posteriormente apresentadas as soluções *lean* para resolução de algumas das causas raiz identificadas durante o diagnóstico. Associado a estas soluções foi feita uma previsão do impacto esperado com a sua implementação.

5.1. Plano de implementação

O plano de implementação definido para a empresa do caso de estudo consiste na adaptação do plano estratégico "*Lean Staircase*" proposto por Hu, Mason et al. [2] descrito em pormenor no subcapítulo 2.4. O plano proposto por estes investigadores é iniciado por uma fase de investimento [2], no entanto, esta é uma fase que contempla decisões ao nível da visão estratégica da empresa e portanto não contemplado no plano proposto nesta dissertação. São, no entanto, passos que a empresa deve dar no sentido de garantir o foco em objetivos definidos.

Nas etapas 1 a 5 da primeira fase, é necessário que a empresa do caso de estudo reveja a sua estrutura organizacional, garantindo uma clara divisão de responsabilidades entre os gestores de topo e o responsável de produção. Numa implementação *Lean* pode ser necessário também algum investimento, sendo então necessário que a empresa procure, caso necessite, de novas fontes de capital que sustentem o investimento necessário, tal como sugere a etapa 3 da primeira fase do "*Lean Staircase*". Além disso, é importante que a gestão de topo consiga difundir nos colaboradores a cultura *Lean* e os novos objetivos da organização, englobando todas os níveis da estrutura organizacional no projeto de implementação [2]. O plano estratégico "*Lean Staircase*" propõe que a sexta etapa do processo seja uma etapa de auditoria do sistema produtivo, etapa esta já realizada e apresentada nesta dissertação e cujos resultados permitem definir um plano de ação que vise a melhoria do sistema de produção descrito.

O plano proposto contempla um período de doze meses, divididos em três fases e corresponde à adaptação da última etapa da primeira fase e à primeira e segunda da segunda fase do plano estratégico "*Lean Staircase*". A definição deste plano teve em consideração uma das limitações evidenciadas na pesquisa bibliográfica no que toca à excessiva carga de trabalho associada às PMEs

[13]. Esta foi uma limitação evidenciada durante a fase de diagnóstico, identificada como a gestão ineficaz de recursos humanos ou até mesmo a insuficiência de recursos humanos na área de produção da empresa. Por este motivo, a implementação foi estendida no tempo de forma a minimizar a carga de trabalho atribuída aos operadores. Pretendeu-se desta forma garantir que os colaboradores se mantenham motivados e empenhados na mudança, minimizando o risco de insucesso da implementação caso a mesma fosse realizada num curto espaço de tempo [13]. Desta forma é garantida a participação ativa de todos os colaboradores em todas as fases do processo, permitindo o desenvolvimento de novas competências dos colaboradores e mantendo a sua motivação ao longo do processo, fator de sucesso numa implementação *Lean* [14]. O plano proposto pressupõe ainda que haja uma determinação por parte da gestão de topo em acompanhar, apoiar e sustentar a mudança, sendo este outro fator de sucesso na implementação [2]. Ao contrário do verificado durante a fase de diagnóstico, pretende-se que durante a implementação os elementos da gestão de topo adotem uma postura de controlo e gestão da implementação, delegando nos operadores a responsabilidade de implementar as técnicas pretendidas.

O plano de implementação proposto está esquematizado na Figura 35.

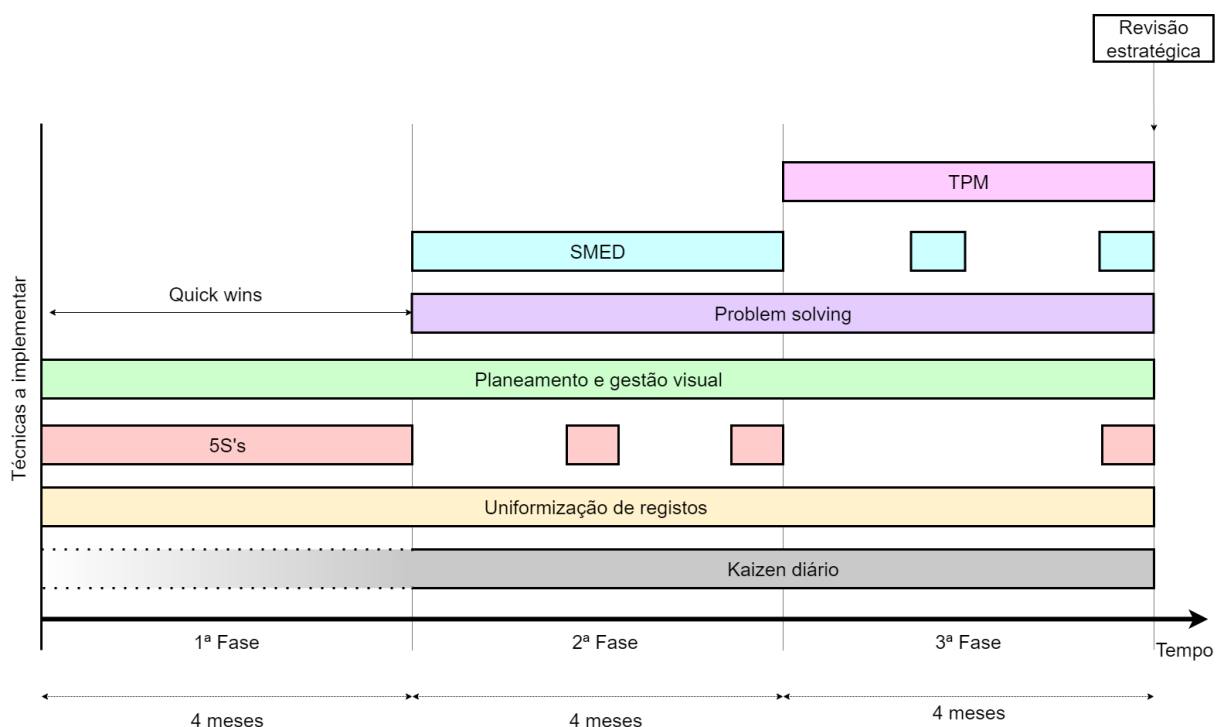


Figura 35 Plano de implementação proposto

A primeira fase do plano contempla a implementação progressiva de reuniões *kaizen* diárias. Estas reuniões têm por objetivo fazer a ponte entre o trabalho realizado e o trabalho por realizar, no entanto, durante a primeira fase não é expectável que hajam dados fidedignos que permitam a sua discussão, razão pela qual esta solução apenas arranca formalmente no início da segunda fase do plano. Pretende-se que nestas reuniões estejam presentes todos os colaboradores e que a cada um seja distribuído o trabalho que é necessário realizar, seja na secção de produção ou na programação. Além dos *kaizen* diários podem surgir assuntos esporádicos que necessitam de resolução. Para isso devem

ser realizados *kaizen events* cujo objetivo é a discussão de determinado problema com o objetivo de determinar uma solução para o mesmo. A realização dos *kaizen* diários pressupõe a definição de um espaço onde as mesmas possam decorrer durante cerca de 7 a 10 minutos e em pé. Paralelamente à implementação das reuniões *kaizen* diárias é proposto que sejam implementadas ações de planeamento e gestão visual. Esta tarefa é da competência do responsável pela produção, elemento que deve ter uma visão global da situação diária de produção e a exponha de forma visual à secção de produção. A distribuição de trabalho deve ser feita uniformemente por toda a secção de produção e programação de forma a garantir o nivelamento da carga de trabalho por todos os colaboradores. No subcapítulo 5.2.2 é proposta uma solução *Lean* para auxiliar a realização do planeamento e torná-lo mais eficiente. Também durante a primeira fase da implementação propõe-se que seja feita uma uniformização dos registos no software de produção. Esta uniformização pressupõe que os recursos do software de gestão de produção implementado na empresa sejam explorados e caso necessário seja solicitado à empresa que comercializa o software que realize *workshops* para que os colaboradores possam ser mais expeditos, rigorosos e claros nos registos que efetuam durante o processo de produção. A uniformização de registos pressupõe também a definição de procedimentos padrão para a sua realização, garantindo o rigor dos mesmos. Estes procedimentos devem ser discutidos e analisados em *kaizen events* com os colaboradores para validação dos mesmos. Durante estes *kaizen events* deve também ser avaliada a necessidade de uma solução de recolha automática de registos, libertando os operadores para estarem disponíveis em tarefas mais ligadas à produção e assistência dos equipamentos de produção. Além disso, nos *kaizen events* devem ser definidos indicadores que permitam avaliar a qualidade dos registos, atestando a sua coerência com a realidade, como, por exemplo, o tempo de *setup* e a disponibilidade diária dos equipamentos. A última técnica proposta durante a primeira fase do plano proposto consiste na implementação de 5S nos postos de trabalho. No final da primeira fase os colaboradores da empresa em conjunto com o responsável de produção devem ser capazes e estar na posse de todos os elementos necessários à realização *kaizen* diários. Nesta primeira fase é exetável que surjam resultados que derivam da implementação destas soluções, os *quick wins*. Estes resultados representam um fator motivador para a implementação no seio dos colaboradores.

A segunda fase do plano proposto inicia com a implementação da metodologia SMED. Esta solução de melhoria é abordada em pormenor no subcapítulo 5.2.1. Ainda durante a segunda fase é proposto que arranque oficialmente a realização de reuniões *kaizen* diárias, a uniformização de registos dando também continuidade à realização do planeamento através do método proposto nas soluções desta dissertação. Em relação aos 5S, propõe-se ainda que sejam feitas auditorias periódicas que garantam a sustentabilidade desta técnica implementada na primeira fase.

A terceira e última fase do plano proposto propõe a realização de auditorias periódicas às técnicas implementadas anteriormente, 5S e SMED. Além disso, sugere-se que, tal como durante a segunda fase, seja dada continuidade às restantes técnicas implementadas na primeira fase do plano. A terceira fase diferencia da segunda com a implementação das técnicas TPM – *Total Productive Maintenance* - e técnicas de *problema solving* como o A3 ou o 8D. Esta fase é muito importante para a gestão de topo

da empresa, uma vez que contempla técnicas cuja implementação requer conhecimento profundo destas áreas, nomeadamente na área da manutenção [11]. O TPM tem por objetivo garantir o funcionamento ininterrupto e eficiente dos equipamentos operativos através do envolvimento dos operadores na realização da manutenção, para isso é necessário a criação de standards visuais e que seja dada formação aos operadores na área da manutenção. A implementação do TPM permite melhorias ao nível da produtividade, disponibilidade de equipamentos (aspeto preponderante no OEE dos equipamentos), qualidade e segurança [24]. A terceira fase propõe ainda que os colaboradores e gestão de topo sejam dotados de técnicas de *problem solving* que garantam a sua capacidade de identificar problemas, determinar as suas causas raiz e propor soluções para os mesmos, adotando uma filosofia de melhoria contínua.

A implementação deste plano de melhoria tem como impactos previstos a diminuição de tempos de *setup* através da metodologia SMED e diminuição do *lead time* de peças com a intervenção ao nível do planeamento, fazendo aumentar o rácio VA/SVA com a diminuição dos tempos de espera das peças. Ainda sobre o planeamento, este permitirá um melhor aproveitamento do tempo dos operadores durante os turnos. O plano proposto prevê ainda o aumento dos OEE dos equipamentos, resultado que deriva simultaneamente da atuação do planeamento e do TPM, aumentando a disponibilidade dos equipamentos como resultado do planeamento e aumentando o desempenho como resultado do TPM. Ao nível da cultura organizacional o plano prevê ainda que haja uma disseminação de uma filosofia de melhoria contínua ao longo de toda a implementação, dotando os operadores do conhecimento e ferramentas necessárias à resolução de problemas de forma mais expedita e na melhoria dos procedimentos implementados. Esta disseminação é fundamental para o sucesso de uma implementação *Lean* [9], onde os 5S e o *kaizen* diário tomam um papel importante pois permitem aos operadores adotarem uma atitude participativa nas questões relacionadas com a implementação *Lean*.

5.2. Soluções propostas

O plano de implementação proposto por esta dissertação apresentado anteriormente sugere a implementação de técnicas *Lean* ao longo de doze meses de forma a minimizar e/ou erradicar algumas das causas dos problemas identificados ao longo da fase de diagnóstico.

Algumas das soluções propostas no plano de implementação não requerem mão de obra qualificada para a implementação podendo ser aplicadas pela empresa com os seus recursos tecnológicos e humanos disponíveis. São eles: os 5S, a uniformização de registos, o *kaizen* diário e as técnicas de *problem solving*. No caso do TPM, este deve ser definido em conjunto com as empresas fornecedoras do equipamento, no entanto, o conceito de *self-maintenance* deve ser adotado pelos operadores para as ações de manutenção diárias que decorrem da normal utilização dos equipamentos. Para auxiliar a implementação destas soluções são feitas algumas sugestões apresentadas de seguida. As restantes – SMED e o apoio ao planeamento – são abordadas em pormenor no decorrer dos subcapítulos seguintes, sendo definidos para o SMED os procedimentos a seguir pelos operadores e para o

planeamento um conjunto de *guidelines* que permitam tornar mais eficiente o planeamento efetuado pelo responsável de produção. Para estas duas soluções foi ainda realizado um estudo que prevê de impacto da sua implementação. Estas duas soluções, SMED e o apoio ao planeamento, são abordadas em pormenor uma vez que o seu impacto a curto prazo revela-se muito grande e capaz de minorar o impacto dos problemas com maior relevância identificados durante o diagnóstico, além disso a empresa do caso de estudo manifestou interesse na implementação imediata destas duas soluções.

5S

Esta técnica permite a melhoria na produtividade, diminuição de custos operativos, diminuição de constrições de espaço [24] e está representada esquematicamente na Figura 36.

A implementação de 5S requer que a empresa realize em primeira instância um inventário exaustivo a ferramentas e utensílios que tem disponíveis e reter os que são necessários. Numa fase inicial este inventário poderá levar algum tempo a realizar, no entanto é expectável que com o decorrer da implementação esta tarefa se torne mais célere uma vez que o resultado desta técnica pressupõe uma maior organização do espaço e das zonas de arrumação de ferramentas e utensílios. Após feito o inventário é necessário que o mesmo seja etiquetado bem como as zonas onde serão arrumadas as ferramentas e utensílios para que sejam de fácil e rápido acesso. A etapa seguinte é a etapa da limpeza, garantindo que os postos de trabalho são deixados limpos e arrumados durante e no final de cada turno. O quarto passo dos 5S baseia-se na padronização dos postos, de forma a homogeneizar a atuação dos operadores.



Figura 36 Esquema 5S [24]

A última etapa dos 5S consiste na conservação dos resultados obtidos inicialmente com a implementação desta técnica que deve ser garantida com auditorias periódicas que afirmam o estado de arrumação, limpeza e organização dos postos de trabalho com realização de novos inventários. A implementação desta técnica deve ser abordada em duas frentes distintas, os postos de trabalho e o restante chão de fábrica. Em relação aos postos de trabalho devem ser definidos um conjunto de utensílios essenciais e indispensáveis ao posto e publicada uma lista que deve ser distribuída a todos os operadores, de forma a garantir que não há necessidade da partilha de utensílios e ferramentas

entre postos. Se necessário, a empresa deve proceder à aquisição do material em falta. Esta parte do processo requer a existência de capital que financie o investimento necessário, e é nesta altura que a etapa 3 da primeira fase do “*Lean Staircase*” toma especial relevância [2]. A definição desta lista pode ser feita no decorrer de *kaizen events* destinados a este fim. Estes *kaizen events* podem ser realizados também periodicamente para que haja uma revisão contínua desta lista, permitindo aos operadores terem acesso de forma rápida ao material que necessitam para efetuar o seu trabalho minimizando dois dos sete *MUDA*, o da movimentação e o das esperas [27]. A aplicação de 5S nos postos deve ser responsabilidade dos operadores que lhes estão atribuídos. Em relação ao chão de fábrica sugere-se a criação de uma equipa de operadores que tenha a responsabilidade de implementar a medida fora dos postos de trabalho, considerando possíveis marcações no chão da posição de equipamentos auxiliares de transporte, aplicação de 5S de armários de arrumação comuns aos postos e definição de buffers para peças em espera.

Uniformização de procedimentos de registo

A uniformização de procedimentos de registo pressupõe a implementação de um procedimento padrão para a realização dos registos de produção que os operadores efetuam. Esta uniformização permitirá que, após a sua implementação e estabilização da produção, seja possível retirar dados estatísticos rigorosos e fidedignos de forma direta a partir do software de gestão de produção. A uniformização de procedimentos de registo deve ser acompanhada por todos os operadores e avaliada periodicamente com indicadores de robustez. Para isso é necessário a realização de ações *go to gamba* que permitam comparar a coerência dos registos efetuados com a realidade da produção.

A uniformização de registos requererá que os operadores recebam formação para utilização do software de gestão da produção para que sejam adotadas por todos um procedimento único para efetuar os registos no software. Estes registos devem contemplar pelo menos os registos mais típicos como: início e fim de maquinação, início e fim de *setup*, avarias e manutenções periódicas. Numa primeira fase desta implementação os operadores devem recorrer aos terminais disponíveis, 3 para toda a zona de produção. No entanto, a empresa deve considerar a aquisição de um terminal para cada posto de trabalho tornando a realização dos registos uma tarefa mais expedita e sobretudo que não obrigue o operador a abandonar o posto para efetuar os registos. No futuro a empresa poderá ainda considerar a implementação de registos automáticos. A compra de terminais ou a realização de registos de forma automática são opções que requerem investimento, evidenciando mais uma vez a importância da primeira fase do plano estratégico “*Lean Staircase*” [2].

Kaizen

As reuniões *kaizen* permitem a exposição à secção de produção e programação de informações diárias relativas ao planeamento, ações de manutenção e progresso da implementação *lean*, bem como outros que sejam relevantes para a atuação dos colaboradores destas duas secções. Durante a realização

das mesmas podem ainda ser realizados tutoriais sobre a implementação das técnicas *Lean* propostas, como os 5S, as ações de *self-maintenance* e a realização dos registos.

Nestas reuniões é importante a exposição visual destas informações para um acompanhamento mais fácil das mesmas pelos operadores. A definição de KPIs torna a exposição e compreensão dos resultados da secção de produção mais fácil e interessante para os operadores. Além disso, a definição de KPIs permite monitorizar a produção possibilitando o diagnóstico precoce de problemas através das alterações dos valores dos mesmos, que devem englobar os seguintes aspetos: progresso real vs progresso estimado das peças (relativamente ao planeamento efetuado), tempo de *setups*, disponibilidade de máquinas, desempenho de máquinas (comparação dos tempos estimados de maquinação com os reais) e *lead time* das peças.

A realização de *kaizen events* é uma boa estratégia para a realização de ações de *problem solving*. Estas ações devem ser realizadas sempre que os KPIs definidos apresentarem evidências da existência de problemas na secção de produção ou da perceção de outros que não sejam abrangidos pelos KPIs.

TPM

No caso do *TPM* sugere-se a definição de um plano de manutenção periódico. Este plano deve ser definido em conjunto com as empresas que fornecem os equipamentos para ações mais técnicas que requerem a intervenção de técnicos de manutenção especializados. No entanto, parte deste plano pode ser realizado em conjunto com os operadores, instituindo o conceito de *self-maintenance* como já referido. As ações contempladas neste tipo de manutenções realizadas pelos próprios operadores devem ser definidas em *kaizen events* e auditadas nos *kaizen* diários. Sugere-se que façam parte deste conjunto de ações: a limpeza geral dos equipamentos, verificação de níveis do sistema hidráulico e sistema de refrigeração de ferramentas, substituição de barris de limalha por barris vazios, entre outros. A atuação autónoma e a resolução rápida de problemas por parte dos operadores ao nível da manutenção garante o alinhamento de competências dos operadores da secção de produção.

Após a aplicação do *TPM* sugere-se ainda a realização de um estudo de viabilidade de manter alguns dos equipamentos de produção.

5.2.1. Setups

A implementação e padronização de um procedimento de *setup* tem por principal objetivo a diminuição do tempo de máquina parada para troca de peça. No caso da empresa alvo deste estudo os setups podem ser considerados como de longa duração e idênticos entre si, na medida em que as tarefas a executar são as mesmas e de duração longa para se poder maquinar uma peça [22,23]. Por este motivo é recomendável a definição de um procedimento standard que o operador possa seguir, além disso, a pouca variação dos procedimentos de *setup* justifica por vezes a automatização de algumas tarefas

específicas [22]. Um exemplo prático desta automatização relacionado com o caso de estudo é a medição de ferramentas de maquinação, atualmente realizada num equipamento externo às máquinas pode ser realizada pela própria máquina mediante a instalação de equipamento específico nas CNC.

A definição de um procedimento padrão para realização de ações de *setup* resultou de um estudo SMED realizado aos *setups* analisados durante o período de diagnóstico. O SMED consiste numa metodologia que categoriza as tarefas efetuadas durante um *setup* como externas ou internas. A externalização permitiu definir um procedimento que englobasse tarefas que devem ser realizadas pelo operador com a máquina em funcionamento, garantindo que o tempo em que a máquina se encontra parada seja preenchido apenas com tarefas que necessitem realmente que a máquina não esteja em maquinação. A implementação de 5S descrita no ponto anterior permite a diminuição de tempo de *setup* também, na medida em que a organização e padronização dos postos de trabalho diminui os tempos associados à movimentação do operador, tendo em conta a categorização SID. O procedimento definido deverá ser exposto e discutido com os colaboradores em *kaizen events* e colocado em prática para poder ser validado.

A metodologia SMED distingue-se em quatro etapas – etapa preliminar, etapa 1, etapa 2 e etapa 3 – descritas na Tabela 11.

Etapas SMED	Ações realizadas em cada etapa
Etapa preliminar	Compreensão e caracterização do procedimento atual de <i>setup</i> através da sua observação e quantificação das suas operações elementares, com recurso a cronometragens
Etapa 1	Classificação das tarefas internas e externas com sequenciamento de operações que facilite a separação das tarefas nas duas categorias
Etapa 2	Transformação de operações classificadas com internas de modo a que possam ser efetuadas com a máquina em funcionamento e tomarem nova categorização como externas
Etapa 3	Melhoria contínua de cada operação, seja ela interna ou externa, tendo como base de diagnóstico a monitorização frequente do <i>setup</i>

Tabela 11 Etapas SMED e respetivas ações [23,25]

Alternativamente, o SMED pode ser representado esquematicamente, como expresso na Figura 37.

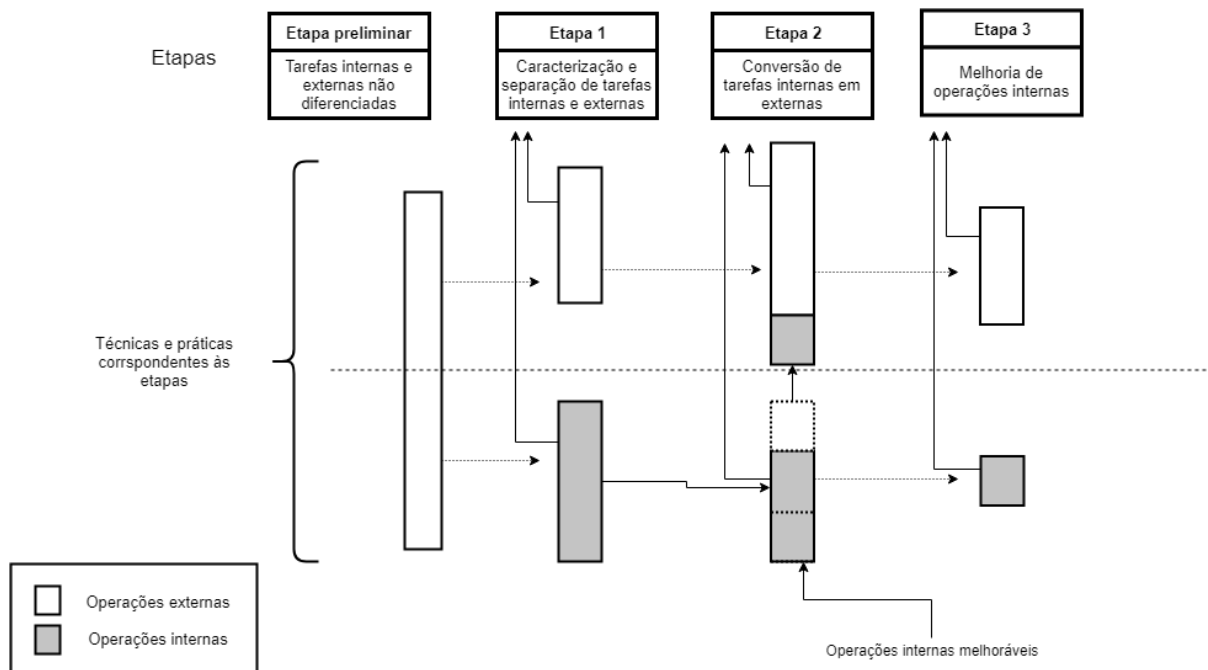


Figura 37 Representação esquemática da metodologia SMED [25,26]

A análise SID realizada aos *setups* apresentados no capítulo do diagnóstico permitiu separar o tempo total de maquinação em três parciais, um parcial que representa o somatório dos tempos de tarefas externas, um parcial para o somatório das tarefas internas e um parcial para tarefas internas cujo tempo pode ser reduzido com a implementação de um procedimento prévio de preparação de *setup*. Consideraram-se tarefas melhoráveis aquelas que se apresentaram de longa duração derivado da não preparação do *setup*, como a colocação de dispositivos de fixação por tentativa e erro, a verificação dos programas de maquinação durante o *setup*, a alteração de segmentos dos programas de maquinação na máquina, a colocação do instrumento “comparador” no carrossel da máquina e a repetição do desempenho da peça por se ter verificado que tinha ficado mal feito no final do *setup*.

Os resultados desta análise para os equipamentos CNC estão expostos na Figura 38 e para os equipamentos convencionais na Figura 39. Os resultados detalhados por máquina podem ser consultados no Anexo E.

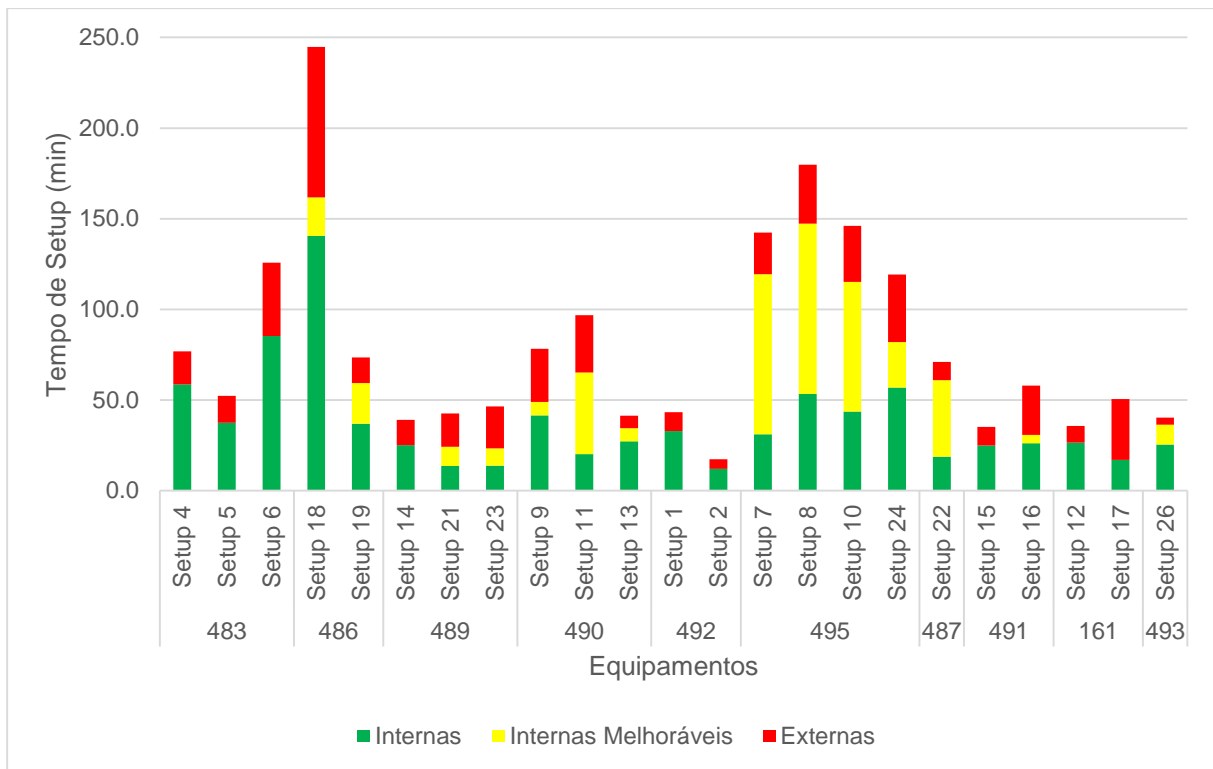


Figura 38 Resultados da categorização de tarefas pelo SMED aos equipamentos CNC

Os resultados da categorização das tarefas em externas, melhoráveis e internas mostram que em média as tarefas internas representam 51% do tempo de *setup*, as tarefas externas uma média de 28% e as tarefas cujo tempo pode ser melhorado cerca de 21% para os equipamentos CNC.

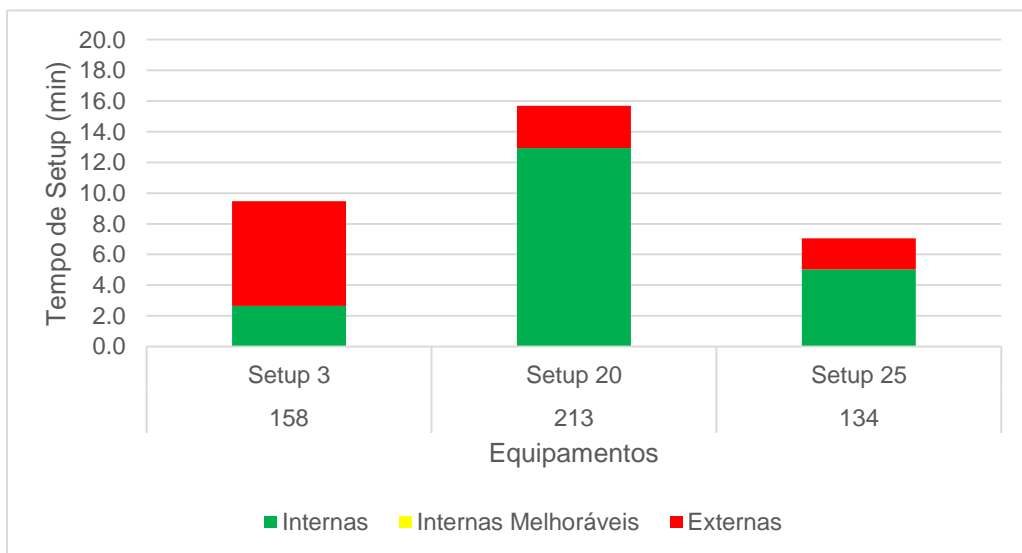


Figura 39 Resultados da categorização de tarefas pelo SMED aos equipamentos convencionais

No caso dos equipamentos convencionais verifica-se que não existem tarefas internas melhoráveis. Este facto resulta da maior simplicidade e menor duração destes *setups* quando comparados com os

setups de equipamentos CNC. Para estes casos, as tarefas internas representam em média 58% e as externas 42%.

O primeiro passo na definição de um procedimento padrão consiste na listagem das tarefas que são efetuadas durante um *setup*, por ordem de ocorrência e por quantificar as mesmas. Através dos *setups* observados conclui-se que as tarefas que implicam a paragem da máquina para serem efetuadas são: retirar a peça maquinada, colocação da peça a maquinar, colocação/remoção de ferramentas, fixação da peça e seleção de programas de maquinação. O procedimento de *setup* deve então incluir um conjunto de passos que permita aos operadores realizar estas tarefas da forma mais eficiente, no entanto, para que o operador as realize deve ter preparado o *setup* previamente. É conveniente então que sejam definidos três procedimentos associados ao *setup*: um de preparação do *setup*, um para o *setup* e um de pós-*setup*.

O procedimento de preparação do *setup* deve contemplar todas as tarefas que o operador pode realizar com a máquina em funcionamento enquanto esta máquina a peça que irá ser retirada, as tarefas externas. Este procedimento deve incluir o conhecimento de alguns aspetos como: que peça será maquinada, quais as ferramentas necessárias, quais os dispositivos de fixação necessários e que utensílios auxiliares de transporte serão necessários. Relativamente à empresa do caso de estudo, esta tem um dossier de maquinação com informação relativa a cada maquinação, fazem parte deste dossier: folha de identificação de obra e programas de maquinação, folha de montagem, lista de ferramentas, lista detalhada de programas de maquinação. Um exemplo deste dossier pode ser consultado no Anexo D. Os procedimentos associados ao *setup* definidos estão expostos nas Tabela 12, Tabela 13 e Tabela 14.

Preparação de <i>setup</i>		
Nº	Máquina em funcionamento	Descrição
1	Recolha de informação	<ul style="list-style-type: none"> • Dossier de maquinação • Identificação do local onde se encontra a peça • Verificar se as dimensões da máquina são compatíveis com a peça
2	Recolha de material	<ul style="list-style-type: none"> • Material de limpeza: vassoura, vara, pedra, papel absorvente • Material de desempenho: maço, tubo de aço, comparador • Dispositivos de fixação: parafusos, garras, apoios • Outro material: calculadora, paquímetro, espelho
3	Preparação da peça a maquinar	<ul style="list-style-type: none"> • Marcar peça com a referência da obra e peça • Verificar a posição da peça e efetuar a rotação se necessário • Verificar dimensões da peça • Definir sistema de fixação (mesa magnética ou fixação por aperto)

4	Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar porta-paletes e/ou magnético e ponte e/ou cordas e ponte • Efetuar o transporte da peça até ao posto
5	Limpeza	<ul style="list-style-type: none"> • Limpeza da peça – limpeza da face de apoio e passar a pedra • Limpeza dos dispositivos de fixação – passar a pedra
6	Ferramentas	<ul style="list-style-type: none"> • Recolher carro de transporte de ferramentas • Recolher ferramentas necessárias • Verificar plaquetes • Trocar plaquetes, se necessário • Efetuar a medição (quando a máquina não está equipada para efetuar a medição automática)
7	Operações no computador	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar se a peça está inserida no software • Verificar diretório dos programas de maquinação • Verificar programas
8	Garantir que o carro de ferramentas, carro auxiliar vazio, a ponte rolante e sistemas auxiliares de transporte se encontram junto ao posto antes de iniciar <i>setup</i>	
9	Imediatamente antes do início de <i>setup</i> efetuar o registo de final de maquinação da peça maquinada	

Tabela 12 Procedimento de preparação do setup

Nº	Setup Máquina Parada	Descrição
1	Controlo	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar maquinação
2	Desaperto	<ul style="list-style-type: none"> • Desmagnetizar da mesa magnética e/ou desapertar os dispositivo de fixação
3	Limpeza	<ul style="list-style-type: none"> • Remover limalha do topo da peça • Limpar a máquina
4	Posicionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Remover peça maquinada • Colocar peça a maquinar • Desempenar peça • Montar dispositivos de fixação, se aplicável • Apertar dispositivos e/ou magnetizar mesa magnética
5	Programa	<ul style="list-style-type: none"> • Achar os centros da peça • Inserir o centros da peça no programa na máquina • Carregar programas do diretório
6	Ferramentas	<ul style="list-style-type: none"> • Remover ferramentas do carrossel, se necessário • Colocar ferramentas no carrossel
7	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciar maquinação 	

Tabela 13 Procedimento de setup

Pós-setup		
Nº	Máquina em funcionamento	Descrição
1	Operações no computador	<ul style="list-style-type: none"> Efetuar o registo de início da maquinação
2	Arrumação	<ul style="list-style-type: none"> Devolver ao local designado os mecanismos de transporte e utensílios Limpar e arrumar ferramentas retiradas do carrossel da máquina Limpar e arrumar os dispositivos de fixação

Nota: o registo do início de maquinação deve ser efetuado logo após a colocação em funcionamento da máquina, no final do procedimento de *setup*

Tabela 14 Procedimento de pós-setup

A implementação dos procedimentos acima descritos têm como impacto previsto a diminuição dos tempos totais de *setup*, nomeadamente na eliminação das tarefas a vermelho de cada *setup* da Figura 38 e Figura 39. Além disso visam a diminuição da contribuição das tarefas representadas a amarelo nas mesmas figuras. Verifica-se para o caso dos equipamentos CNC uma redução média de 23 minutos e para os equipamentos convencionais uma redução média de 11 minutos, considerando apenas a eliminação das tarefas externas. De forma geral, considerando todos os *setups*, verifica-se uma redução média de 31%, com um intervalo de 10% a 72% com a implementação do SMED. Os resultados da externalização por *setup* estão expostos na Tabela 15.

Máq.	Nº de setup	Tempo inicial	Etapa 2 SMED	Melhoria
483	Setup 4	77	58,5	24%
	Setup 5	52	37,4	28%
	Setup 6	126	85,2	32%
486	Setup 18	245	161,8	34%
	Setup 19	73	59,2	19%
489	Setup 14	39	25,0	36%
	Setup 21	42	24,2	43%
	Setup 23	46	23,3	50%
490	Setup 9	78	48,8	38%
	Setup 11	97	65,1	33%
	Setup 13	41	34,3	17%
492	Setup 1	43	32,7	24%
	Setup 2	17	11,9	31%
493	Setup 26	40	36,3	10%
495	Setup 7	142	119,3	16%
	Setup 8	180	147,2	18%
	Setup 10	146	115,2	21%
	Setup 24	119	81,8	31%
487	Setup 22	71	61,0	14%
491	Setup 15	35	24,9	29%

	Setup 16	58	30,7	47%
158	Setup 3	9	2,7	72%
161	Setup 12	36	26,4	26%
	Setup 17	51	16,9	67%
213	Setup 20	16	12,9	18%
134	Setup 25	7	5,0	29%

Tabela 15 Resultados obtidos com a etapa 3 do SMED

Uma análise semelhante aos tempos de *setup* por tipo de peça foi realizada tal como durante o período de diagnóstico. Divididas em dois tipos, até 3,2 toneladas e superior a 3,2 toneladas, os resultados dos tempos médios por *setup* pode ser consultados na Tabela 16.

Tipo de peça	Tempo médio	Tempo médio SMED	Redução
Até 3,2 toneladas	105 min	78 min	26%
3,2<Peso	56 min	38 min	32%

Tabela 16 Resultados da aplicação do SMED por tipo de peça

Além da implementação SMED também os 5S e a padronização de procedimentos propostos com a preparação de *setup* e o pós-*setup* conduz a uma redução das tarefas acima descritas como melhoráveis. Com a implementação destes procedimentos os tempos das operações de ajuste, posicionamento e programa são diminuídos. O tempo de ajuste baixa devido à colocação dos comparadores nos carrosséis das máquinas e devido à preparação prévia dos dispositivos de fixação. No caso da operação de posicionamento, esta toma um valor mais baixo devido à rotação da peça antes do *setup* com máquina parada, quando esta rotação é necessária. A operação envolvendo o programa de maquinação baixa porque o operador verifica os programas previamente, fazendo as correções ao programa necessárias. Neste caso, a redução média estimada dos *setups* seria de 49% com um intervalo de variação de 18% a 79%. A previsão final dos tempos totais estimados para os *setups* analisados para os equipamentos CNC encontram-se no gráfico da Figura 40.

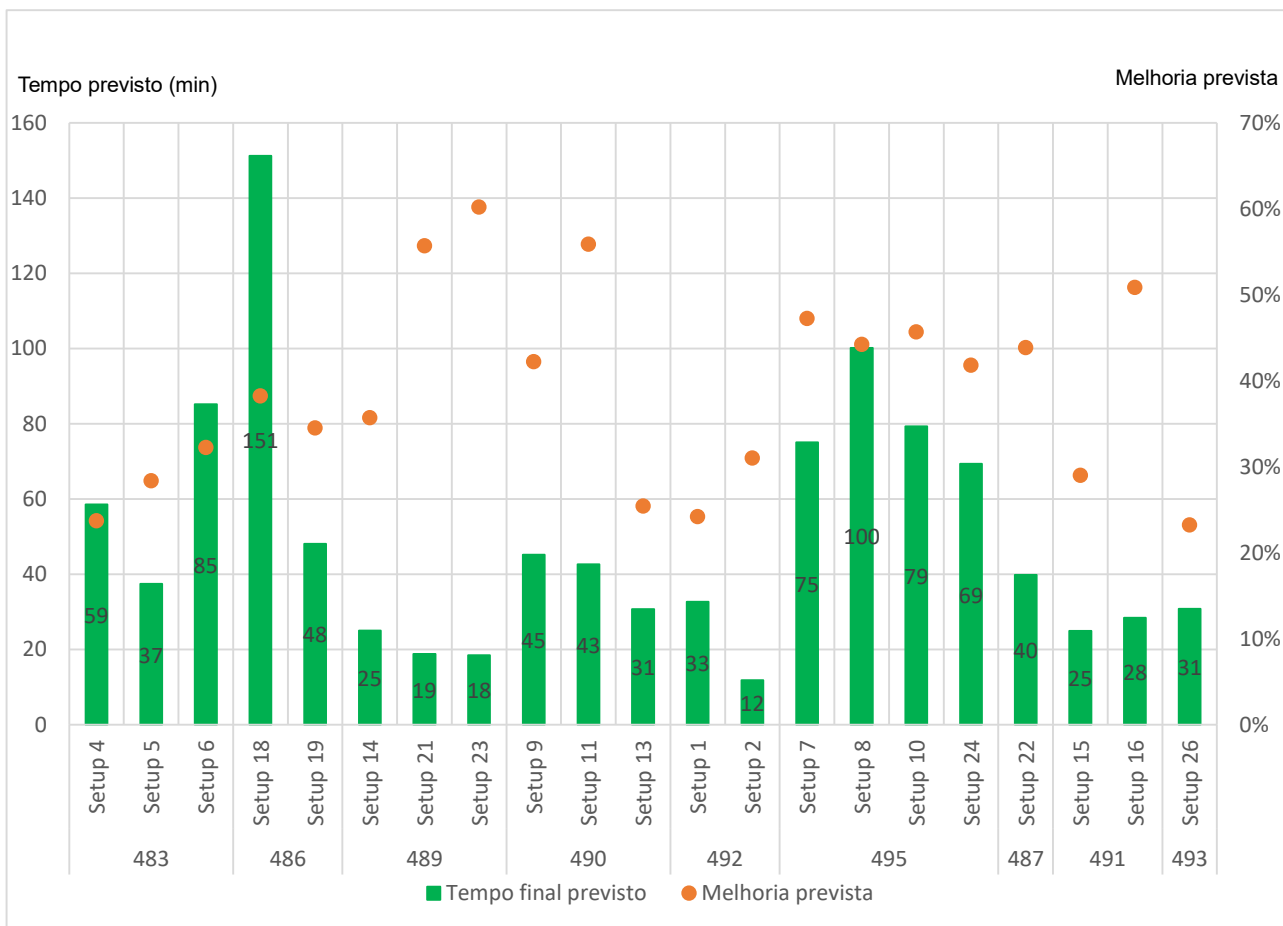


Figura 40 Tempos finais e percentagem de melhoria prevista

Os resultados da previsão de melhoria correspondem a uma análise teórica dos dados recolhidos durante o diagnóstico, carecendo de validação prática e com os operadores em relação aos procedimentos de *setup* sugeridos. A estas propostas para melhoria do tempo de *setup* podem ser consideradas outras ações que visem a diminuição do tempo de *setup*, como:

- Equipar os equipamentos CNC com sonda de medição de coordenadas – facilitando o cálculo dos centros geométricos das peças para indicar no programa de maquinação e evitar o tempo despendido em tarefas de preparação do instrumento “comparador”
- Equipar os equipamentos CNC com equipamento de medição automática de ferramentas – esta forma de medição automática pode aumentar o tempo de máquina parada, no entanto garante o rigor na medição das ferramentas, uma vez que a medição das ferramentas nos equipamentos externos e a sua colocação no carrossel das máquinas pode incorrer em variações nos comprimentos medidos.

Estas sugestões implicam um investimento, motivo pelo qual não foram ainda consideradas nos procedimentos propostos, sendo apenas sugeridas como trabalho futuro a considerar pela empresa. Estas devem ser analisadas e avaliado o seu impacto para que a empresa possa verificar se justificam o investimento.

A análise SMED demonstra que a implementação de procedimentos de *setup* tem resultados ao nível da melhoria dos tempos totais e parciais das tarefas efetuadas durante um *setup*. A melhoria do *setup* terá implicações ao nível da disponibilidade dos equipamentos, garante a padronização do trabalho dos operadores, nivela a carga de trabalho associada a um *setup* dividindo-a em três fases garantindo ao operador que possa efetuá-las de forma mais sistemática. Além disso, a padronização de procedimentos garante que uma das características associadas a uma PME, o ciclo de empregabilidade mais curto que é visto por investigadores como um fator inibidor para a implementação *Lean* [2], tem uma implicação menos negativa dado que se torna mais fácil formar os operadores que entrem para a organização.

5.2.2. Apoio ao planeamento

A definição do planeamento numa empresa de estruturas para moldes é uma tarefa que deve ter em consideração a unicidade de cada maquinação.

A definição do plano de produção deve ter em consideração um critério sequencial de maquinação das peças, ou seja, garantir que a peça é processada pela ordem definida pelo fluxo do processo da Figura 4 ou da Figura 5 no capítulo 3.1.

Como verificado no capítulo 4, o planeamento ineficaz da produção é uma das causas para o elevado número de esperas associadas ao *lead time* de peças. Por este motivo foi realizada uma revisão das prioridades adotadas pela empresa para a realização do planeamento e é proposto um novo conjunto de regras de prioridade que permitam minimizar as esperas das peças nos postos de trabalho e aumentar o valor da disponibilidade dos equipamentos de produção com vista ao aumento do OEE.

A definição de novas regras deve ser alvo de experimentação por parte da empresa para poderem ser validadas, no entanto, as regras definidas foram testadas por meio de um exemplo para analisar os impactos previstos com a sua implementação.

A comparação entre o planeamento com as regras atuais da empresa e as novas propostas foi feita definindo KPIs que permitam aferir a qualidade do desempenho do planeamento. Os KPIs definidos foram os seguintes:

- Disponibilidade de equipamentos – Disp.
- *Lead time* das peças – LT
- *Lead time* médio - LTm
- Relação entre o tempo de maquinação nos turnos sem operador e o total disponível sem operadores para cada máquina – Turno cego, Equação 2
- Relação entre o nº de peças entregues com atraso e o nº total de peças contempladas no planeamento – Peças com atraso, Equação 3
- Diferença entre o tempo disponível de maquinação e o *lead time* para cada peça – Diferença, Equação 4

- Relação entre o *lead time da peça* e o tempo disponível para maquinação da peça (TD) – Utilização de TD, Equação 5. O resultado desta equação representa quanto do tempo disponível para maquinação (TD) foi usado para maquinar a peça, podendo tomar valores acima dos 100%, o que significa que a maquinação da peça excedeu o tempo disponível para produção. Pretende-se que este resultado seja o mais baixo possível.

$$\text{Utilização de turno cego} = \frac{\text{Tempo de maquinação em turno sem operador}}{\text{Tempo disponível em turno sem operador}} * 100$$

Equação 2 Utilização do turno cego

$$\text{Peças com atraso} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de peças entregues com atraso}}{\text{N}^\circ \text{ total de peças}} * 100$$

Equação 3 Peças com atraso

$$\text{Diferença}_i = \text{Tempo disponível de maquinação}_i - \text{Lead time}_i$$

Equação 4 Diferença entre o TD e o LT

$$\text{Utilização de TD}_i = \frac{\text{Tempo de maquinação da peça (lead time)}_i}{\text{Tempo disponível para maquinação da peça}_i} * 100$$

Equação 5 Relação entre o lead time da peça e o tempo utilizado para a maquinar

A definição do plano de produção teve por base uma matriz de trabalhos que contempla 16 peças e duas possíveis operações de maquinação em duas máquinas. A realização do plano não contempla todas as etapas do fluxo de maquinação das peças da Figura 4 e Figura 5, pretende-se demonstrar apenas a eficiência das regras de planeamento propostas face às regras atuais da empresa. Para garantir que as diferenças dos resultados se devem exclusivamente às diferentes prioridades para a definição dos dois planos de produção foram cumpridos um conjunto de pressupostos, sendo eles:

- Apenas podem ser realizadas ações de *setup* às máquinas durante o período em que existem operadores na empresa, das 8h às 17h, com exceção da hora de almoço entre as 13h e as 14h
- Os tempos de *setup* são iguais para cada máquina, com 1h de duração total
- Os tempos de maquinação da matriz de trabalhos correspondem aos previstos teoricamente pelo orçamentista para a secção de produção
- No planeamento efetuado com as prioridades propostas nesta dissertação não é considerada a melhoria de desempenho que poderia decorrer da implementação do *TPM* proposto

A definição da matriz de trabalhos corresponde a uma matriz fictícia, construída através da análise de várias maquinações durante o processo de análise do desempenho dos equipamentos (fase de diagnóstico), garantindo que os tempos considerados para as 16 peças são tempos típicos para as maquinações nos equipamentos considerados. A matriz de trabalhos considerada é a exposta na Tabela 17. Esta matriz contempla uma decisão do responsável de produção em efetuar o desbaste em máquinas com menor desempenho e o redesbaste em máquinas com desempenho mais alta, sendo que há a possibilidade de as peças não efetuarem um desbaste inicial, situação que é definida pelo orçamentista em conjunto com a secção de programação. O TD indicado na Tabela 17 é um prazo interno de maquinação, ou seja, é o prazo que deve ser cumprido nestas duas etapas da produção da peça para não gerar atrasos na entrega das peças ao cliente final.

Peça	Desbaste (h) Máq. 483	Redesbaste (h) Máq. 495	TD (h)
1	8	3	24
2	4	5	24
3		15	84
4		8	36
5	7	4	36
6	8	7	96
7	10	6	48
8	10	9	48
9	1	9	108
10	3	3	60
11	3	1	60
12	9	4	120
13	1	8	72
14	1	8	72
15	8	8	132
16	4	5	132

Tabela 17 Matriz de trabalhos para planeamento

Atualmente, a empresa do caso de estudo efetua o seu planeamento de acordo com o princípio de maquinação de desbaste em máquinas com menor performance e redesbaste em máquinas com maior performance, com a ordem de trabalhos a ser definida pelo prazo de entrega da peça.

O planeamento efetuado considerando a matriz de trabalhos exposta na Tabela 17 pode ser consultado no Anexo F para as regras atuais da empresa. Os resultados específicos para as peças podem ser consultados na Tabela 18 e para as máquinas na Tabela 19.

Peças	LT (h)	Diferença (h)	Utilização de TD
1	28	-4	117%
2	33	-9	138%
3	166	-82	198%
4	9	27	25%
5	53	-17	147%
6	176	-80	183%
7	61	-13	127%
8	82	-34	171%
9	186	-78	172%
10	100	-40	167%
11	102	-42	170%
12	149	-29	124%
13	111	-39	154%
14	129	-57	179%
15	207	-75	157%
16	198	-66	150%
Média	112		149%

Tabela 18 Resultados para peças com planeamento da empresa

Máquina	Disp.	Horas necessárias	Turno cego
483	48%	159 h	31%
495	50%	207 h	29%

Tabela 19 Resultados para as máquinas com planeamento da empresa

O planeamento com as regras da empresa gera um *lead time* das peças que corresponde em média a 149% do TD. Além disso o *LTm* das peças é de 112 horas e este planeamento gera atrasos em 15 peças ou 94% das peças consideradas.

Em relação às máquinas, os resultados do planeamento com as regras da empresa mostram que a disponibilidade das máquinas é de 48% e 50% para a 483 e 495 respetivamente, sendo que são necessárias 159 horas na máquina 483 para maquinar as peças e 207 horas na máquina 495. A utilização do turno cego é de 31% e 29% para a 483 e 495 respetivamente.

As regras a seguir propostas têm como principal objetivo o aumento da disponibilidade dos equipamentos, garantindo a sua máxima utilização tendo em consideração a matriz de trabalhos existente e o prazo de entrega das peças. O princípio de maquinação da empresa é também alterado para que a maquinação do desbaste e redesbaste das peças seja efetuado num só equipamento.

O planeamento proposto seguiu conjugação hierárquica das seguintes regras:

1. Maximização de *setups diários* (maquinações mais curtas no turno com operador)
1. Aproveitamento do tempo disponível nos turnos sem operador
2. Prazo de entrega mais curto

As regras e princípios propostos pelo autor desta dissertação têm como base a realização de toda a maquinação das peças numa única máquina, eliminando a necessidade de novo *setup* e o tempo de espera das peças entre maquinações. Para primeira prioridade, consideraram-se duas situações sendo que a conjugação das duas deve garantir a máxima utilização dos equipamentos. Nas situações em que a conjugação das regras acima descritas gerava conflito de prioridades entre escolha de peças para ocupar a máquina adotou-se o critério do prazo de entrega mais baixo para determinar qual das peças seria maquinada.

Uma vez que para o planeamento proposto as peças maquinam numa máquina apenas, é necessário que seja estimado o um novo valor para o tempo total de maquinação. Desta forma deve ser estimada uma nova matriz de trabalho, baseada na anterior, mas com novos tempos de maquinação. Um tempo caso a peça machine na máquina 483 e outro caso machine na 495. Esta estimativa baseou-se na relação de performance das duas máquinas calculada para o OEE, 0,47 para a 483 e 0,76 para a 495. A relação de performance entre a 483 e a 495 é estimada através da Equação 6, da qual resulta um valor de 0,62. Este valor deve ser revisto quando forem obtidas melhorias de performance dos equipamentos.

$$\text{Relação de performance} = \frac{\text{Performance máq.}_{483}}{\text{Performance máq.}_{495}}$$

Equação 6 Relação de performance

Considerando estas duas possibilidades de maquinação para cada peça, estimou-se o tempo total de maquinação para a máquina 483 através da Equação 7 e o tempo total de maquinação para a máquina 495 através da Equação 8.

$$\text{Tempo total}_{483} = \text{Tempo maquinação}_{483} + \frac{\text{Tempo maquinação}_{495}}{\text{Relação de maquinação}}$$

Equação 7 Tempo total de maquinação na máquina 483

$$\text{Tempo total}_{495} = \text{Tempo maquinação}_{483} * \text{Relação de performance} + \text{Tempo maquinação}_{495}$$

Equação 8 Tempo total de maquinação na máquina 495

A nova matriz de trabalhos, considerando os novos tempos de maquinação que resultam das equações anteriores está expressa na Tabela 20, sendo que o TD se mantém o mesmo.

Peça	Tempo para a máq. 483 (h)	Tempo para a máq. 495 (h)	TD (h)
1	13	8	24
2	12	7	24
3	24	15	84
4	13	8	36
5	13	8	36
6	19	12	96
7	20	12	48
8	25	15	48
9	16	10	108
10	8	5	60
11	5	3	60
12	15	10	120
13	14	9	72
14	14	9	72
15	21	13	132
16	12	7	132

Tabela 20 Matriz de trabalhos para planeamento proposto

Para a realização do planeamento com as regras propostas, sugere-se que o responsável pelo mesmo faça uma observação prévia dos tempos estimados das peças depois do preenchimento da matriz de trabalhos para as duas possibilidades de maquinação, na máquina 483 e na máquina 495 e de seguida selecione os tempos de maquinação mais curtos na máquina com melhor performance e inicie o planeamento respeitando as regras que são propostas.

O planeamento efetuado considerando a matriz de trabalhos exposta na Tabela 20 pode ser consultado no Anexo G. Os resultados específicos para as peças para o planeamento com as regras propostas podem ser consultados na Tabela 21 e para as máquinas na Tabela 22.

Peças	LT (h)	Diferença (h)	Utilização de TD
1	105	-81,0	438%
2	8	16,0	33%
3	46	38,0	55%
4	110	-74,0	306%
5	129	-93,0	358%
6	26	70,0	27%
7	69	-21,0	144%
8	24	24,0	50%
9	65	43,0	60%
10	30	30,0	50%
11	6	54,0	10%
12	83	37,0	69%

13	87	-15,0	121%
14	135	-63,0	188%
15	48	84,0	36%
16	56	76,0	42%
Média	64		124%

Tabela 21 Resultados para peças com o planeamento proposto

Máquina	Disp.	Horas necessárias	Turno cego
483	76%	135 h	68%
495	67%	129 h	55%

Tabela 22 Resultados para as máquinas com planeamento proposto

O planeamento com as regras propostas mostra que o *lead time* das peças corresponde em média a 124% do TD. Além disso o *LTm* das peças é de 64 horas e este planeamento gera atrasos em 6 peças ou 38% das peças consideradas.

Em relação às máquinas, os resultados do planeamento com as regras propostas mostram que a disponibilidade das máquinas é de 76% e 67% para a 483 e 495 respetivamente, sendo que são necessárias 135 horas na máquina 483 para maquinar as peças e 129 horas na máquina 495. A utilização do turno cego é de 68% e 55% para a 483 e 495 respetivamente.

A comparação dos resultados dos KPIs para cada caso considerado pode ser consultado na Tabela 23.

	Regras da empresa		Regras propostas	
LTm	112h		64h	
Peças com atraso	94%		38%	
LT/TD	149%		124%	
	Máq. 483	Máq 495	Máq. 483	Máq. 495
Disponibilidade	48%	50%	76%	67%
Turno cego	31%	29%	68%	55%
Horas necessárias	159h	207h	135h	129h

Tabela 23 Resumo dos resultados dos KPIs para o planeamento com regras atuais e propostas

Verifica-se que as regras propostas para realizar o planeamento na secção de produção, embora gerem atrasos estes verificam-se em menos peças, menos 9 peças, e com um *LTm* inferior comparando com a situação da empresa, que diminui de 112h para 64h. Verifica-se também um aumento do valor da disponibilidade dos equipamentos de forma global bem como do aproveitamento do tempo disponível

para maquirar sem operador presente na fábrica, turno cego. As regras propostas levam ainda a uma diminuição do número de *setups* que o operador tem de efetuar, permitindo ao mesmo ter mais tempo para a preparação de *setups* seguintes.

5.3. Discussão final

Depois de realizado o diagnóstico e identificados os problemas bem como as suas causas raiz, é possível relacionar algumas das conclusões retiradas no diagnóstico com o trabalho dos autores mencionados no capítulo 2.

Considerando a categorização proposta por Hamid [12], verifica-se que os fatores externos tiveram alguma relevância na análise do *lead time*. Parte das esperas verificadas para as peças #4001 foram causadas pela ausência de informação suficiente nos desenhos técnicos e ficheiros 3D das peças que impediram a progressão das peças na produção, informação essa que deveria ter sido disponibilizada pelo cliente. Verifica-se neste caso a importância da relação com o cliente ao nível da comunicação, um dos fatores externos propostos pelo autor [12] e referido como *Critical Success Factor* [2]. Por outro lado, não se verificou a influência de fatores governamentais ao nível do diagnóstico efetuado. Verifica-se a elevada influência de fatores internos na ocorrência dos problemas identificados durante o diagnóstico. A causa do baixo valor de disponibilidade de equipamentos e o baixo valor de performance é de facto um dos fatores internos propostos por Hamid [12] relacionado com a gestão de topo que apresenta uma elevada influência, uma vez que é dela que partem decisões ao nível do planeamento, gestão de RH e difusão de uma cultura de melhoria contínua. Ainda em relação à gestão de topo, a ineficaz gestão de RH e/ou a insuficiência dos mesmos provoca o aumento do *lead time* e é também causa para o baixo valor de *performance* dos equipamentos. Outro fator interno proposto por Hamid [12] está relacionado com a formação dos operadores, tendo esta também sido uma causa associada ao problema do baixo valor de performance dos equipamentos. A desapropriada disponibilização de recursos, ao nível de ferramentas e utensílios e sendo este um fator interno relacionado com a gestão de topo de Hamid, pode ser diretamente relacionada com as causas raiz associadas aos elevados tempos de *setup* bem como a elevada incidência de tarefas externas. Por último, verifica-se a inexistência de uma cultura de melhoria contínua na empresa, diretamente ligada ao fator relacionado com a cultura de trabalho proposto por Hamid [12] ou por AlManei, Salonitis et al. [11].

A empresa deverá considerar a disponibilização de recursos como um fator preponderante para o plano de implementação proposto, sendo este um fator que está associado ao insucesso de uma implementação [2,12,13]. Esta situação é acautelada no plano proposto na medida que deve ser uma questão abordada em sede própria da empresa e pela gestão de topo antes de iniciar a implementação das soluções propostas.

No que toca aos fatores de insucesso de uma implementação *Lean* propostos por Antosz e Stadnicka [13], verificou-se que há um excesso de carga dos operadores, resultante da ineficaz gestão que é feita dos RH da empresa. A adoção de *milestones* realistas, um fator proposto pelos mesmos investigadores, foi tido em consideração na definição do plano de implementação proposto nesta dissertação. Este aspeto é fundamental para que não se aumente a carga dos operadores, garantindo que conseguem responder positivamente ao que lhes é solicitado durante a implementação. Desta forma garante-se também que se mantêm motivados e focados nas soluções a implementar [13].

Outro aspeto que foi identificado como uma dificuldade durante o período de diagnóstico foi a ausência de registos rigorosos e fidedignos das etapas de produção. Esta dificuldade revelou-se preponderante para a decisão de realizar as análises *in loco* expostas nesta dissertação. Este é um fator operacional [2] relacionado com a utilização deficiente dos sistemas de controlo de produção referido na Tabela 1.

De forma a minimizar a incidência e o impacto dos problemas identificados durante o diagnóstico, foram propostas algumas soluções. Algumas delas podem ser implementadas pela empresa com recursos próprios, os 5S, o TPM, a uniformização de registos e o *kaizen*. Verifica-se que, segundo o estudo que serve de base para a adaptabilidade das técnicas *Lean* dispostas na Tabela 2, as soluções propostas são adaptáveis para implementação numa PME, sendo que as soluções propostas tiveram de ser adaptadas à realidade da empresa do caso de estudo para garantir que gerariam resultados coerentes e úteis para a melhoria contínua da empresa [8]. Exemplo disso é o SMED, que resulta de um estudo aos *setups* da empresa e cujos procedimentos propostos têm em consideração as maquinações, tipo de peças, tipos de fixação das peças, realizados pela empresa e do apoio ao planeamento que também foi proposto.

É também proposto um plano de implementação, que deve ser cumprido pela empresa para garantir o sucesso da implementação *Lean*. Alguns dos aspetos verificados durante o diagnóstico suprarreferidos e relacionados com os modelos propostos pelos autores referenciados no capítulo 2, correspondem a entraves ao plano de implementação *Lean* que foi proposto no capítulo 5 desta dissertação. Com o envolvimento da gestão de topo, associada à definição de objetivos claros e alcançáveis e à adoção de *milestones* realistas [11] estes fatores podem ser evitados ou minorado o seu impacto e assim garantir o sucesso da implementação. A direção da empresa deve garantir a formação aos operadores, tanto em assuntos relacionados com a filosofia *Lean* como em relação às atividades que desempenham na empresa. Devem garantir o envolvimento dos mesmos nas tomadas de decisão, quando possível, através dos *kaizen* diários por exemplo, fomentando desta forma a sua motivação e mostrando o seu apoio enquanto direção. Desta forma pode minimizar o risco de insucesso do plano proposto [13]. Este plano é baseado no “*Lean Staircase*” abordado no capítulo 2 e adaptado à realidade da empresa do caso de estudo. Este plano permite à empresa aplicar as soluções propostas de forma faseada e envolvendo todos os operadores, salvaguardando que os mesmos não são sobrecarregados de trabalho. Este plano foi definido a pensar também no envolvimento dos operadores em todas as fases da implementação para que se possam manter motivados minimizando também desta forma o risco de insucesso da implementação [6,12]. O envolvimento dos operadores permite também o desenvolvimento de competências por parte dos mesmos, sendo que a ausência destas competências

está associada ao insucesso de uma implementação [9]. Também o envolvimento da direção de topo é considerado, para que a direção se mantenha comprometida com a implementação e com os objetivos que deve definir para o rumo da empresa na fase de investimento [2]. Esta é uma etapa que apesar de não estar incluída no plano proposto é referida como de grande relevância e à qual a empresa deve dar especial atenção antes de implementar o plano proposto, tal como sugerido no capítulo 5. A delegação de funções aos operadores também foi considerada, na medida em que o plano define claramente quais são as responsabilidades dos operadores e quais recaem sobre os elementos da área de gestão, fomentando mais uma vez a motivação dos operadores [8,9,14]. Esta delegação minimiza o risco de insucesso da implementação pois permite à gestão de topo focar-se no que lhe compete realmente que é a gestão da empresa [2].

6. Conclusão

A realização desta dissertação visou o diagnóstico de um sistema de produção de uma empresa de maquinação de estruturas para moldes de injeção bem como a identificação de problemas associados ao sistema de produção. No final do período de diagnóstico foram propostas soluções que visam a diminuição do impacto desses problemas como um plano de implementação adaptado à empresa do caso de estudo, 5S, estratégias de *problem solving*, *TPM*, a uniformização de registos a implementar pela empresa, *SMED* e uma solução de apoio ao planeamento. Além disso pretendeu-se verificar se os fatores de sucesso e insucesso de uma implementação *Lean* bem como os aspetos identificados como facilitadores ou inibidores por outros autores se verificam na empresa do caso de estudo.

No capítulo da revisão bibliográfica foram identificados alguns fatores que, segundo alguns investigadores, representam algum tipo de entrave a uma implementação *Lean*. De acordo com esses autores, esses fatores foram divididos em categorias como externos ou internos [12], tendo sido feita uma análise de convergência entre esta categorização e outras propostas, como por exemplo, por AlManei, Salonitis et al. [11]. Foram também abordados aspetos classificados por alguns autores como facilitadores ou inibidores de uma implementação [2], tendo-se verificado que alguns desses fatores podem condicionar as soluções propostas se o seu impacto não for minimizado como por exemplo a excessiva atuação ao nível operacional da gestão de topo da empresa e a ineficaz disponibilização de recursos. Estes são aspetos que são abordados no plano de implementação e soluções *lean* propostas para que o seu impacto seja minimizado e o risco de insucesso da implementação reduzido.

Um aspeto mencionado pelos autores referidos no capítulo 2 foi a necessidade de realização de uma auditoria aos sistemas de produção antes de uma implementação *Lean*. Por esse motivo foi realizado um diagnóstico durante o qual se analisou o *lead time* de peças, procedimentos de *setup*, calculou-se o OEE para os equipamentos CNC e ainda uma análise aos postos de trabalho.

O *lead time* das peças analisadas revelou a elevada incidência de tempos das peças em espera, tanto no posto de trabalho como dentro das máquinas. O tempo de espera em máquina representou 51,9% para as #4001, 23% para as #6001 e 11% para as #8001. Também os tempos de espera no posto representam uma incidência elevada, como 60,3% para as peças #6001 e 48,1% para as #8001. Os rácios de VA são igualmente relevantes para o diagnóstico, tomando valores bastante baixos para as seis peças analisadas. Além destes resultados verificou-se uma elevada discrepância entre os tempos esperados de maquinação e os reais verificados. A análise dos resultados permitiu concluir que estes problemas são causados pela ineficiência do planeamento efetuado.

A análise aos *setups* permitiu verificar que existem ações de *setups* com um tempo total bastante elevado e a elevada variação temporal associada às diversas operações SID. Aliado a este resultado constata-se que existe uma elevada incidência no tempo total de *setup* de tarefas externas efetuadas pelos operadores. Além disso, verificou-se também que do tempo associado a tarefas internas, parte pode ser melhorado com a implementação de um procedimento de *setup* padrão e com a preparação prévia das ações de *setup* a realizar pelos operadores, sendo a ausência de um procedimento padrão

de *setup* a causa para os resultados obtidos. Por este motivo, uma das soluções propostas está relacionada com as ações de *setup*, o SMED. Foram definidos procedimentos que visam a diminuição do tempo total de *setup* e a padronização do mesmo. O estudo de impacto demonstra que com a etapa 2 do SMED as melhorias podem ir dos 10% aos 72%, e com a etapa 3 melhorias de 18% aos 79%.

O cálculo do *OEE* dos equipamentos permitiu concluir que existe um baixo valor de performance e de disponibilidade dos mesmos. Esta análise permitiu ainda concluir que os baixos valores verificados se devem a uma ineficiente gestão de RH e/ou insuficiência de RH bem como, mais uma vez, da ineficiência do planeamento efetuado. Além disso, a ausência de manutenções periódicas tem um efeito preponderante nos resultados baixos do valor da performance dos equipamentos bem como a falta de formação dada aos operadores.

A análise aos postos de trabalho veio corroborar alguns dos resultados obtidos durante as restantes análises. Os resultados desta análise permitiram concluir que a ausência de operadores nos equipamentos, associada à ineficiente gestão de RH ou insuficiência dos mesmos, resulta na elevada incidência de esperas das peças no *lead time* bem como no valor baixo de performance dos equipamentos.

É também proposto um novo modelo de planeamento, onde são sugeridas novas regras para planeamento que permitam minimizar as esperas do *lead time* e aumentar a disponibilidade dos equipamentos. Os resultados desta solução mostram um aumento da disponibilidade dos equipamentos considerados, de 48% e 50% para 76% e 67% nas máquinas 483 e 495, respetivamente. Verifica-se também o aumento da utilização do tempo disponível para maquinaria sem operador presente e a diminuição do *lead times* das peças consideradas neste modelo proposto. O modelo proposto foi definido tendo em consideração as características da empresa, as suas necessidades e os fatores referidos no capítulo 2 que conduzem ao sucesso de uma implementação *lean*. No subcapítulo 5.3 foram ainda discutidos os fatores cuja influência foi relevante para a ocorrência de alguns dos problemas verificados no diagnóstico. Verificou-se que existe correspondência com os fatores propostos por Hamid [12] bem como alguns fatores propostos por outros autores.

6.1. Trabalho já realizado pela empresa

No final do período de diagnóstico os resultados foram apresentados à direção da empresa do caso de estudo.

Após a análise dos resultados, a empresa do caso de estudo tomou a iniciativa de contratar um novo diretor geral permitindo ao responsável pela produção focar-se apenas em questões operacionais, ao contrário do que acontecia até então, em que acumulava as responsabilidades relacionadas com a área de produção, orçamentação e área comercial.

Ao nível da implementação *Lean*, a empresa optou pela contratação de uma equipa de consultadoria externa. Após o diagnóstico a empresa iniciou a implementação das soluções que resultaram deste

estudo, nomeadamente de 5S em dois postos de trabalho que considerou como pilotos. A equipa de consultores contratados irá fazer auditorias periódicas que garantam o rigor da implementação. Além disso, as regras para o planeamento propostas nesta dissertação foram aceites pela empresa e estão em vigor desde o fim da fase de diagnóstico. Também os procedimentos para realização de *setups* estão em fase de implementação, com a equipa de consultores responsáveis pela sua disseminação pelos operadores e em auditar a implementação dos mesmos. Para isso a empresa procedeu à aquisição de ferramentas e outros utensílios, disponibilizando os recursos financeiros necessários para esta aquisição. Este investimento foi acautelado na definição do plano proposto e referido como uma necessidade que a direção deveria considerar antes de iniciar a implementação.

As restantes soluções propostas nesta dissertação estão a ser implementadas com o auxílio da equipa de consultores em conjunto com o novo diretor geral da empresa.

6.2. Trabalho futuro

Como trabalho futuro, sugere-se a continuação da implementação das soluções propostas nesta dissertação. Além disso sugere a realização de um estudo de viabilidade dos equipamentos de produção, a fim de se aferir a necessidade de se atuar ao nível da substituição dos que se verificarem estar abaixo da capacidade de produção da empresa. Também em relação às soluções propostas, sugere-se que seja feito um *follow up* periódico das mesmas, auditando o seu impacto.

7. Bibliografia

- [1] Krafcik, John F. (1988). *Triumph of the lean production system*. MIT Sloan Management Review 30, no. 1.
- [2] Hu, Qing, Mason, Robert, Williams, Sharon, Found, Paulin (2015). *Lean implementation within SMEs: a literature review*. Emerald Insight, 26(7), 980–1012.
- [3] Decreto Lei no 372/2007 de 6 de novembro. Diário da República: I série, No 372 (2007). Novembro do Ministério da Economia e da Inovação. Acedido a 16 agosto 2018. Disponível em www.dre.pt.
- [4] *Jornal Oficial nº L 124 de 20/05/2003 da Comissão Europeia*. Acedido a 16 de agosto de 2018. Disponível em www.eur-lex.europa.eu . pp. 0036 – 0041
- [5] *Pequenas e Médias Empresas na Alemanha* de Observatório Internacional SEBRAE (2012). Disponível em www.ois.sebrae.com.br. Acedido em 16 de agosto de 2018.
- [6] Nordin, N., & Adom, A. (2016). *A Review on Lean Assessment Models and Performance Measures*. Journal of Advanced Review on Scientific Research, (April).
- [7] Pakdil, F., & Leonard, K. M. (2014). *Criteria for a lean organisation: Development of a lean assessment tool*. International Journal of Production Research, 52(15), 4587–4607.
- [8] Matt, D. T., & Rauch, E. (2013). *Implementation of lean production in small sized enterprises*. Procedia CIRP, 12, 420–425.
- [9] Hermawati, A., Mas, N., Hermawati, A., & Mas, N. (2006). *Critical success factors for lean implementation within SMEs*. Emerald Insight, 17(4), 460–471
- [10] Pettersen, J. (2009), *Defining Lean production: some conceptual and practical issues*. The TQM Journal, Vol. 21 No. 2, pp. 127-142.
- [11] Almanei, M., Salonitis, K., & Xu, Y. (2017). *Lean Implementation Frameworks: The Challenges for SMEs*. Procedia CIRP, 63, 750–755.
- [12] Hamid, RA (2011). *Factors influencing the success of lean services implementation: conceptual framework*. 2nd ICBER. Langkawi Kedah, Malaysia; 2011
- [13] Antosz, K., & Stadnicka, D. (2017). *Lean Philosophy Implementation in SMEs - Study Results*. Procedia Engineering, 182, 25–32.
- [14] Moeuf, A., Tamayo, S., Lamouri, S., Pellerin, R., & Lelievre, A. (2016). *Strengths and weaknesses of small and medium sized enterprises regarding the implementation of lean manufacturing*. IFAC-PapersOnLine, 49(12), 71–76

- [15] Pearce, A., Pons, D., & Neitzert, T. (2018). *Implementing lean—Outcomes from SME case studies*. *Operations Research Perspectives*, 5, 94–104.
- [16] Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). *A review on lean manufacturing implementation techniques*. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885.
- [17] Swink, M., S. A. Melnyk, M. B. Cooper, and J. L. Hartley (2011). *Managing Operations across the Supply Chain*. New York: McGraw Hill.
- [18] McDonald, T., E. M. Van Aken, and A. F. Rentes (2002). *Utilising Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application*. *International Journal of Logistics: Research and Applications* 5 (2): 213–232.
- [19] Shileds, H. (2006). *Attacking Lean Wastes*. *Quality Progress* 39 (8): 78–79.
- [20] Singh, R., Choudhury, A., Tiwari, M., & Maull, R. (2006). *An integrated fuzzybased decision support system for the selection of lean tools: a case study from the steel industry*. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 220(10), 1735.
- [21] Rother, M., Shook, J. (2009). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Brookline: The Lean Enterprise Institute, Inc.
- [22] Cardeira, C., Cernadas, R., Morgado, J., Peças, P. (2013). *Redução dos Tempos de Setup – A abordagem do Projeto Mobilizador Produtech PSI*. *Revista Tecno Metal*, julho/agosto 2013, pp.20-28
- [23] Costa, A., Henriques, E., Morgado, J., Peças, P. (2013). *Setups no Sector do Engineering & Tooling*. *O Molde*, nº 97, pp. 26-29
- [24] Amin, Md Al (2013). *A systematic approach for selecting Lean strategies and assessing leanness in manufacturing organizations*. Queensland University of Technology
- [25] Shingo, Shigeo (1981). *A study of the Toyota Production System*. Productivity Press
- [26] G. O. S. C. T. M. R. McIntosh (2008). *Changeover improvement: reinterpreting “SMED” methodology*. *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 54, pp. 98-111.
- [27] *Há sete tipos de desperdício. Sabe qual deles tem mais peso no seu dia a dia de trabalho?*. Kaizen Institute. Disponível em www.pt.kaizen.com . Pulicado em 22 de junho de 2015. Visitado a: 15 de setembro de 2018

8. Anexos

Anexo A – Resultados da análise dos *setups* aos equipamentos CNC

Nº de máquina	Setup	Máquina	Limpeza	Movimento	Transporte	Posicionamento	Ajuste	Ferramenta	Programa	Operação desdequada	Total
483	Setup 4	483 - Toshiba VMC 85	8	24	7	5	6	17	9	0	77
	Setup 5	483 - Toshiba VMC 85	12	11	5	9	5	3	7	0	52
	Setup 6	483 - Toshiba VMC 85	16	47	8	8	6	28	11	0	126
486	Setup 18	486 - Awea VP 2012	32	83	6	11	81	2	30	0	245
	Setup 19	486 - Awea VP 2012	5	13	6	15	19	7	9	0	73
489	Setup 14	489 - Awea SP 3016	3	12	3	1	12	4	4	0	39
	Setup 21	489 - Awea SP 3016	3	14	4	1	16	0	4	0	42
	Setup 23	489 - Awea SP 3016	0	21	3	1	11	2	8	0	46
490	Setup 9	490 - Correa FP-30/30	4	23	15	10	9	0	17	0	78
	Setup 11	490 - Correa FP-30/30	6	19	16	3	20	2	31	0	97
	Setup 13	490 - Correa FP-30/30	6	4	5	7	8	2	8	0	41
492	Setup 1	492 - Huron KX30	4	5	6	7	6	9	7	0	43
	Setup 2	492 - Huron KX30	2	2	3	3	2	0	6	0	17
495	Setup 7	495 - Awea VP 2012-2	2	26	3	8	23	14	67	0	142
	Setup 8	495 - Awea VP 2012-2	14	31	2	25	62	11	35	0	180
	Setup 10	495 - Awea VP 2012-2	7	27	3	13	45	10	41	0	146
	Setup 24	495 - Awea VP 2012-2	12	38	5	10	36	6	13	0	119
487	Setup 22	487 - Scharmann Ecocut 1.3TDV	1	7	4	2	3	1	51	3	71
491	Setup 15	491 - Buck TBFZ2000 CNC	3	14	3	2	3	5	4	0	35
	Setup 16	491 - Buck TBFZ2000 CNC	3	14	14	3	10	1	13	0	58
493	Setup 26	493 - Awea AF1060	5	3	1	3	16	1	12	0	40

Anexo B – Tempos parciais detalhados por *setup convencional*

Nº de máquina	Setup	Máquina	Limpeza	Movimento	Transporte	Posicionamento	Ajuste	Ferramenta	Programa	Operação desadequada	Total
158	Setup 3	158 - Köllman	0	2	4	3	2	0	0	0	9
161	Setup 12	161 - GunDrill DEGEN 1000H CNC	1	4	6	4	6	1	14	0	36
	Setup 17	161 - GunDrill DEGEN 1000H CNC	4	22	13	2	4	0	6	0	51
213	Setup 20	213 - Favretto ME 200	8	0	2	4	1	0	1	0	16
134	Setup 25	134 - Sharman FB 125 B	1	1	1	1	2	0	1	0	7

Anexo C – Tabela detalhada com os resultados das observações instantâneas

Máquina	Estado da máquina						Estado do Operador	
	On	Setup	Espera	Idle	Man.	Avaria	Presente	Ausente
158	78,9%	7,9%	7,9%	5,3%	0,0%	0,0%	78,9%	7,9%
157	65,8%	19,7%	10,5%	2,6%	1,3%	0,0%	65,8%	19,7%
483	55,3%	39,5%	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%	55,3%	39,5%
485	65,8%	15,8%	17,1%	1,3%	0,0%	0,0%	65,8%	15,8%
493	61,8%	34,2%	1,3%	1,3%	1,3%	0,0%	61,8%	34,2%
495	65,8%	21,1%	9,2%	1,3%	1,3%	1,3%	65,8%	21,1%
161	56,6%	26,3%	14,5%	2,6%	0,0%	0,0%	56,6%	26,3%
133	28,9%	7,9%	51,3%	11,8%	0,0%	0,0%	28,9%	7,9%
134	69,7%	14,5%	13,2%	1,3%	1,3%	0,0%	69,7%	14,5%
214	57,9%	9,2%	9,2%	22,4%	1,3%	0,0%	28,9%	71,1%
213	72,4%	17,1%	2,6%	7,9%	0,0%	0,0%	44,7%	55,3%
486	47,4%	38,2%	10,5%	1,3%	0,0%	2,6%	76,3%	23,7%
488	42,1%	13,2%	21,1%	3,9%	1,3%	18,4%	22,4%	77,6%
491	44,7%	6,6%	28,9%	6,6%	2,6%	10,5%	35,5%	64,5%
487	39,5%	7,9%	48,7%	1,3%	0,0%	2,6%	18,4%	81,6%
494	53,9%	22,4%	22,4%	1,3%	0,0%	0,0%	50,0%	50,0%
489	50,0%	17,1%	28,9%	0,0%	2,6%	1,3%	34,2%	65,8%
490	57,9%	7,9%	15,8%	2,6%	2,6%	13,2%	23,7%	76,3%
492	36,8%	13,2%	40,8%	3,9%	3,9%	1,3%	25,0%	75,0%

Anexo D – Dossier de maquinação

Folha de identificação da maquinação

Obra Nº: **8392 / 8393** Cliente: **J.DEUS**

Máquina: **CORREA Fp-30**

Nº Molde: **217.20.012 / 217.20.013**

Nº de Peça: **#3 (O1)** Posição Nº: **1ª (FR)**

Confirmação das dimensões máximas da peça:

X: mm Y: mm Z: mm

Confirmar pelo operador

X: _____ mm Y: _____ mm Z: _____ mm Rubrica: _____

Nome do programa(s): (Marcar com "X" nas quadriculas quando efectuado)

- | | | | |
|-----------------------------|---|-----------------------------|----------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="text" value="012#3-FA , SEL"/> | <input type="checkbox"/> 11 | <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> 2 | <input type="text" value="012#3-FB , SEL"/> | <input type="checkbox"/> 12 | <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> 3 | <input type="text" value="012#3-FC , SEL"/> | <input type="checkbox"/> 13 | <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> 4 | <input type="text" value="012#3-FD , SEL"/> | <input type="checkbox"/> 14 | <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> 5 | <input type="text" value="012#3-FE , SEL"/> | <input type="checkbox"/> 15 | <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> 6 | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> 16 | <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> 7 | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> 17 | <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> 8 | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> 18 | <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> 9 | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> 19 | <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> 10 | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> 20 | <input type="text"/> |

Programou:

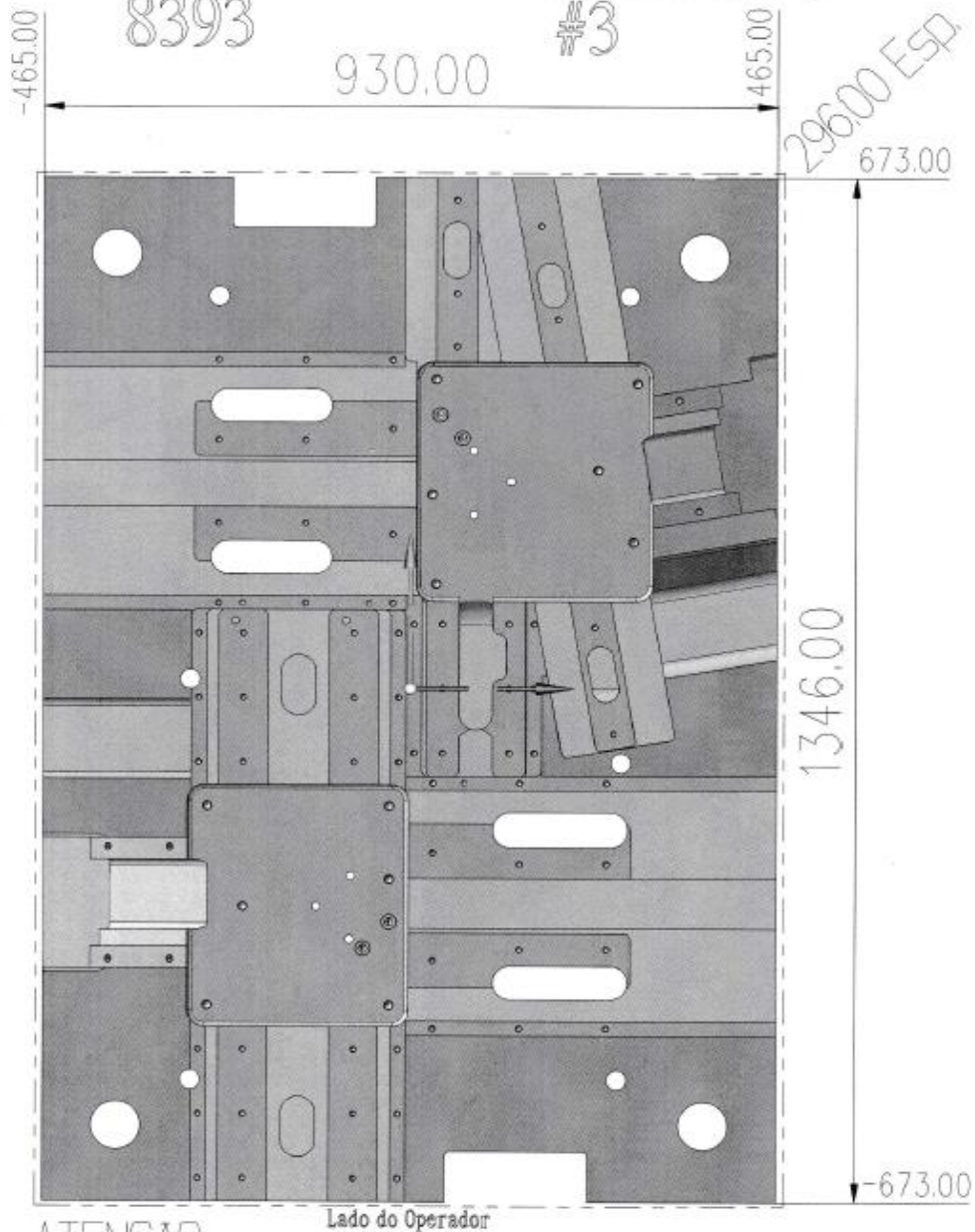
Conferiu: _____ Data: ___/___/___

Operador responsável: _____ Data: ___/___/___

Folha de montagem da peça

OBRA:
8392
8393

#3



ATENÇÃO:

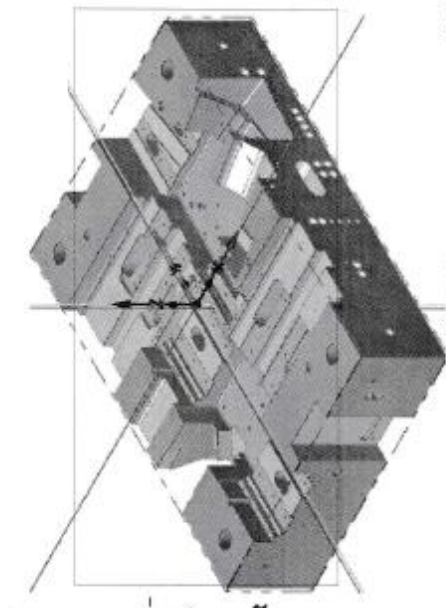
- colocar peça sobre mesa magnética.
- achar Z na base e subir Z+296.80mm.

01

Folha de ferramentas

LISTA DE FERRAMENTAS									* CORREA Fp-30 *
MOLDE: 217.20.012 OBRA: 8392			PEÇA: 2	AÇO: 1.1730		1ª POSIÇÃO		PROG. Nº 08392	
MOLDE: 217.20.013 OBRA: 8393			PEÇA: 2	AÇO: 1.1730		1ª POSIÇÃO		PROG. Nº 08392	
DESIGNAÇÃO:									19-03-2018
NF	FERRAMENTA	C.F.	C.L.	C.R.	R.PED	R.MED	DXX	COMP.D	OPERACAO / RECOMEND.
4	FDP 25 R0.8	164	* 100						* - + SUP. Ø72,0 x 68,0
5	FDP 33 R1.6	212.9	* 190						* - + SUP. Ø84,2 x 92,0
6	CZP 25 R2	157.5	* 105						* - + SUP. Ø70,0 x 65,0
8	CZP 32 R2.5	145.5							
11	CZP 52 R2.5	100							
12	CZP 52 R2.5	155							
13	CZP 66 R2.5	16.5							
15	CZP 66 R2.5	145.496							
16	CZP 66 R2.5	199.996							
29	CZP 66 R2.5	104.5							
30	FKP 10	3.3							

Lista de Programas



Centro X=0 Y=0 Topo Z=0

DIRECTORIO
OBRA
MOLDE
PEÇA Nº
Posição
DATA
PROGRAMADOR

Z:\Moldes\chapas\deus\21720012 (obra-8392)\w3\Desb1P-FR CORREA
8392 / 8393
217.20.012 / 217.20.013
#2
Iº ORIGEM: O1
16-04-18
Fábio

Plano WCS : 1P-FR
Comp. X=948
Largura Y=1358
Altura Z=296

1413 (minutos) 23:32

Lista de Programas: Mestercam V8 - www.grandsoft.pt

Programa	T	Ferramenta	Diam	RT	Stk	ZS	ZI	ZF	ALT	Inc	S	F	Operação	Comentário	Tempo	Observações
012#3-FA (a/ operador)	29	CZP 66 R2.5	66	2,5	0	50	16,75	0,25	-0,25	0,75	S820	F6000	facing	Facejamento Z+17.5 a Z+0.25 ;	119,3	
	29	CZP 66 R2.5	66	2,5	0	50	0	0	0	0,5	S1200	F2000	facing	Facejamento Z0.0 ;	27,62	
	4	FDP 25 R0.8	25	0,8	0	50	0	-0,3	0,3	1	S3000	F3000	contour	comp.WEAR ; Desb. ext. Peça Z-0.3 - 'teste'centros' ;	1,59	
012#3-FB (chama 1º)	11	CZP 52 R2.5	52	2,5	0	50	0	-45	45	0,6	S950	F5000	contour	comp.Computer ; Desb. ext. Peça Z-45.0 ;	72,24	
	11	CZP 52 R2.5	52	2,5	1	50	-0,4	-100	100	0,6	S950	F5000	contour	comp.Computer ; Desb. CX Lir. Z-100.0 ;	37,04	
	13	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	3	-16,5	16,5	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-16.5 ;	111,43	
	15	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	-13,5	-22,2	22,2	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-22.70 ;	36,76	
	15	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	-19,2	-33	33	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-33.0 ;	71,37	
	29	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	-29,99	-41,4	41,4	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-41.90 ;	57,41	
	29	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	-36,3	-49,5	49,5	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-49.5 ;	53,54	
	16	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	-36,4	-54,4	54,4	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-54.90 ;	35,07	
	16	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	5,5	-58,4	58,4	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-58.90 ;	26,28	
	16	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	-36,4	-62,4	62,4	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-62.90 ;	21,15	
	16	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	5,5	-69,3	69,3	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-69.80 ;	34,74	
***** 012#3-FC (chama 2º)	29	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	-36,4	-71,4	71,4	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-71.90 ;	8,15	
	29	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	-36,4	-75,5	75,5	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-76.00 ;	16,04	
	29	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	-36,4	-79,4	79,4	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-79.90 ;	15,6	
	29	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	-36,4	-82,3	82,3	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-82.80 ;	8,45	
	29	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	-30,4	-90,3	90,3	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-90.80 ;	19,05	
	29	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	-49,4	-104,5	104,5	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-105.00 ;	33,25	
	15	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	-36,4	-109	109	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-109.50 ;	11,59	
	15	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	5,5	-109,5	109,5	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-110.00 ;	1,4	
	15	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	5,45	-116,5	116,5	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-117.00 ;	12,76	
	15	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	5,5	-145	145	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-145.0 ;	47,59	
	15	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	5,5	-145,5	145,5	0,75	S1200	F1500	hmm	Desb. Peça Z-146.00 ;	11,41	
	16	CZP 66 R2.5	66	2,5	1,5	50	5,5	-200	200	0,75	S820	F6000	hmm	Desb. Peça Z-200.0 ;	19,77	

Anexo E – Tabela detalhada da análise SMED

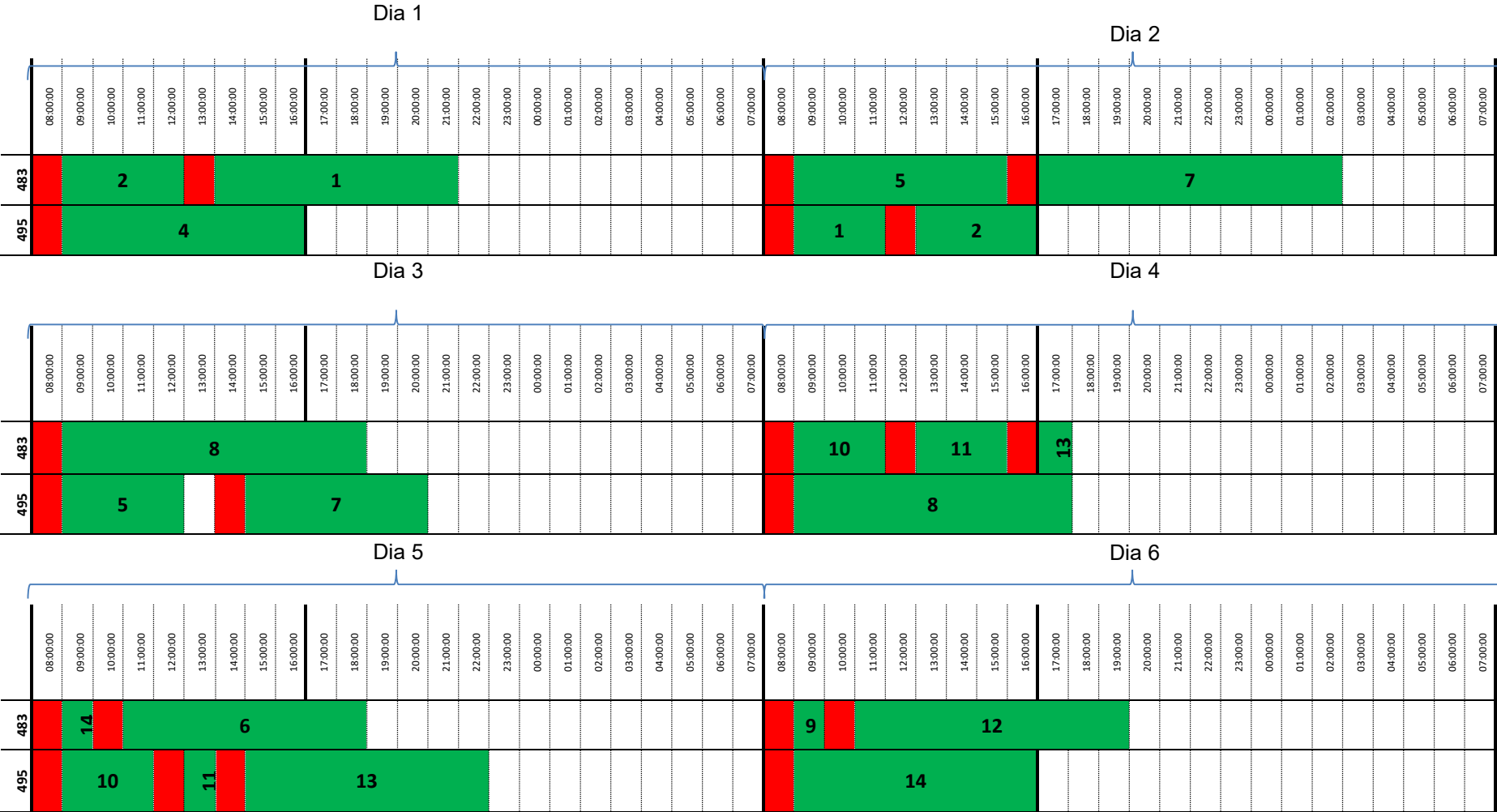
Equipamentos CNC

	Setup 4	Setup 5	Setup 6	Setup 18	Setup 19	Setup 14	Setup 21	Setup 23	Setup 9	Setup 11	Setup 13	Setup 1	Setup 2	Setup 7	Setup 8	Setup 10	Setup 24	Setup 22	Setup 15	Setup 16	Setup 26
Internas	58,5	37,4	85,2	140,6	36,9	25,0	13,5	13,6	41,5	20,2	27,2	32,7	11,9	30,9	53,2	43,5	56,8	18,7	24,9	26,2	25,4
Internas melhoráveis	0,0	0,0	0,0	21,2	22,3	0,0	10,7	9,6	7,3	45,0	7,2	0,0	0,0	88,4	94,0	71,7	25,0	42,2	0,0	4,5	10,9
Externas	18,2	14,8	40,5	83,1	14,2	13,9	18,3	23,1	29,4	31,6	6,9	10,5	5,3	23,1	32,5	30,9	37,4	10,0	10,2	27,2	3,9

Equipamentos convencionais

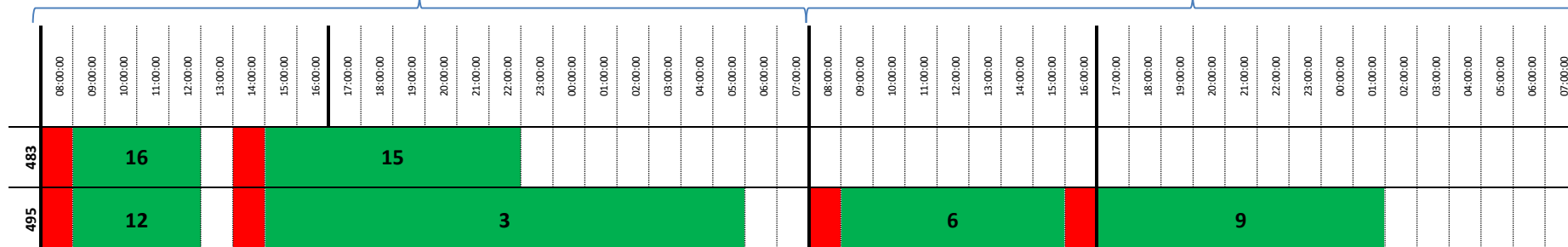
	Setup 3	Setup 12	Setup 17	Setup 20	Setup 25
Internas	2,7	26,4	16,9	12,9	5,0
Internas melhoráveis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Externas	6,8	9,4	33,6	2,8	2,0

Anexo F – Planeamento da matriz de trabalho com prioridades da empresa

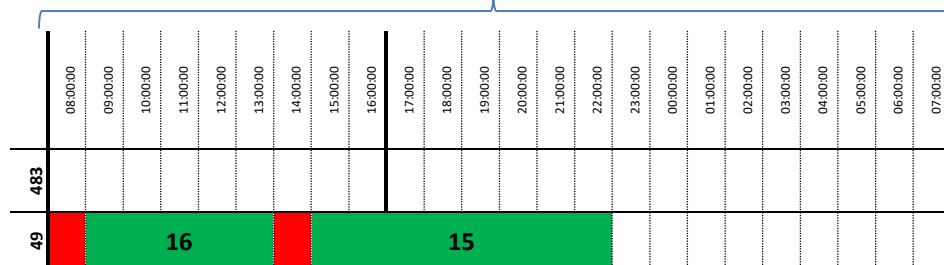


Dia 7

Dia 8



Dia 9



Anexo G - Planeamento da matriz de trabalho com prioridades propostas

