



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Francisco Viana Peão

Estudo e implementação de metodologias
Lean

Estudo e implementação de metodologias Lean

Francisco Viana Peão

UMINHO | 2023

outubro de 2023



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Francisco Viana Peão
Estudo e implementação de metodologias Lean

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia de Sistemas

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professor Doutor José Dinis de Araújo Carvalho

outubro de 2023

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações
CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Esta última fase deste percurso universitário, Mestrado em Engenharia de Sistemas, é agora colmatada com a dissertação, para o qual muitas pessoas deram o seu contributo e às quais não posso deixar de agradecer.

Primeiramente, agradeço aos meus pais por todo o apoio e ajuda que me deram ao longo destes 5 anos universitários, principalmente nestes dois últimos de mestrado. Sem eles, não era possível.

Agradeço a todos os professores que me transmitiram os conhecimentos específicos e necessários para uma melhor perceção de todos os dados recolhidos e processos observados.

A todos os nossos colegas e amigos do núcleo do curso, por toda a entreatajuda e apoio ao longo deste percurso.

À minha namorada, por todo o amor, companheirismo, compreensão e motivação.

Aos meus amigos, que me apoiam em tudo e estão presentes nos bons e nos maus momentos.

À Toolpath Solutions, representada pelo Álvaro Oliveira e pelo Engenheiro Alexandre Leal, por me terem concedido esta oportunidade de visitar e explorar as suas instalações, acolhendo-me e enriquecendo-me com as suas experiências e sabedoria, tanto a nível industrial como pessoal.

A todos os colaboradores e trabalhadores, especialmente aos Engenheiros Renato Silva e Rui Silva, ao Carlos Silva e ao professor Eurico Pereira por terem sido recetivos a esta ideia e por terem disponibilizado o seu tempo para me orientar e fornecer-me todos os dados necessários à realização deste relatório e à finalização deste projeto.

À nossa Diretora de Curso, professora Ana Rocha, por todo o empenho dedicado no seguimento deste projeto e toda a ajuda dada aos estudantes.

E um especial agradecimento ao meu orientador, o professor José Dinis Carvalho, por toda a ajuda ao longo destes meses de trabalho.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

Estudo e implementação de metodologias *Lean*

Na presente dissertação em ambiente acadêmico e empresarial na empresa metalomecânica Toolpath Solutions, em Esposende, onde o foco principal está na melhoria da organização e gestão da unidade de produção da empresa, implementando conceitos e princípios das filosofias *Lean* em todo o processo produtivo, de forma a haver um aumento de eficiência e uma redução de desperdícios.

Inicialmente, houve uma exploração para compreender o funcionamento da empresa, incluindo a sua cadeia produtiva e todos os seus processos de fabrico. Durante esse período, uma análise foi conduzida para identificar as necessidades e destacar os desafios existentes. Em seguida, com base nas informações recolhidas e após várias pesquisas, foram desenvolvidas propostas de melhoria, fundamentadas nos princípios *Lean* e nas suas abordagens metodológicas.

A metodologia de investigação que irá ser aplicada ao longo do desenvolvimento do projeto é denominada de *Action-Research* ou, em português, Investigação - Ação.

Para otimizar a eficiência, foi implementado o primeiro indicador de desempenho das máquinas, ou seja, a Disponibilidade, onde há uma medição do tempo quando a máquina está realmente a produzir. Uma nova disposição física foi introduzida na fábrica para reduzir o desperdício de movimentação e tempo. Além disso, foram implementados sistemas para localizar ferramentas com mais facilidade. Paralelamente, foram realizadas melhorias na organização e identificação do espaço na fábrica.

O objetivo é a análise e melhoria do OEE de todas as máquinas (fresadoras e tornos) e o aumento da produtividade da empresa. Para isso, foram consideradas diversas práticas de melhoria contínua, como ferramentas de qualidade e *Lean Production*, tal como o 5S e SMED.

Ao final do projeto, ficou evidente que as melhorias implementadas surtiram efeito ao simplificar processos, como o de localização de ferramentas, resultando numa busca mais rápida e eficaz, eliminando assim atividades e deslocamentos desnecessários, contribuindo assim para um aumento significativo do OEE, através do aumento da Disponibilidade das máquinas, que teve uma subida de 50% para 61%, em média, o que corresponde a 11 pontos percentuais.

Palavras-chave: OEE, *Lean Management*, SMED, 5S

ABSTRACT

Study and implementation of Lean methodologies

This dissertation is set in an academic and business environment at the metalworking company Toolpath Solutions, in Esposende, where the main focus is on improving the organisation and management of the company's production unit, implementing the concepts and principles of Lean philosophies throughout the production process in order to increase efficiency and reduce waste.

Initially, there was an exploration to understand how the company worked, including its production chain and all its manufacturing processes. During this period, an analysis was conducted to identify the needs and highlight the existing challenges. Then, based on the information gathered and following various surveys, proposals for improvement were developed, based on Lean principles and their methodological approaches.

The research methodology that will be applied throughout the development of the project is called Action-Research.

To optimise efficiency, the first machine performance indicator was implemented, namely Availability, where there is a measurement of the time when the machine is actually producing. A new physical layout was introduced in the factory to reduce wasted movement and time. In addition, systems were implemented to locate tools more easily. At the same time, improvements were made to the organisation and identification of space in the factory.

The aim is to analyse and improve the OEE of all the machines (milling machines and lathes) and increase the company's productivity. To this end, various continuous improvement practices were considered, such as quality tools and Lean Production, like 5S and SMED.

At the end of the project, it was clear that the improvements implemented had had an effect by simplifying processes, such as tool location, resulting in a faster and more effective search, thus eliminating unnecessary activities and journeys, thus contributing to a significant increase in OEE, through an increase in machine availability, which rose from 50% to 61% on average, which corresponds to 11 percentage points.

Keywords: OEE, Lean Management, SMED, 5S

ÍNDICE

Agradecimentos	ii
Resumo	iv
Abstract	v
Índice de figuras	ix
Índice de tabelas	x
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos.....	xi
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Metodologia de Investigação	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
2. Fundamentação Teórica.....	4
2.1 <i>Lean Management</i>	4
2.1.1 <i>Toyota Production Systems (TPS)</i>	4
2.1.2 Os 4 P's da <i>Toyota</i>	5
2.1.3 Standard Work	6
2.1.4 Sete Desperdícios	7
2.1.5 <i>Just In Time</i>	9
2.2 <i>Lean Thinking</i>	9
2.2.1 Gestão Visual	10
2.2.2 Ferramenta 5S.....	11
2.2.3 OEE	12
2.2.4 Muda, Mura e Muri	14
2.2.5 SMED	15

2.2.6 Kanban.....	16
3. Apresentação da Empresa.....	17
3.1 Descrição da empresa	17
3.2 Processos produtivos	18
3.3 Produtos fabricados.....	19
4. Descrição e diagnóstico da produção em estudo.....	21
4.1 Disponibilidade das máquinas	21
4.2 Setup.....	22
4.3 Área de Trabalho	23
4.3 Layout	24
4.4 Problemas identificados	26
5. Melhorias implementadas	27
5.1 Número elevado de mudanças de fabrico.....	27
5.2 Desorganização e falta de limpeza nas várias zonas do posto de trabalho	28
5.3 Mau fluxo de material ao longo da fábrica.....	32
5.4 Muito tempo dispensado na execução de setups.....	34
6. Análise dos resultados obtidos.....	35
6.1 Ganhos esperados com as aplicações 5S, com a mudança de layout e com a criação do quadro de planeamento	35
6.2 Ganhos esperados com a aplicação SMED	37
7. Conclusões	38
7.1 Considerações finais.....	38
7.1 Trabalhos futuros.....	39
Referências Bibliográficas.....	40
Anexo I – FLuxograma da Toolpath Solutions.....	42
Anexo II – FLuxograma da Toolpath Solutions.....	43

Anexo III – Desenho do exemplo 1 de uma peça fabricada pela empresa.....	44
Anexo IV – Desenho do exemplo 2 de uma peça fabricada pela empresa.....	45
Anexo V – Desenho do exemplo 3 de uma peça fabricada pela empresa	46
Anexo VI – Fresadora "PRIMINER"	47
Anexo VII – Fresadora "DMC".....	48
Anexo VIII – Fresadora "MIKRON".....	49
Anexo IX – Torno "SMEC 1"	50
Anexo X – Torno "SMEC 2"	51
Anexo XI – Torno "TMC"	52
Anexo XII – Torno "TW-8".....	53
Anexo XIII – Disposição das máquinas CNC.....	54
Anexo XIV – Disponibilidade diária (%) do SMEC 1 no 1º trimestre de 2023	55
Anexo XV – Disponibilidade (%) do DMC no 1º trimestre de 2023.....	56
Anexo XVI – Disponibilidade (%) do DMC nos 2º e 3º trimestres de 2023.....	57
Anexo XVII – Disponibilidade (%) da MIKRON no 1º trimestre de 2023.....	58
Anexo XVIII – Disponibilidade (%) da MIKRON nos 2º e 3º trimestres de 2023.....	59
Anexo XIX – Disponibilidade (%) do SMEC 2 no 1º trimestre de 2023	60
Anexo XX – Disponibilidade (%) do SMEC 2 nos 2º e 3º trimestres de 2023.....	61
Anexo XXI – Disponibilidade (%) do TMC no 1º trimestre de 2023	62
Anexo XXII – Disponibilidade (%) do TMC nos 2º e 3º trimestres de 2023	63
Anexo XXIII – Disponibilidade (%) do TW-8 no 1º trimestre de 2023.....	64
Anexo XXIV – Disponibilidade (%) do TW-8 no 2º e 3º trimestres de 2023	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa TPS. Adaptação de (Hernando et al, 2008).....	5
Figura 2 - 4P's do modelo Toyota (Liker 2003)	6
Figura 3 - J Os Sete Desperdícios.....	7
Figura 4 - JIT	9
Figura 5 - Benefícios da implementação dos 5S (reproduzido de 5 Pillars of the visual workplace, 1990)	12
Figura 6 - Os 3 M's	14
Figura 7 - 3 Etapas do SMED	15
Figura 8 - Logotipo da Toolpath Solutions.....	17
Figura 9 - Exemplo 1 de uma peça fabricada pela Toolpath	19
Figura 10 - Exemplo 2 de uma peça fabricada pela Toolpath	20
Figura 11 - Exemplo 3 de uma peça fabricada pela Toolpath	20
Figura 12 - Gráfico da Disponibilidade semanais do 1º Trimestre de 2023.....	21
Figura 13 - Nº de setups por semana ao longo do 1º Trimestre de 2023	22
Figura 14 - Área de Trabalho	24
Figura 15 - Layout inicial da empresa.....	25
Figura 16 - Quadro de planeamento.....	27
Figura 17 - Quadro das reuniões diárias dos operadores	28
Figura 18 - Antes e depois da aplicação 5S na bancada de trabalho dos operadores.....	29
Figura 19 - Antes e depois da aplicação 5S no armário da soldadura.....	30
Figura 20 - Quadro de ferramentas	30
Figura 21 - Antes e depois da aplicação 5S no espaço do material de limpeza.....	31
Figura 22 - Armário de stock	32
Figura 23 - Novo layout da empresa.....	33
Figura 24 - Gráfico da Disponibilidade média semanal do 1º Trimestre de 2023 da PRIMINER	35
Figura 25 - Gráfico da Disponibilidade média semanal dos 2º e 3º Trimestres de 2023 da PRIMINER	36
Figura 26 - Gráfico da Disponibilidade média semanal dos 2º e 3º Trimestres de 2023 do SMEC 1 ...	36

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Fases do OEE.....	13
Tabela 2 - Valores da Disponibilidade (%) no 1º e nos 2º e 3º Trimestres de 2023 das máquinas CNC	37

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

CNC - *Comando numérico computadorizado*

JIT - *Just In Time*

OEE - *Overall Equipment Effectiveness* (Eficácia geral do equipamento)

PNP - *Paragens não planeadas*

PP - *Paragens planeadas*

SMED - *Single Minute Exchange of Die* ("Troca de ferramentas num minuto")

TPS - *Toyota Production Systems*

WIP - *Work in Progress*

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação surgiu no âmbito do Mestrado em Engenharia de Sistemas, da Universidade do Minho, tendo sido realizada em ambiente empresarial na Toolpath Solutions. O tema do trabalho “Estudo e implementação de metodologias Lean” insere-se na proposta da empresa, visando a integração e aplicação de conhecimentos e competências adquiridos ao longo do curso.

O projeto envolveu a análise de diversas situações, a recolha de informação pertinente, a seleção de metodologias de abordagem e instrumentos de resolução do problema proposto, a sua resolução e, por fim, o exercício de síntese e a elaboração de conclusões.

O presente capítulo tem como objetivo explicar as motivações na realização deste projeto e descrever a empresa onde o estudo foi desenvolvido, assim como a sua história e o seu enquadramento na indústria. Serão também descritos os objetivos do projeto e os métodos e estrutura seguidos na dissertação.

1.1 Enquadramento

O termo "Lean" é uma abordagem globalmente reconhecida no campo da liderança e gestão. Essa filosofia procura eliminar de maneira sistemática o desperdício enquanto promove a criação de valor. Atualmente, essa abordagem é extensivamente estudada e aplicada numa variedade de indústrias, com resultados notáveis. A implementação das práticas do Lean desempenha um papel crucial na melhoria da eficiência e qualidade das empresas, permitindo que elas alcancem padrões de excelência. Num ambiente empresarial competitivo e ambicioso, a capacidade de identificar problemas existentes e buscar constantemente novas soluções é essencial.

A Toolpath Solutions pretende aumentar o OEE das suas máquinas CNC, usando conceitos de produção Lean. É de salientar que a empresa irá proceder numa primeira fase, e de forma estratégica, à melhoria dos valores da Disponibilidade, uma das fases do OEE, tendo registados no primeiro trimestre de 2023, uma média de 50%, sendo este, um valor baixo, e devendo, portanto, ser tomadas medidas para o aumentar.

1.2 Objetivos

Os objetivos gerais deste projeto são a melhoria do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) de todas as máquinas (fresadoras e tornos), a redução de desperdícios e o aumento da produtividade da empresa. Para isso, irão ser implementadas algumas ferramentas *Lean Management* na fábrica, como a implementação de melhorias no processo de procura e devolução de ferramentas, a melhoria da identificação e organização do espaço na fábrica (5S) e a aplicação *Single Minute Exchange of Die* (SMED).

Com o intuito de cumprir os objetivos definidos, efetuou-se o levantamento dos problemas e necessidades relativamente ao funcionamento da empresa, procedendo-se de seguida à sua análise. Recorrendo à filosofia *Lean Manufacturing* e suas ferramentas, propuseram-se e implementaram-se diversas melhorias para promover uma maior qualidade na produção.

Com a concretização destes objetivos, pretende-se que a empresa reduza os custos, ou seja, produza mais com os mesmos recursos, sem necessidade de novos investimentos e produza com melhor qualidade e mais rápido, reduzindo os produtos defeituosos. Também se espera que a empresa seja mais competitiva no mercado e que se diferencie da concorrência.

1.3 Metodologia de Investigação

A metodologia usada ao longo do trabalho de investigação feito dá-se pelo nome de *Action-Research* (Investigação - Ação), onde o principal objetivo é encontrar soluções e melhorias para todo o tipo de problemas que nos aparecem diariamente. Esta metodologia é fundamentada num processo cíclico ou em espiral, alternando entre ação e reflexão crítica. Nos ciclos subsequentes, os métodos, dados e interpretações são melhorados com base na experiência adquirida no ciclo anterior. Esse método abraça a ideia de melhoria contínua ao longo da investigação.

Numa fase inicial, começou-se por analisar a situação atual da empresa, principalmente o modo de funcionamento de cada setor, através de observação e registo, acompanhando os operadores nas suas tarefas. Isto permitiu obter um conhecimento amplo do funcionamento da fábrica e dos vários processos produtivos existentes.

Numa segunda fase, registou-se o tempo de produção das máquinas CNC da empresa e comparou-se com o tempo que elas estiveram ligadas, calculando a Produtividade das mesmas.

Numa fase seguinte, procurou-se identificar de forma clara os problemas existentes e, tendo por base uma pesquisa de conceitos teóricos relacionados com o tema do projeto, estudaram-se várias soluções e melhorias.

Por fim, na última fase, procurou-se implementar as soluções mais adequadas das várias que foram estudadas, no sentido de corrigir os problemas detetados e melhorar o funcionamento da empresa. Devido ao tempo limitado, a continuação deste projeto será desenvolvida pelo responsável da área, num futuro próximo.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação divide-se em 6 partes principais: Introdução; Fundamentação Teórica; Apresentação da empresa; Descrição e diagnóstico da produção em estudo; Melhorias implementadas; Conclusão.

No primeiro capítulo será abordado assuntos como o enquadramento teórico, os objetivos da dissertação e a metodologia usada na investigação.

No segundo capítulo, fazemos uma análise ao grande tema desta dissertação, onde vai ser abordada a importância da filosofia *Lean*, com base em estudos realizados e resultados obtidos.

O terceiro capítulo passa por uma descrição da empresa, onde a investigação para a realização desta dissertação foi feita, apresentando um pouco da sua história, os seus processos de fabrico e os tipos de produtos fabricados.

Já no quarto capítulo irá passar pela análise e diagnóstico do processo de produção a intervir. Para tal, vai ser feita a recolha e análise dos dados de tempo de funcionamento das e o tempo Planeado de produção das máquinas CNC existente na fábrica, de modo a ver o estado atual da empresa, no que diz respeito à Disponibilidade das máquinas, um dos fatores para o cálculo do OEE e um dos principais focos neste trabalho de investigação.

No quinto capítulo serão descritas as melhorias implementadas na empresa, que responderam a alguns dos problemas encontrados. Também será feita uma análise mais detalhada ao tema da Disponibilidade das máquinas, uma vez que foi a o principal foco e onde se sentiu uma melhoria mais acentuada.

Por fim, no sexto, serão apresentadas as conclusões do trabalho realizado ao longo dos meses na Toolpath Solutions, assim como, as limitações sentidas durante o mesmo. Ainda foram feitas algumas recomendações de trabalhos futuros na empresa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo contém uma revisão bibliográfica acerca da filosofia *Lean*, filosofia base no desenvolvimento deste projeto. Desta forma há uma maior envolvimento acerca da origem, das ferramentas e das metodologias que constituem esta filosofia e que serviram de suporte ao trabalho realizado, abrangendo certos princípios, com o objetivo de entender a rotina da empresa e suas exigências.

2.1 *Lean Management*

Nesta seção são dadas a conhecer o *Toyota Production System*, as suas bases, pilares e o conceito de desperdício. O termo *Lean* (do inglês “magro”) surgiu na necessidade de caracterizar o TPS. Então, para iniciar a abordagem à filosofia *Lean* é importante recuar no tempo e perceber as suas origens, em que circunstâncias surgiu e o porquê do seu grande sucesso.

2.1.1 *Toyota Production Systems (TPS)*

A *Toyota Motor Company*, que foi fundada por *Kiichiro Toyoda* em 1937, passava por dificuldades nos primeiros anos, produzindo principalmente caminhões com recurso a tecnologias e métodos básicos. Após a Segunda Grande Guerra, em 1950, *Eiji Toyoda*, o responsável pela empresa na altura, visitou uma das fábricas da Ford e voltou decidido a melhorar o sistema de produção da Toyota, com o objetivo de aumentar a sua produtividade, tarefa que foi atribuída a *Taiichi Ohno*, diretor de produção da empresa. Este percebeu que replicar o modelo de produção em massa da Ford não era o caminho a seguir, mas que seria possível usar o conceito base de fluxo contínuo de material para desenvolver um sistema inovador. Assim, nasceu o *Toyota Production System*, que mais tarde passou a ser tratado por *Lean Management* ou *Lean Production* (Liker, 2003).

De forma a esquematizar melhor os princípios do TPS, *Fujio Cho*, desenvolveu uma representação simples em forma de uma casa (Liker, 2003). Este esquema representa a união de todos os elementos que constituem este sistema, sendo todos de uma elevada importância para o seu funcionamento. Na Figura 1 encontra-se representada a casa TPS.



Figura 1 - Casa TPS. Adaptado de (Hermano et al, 2008)

Na base da casa está presente a estabilidade dos processos, formada pela produção nivelada (*Heijunka*), pelos processos standard, pela gestão visual e pela filosofia Toyota. Os pilares deste sistema são o *Jidoka* e o *Just-in-Time*, essenciais para a concretização dos objetivos. No chão da casa, encontra-se a melhoria contínua (*Kaizen*), juntamente com o nivelamento da produção e do trabalho padronizado. Por fim, no telhado da casa, está esquematizado o resultado, ou seja, um produto ou serviço de elevada qualidade, com o menor custo e que corresponda às necessidades do cliente.

2.1.2 Os 4 P's da Toyota

Este sistema produtivo tem como objetivo o aumento da produtividade, através da redução de custos que é alcançada através da eliminação de desperdícios (Monden, 2011).

Na base da criação desta filosofia está o modelo dos 4P's, uma pirâmide de quatro níveis, que surge como ponto de partida para a abordagem deste sistema produtivo. Os 4P's são: Filosofia (*Philosophy*), Processo (*Process*), Pessoas e Parceiros (*People and Partners*) e Resolução de Problemas (*Problem Solving*) (Liker, 2003).

- **Philosophy.** Para a Toyota é fundamental ter uma filosofia a longo prazo, com foco na criação de valor para o cliente e sociedade onde esta se insere (Liker, 2003);

- **Process:** A Toyota é uma organização orientada para o processo produtivo, esta acredita que um processo correto conduzirá aos resultados desejados. E ter um fluxo contínuo no processo produtivo é a chave para atingir qualidade ao menor custo (Liker, 2003);
- **People and Partners:** Acrescentar valor à organização ajudando os parceiros e fortalecendo as competências dos colaboradores, através de ferramentas que ajudem a alcançar os objetivos previstos, promovendo assim o seu desenvolvimento e melhoramento contínuo (Liker, 2003);
- **Problem Solving:** Identificação sistemática das causas dos problemas no processo produtivo e sua prevenção. Com esta abordagem as organizações adquirem bastante conhecimento científico sobre o processo produtivo (Liker, 2003).

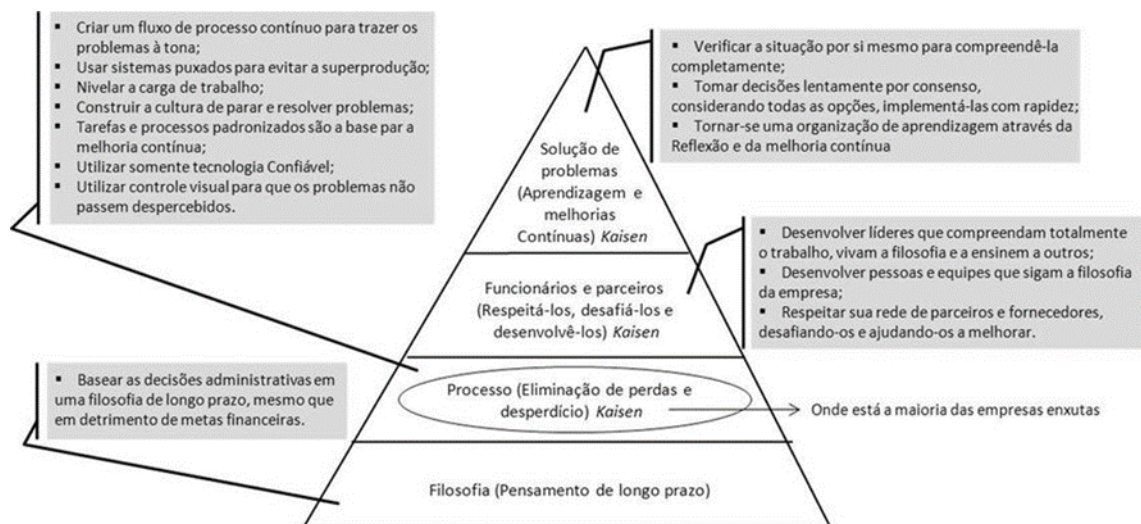


Figura 2 - 4P's do modelo Toyota (Liker 2003)

2.1.3 Standard Work

O *Standard Work* (trabalho normalizado) estabelece a melhor e mais eficaz forma de realizar cada operação para cada operador. Assegura que os mesmos são realizados de forma igual e por qualquer pessoa que os execute. Desta forma é definido uma duração para cada etapa de um processo, com instruções para a realização das mesmas (Silva, 2017).

O trabalho normalizado apoia-se em três elementos-chave:

- **Takt time:** tempo de ciclo para a produção de um produto desde o princípio até ao fim, de modo a responder à procura do mercado (Silva, 2017).

- **Sequência de trabalho normalizado:** consiste num conjunto de tarefas que são sequenciadas e que representam a melhor e mais eficaz forma de executar a operação (Silva, 2017);
- **Inventário:** quantidade de produtos intermédios necessários para manter o processo em constante funcionamento (Silva, 2017).

2.1.4 Sete Desperdícios

O objetivo principal da filosofia *Lean* é a eliminação dos desperdícios, no sentido de melhorar a qualidade, custo, produtividade e segurança. Uma grande parte destes desperdícios pode ser detetada através da observação e acompanhamento dos trabalhadores, equipamentos e materiais na linha de produção. No entanto, é muito importante localizá-los e eliminá-los (Art of Lean, 2000).

Segundo Taiichi Ohno, existem sete tipos de desperdícios presentes numa organização, descritos abaixo, como se pode observar na Figura 6 (J P Womack & Jones, 1997).



Figura 3 - Os Sete Desperdícios

1. **Excesso de produção (*Overproduction*)**: significa produzir mais do que aquilo que o cliente pede, ou seja, produção superior à procura. Origina a ocupação indevida de máquinas e espaço, maiores consumos de matérias-primas e recursos humanos e custos adicionais (Imai, 2012);
2. **Tempo de espera (*Waiting*)**: ocorre quando os operadores estão parados por falta de material, informação, equipamento ou ferramentas. Este tempo que não é usado de forma eficiente é um desperdício (Imai, 2012);
3. **Transporte (*Transport*)**: como o transporte não acrescenta valor ao produto, é considerado um desperdício e, por isso, é necessário reduzi-lo ao máximo. A sua origem está relacionada com um layout ou processos não adequados (Imai, 2012);
4. **Inventário (*Inventory*)**: está relacionado com a produção em excesso e causa vários problemas, tais como elevados custos de armazenamento. Quando se encontram parados, tanto a matéria-prima como os produtos em curso e acabados, não acrescentam valor, sendo que ocupam espaço e gastam recursos humanos e transporte para a sua manutenção (Imai, 2012);
5. **Excesso de processamento (*Overprocessing*)**: trabalhar mais do que é necessário é uma das formas mais óbvias de desperdício. Tal acontece devido à utilização de tecnologias ou ferramentas desadequadas e de etapas complexas e desnecessárias no processo produtivo, as quais levam ao aparecimento de defeitos e implicam que sejam feitas inspeções ou reparações (Imai, 2012);
6. **Movimentação (*Motion*)**: resulta de um mau fluxo de trabalho, de uma pouca organização no local de trabalho, de métodos inconsistentes de trabalho ou da indisponibilidade de materiais, que causam movimentações desnecessárias dos operadores (Imai, 2012);
7. **Defeitos (*Defects*)**: ocorrem quando são produzidos produtos que não atendem às especificações do cliente e provocam desperdícios de material, equipamentos e recursos humanos. Causam também a interrupção do trabalho e o retrabalho de peças defeituosas. Assim, o objetivo é melhorar o controlo de qualidade, no sentido de se cumprir o processo corretamente em vez de controlar os resultados (Imai, 2012).

Resumindo, é importante ter uma noção clara do que são desperdícios, que ocorrem quando o processo consome mais recursos do que aqueles que são necessários para atender às necessidades do cliente. Assim, é essencial criar ferramentas que contribuam para a identificação destes desperdícios e garantir que tudo o que se faça ao longo do processo obtenha valor (Liker, 2003).

2.1.5 Just In Time

Just In Time é um conceito muito importante na aplicação da filosofia Lean. Uma vez aplicado a algum processo produtivo, consiste em otimizar o mesmo, produzindo o que é necessária, nas quantidades necessárias e com o menor custo possível associado. Isto tudo é possível, através da redução de inventários. Isto é conseguido através da redução de inventários, da sincronização de processos e de uma produção com um fluxo contínuo, minimizando assim o *Work in Progress*, ou seja, material que já entrou no processo produtivo, mas que ainda não é considerado um produto acabado (Shingo, 1985).

Este sistema permite a produção de produtos em pequenas quantidades, possibilitando que os mesmos sejam entregues aos clientes em curtos prazos de tempo, respondendo rapidamente à procura e eliminando desperdícios e atividades que não acrescentam valor (Liker, 2003). Por outro lado, vão surgir alguns problemas na produção, como as paragens de equipamentos e o aparecimento de peças defeituosas, ocultados anteriormente pelos elevados níveis de inventário (Imai, 2012).

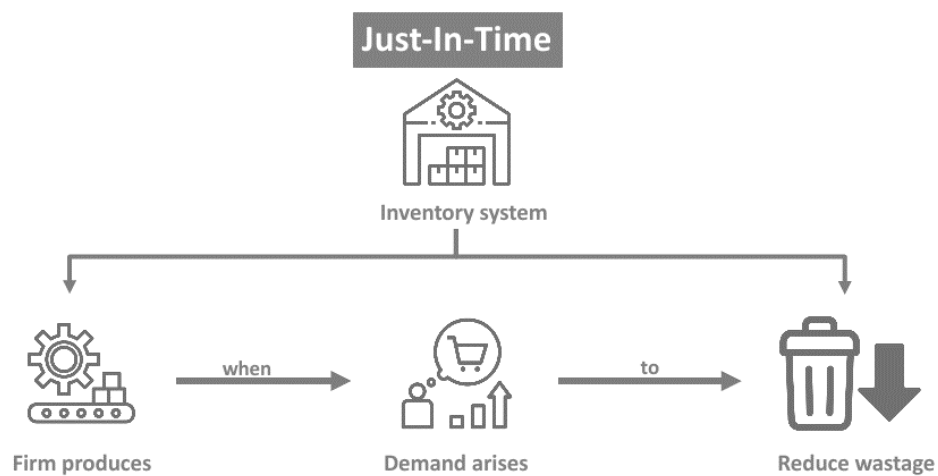


Figura 4 - JIT

2.2 Lean Thinking

Historicamente, a filosofia mais utilizada para a eliminação de atividades que não acrescentam valor ao produto e ao cliente, e por isso, capaz de eliminar todo o tipo de desperdícios é a filosofia Lean

(Rossi et al., 2022). Segundo Womack & Jones (1997), existem 5 princípios que sustentam esta filosofia, sendo eles: especificar valor, identificar o fluxo de valor, fluxo contínuo, sistema pull e perseguir a perfeição. Estes, permitem eliminar atividades que não geram valor acrescentado, obter produtos e serviços de alta qualidade a um baixo custo e ainda, melhorar os fluxos de produção através da redução dos desperdícios (Azevedo et al., 2019).

Os cinco princípios são:

- **Valor:** o valor é unicamente definido pelo cliente, pois representa o que ele está disposto a pagar. Qualquer outra característica que não atenda às necessidades ou expectativas do cliente deve ser eliminado ou corrigido;
- **Cadeia de valor:** é o conjunto de todas as etapas e ações necessárias à satisfação dos pedidos do cliente. Neste processo é necessário identificar as atividades que acrescentam valor, as que não acrescentam, mas são necessárias e as que não acrescentam valor ao produto final e não são necessárias.
- **Fluxo:** depois de eliminadas as atividades que não acrescentam valor, é necessário criar um processo mais fluido possível, a um ritmo que satisfaça a encomenda do cliente.
- **Sistema *pull*:** este sistema consiste em produzir apenas aquilo que é necessário apenas quando for necessário. O objetivo é eliminar a acumulação de stock intermedio e final.
- **Perfeição:** a busca pela perfeição é a melhoria continua (ou *Kaizen*). O objetivo final é sempre a eliminação de desperdícios e criar valor ao produto. Neste sentido, as empresas devem estar sempre em constante evolução tentando encontrar formas de melhorar o seu desempenho.

2.2.1 Gestão Visual

A gestão visual não se trata de um conceito novo, tendo ganho força quando foi aplicado no sistema de produção Toyota (TPS) por volta dos anos 40. Esta metodologia contém várias e diferentes ferramentas e métodos que tornam possível a visualização de informação, de requisitos, e de orientações de visualização (Eaidgah et al., 2016).

Se uma das razões da existência da gestão visual é tornar os problemas visíveis, outra igualmente importante é ajudar trabalhadores e supervisores a permanecerem contacto com a realidade do gembu, ou seja, o seu devido lugar. A gestão visual é um método muito prático para determinar quando tudo está organizado e enviar um aviso quando uma anormalidade surge (Imai, 2012).

Com base no acima descrito, podemos afirmar que a gestão visual é uma ferramenta que tem como objetivos a redução de desperdícios relacionados a tempos de procura de materiais, deslocações e ferramentas, e facilita a deteção de erros e diminuição de risco de acidentes. Para que tais desperdícios possam ser eliminados é essencial a organização e limpeza do ambiente de trabalho.

2.2.2 Ferramenta 5S

A ferramenta 5S foi desenvolvida com a finalidade de transformar o ambiente das organizações e a atitude das pessoas, contribuindo para uma melhor qualidade de vida dos funcionários, na diminuição de desperdícios, na redução de custos e no aumento de produtividade das organizações (Hirano, 1990).

O 5S é uma metodologia de origem japonesa de 5 etapas (cujas palavras, em japonês, têm como iniciais a letra “s”) que procuram mostrar o caminho para a melhoria da qualidade, segurança e limpeza do posto e/ou local onde se desenrola a atividade laboral.

Esta, é considerada um dos primeiros passos a dar para a implementação da produção Lean, ajudando a reduzir o desperdício geral (Quiroz-Flores & Vega-Alvites, 2022; Shahriar et al., 2022).

As 5 etapas, por ordem de aplicação, são:

- **Triagem (“*Seiri*”)**: Manter apenas o necessário para as operações de produção no posto de trabalho, desfazendo-se de tudo o que seja inútil;
- **Arrumar (“*Seiton*”)**: Definir a localização de todas as ferramentas, de modo que sejam facilmente utilizadas e arrumadas, colocando à mão as de uso mais frequente;
- **Limpar (“*Seiso*”)**: Determinar as causas de sujidade e resolvê-las;
- **Normalizar (“*Seiketsu*”)**: Estabelecer as regras de trabalho. Formalizar a arrumação através de simples identificações ou de formas mais complexas, tais como gamas de limpeza;
- **Respeitar (“*Shitsuke*”)**: Tomar o hábito de aplicar os 5S no seio da GAP, obedecer as 7 regras do armazém e continuar a melhorar.

Trata-se de um conceito que apela a simplicidade e linearidade de procedimentos, do rigor com que se aplica e da regularidade ou frequência com que se pratica.

Esta metodologia representa inúmeros benefícios diretos e indiretos, tal como mostra a figura 4:

- ❖ Diversidade de Produtos;
- ❖ Melhor qualidade;
- ❖ Custos reduzidos;
- ❖ Entregas a tempo;

- ❖ Melhoria da segurança;
- ❖ Aumento da taxa de disponibilidade.

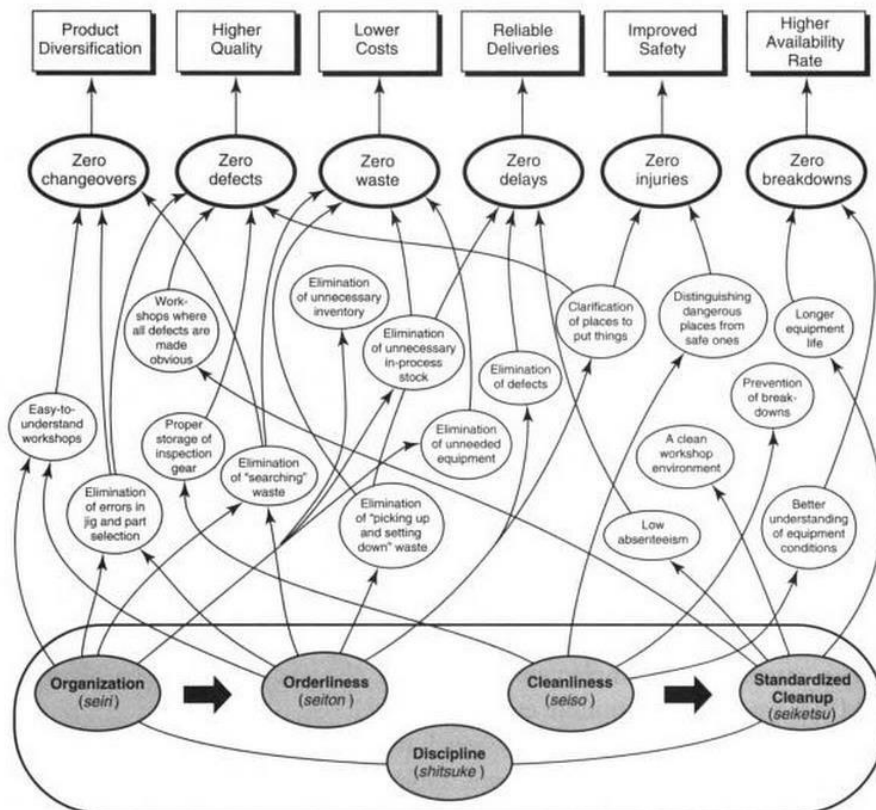


Figura 5 - Benefícios da implementação dos 5S (reproduzido de 5 Pillars of the visual workplace, 1990)

2.2.3 OEE

O OEE é um padrão utilizado para medir a produtividade de um determinado grupo de operadores, equipamentos, entre outros, mas também identificar perdas, avaliar o progresso e melhorar a produtividade do equipamento de fabricação. A medição de OEE é uma prática recomendada para o aumento da produtividade pois, através desta, é possível obter informações importantes sobre como melhorar sistematicamente o processo de fabrico. O OEE é calculado com base nestes três fatores de desempenho, como mostra a equação (1):

$$OEE = Disponibilidade \times Rendimento \times Qualidade \quad (1)$$

Uma percentagem de 100% OEE, significa que o equipamento em questão apenas fabrica peças de acordo com os parâmetros definidos, no menor tempo possível e sem tempos de paragem. Assim, este valor significa 100% qualidade, 100% desempenho, 100% disponibilidade. Na Tabela 1, podemos definir estes fatores do OEE.

Qualidade	Tem em conta os defeitos, incluindo as peças que precisam de ser trabalhadas
Desempenho	Tem em conta ciclos lentos e pequenas paragens
Disponibilidade	Tem em conta as paragens planeadas e não planeadas da máquina

Tabela 1 - Fases do OEE

A Disponibilidade refere-se ao tempo em que o equipamento está disponível para produção. É calculado dividindo o tempo de produção real pelo tempo total disponível, tal como a equação (2):

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de funcionamento}}{\text{Tempo de produção planeado}} \quad (2)$$

O Desempenho representa a velocidade real de produção em comparação com a velocidade teórica ou esperada do equipamento. É calculado dividindo a produção real pela produção máxima possível, como mostra a equação (3):

$$Desempenho = \frac{\text{Tempo ideal de ciclo} \times N^{\circ} \text{ total de peças}}{\text{Tempo de funcionamento}} \quad (3)$$

A qualidade indica a proporção de produtos produzidos que atendem às especificações de qualidade, ou seja, sem defeitos e de acordo com o desenho ou o pretendido pelo cliente. É calculado dividindo o número de produtos de qualidade pelo número total de peças produzidos, como podemos observar na equação (4).

$$Qualidade = \frac{\text{Peças boas}}{N^{\circ} \text{ total de peças}} \quad (4)$$

2.2.4 Muda, Mura e Muri

Existem 3 tipos de atividade que contribuem para uma fraca produtividade e para um mau desempenho, sendo considerados "inimigos" do *Lean*: desperdícios, sobrecarga e desigualdade. Para a gestão empresarial japonesa, isto é expresso em termos de muda, mura e muri. O significado destes termos é:

- **Muda** - Refere-se ao desperdício, ou seja, tudo que não acrescente valor para o produto, este deve ser reduzido e/ou eliminado e abrange todas as etapas do produto que o cliente não está disposto a pagar; (Pinto, 2014)
- **Mura** - Refere-se ao que é irregular e inconsistente no processo produtivo, este é eliminado através da adoção do sistema JIT, que procura produzir apenas o que é necessário, quando é necessário, no menor custo possível; (Pinto, 2014)
- **Muri** - Refere-se ao que é irracional e manifesta-se através de excessos as insuficiências na produção. Este é eliminado através da uniformização do processo produtivo, garantindo assim que todos os colaboradores seguem o mesmo procedimento, tornando os processos produtivos mais previsíveis e estáveis (Pinto, 2014).

Na figura 6, podemos observar um esquema dos 3 tipos de desperdício abordados.

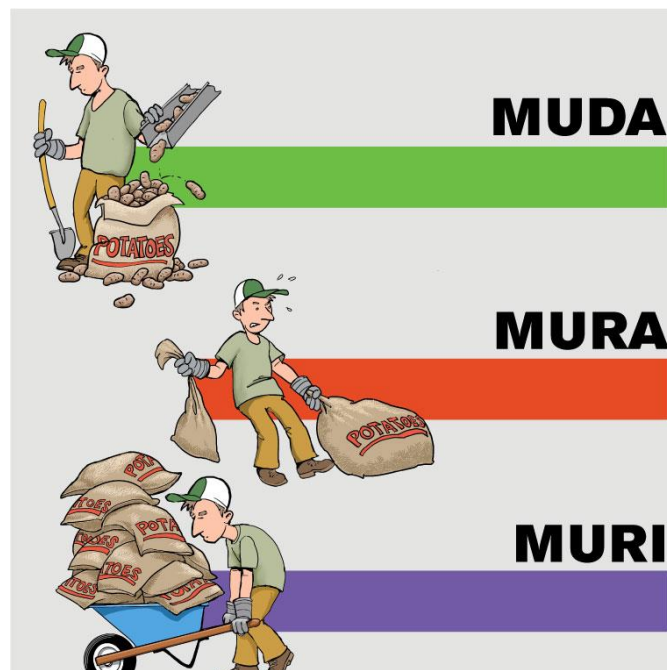


Figura 6 - Os 3 M's

2.2.5 SMED

SMED é uma das ferramentas Lean utilizadas para reduzir e eliminar desperdícios. O sistema SMED é um conjunto de técnicas e ferramentas que permitem reduzir de forma significativa a complexidade e tempos de setup dos equipamentos em menos de 10 minutos. A expressão Single-Minute refere-se a apenas um dígito na casa dos minutos.

Existem dois tipos de operação numa mudança de produção:

- **Setup Interno** – Refere-se ao conjunto de operações que apenas podem ser realizadas com a máquina parada/desligada.
- **Setup Externo** – Trata-se do conjunto de operações que podem ser executadas com a máquina em funcionamento.

O SMED é implementado em 3 etapas, tal como podemos observar na Figura 7.

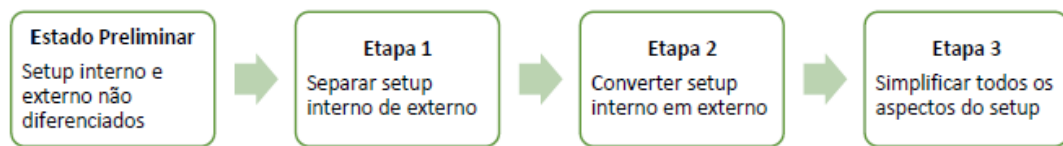


Figura 7 - 3 Etapas do SMED

Estado Preliminar - O *setup* interno e externo não se distinguem. Nesta fase a mudança de produção é desorganizada, e é efetuado apenas a observação e registo do estado atual.

Etapa 1 – Na implementação SMED é muito importante fazer a distinção entre *setup* interno e externo. O tempo necessário para o *setup* interno, com a máquina parada, geralmente pode ser reduzido em cerca de 30% a 50%, realizando tarefas como a preparação e transporte enquanto a máquina ainda esta em execução. De modo a auxiliar esta etapa, podem ser usadas três técnicas: *checklists* de verificação dos elementos fundamentais das operações, verificação das condições de funcionamento e melhoria dos processos de transporte.

Etapa 2 – Para reduzir o tempo de preparação são necessárias duas atividades fundamentais, que são: examinar todas as operações, de modo a ver se existem etapas assumidas de forma errada como *setup* interno; encontrar formas de converter essas etapas para *setup* externo.

Etapa 3 – Para reduzir ainda mais o tempo de *setup* são aplicados princípios específicos para encurtar o tempo necessário, especialmente para as etapas que devem ser feitas como *setup* interno,

tais como operações paralelas, eliminar ajustes, usar fixadores funcionais e mecanização. Para as etapas de *setup* externo, melhorar o processo de armazenamento e no transporte de matérias e ferramentas

2.2.6 Kanban

Kanban, (do japonês “placa de sinalização”), é uma ferramenta de comunicação, que fornece indicações à produção.

O *kanban* é um cartão que dá indicação para a produção ou transporte de material, podendo conter informações acerca do material, do cliente e fornecedor (internos ou externos) e da quantidade a fornecer. O primeiro indica a produção de determinada quantidade de um produto. O segundo tem como objetivo a movimentação de materiais entre locais de armazenamento e postos de trabalho, indicando a referência do produto, a quantidade e o local de destino (Imai, 2012).

Este sistema permite regular e melhorar o fluxo de materiais na produção, proporciona um fácil controlo visual, oferece um maior controlo aos trabalhadores, melhora a resposta à procura do mercado e minimiza o risco de obsolescência de inventário (John M. Gross, 2003).

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo será feita uma apresentação da empresa onde foi desenvolvido esta dissertação: Toolpath Solutions. Haverá uma descrição da mesma, dos seus processos produtivos e alguns exemplos de produtos fabricados.

3.1 Descrição da empresa

A Toolpath Solutions (logotipo representado na Figura 8) é uma empresa muito jovem, com cerca de 6 anos de existência, com sede em Esposende. É especializada na metalomecânica de precisão, utilizando processos de maquinagem em CNC, como a fresagem e o torneamento. Esta também poderá utilizar outros processos, como a quinagem e a soldadura. A empresa trabalha para vários mercados, entre os quais, a indústria automóvel, têxtil, alimentar e construção.

A aposta da Toolpath está na conceção de produtos e serviços que respondam às variadas necessidades do mercado, tendo a máxima qualidade, menor custo de produção e cumprindo os prazos estabelecidos. Podemos visualizar o Fluxograma da empresa no Anexo I.



Figura 8 - Logotipo da empresa Toolpath Solutions

A Toolpath conta com uma equipa jovem e empreendedora, com uma atividade pautada nos princípios de melhoria contínua, procurando garantir a satisfação do cliente pela disponibilização de um produto de qualidade, assegurando, desta forma, a competitividade e sustentabilidade da empresa.

3.2 Processos produtivos

A Toolpath Solutions está dividida em vários setores, nos quais se realizam diferentes processos produtivos. Estes estão nomeados da seguinte forma:

- ❖ Maquinagem (Fresagem e Tornearia);
- ❖ Quinagem;
- ❖ Soldadura;
- ❖ Acabamentos;
- ❖ Acabamentos de superfície;
- ❖ Montagem;
- ❖ Embalamento.

O setor da Maquinagem é composto por diversas máquinas CNC, as quais se podem observar nos Anexos VI a XII. Na zona de Fresagem, encontramos 3 fresadoras e na zona de Tornearia, existem 4 tornos, como podemos verificar no Anexo XIII. As matérias-primas são normalmente barras cilíndricas ou quadradas de aço, as quais são previamente cortados num serrote.

A Quinagem é um modo de dobragem em "V" e pode ser feita no ar ou no fundo. O setor de Quinagem é composto por uma quinadora e, neste momento, conta com um único operador responsável pela área.

O setor da Soldadura é composto por 2 bancadas de trabalho e agrega 2 trabalhadores. Muito recentemente foi adquirida uma máquina de eletrossoldadura, que veio ajudar o setor, trazendo velocidade e qualidade aos produtos.

O setor de Acabamentos é composto por 1 furadora, 1 roscadora e 1 torno mecânico. Desta forma, o setor dedica-se a operações de roscar, furar, mandrilar e escarear peças ou ferramentas usadas noutros setores.

O processo de Acabamentos de superfície consiste na utilização de diversas ferramentas, tais como, rebarbadoras limas e lixas, que através de um trabalho de polimento manual, garantem que as peças possuem o melhor acabamento possível, mais precisamente uma superfície interna e externa sem defeitos, com a exigência requerida pelo cliente. Existe também 1 máquina de polimento vibratória, que é utilizada quando as peças são de tamanho mais diminuto.

Os setores de Montagem e Embalamento constituem os processos finais sofridos pelos diferentes produtos. O primeiro consiste na montagem dos produtos finais, partindo das diferentes peças que o integram. No segundo, os produtos são embalados das mais diversas formas, dependendo das exigências do cliente, e são depois armazenados ou expedidos.

3.3 Produtos fabricados

A Toolpath Solutions produz peças para o ramo automóvel, têxtil, alimentar e construção. A empresa não tem um produto específico, adapta-se às necessidades do cliente e desenvolve o seu trabalho em função disso. Alguns exemplos de produtos fabricados na Toolpath estão representados nas Figuras 9, 10 e 11, cujo respetivo desenho se encontra nos Anexos III, IV e V, respetivamente. Esse desenho é enviado pelo cliente ou feito na empresa, com a ajuda do *software* "Fusion 360".



Figura 9 - Exemplo 1 de uma peça fabricada pela Toolpath

A Figura 9, mostra-nos uma peça que passou por alguns processos produtivos. Esta passa por corte laser (processo externo), tornearia, soldadura e zincagem (processo externo).

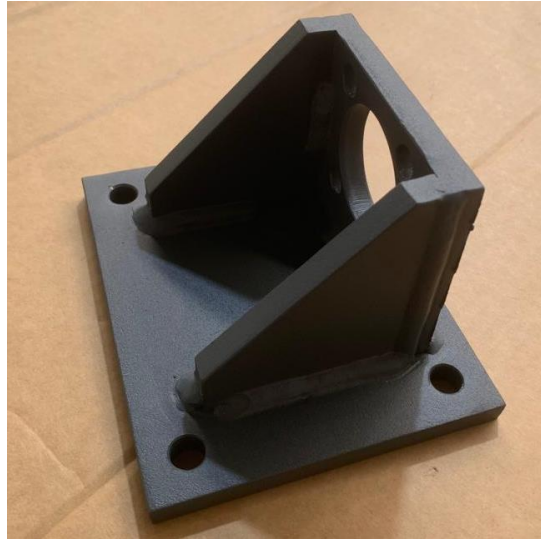


Figura 10 - Exemplo 2 de uma peça fabricada pela Toolpath

A peça apresentada na Figura 10, teve como processos produtivos corte laser (processo externo), fresagem, soldadura e lacagem (processo externo).



Figura 11 - Exemplo 3 de uma peça fabricada pela Toolpath

Já na figura 11, a peça apresentada apenas passou pelos processos produtivos de fresagem e lacagem (processo externo).

4. DESCRIÇÃO E DIAGNÓSTICO DA PRODUÇÃO EM ESTUDO

Este capítulo aborda a análise e o diagnóstico do setor de maquinagem da empresa, que engloba Fresagem e Tornearia. Os problemas existentes vão ser identificados, enquanto as propostas de melhoria e a sua implementação irá só ser abordada no seguinte capítulo. O foco principal, como já foi referido anteriormente, a pedido da empresa, é na disponibilidade das máquinas.

4.1 Disponibilidade das máquinas

A Disponibilidade é uma das fases do OEE que nos permite saber se a máquina, no seu tempo disponível, está a produzir, tendo em conta as paragens planeadas e as paragens não planeadas.

Uma das dificuldades para a recolha e análise destes dados, foi a forma como os registos eram retirados, manualmente, como podemos verificar no Anexo 5. Os operadores registam diariamente 3 tempos, com auxílio de 2 contadores instalados nas máquinas: o tempo quando a máquina é ligada, o tempo quando a máquina é desligada e o tempo que a máquina este a produzir. Com estes conseguimos calcular a Disponibilidade das 7 máquinas CNC em questão, com recurso ao Excel. Como os dados são registados manualmente, como nos apresenta o Anexo II, a probabilidade de erro é maior e a veracidade dos dados não era a melhor.

A Figura 12 mostra-nos um gráfico da Disponibilidade média semanal do primeiro trimestre do ano de 2023 da máquina "SMEC 1", torno que trabalha 16 horas por dia, e o Anexo XIV contém um gráfico, com a mesma informação, mas por dia, durante o mesmo período.

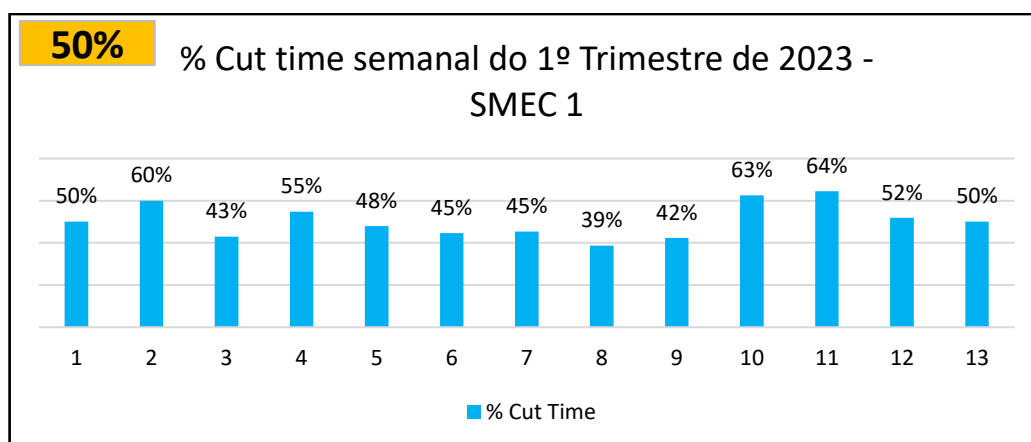


Figura 12 - Gráfico da Disponibilidade média semanal do 1º Trimestre de 2023 da SMEC 1

De janeiro a março de 2023, o SMEC 1 esteve ligada cerca de 960 horas, das quais trabalhou efetivamente 580 horas (equivalente a 30 dias de trabalho), tendo sido o perdido o mesmo número horas em paragens. A percentagem das horas onde a máquina produziu foi de 47%, enquanto a de paragem da máquina foi de 53%. Sendo a primeira percentagem baixíssima, devido percebemos que a empresa está mais tempo sem produzir do que a produzir e, tendo em conta o que se pretendia, chegou-se à conclusão de que este valor podia e deveria subir.

Com a observação e o registo das atividades que o operador faz ao longo do dia, percebemos que o maior motivo para as paragens da máquina era os *setups*. Assim, passamos a focarmo-nos na diminuição desses tempos, uma vez que os *setups* são um enorme travão no que diz respeito à Disponibilidade das máquinas.

4.2 Setup

Como já foi referido anteriormente, os *setups*, como PNP, são muito impactantes no que toque à Disponibilidade de uma máquina. Para aprofundar esse impacto, observamos e registamos o número de setups que uma das máquinas, neste caso a SMEC 1 (um dos tornos), fez ao longo de 3 meses, como podemos observar na Figura 13.

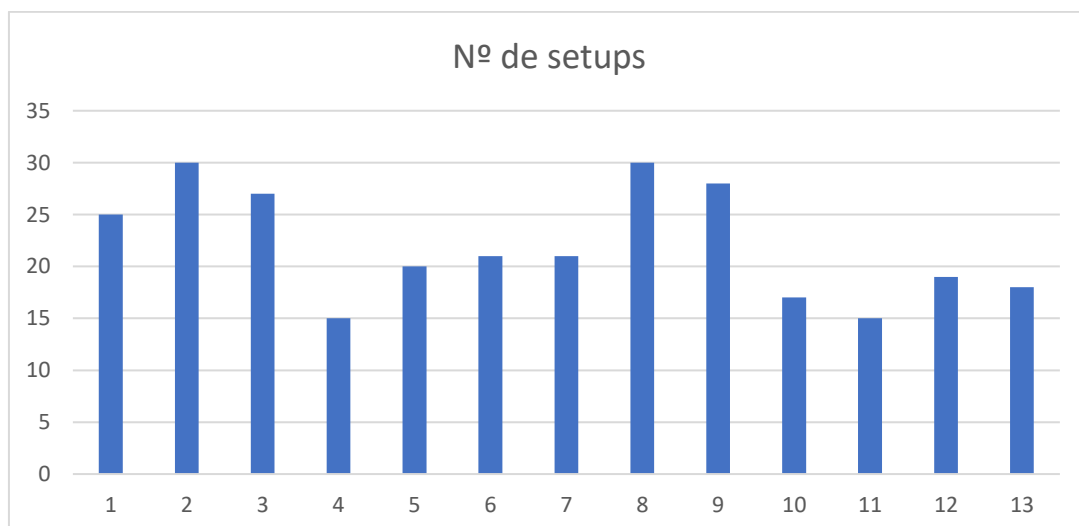


Figura 13 - N° de setups por semana ao longo do 1º Trimestre de 2023

Com estes dados adquiridos, vemos que o número médio semanal de *setups*, nestes três meses, foi de 22, que corresponde a, aproximadamente, 375 horas ao longo do trimestre, o que faz com as paragens para *setup* tenham um peso 65% do total de paragens da máquina, um peso muito significativo. Os fatores que podem ter levado a estes resultados não apelativos são: o mau planeamento, a falta de padronização na execução das tarefas e a desorganização do material necessária à execução do *setup*.

Deste modo, chegou-se à conclusão de que a implementação de algumas metodologias *Lean* eram necessárias, como o SMED e a organização 5S. Desta forma, haveria um melhoramento geral e significativo na empresa, principalmente na zona de produção.

4.3 Área de Trabalho

A organização da área de trabalho é muito importante, pois traz melhores condições e, conseqüentemente, aumentar a produtividade e a qualidade.

Numa visita geral à fábrica, observou-se uma falta de organização e de limpeza da empresa, de um modo geral, mas principalmente na zona de maquinagem. As ferramentas que os operadores utilizavam diariamente, nem sempre estavam no mesmo sítio, uma vez que não existia um local próprio para tal. Também foi possível ver que não havia quase nenhuma identificação de zonas de trabalho, como nas bancadas, nos armários onde as ferramentas eram armazenadas, entre outras, o que dificultava a procura do material necessário à próxima atividade a realizar, atrasando o processo produtivo e, por consequência, diminuindo a Disponibilidade das máquinas. A Figura 14, mostra-nos alguns dos problemas de organização dos setores de produção, nos armários de ferramentas, nas bancadas e na zona de limpeza.



Figura 14 - Área de Trabalho

Desta forma, torna-se evidente e fundamental a necessidade de sensibilizar os operadores para estes assuntos, assim como, a obrigação de intervir, organizando e limpando o local de trabalho deles.

4.3 Layout

Um dos aspetos que, ao ser alterado, traria melhorias à empresa era a alteração do layout. O layout inicial, como podemos observar na Figura 15, tem, na zona de Maquinagem, 2 áreas distintas. Representado a vermelho, conseguimos ver a área de Tornearia, já representado a azul, encontramos a área de Fresagem. Dentro da subzona de Tornearia, podemos observar que os tornos estão em linha e um pouco distantes entre si. Por exemplo, se um operador estivesse no SMEC 1 (torno CNC) e tivesse de se deslocar até ao TMC (torno CNC) para qualquer outra operação, estaria a caminhar mais do que o necessário, partindo do princípio de que este faz este trajeto muitas vezes ao dia (trajeto representado a amarelo na figura). O mesmo também acontece nas fresadoras, entre a Mikron e a Priminer (fresadoras CNC), onde o operador faz o deslocamento representado a verde, estando novamente a caminhar mais que o necessário.

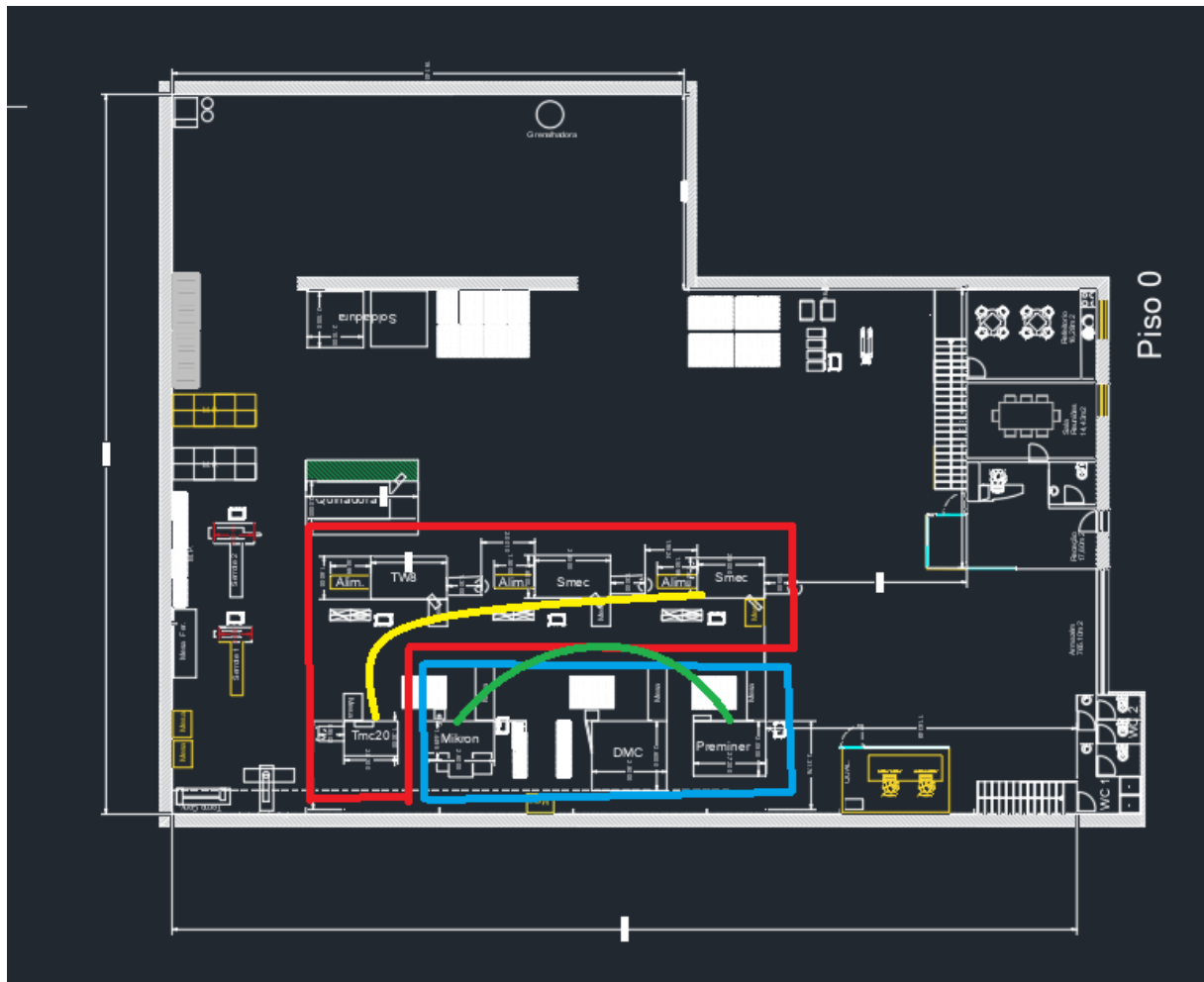


Figura 15 - Layout inicial da empresa

Este tempo poderia ser encurtado, se as máquinas estivessem numa disposição que facilitasse este deslocamento. Isto beneficiaria muito a empresa e os seus colaboradores, em muitos aspetos:

- **Melhoria na eficiência Operacional:**
 - ❖ Redução na movimentação: um layout bem pensado minimiza o tempo de movimentação dos trabalhadores e materiais, aumentando a eficiência global do processo e reduzindo a fadiga dos operadores, uma vez que estes já não têm de andar tanto de um lado para o outro;
 - ❖ Redução do tempo de *setup*: ao agrupar máquinas relacionadas ou que frequentemente interagem, o tempo de preparação entre as operações pode ser reduzido, melhorando a disponibilidade das máquinas.

- **Melhoria na Disponibilidade:**

- ❖ Otimização do espaço: um layout eficiente utiliza o espaço disponível de forma inteligente, reduzindo custos associados ao espaço não utilizado ou mal utilizado;
- ❖ Redução do transporte interno: Ao posicionar as máquinas de forma lógica, o transporte interno de materiais pode ser reduzido, economizando tempo e recursos.

Portanto, investir num layout eficiente não melhora apenas a Disponibilidade, mas também leva a uma produção mais eficaz, eficiente e segura, impactando positivamente a rentabilidade e a competitividade da empresa no mercado.

4.4 Problemas identificados

Após uma análise crítica à zona de maquinagem e aos processos produtivos que lá decorrem, foram detetados uma série de problemas que afetam a qualidade dos processos e os seus indicadores. Esses problemas encontrados são:

- Número elevado de mudanças de fabrico;
- Desorganização e falta de limpeza nas várias zonas do posto de trabalho;
- Mau fluxo de material ao longo da fábrica;
- Muito tempo dispensado na execução de *setups*.

Estes levaram à elaboração de algumas propostas de melhoria que serão apresentadas no capítulo 5.

5. MELHORIAS IMPLEMENTADAS

Este capítulo vai abordar as melhorias implementadas, resultantes dos problemas identificados no capítulo anterior. Desta forma, espera-se um resultado positivo e impactante, reduzindo os aspetos negativos.

5.1 Número elevado de mudanças de fabrico

Devido ao elevado número de mudanças de fabrico, houve necessidade de atuar para que esse número diminuísse. Perante isso, percebeu-se que havia alguma falta de organização no que diz respeito ao planeamento. Avançou-se com uma proposta para a criação de um quadro de planeamento, que entrou em vigor logo de imediato. Este quadro foi concebido para planear da melhor forma a semana produtiva, organizando e ordenando da melhor forma possível as próximas produções, tendo em conta data de entrega, stock disponível, máquinas disponíveis e as encomendas aprovadas pelos superiores. Assim sendo, podemos analisar esse quadro na Figura 16, onde são colocadas etiquetas referentes a cada encomenda, distribuídas pelas máquinas e ordenadas por prioridade, sendo as de cima de maior prioridade do que as que as sucedem.



Figura 16 - Quadro de planeamento

Com este quadro, todos os trabalhadores da empresa terão acesso ao programa do dia, sabendo quais são as ordens de produção que irão trabalhar. No início de cada dia, há uma reunião com os operadores, na qual se abordam os temas da Disponibilidade do dia anterior, se comunica o planeamento do dia e se discutem algumas das dificuldades e/ou sugestões de melhoria que qualquer um dos trabalhadores tenha. No quadro presente na Figura 17 estão representadas estas ferramentas que ajudam na melhoria da empresa.

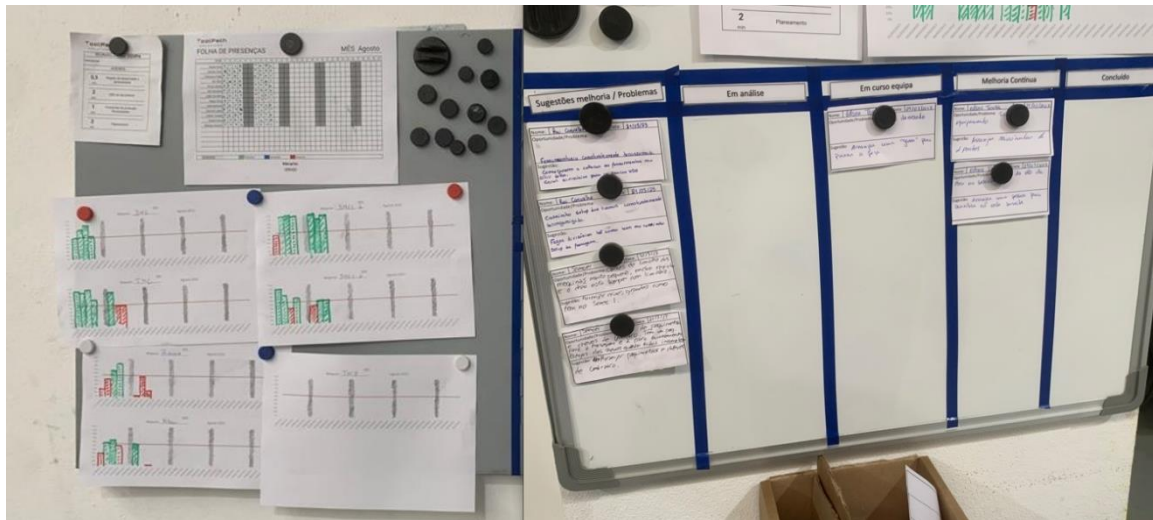


Figura 17 - Quadro das reuniões diárias dos operadores

Do lado esquerdo, marcam-se as presenças na reunião e aponta-se a Disponibilidade do dia anterior, por máquina. Já do lado direito, temos um quadro que se divide em 5 zonas: Sugestões / Propostas de melhoria; Em análise; Em curso Equipa; Melhoria Contínua; Concluído. É neste quadro que os trabalhadores colocam a sua sugestão para a empresa melhorar e, a partir daí, as informações passavam pela melhoria contínua e pelos superiores de forma a arranjar a melhor solução para todos.

5.2 Desorganização e falta de limpeza nas várias zonas do posto de trabalho

Ao longo do estágio, foram detetadas várias zonas da fábrica onde a organização e a limpeza, não estavam muito presentes. A solução ideal para a resolução deste problema, passava pela aplicação da metodologia 5S. Alguns dos principais locais onde esta metodologia foi aplicada são:

- Bancadas do setor de maquinagem (Figura 18);

- Setor de soldadura (Figuras 19 e 20);
- Armário de Stock (Figura 21);
- Espaço de produtos de limpeza (Figura 22).



Figura 18 - Antes e depois da aplicação 5S na bancada de trabalho dos operadores

Consegue-se perceber, a partir da Figura 18, que houve uma grande melhoria no que diz respeito à organização da bancada dos operadores. Esta está asseada, mais organizada, com a colocação de etiquetas com o nome das ferramentas, para que cada uma tenha um lugar próprio. Isto traz melhores condições de trabalho ao operador, o que contribuirá para um melhor desempenho dele, beneficiando a empresa.

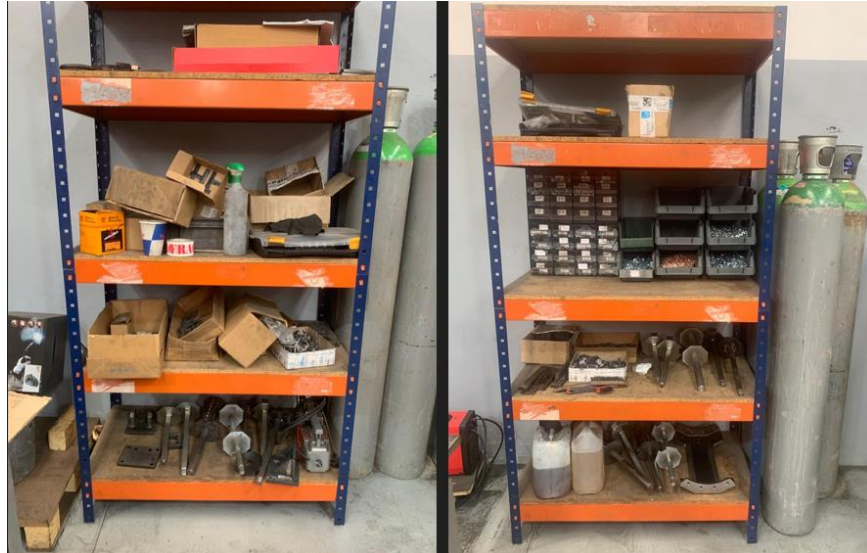


Figura 19 - Antes e depois da aplicação 5S no armário da soldadura

A Figura 19 mostra a transformação radical do armário de soldadura. Este estava desorganizadíssimo, confuso e sujo (lado esquerdo da figura). Após essa transformação, o armário ficou com condições de servir de apoio para a soldadura, pois já era fácil encontrar os vários instrumentos de trabalho, como os *gabarits* e alguns materiais de apoio à soldadura, como parafusos, anilhas, porcas, entre outros (lado direito da figura). Assim, esta zona ficou com um espaço mais agradável ao bom funcionamento da área.



Figura 20 - Quadro de ferramentas

Para as ferramentas usadas diariamente pelos trabalhadores responsáveis pela soldadura, criou-se um quadro próprio. A Figura 20 mostra esse quadro, onde tem o desenho da ferramenta e a sua disposição.



Figura 21 - Antes e depois da aplicação 5S no espaço do material de limpeza

O espaço para o material de limpeza não era um espaço que existia em concreto. Havia um local na empresa onde os colaboradores colocavam a vassoura, o balde, a esfregona, entre outras. Visualmente não ficava muito bem e, como não existia um sítio definido, algum material nunca estava no mesmo sítio. Com tudo isto, decidiu-se criar um espaço para colocar o material de limpeza e etiquetá-lo, o que fez com que os colaboradores não nadassem à procura de algum desse material pela fábrica, pois sabiam que estava no sítio certo. A Figura 21 mostra essa mudança, do lado esquerdo, o "antes" e, do direito, o "depois" da aplicação dessa melhoria.



Figura 22 - Armário de stock

A criação deste armário de stock, como se pode observar na Figura 22, foi uma mais-valia para a empresa. Antes disso, as peças estavam em caixotes, espalhadas e tornava-se difícil encontrar as peças desejadas. Resolveu-se então criar este armário, onde se dividiu e etiquetou as peças por cliente, referência (cada tipo peça tem uma associada) e produção. Numa folha de controlo, colocou-se o número de peças disponíveis de cada referência. Assim, se surgisse uma nova encomenda de peças com a mesma referência das que se encontravam neste armário, o planeamento já tinha em conta os dados deste armário. No caso da Toolpath, raramente havia 2 encomendas iguais, mas nos casos onde isso acontecia, a empresa estava agora melhor preparada.

5.3 Mau fluxo de material ao longo da fábrica

Através da análise do layout antigo com os colaboradores da empresa, chegou-se à conclusão de quais e o tipo de melhorias a implementar ao layout. Forma então criadas algumas sugestões de layouts, de forma a reorganizar as máquinas CNC de modo a: tornar o fluxo de material ao longo fábrica num processo mais fluido e ágil; reduzir a movimentação dos operadores; reduzindo o tempo de *setup*. A Figura 23 mostra o novo *layout* aprovado.

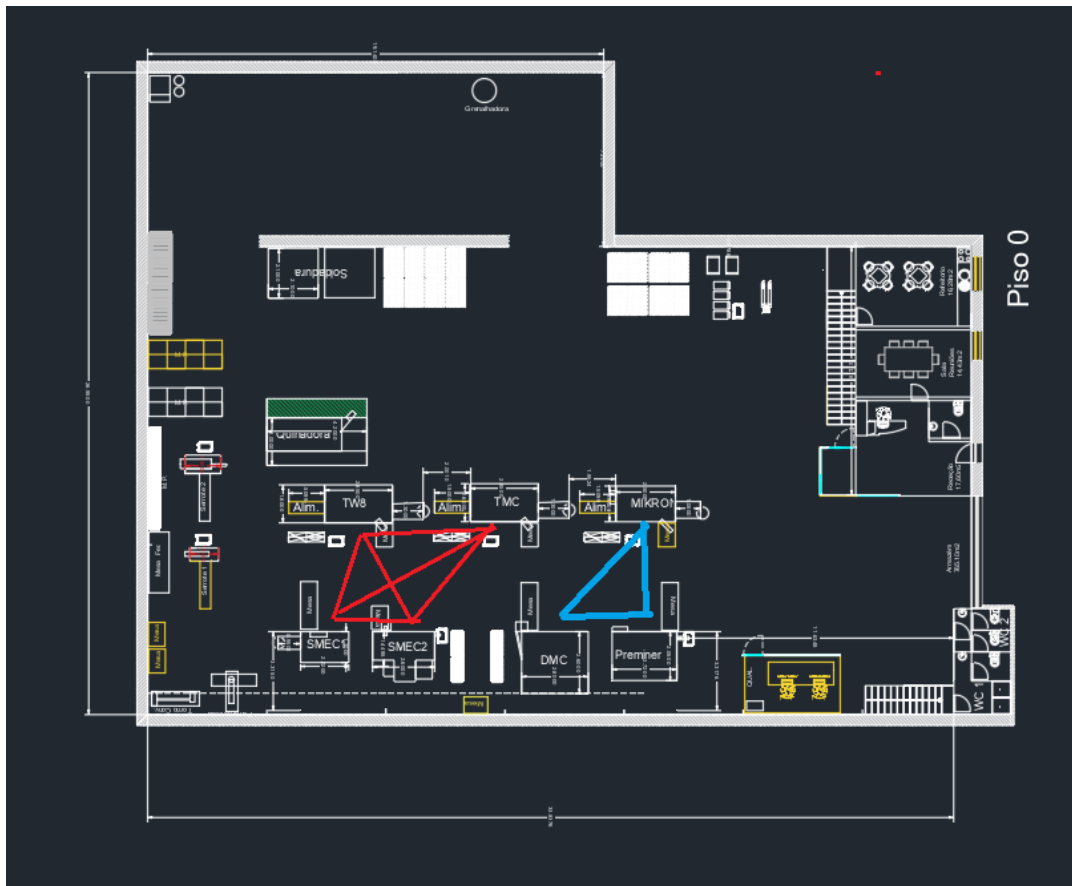


Figura 23 - Novo layout da empresa

Neste *layout*, conseguimos encurtar distâncias entre as máquinas CNC dentro das duas áreas distintas. Na área da Tornearia, constituída então pelos tornos SMEC 1, SMEC 2, TW-8 e TMC, conseguimos observar a representação das deslocações dos operadores entre máquinas, representado a vermelho. Na área de Fresagem, onde estão as fresadoras PRIMINER, MIKRON e DMC conseguimos ver a representação das deslocações dos operadores entre máquinas, representado a azul.

Espera-se que este novo *layout* traga aumento na Disponibilidade, transformando a produção mais eficaz, eficiente e segura, impactando positivamente a rentabilidade e a competitividade da empresa no mercado.

5.4 Muito tempo dispensado na execução de setups

Como referido no capítulo anterior, havia um grande problema com o elevado número de setups que os operadores faziam por dia e, também, do elevado tempo que demoram a executá-los. Daí surgiu a necessidade de implementarmos a metodologia SMED em todas as máquinas CNC e de darmos uma formação aos operadores sobre este conceito e o que trazia de positivo para a empresa. Esta implementação foi dividida em 5 partes:

- Fase preliminar - observação e identificação das mudanças de fabrico;
- Fase 1 – separação das atividades internas das atividades externas;
- Fase 2 – transformação das atividades internas em externas;
- Fase 3 – redução das atividades internas e externas;
- Fase 4 - criação de um standard de mudança.

Por falta de tempo, só foi realizada uma observação atenta e detalhada de alguns *setups* e, após o diálogo com os operadores, com auxílio de gravação dos mesmos e percebeu-se que há vários fatores que condicionam as mudanças de fabrico e o tempo que é dispensado nelas. O tempo de *setup* pode variar dependendo da minuciosidade e complexidade da peça. Apesar desta proposta de melhoria não ter avançado muito, está tudo encaminhado para esta metodologia ser retomada num futuro próximo e possa ser finalizada com sucesso.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo vai ser analisado os resultados obtidos através do trabalho desenvolvido e serão apresentados os potenciais ganhos que a empresa pode vir a obter com as tarefas desenvolvidas.

6.1 Ganhos esperados com as aplicações 5S, com a mudança de layout e com a criação do quadro de planeamento

O principal foco ao longo do projeto passava pelo aumento da Disponibilidade em todas as máquinas. Para isso foram implementadas algumas metodologias *lean*, como temos vindo a falar ao longo desta redação.

A redução dos tempos de paragem despendidos na mudança de fabrico através da mudança de layout, uma vez que o espaço percorrido diário diminuiu a metodologia e a aplicação da metodologia 5S, onde se organizou e limpou o espaço de trabalho dos operadores, trouxe um aumento significativo na Disponibilidade das máquinas CNC.

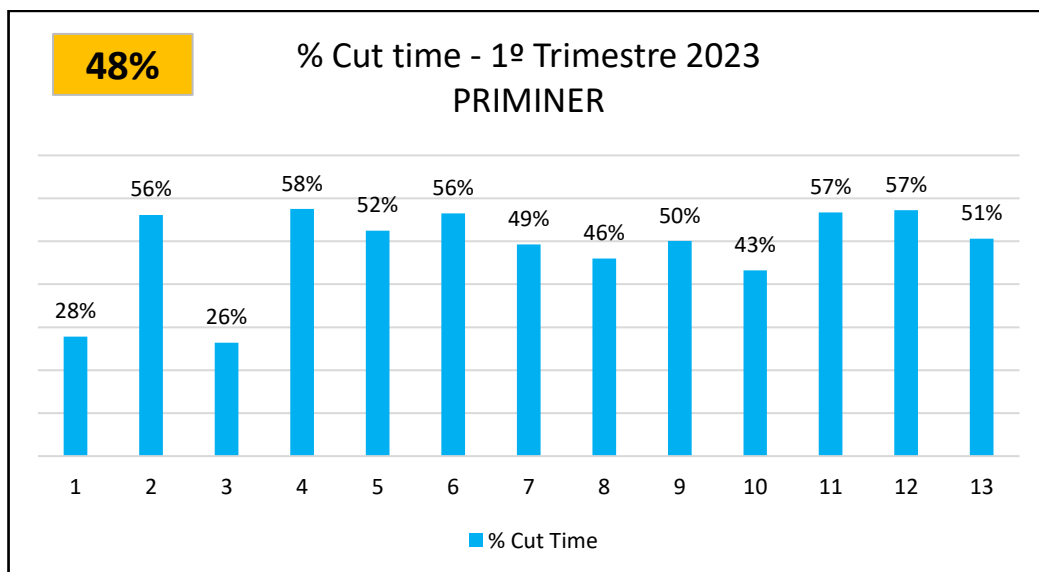


Figura 24 - Gráfico da Disponibilidade média semanal do 1º Trimestre de 2023 da PRIMINER

A Figura 24 mostra os valores percentuais da Disponibilidade média semanal da PRIMINER do 1º Trimestre de 2023, período antes das melhorias terem sido implementadas. Nesta máquina, a Disponibilidade foi de 48% no período referido.

Depois da implementação das melhorias referidas no capítulo anterior, houve uma subida significativa, até os 55%, como podemos observar na Figura 25.

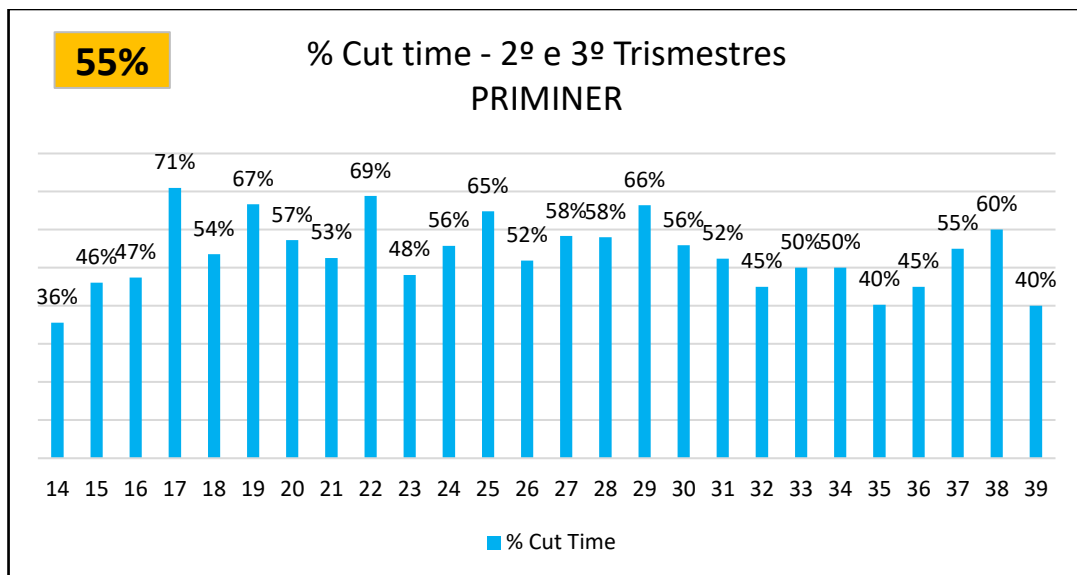


Figura 25 - Gráfico da Disponibilidade média semanal dos 2º e 3º Trimestres de 2023 da PRIMINER

Passando agora para um exemplo de tornearia, retomando à Figura 12, a Disponibilidade média semanal do SMEC 1 no 1º Trimestre de 2023 foi de 50%. Após as melhorias, esta subiu para 64%, uma subida muito significativa.

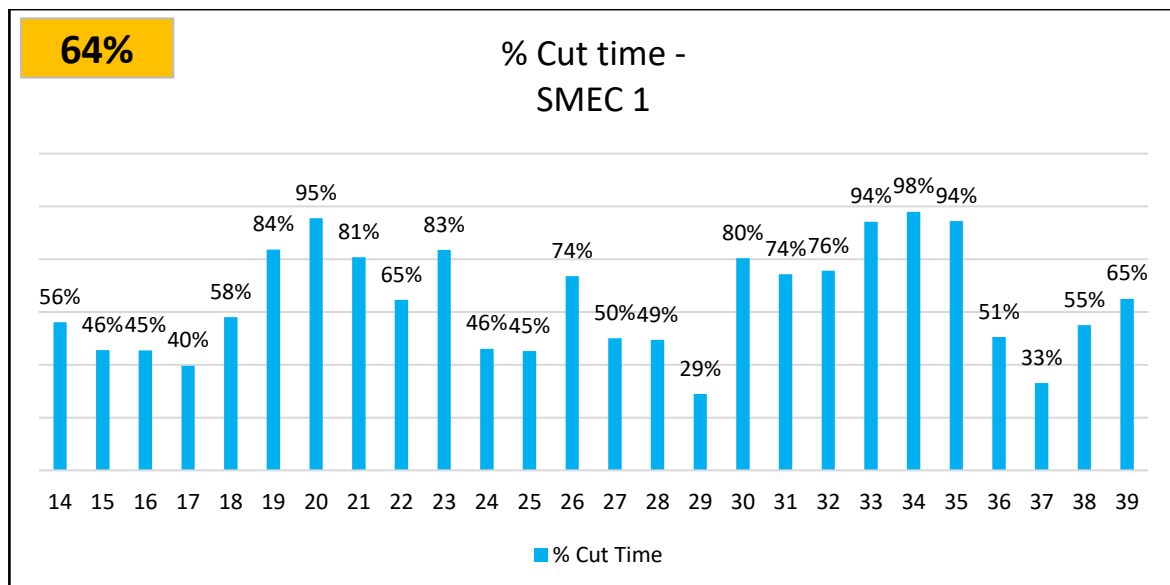


Figura 26 - Gráfico da Disponibilidade média semanal dos 2º e 3º Trimestres de 2023 do SMEC 1

As comparações dos valores da Disponibilidade do 1º Trimestre de 2023 com as do 2º e 3º Trimestres do mesmo ano, referentes às restantes máquinas estão presentes na Tabela 2 e os gráficos correspondentes a cada um encontram-se nos Anexos XV a XXIV, respetivamente.

Máquina	Disponibilidade (%)	
	1º Trimestre 2023	2º e 3º Trimestres 2023
DMC	55%	56%
MIKRON	44%	47%
SMEC 2	44%	52%
TMC	47%	71%
TW-8	83%	86%

Tabela 2 - Valores da Disponibilidade (%) no 1º e nos 2º e 3º Trimestres de 2023 das máquinas CNC

Estes dados mostram-nos que todas as máquinas tiveram um aumento na Disponibilidade, mas a que se nota uma maior melhoria foi no torno TMC.

Tendo em conta estes resultados positivos, podemos perceber que a aplicação destas melhorias foi uma mais-valia para o aumento da disponibilidade e, por consequência, para a empresa.

6.2 Ganhos esperados com a aplicação SMED

Da aplicação da metodologia SMED, apenas foi gravado um vídeo de um *setup* realizado e feito uma mini formação aos colaboradores sobre o assunto. Isso colocou algumas ideias nos operadores que ajudaram na realização dos setups. Posto isto, espera-se que no fim da aplicação desta melhoria, haja ganhos para as máquinas, em fatores como: horas de produção, quantidade produzida, disponibilidade e, conseqüente OEE.

7. CONCLUSÕES

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões finais adquiridas através da elaboração do projeto de dissertação, realizado no âmbito da engenharia de sistemas, melhoria contínua e *Lean*. Serão abordadas as principais dificuldades sentidas e enumeradas algumas propostas de trabalhos futuros.

7.1 Considerações finais

Concluída esta dissertação, foi possível verificar que o objetivo principal, aumento da Disponibilidade nas máquinas CNC foi cumprido. Apesar de terem existido algumas dificuldades, as medidas apresentadas visam acrescentar valor ao produto e reduzir desperdício, algo que foi um objetivo pedido pela equipa de produção desde o início do estágio.

A principal ferramenta *Lean* aplicada foi a metodologia 5S, o que trouxe organização e limpeza aos postos de trabalho, que contribuiu para um aumento da Disponibilidade. Uma das implementações que ajudou imenso neste aumento foi a criação das reuniões diárias dos operadores, pois, com isso, a proximidade entre os operadores e os responsáveis pela melhoria contínua trouxe as perspetivas de cada um à tona, tornando muito mais fácil resolver os problemas da empresa.

A ferramenta que teria um papel mais fundamental neste aumento de Disponibilidade era a metodologia SMED. Se a aplicação desta fosse total, esperava-se que trouxesse à empresa ganhos bastante significativos para a organização para além do aumento da Disponibilidade, como a redução do tempo despendido em mudanças de processos e o aumento da produção.

A aplicação de ferramentas *Lean* na indústria pode ter um impacto bastante positivo, já que tem influência na melhoria dos processos internos da organização e na redução dos desperdícios em geral.

Com elaboração deste estágio, algumas dificuldades e limitações foram sentidas. Uma delas foi o baixo número de colaboradores que a empresa tem, não conseguindo estar uma pessoa ao lado estagiário a quase 100%. Outra das limitações foi o tempo de estágio, não sendo possível concluir a implementação de uma das metodologias *Lean*, neste caso a SMED.

Concluindo, o maior benefício resultante da implementação deste projeto foi a aquisição e desenvolvimento de competências e capacidades de análise num ambiente industrial real, identificando problemas e capacidade de propor sugestões de melhoria para os problemas encontrados.

7.1 Trabalhos futuros

Mesmo com todas as melhorias que foram implementadas ao longo do projeto, a empresa necessita de continuar a melhorar para crescer. Para isso, alguns trabalhos futuros são necessários como:

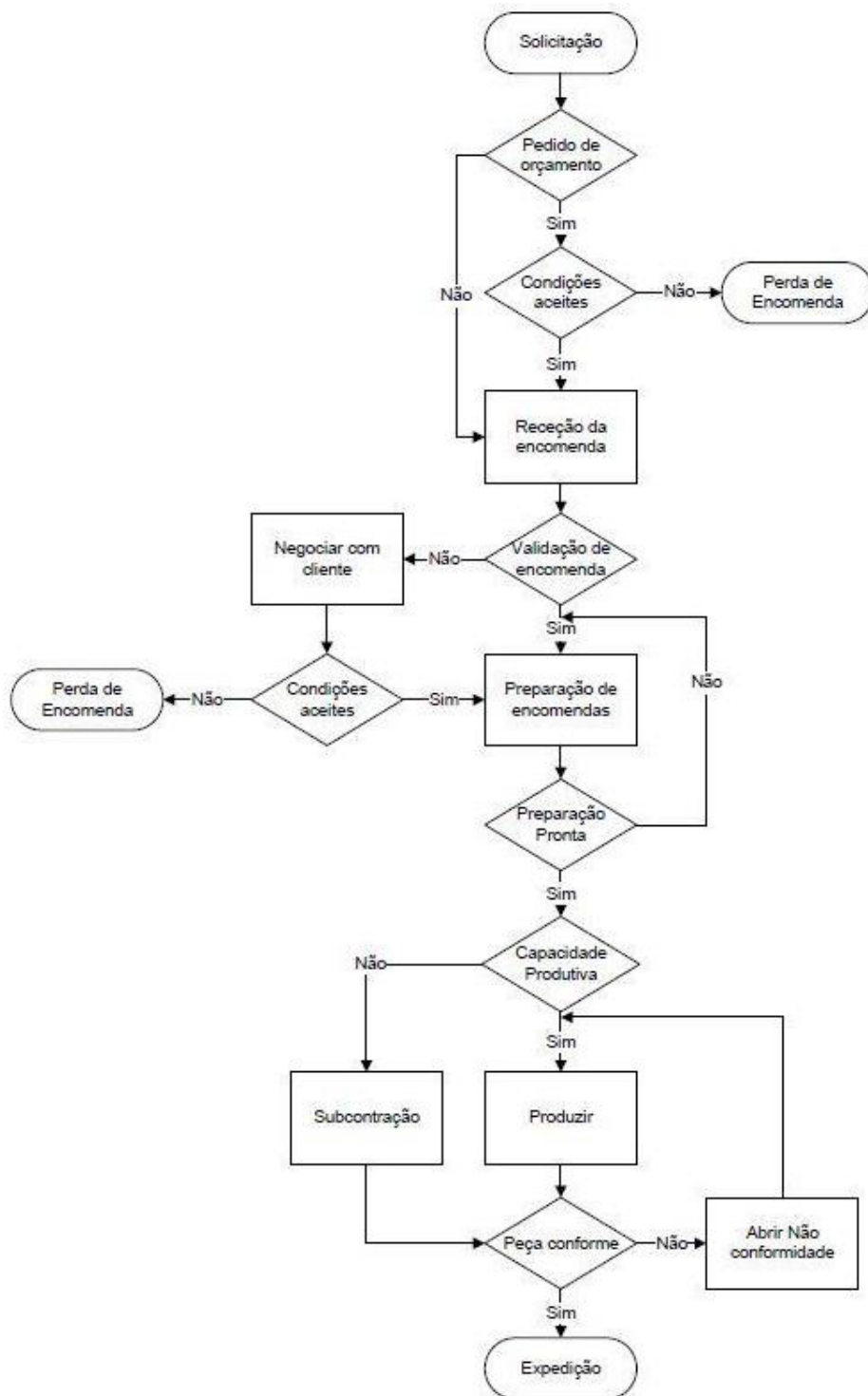
- Conclusão da formação SMED aos operadores;
- Conclusão da aplicação da metodologia SMED;
- Aplicação da metodologia 5S na empresa em geral;
- Investimento num software de gestão da produção;
- Investimento na área de *Lean Manufacturing*.

Em termos de trabalhos futuros de investigação, seria interessante e importante se houvesse mais artigos ou informações científicas acerca da Disponibilidade (fase do OEE).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Art of Lean, I. (2000). Toyota Production System Basic Handbook.
- Eaidgah, Y., Maki, A. A., Kurczewski, K., & Abdekhodae, A. (2016). Visual management, performance management and continuous improvement: a lean manufacturing approach. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(2), 187-210.
- Herrmann, C., Thiede, S., Stehr, J., & Bergmann, L. (2008). An environmental perspective on Lean Production. In *Manufacturing systems and technologies for the new frontier* (pp. 83-88). Springer.
- Hiroiyuki Hirano (1990). 5 Pillars of the visual workplace. Productivity Press, NY, 1995.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.
- Liker, J. K. (2003). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Monden, Y. (2011). *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time* (4th ed.). CRC Press.
- Pinto, J. P. (2008). *Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro*. Comunidade Lean Thinking.
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras* (6th ed.). Lidel.
- Quiroz-Flores, J. C., & Vega-Alvites, M. L. (2022). REVIEW LEAN MANUFACTURING MODEL OF PRODUCTION MANAGEMENT UNDER THE PREVENTIVE MAINTENANCE APPROACH TO IMPROVE EFFICIENCY IN PLASTICS INDUSTRY SMES: A CASE STUDY. *South African Journal of Industrial Engineering*, 33(2), 143–156. <https://doi.org/10.7166/33-2-2711>
- Rossi, A. H. G., Marcondes, G. B., Pontes, J., Leitão, P., Treinta, F. T., de Resende, L. M. M., Mosconi, E., & Yoshino, R. T. (2022). Lean Tools in the Context of Industry 4.0: Literature Review, Implementation and Trends. *Sustainability (Switzerland)*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/SU141912295>
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.
- Silva, R. (2017). *Métodos e Tempos - Análise e otimização de processos numa indústria de filme plástico*.
- Womack, J P, & Jones, D. T. (1997). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148–1148.

ANEXO I – FLUXOGRAMA DA TOOLPATH SOLUTIONS



ANEXO II – FLUXOGRAMA DA TOOLPATH SOLUTIONS

ToolPath SOLUTIONS

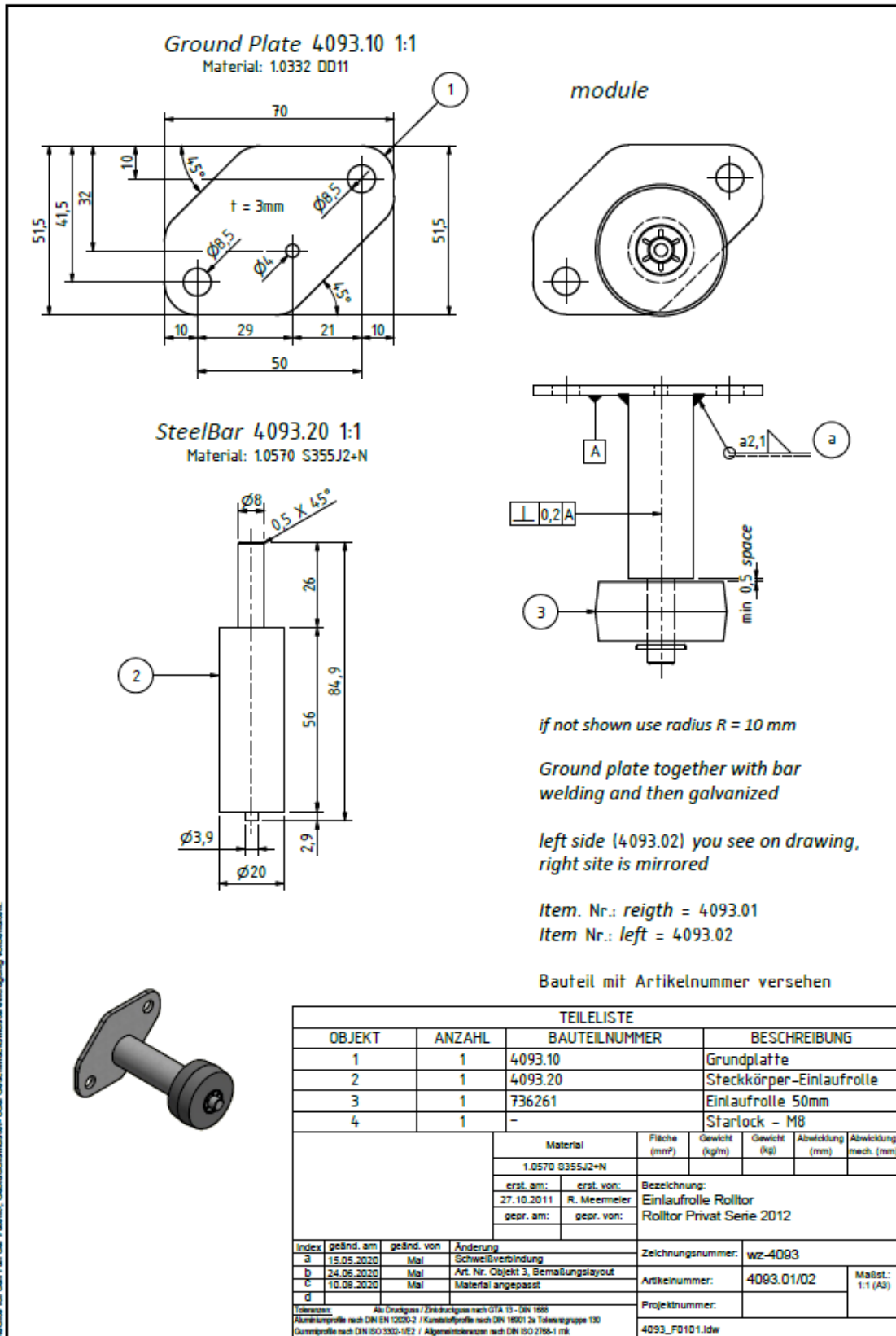
Diário de bordo de máquina

M: 06/12/

Equipamento: SMEC 2

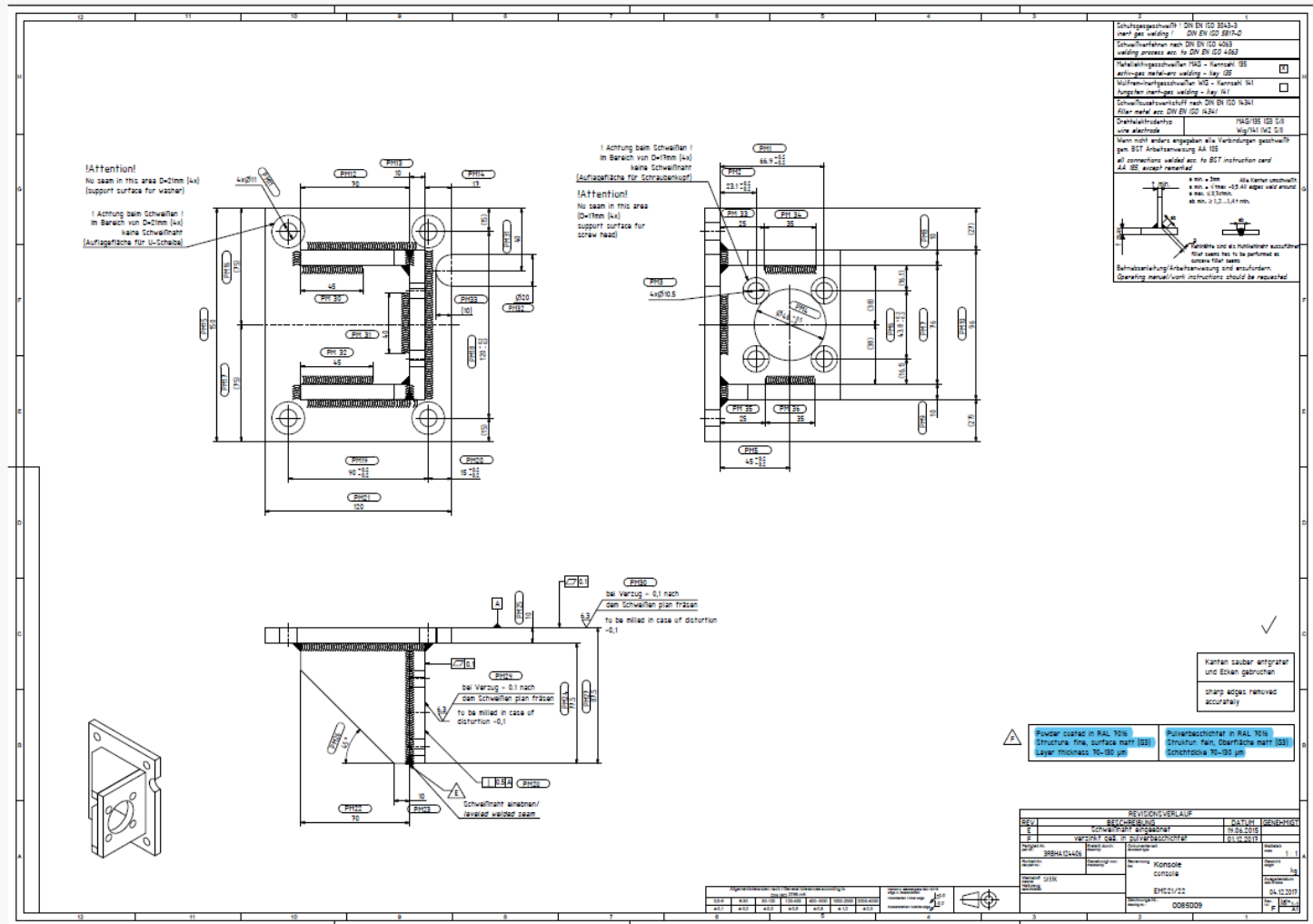
Dia	Arrancou (Hora)	Desligou (Hora)	Cut Time / Tempo Usin.
06/09/23	1738h 01m	1746h 40m	08h 35m 38s
07/09/23	1746h 40m	1805h 25m	09h 12m 58s
08/09/23	1805h 25m	1814h 54m	09h 53m 43s
11/09/23	1814h 54m	1823h 40m	08h 37m 20s
11/09/23	1823h 40m	1832h 12m	09h 42m 26s
13/09/23	1832h 22m	1841h 07m	09h 53m 49s
14/09/23	1841h 07m 1850h 37m	1850h 37m	7h 35m 49seg
15/09/23	1850h 37m	1859h 28m	08h 27m 53seg
18/09/23	1859h 28m	1868h 11m	08h 24m 26m
19/09/23	1868h 11m	1877h 05m	08h 53m 55m
20/09/23	1877h 05m	1886h 37m	09h 35m 45seg
21/09/23	1886h 37m	1895h 29m	09h 34m 53s
22/09/23	1895h 29m	1905h 22m	09h 41m 49s
25/09/23	1905h 22m	1914h 06m	08h 09m 27s
26/09/23	1914h 06m 1920h 50m	1920h 50m	0h 51m 09s
29/09/23	1920h 50m	1929h 29m	08h 13m 08s
2/10/23	1929h 29m	1937h 18m	07h 50m 56s
03/10/23	1937h 18m	1947h 22m	09h 19m 27s
04/10/23	1947h 22m	1949h 57m	02h 54m 54s
06/10/23	1949h 57m	1956:40	4:2:36
09/10/23	1956h 40m	1966h 25m	09h 38m 10s
10/10/23	1966h 25m	1975h 56m	09h 27m 46s
11/10/23	1975h 56m	1984h 54m	09h 41m 26s
12/10/23	1984h 54m	1994h 18m	09h 21m 23s

ANEXO III – DESENHO DO EXEMPLO 1 DE UMA PEÇA FABRICADA PELA EMPRESA



Weitergabe sowie Veränderung dieses Dokuments, Vervielfältigung und Mitteilung an Dritte ist ohne schriftliche Genehmigung der ROLLTOR AG. Änderungen vorbehalten.

ANEXO IV – DESENHO DO EXEMPLO 2 DE UMA PEÇA FABRICADA PELA EMPRESA



ANEXO VI – FRESADORA "PRIMINER"



ANEXO VII – FRESADORA "DMC"



ANEXO VIII – FRESADORA "MIKRON"



ANEXO IX – TORNO "SMEC 1"



ANEXO X – TORNO "SMEC 2"



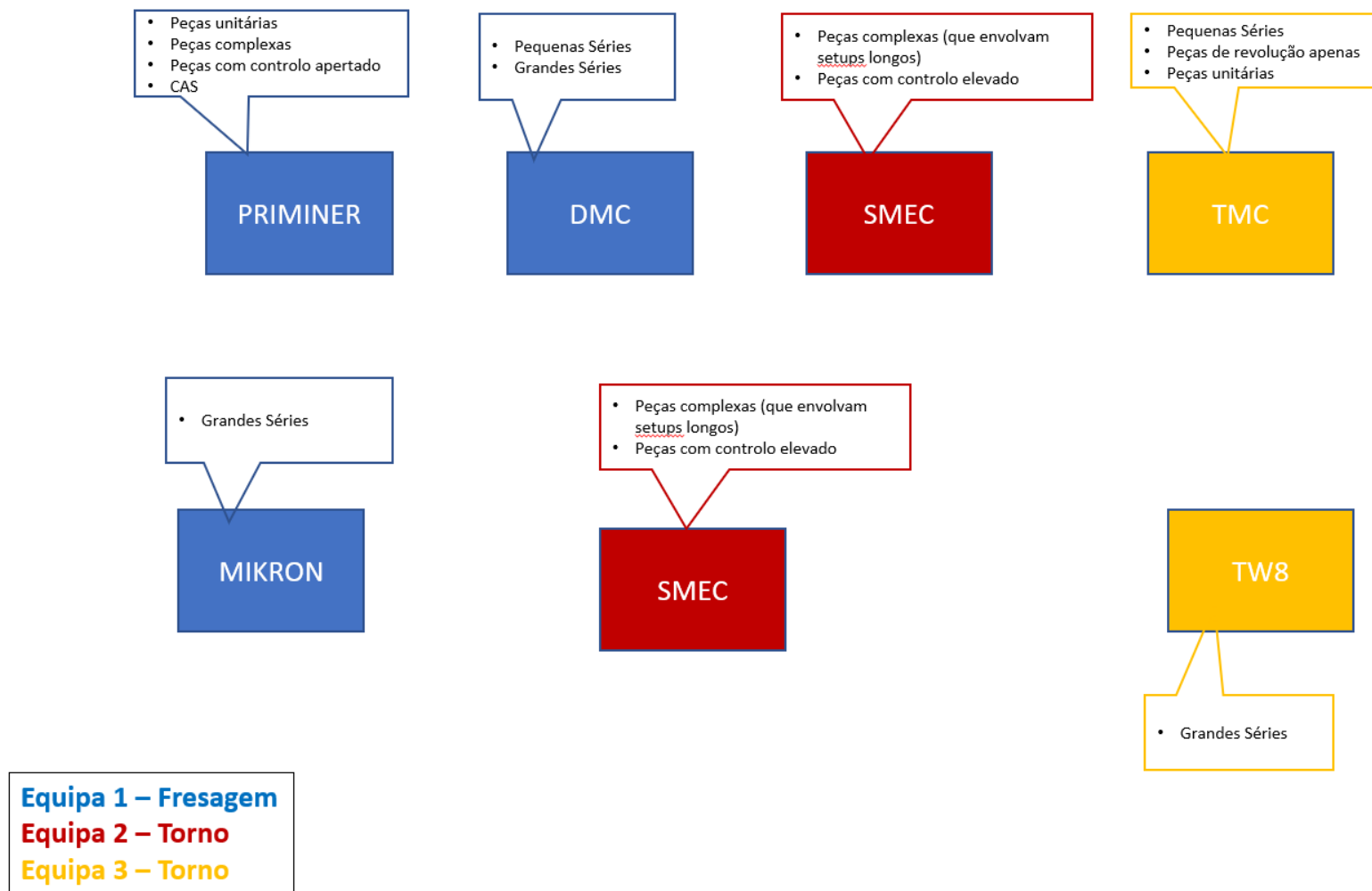
ANEXO XI – TORNO "TMC"



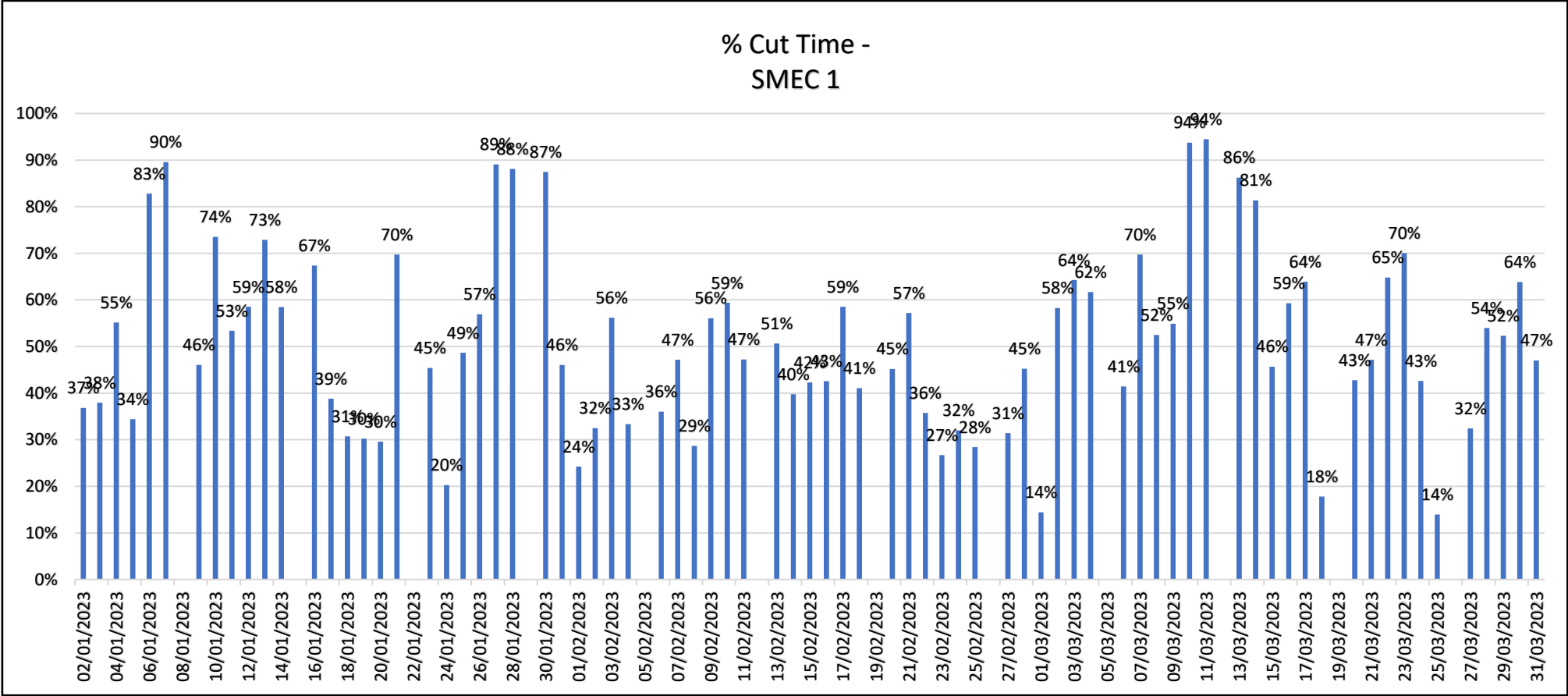
ANEXO XII – TORNO "TW-8"



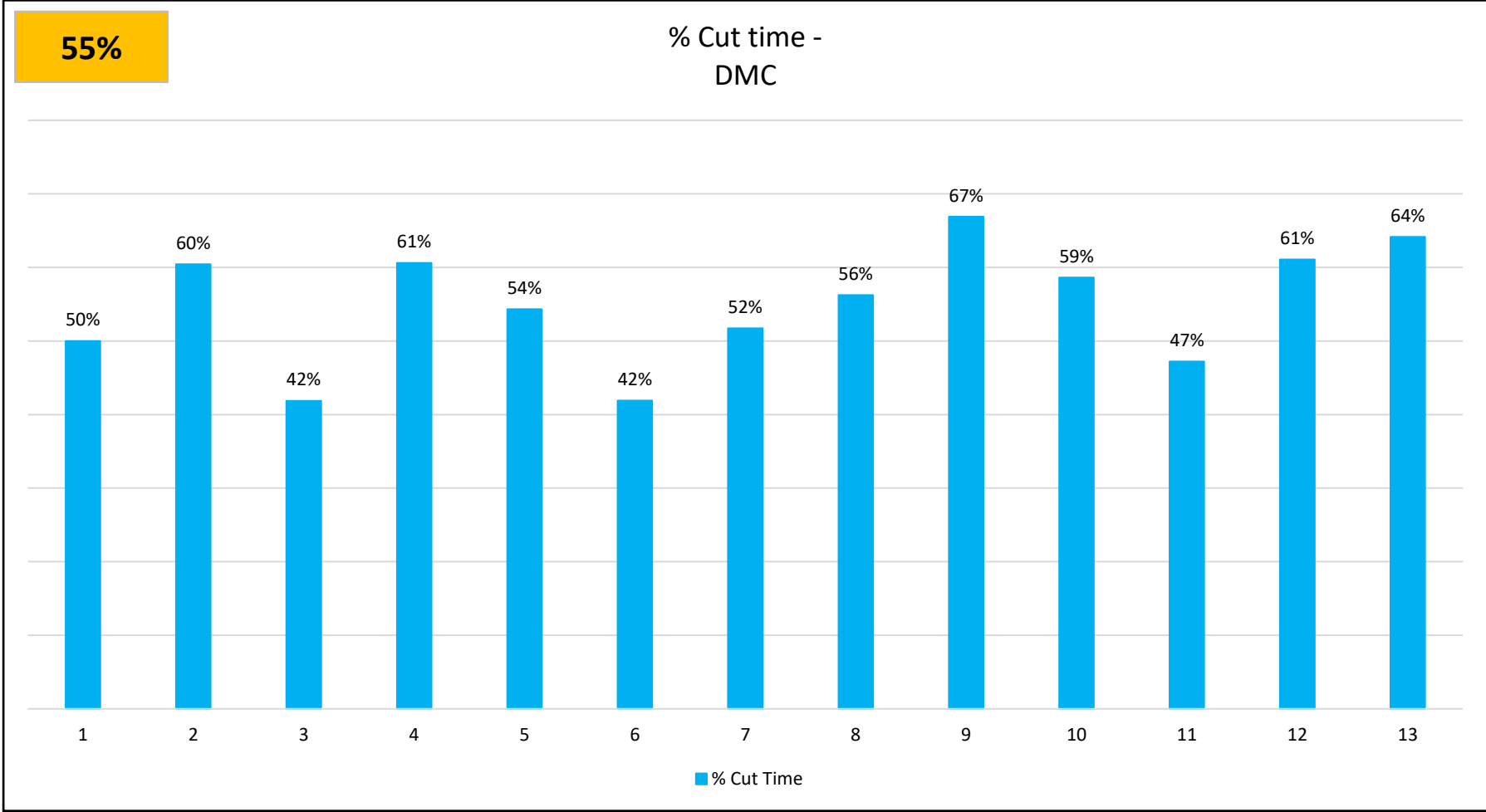
ANEXO XIII – DISPOSIÇÃO DAS MÁQUINAS CNC



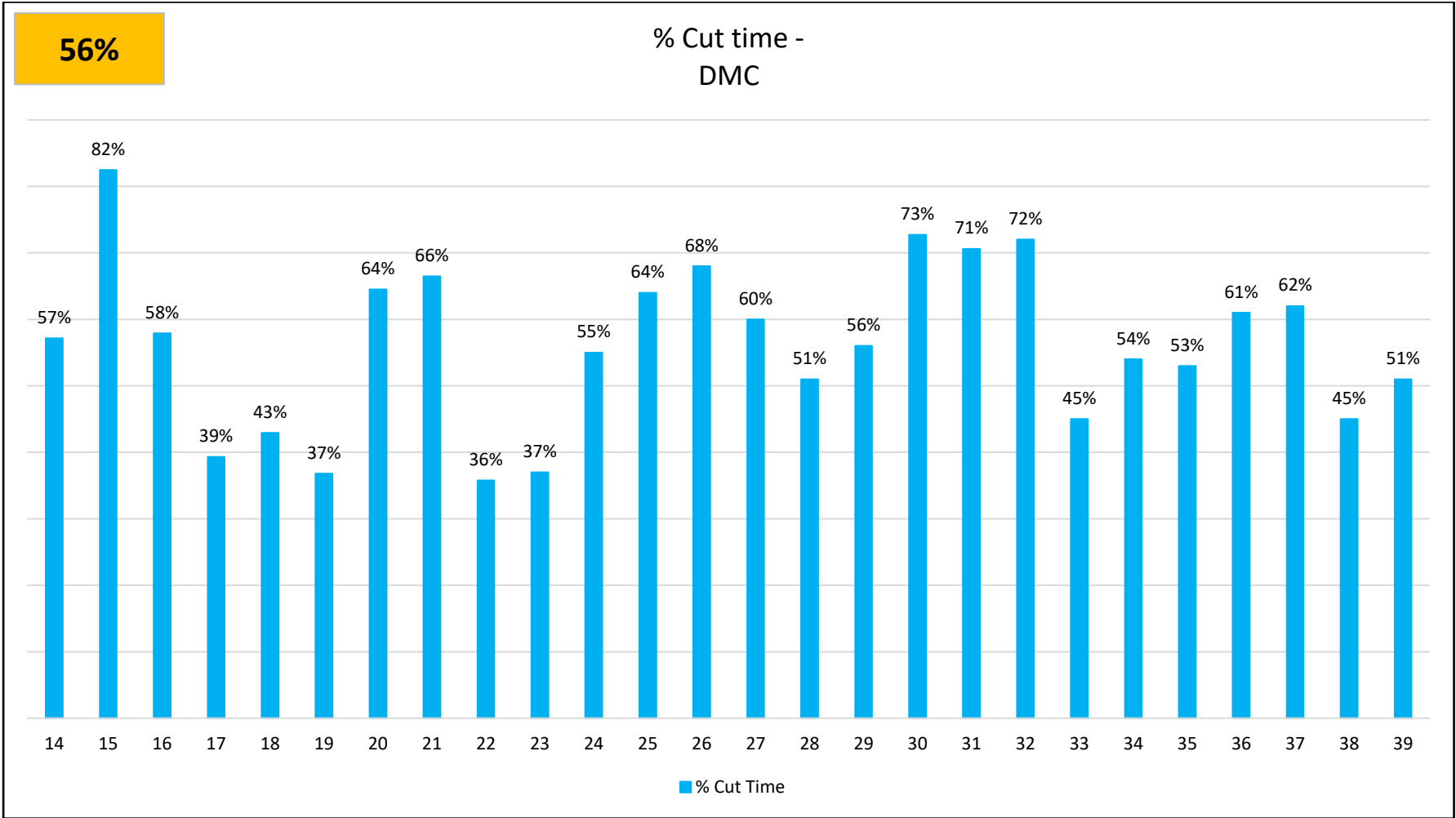
ANEXO XIV – DISPONIBILIDADE DIÁRIA (%) DO SMEC 1 NO 1º TRIMESTRE DE 2023



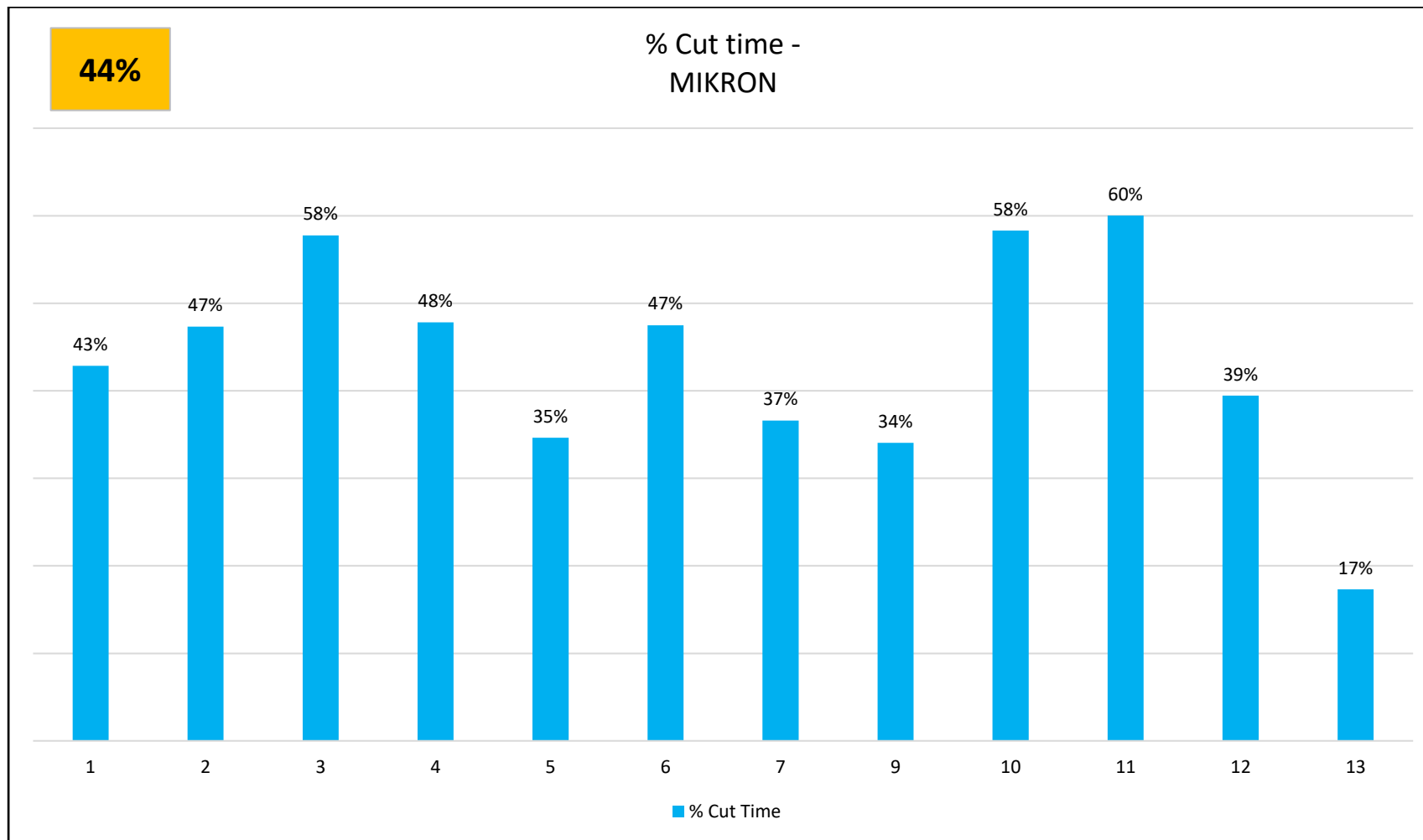
ANEXO XV – DISPONIBILIDADE (%) DO DMC NO 1º TRIMESTRE DE 2023



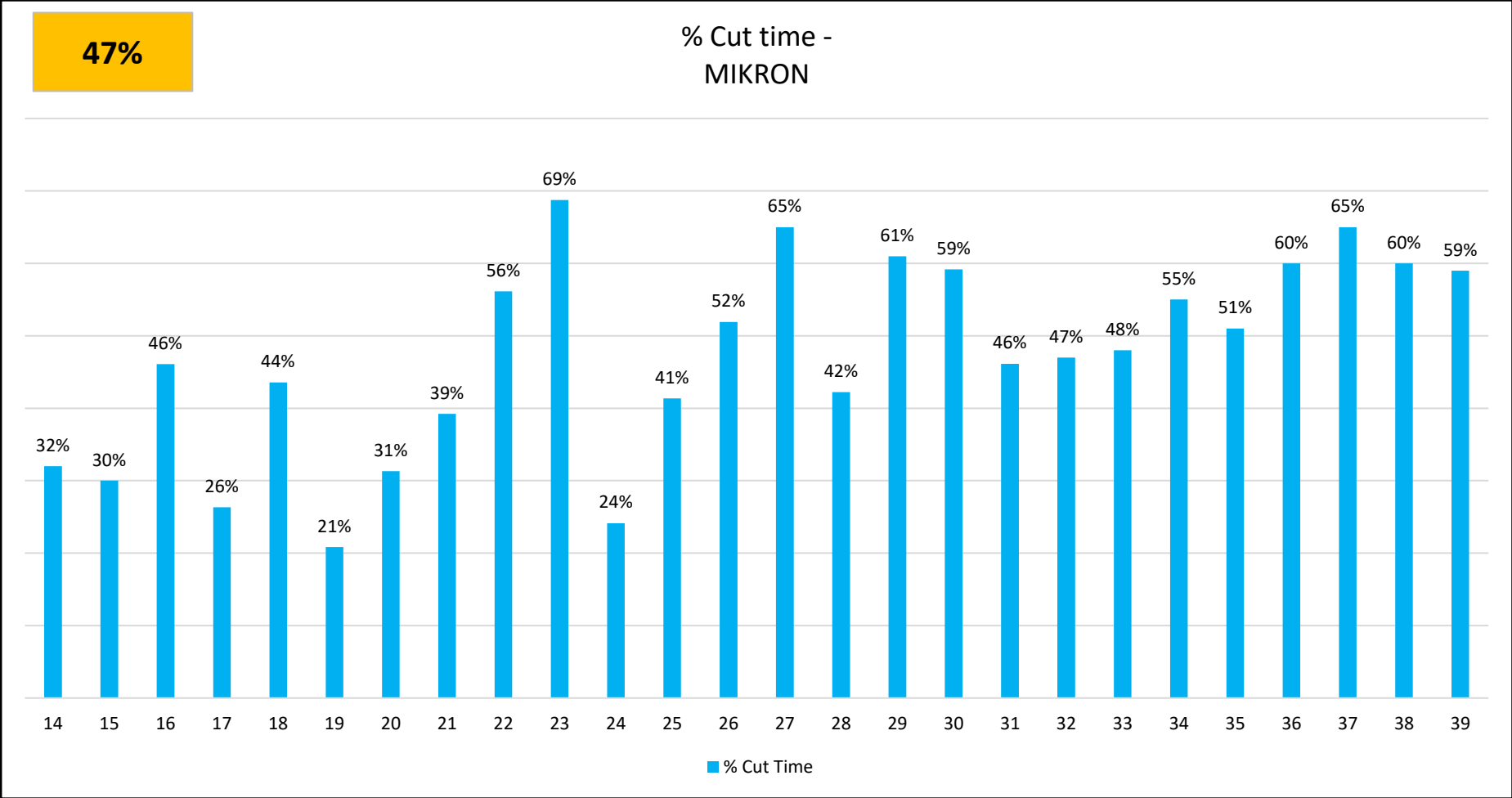
ANEXO XVI – DISPONIBILIDADE (%) DO DMC NOS 2º E 3º TRIMESTRES DE 2023



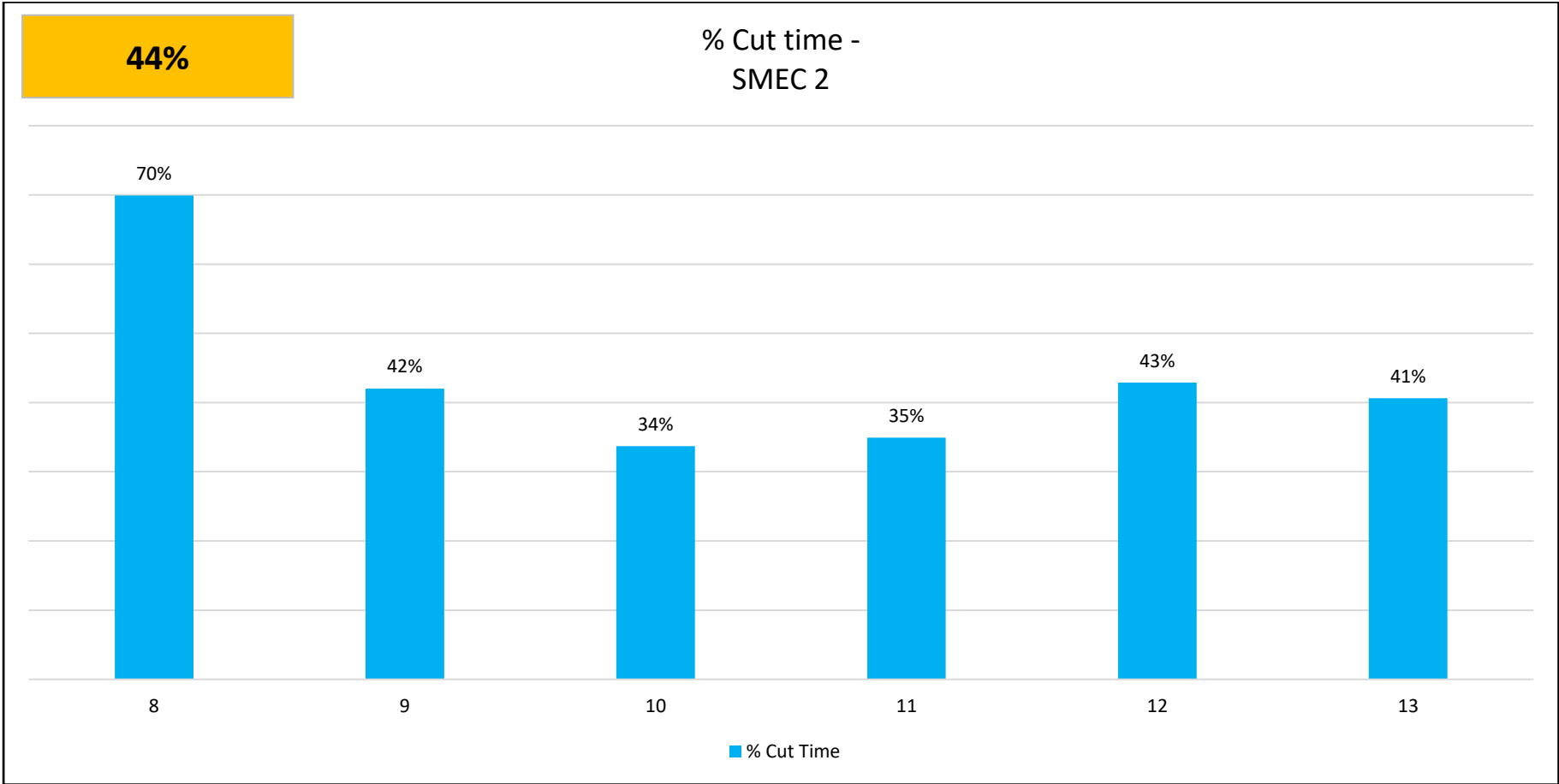
ANEXO XVII – DISPONIBILIDADE (%) DA MIKRON NO 1º TRIMESTRE DE 2023



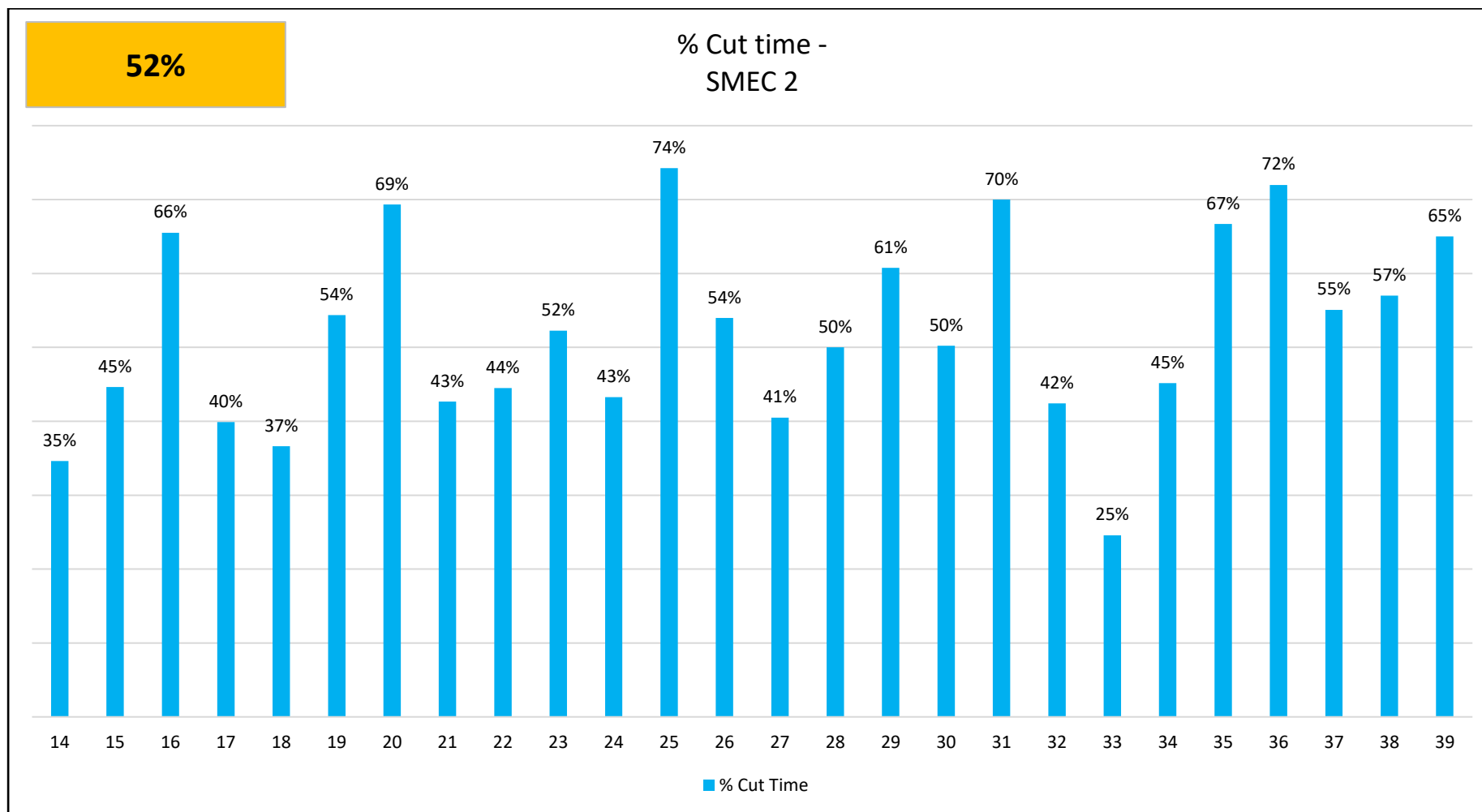
ANEXO XVIII – DISPONIBILIDADE (%) DA MIKRON NOS 2º E 3º TRIMESTRES DE 2023



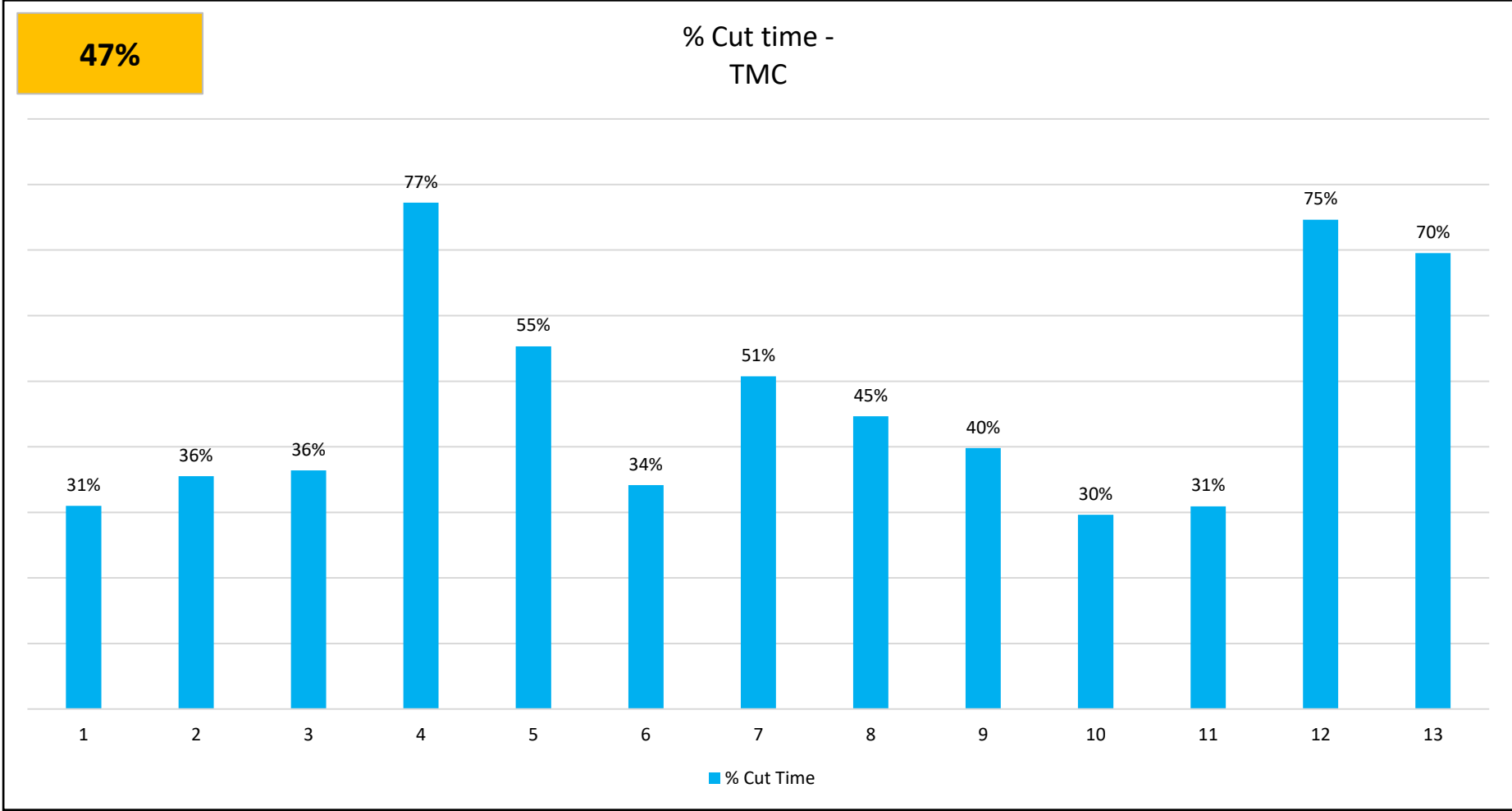
ANEXO XIX – DISPONIBILIDADE (%) DO SMEC 2 NO 1º TRIMESTRE DE 2023



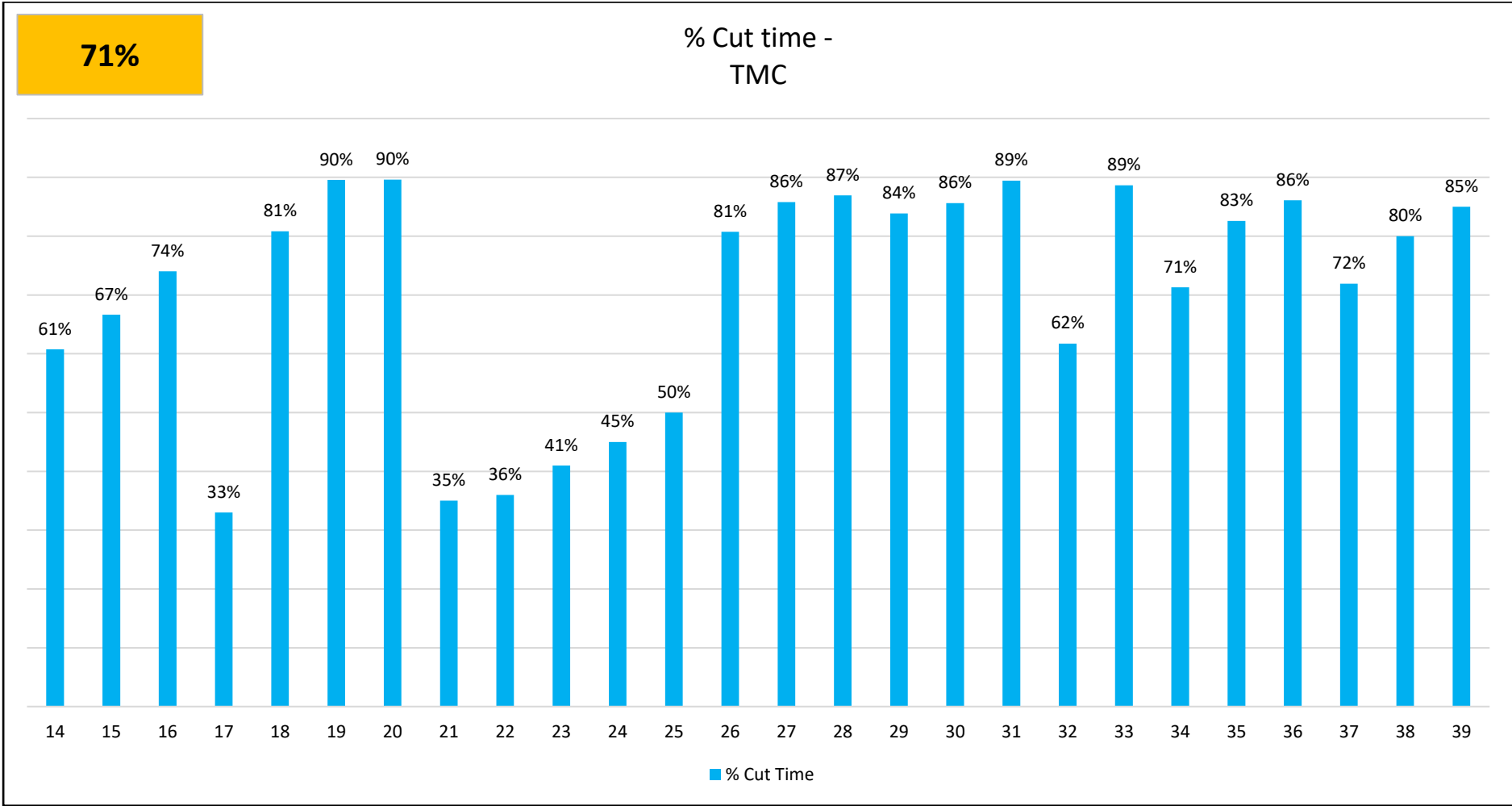
ANEXO XX – DISPONIBILIDADE (%) DO SMEC 2 NOS 2º E 3º TRIMESTRES DE 2023



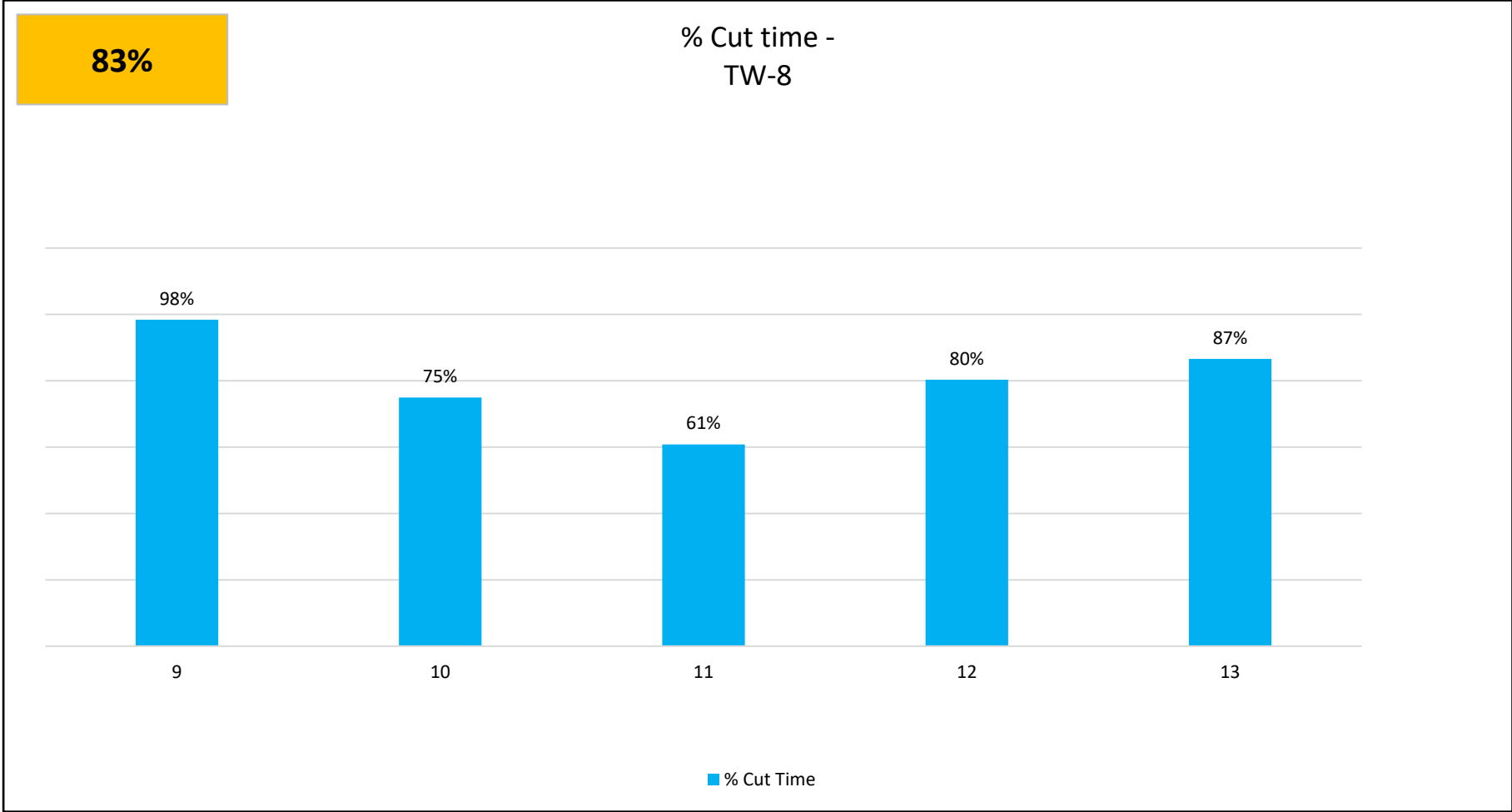
ANEXO XXI – DISPONIBILIDADE (%) DO TMC NO 1º TRIMESTRE DE 2023



ANEXO XXII – DISPONIBILIDADE (%) DO TMC NOS 2º E 3º TRIMESTRES DE 2023



ANEXO XXIII – DISPONIBILIDADE (%) DO TW-8 NO 1º TRIMESTRE DE 2023



ANEXO XXIV – DISPONIBILIDADE (%) DO TW-8 NO 2º E 3º TRIMESTRES DE 2023

