



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Joana Daniela Marques Valadares

Desenvolvimento de processos de monitorização
para a avaliação da performance de equipamentos
CNC

Outubro de 2022



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Joana Daniela Marques Valadares

**Desenvolvimento de processos de monitorização
para a avaliação da performance de
equipamentos CNC**

Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professor Doutor Eusébio Manuel Pinto Nunes
Professora Doutora Cátia Filipa Veiga Alves

Outubro de 2022

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.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste projeto de dissertação é o reflexo de vários anos de esforço e dedicação ao longo do meu percurso acadêmico. Durante esta jornada deparei-me com vários obstáculos que não conseguiria ultrapassar sem o apoio de algumas pessoas que me apoiaram e auxiliaram em cada etapa, pelo que lhes gostaria de exprimir os meus sinceros agradecimentos.

Antes de mais, agradeço à empresa Leica, pela oportunidade de desenvolver o projeto e pelo excelente acolhimento fornecido desde o primeiro dia. Em especial, ao meu orientador da empresa, Fabiano Silva por toda a disponibilidade demonstrada e partilha de conhecimentos e experiências que se revelaram cruciais ao longo do projeto.

Gostaria de agradecer, também, a todas as pessoas com quem trabalhei ao longo do período de estágio pela sua simpatia, empenho, colaboração e disponibilidade para auxiliar no desenvolvimento do projeto.

Aproveito ainda, por agradecer aos meus orientadores académicos, professores Eusébio Nunes e Cátia Alves, pela sua total disponibilidade, pelos esclarecimentos e conhecimentos partilhados durante a realização desta dissertação.

Por último, não posso deixar de manifestar um agradecimento especial aos meus pais e aos meus irmãos, bem como aos meus amigos pela paciência e pelo ânimo com que me têm acompanhado.

O meu sincero obrigada!

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

Desenvolvimento de processos de monitorização para a avaliação da performance de equipamentos CNC

A presente dissertação surge no âmbito da realização do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, na Universidade do Minho. Realizada na empresa Leica, teve como principal objetivo avaliar a performance dos equipamentos CNC existentes na empresa através da criação de procedimentos normalizados para a manutenção preventiva numa área de produção, com o intuito de melhorar a eficácia das manutenções realizadas e consequentemente aumento da disponibilidade dos equipamentos.

A abordagem foi feita com a perspetiva de implementar mudanças ao sistema atual com vista à melhoria contínua da atividade de manutenção na empresa. Para isso, analisaram-se os principais problemas dos equipamentos contidos no chão de fábrica por forma a serem definidos os planos de manutenção. Assim, através da análise dos manuais de manutenção e do *know-how* interno, foram criados planos de manutenção preventiva a serem executados com uma periodicidade definida pela criticidade dos equipamentos, sendo os equipamentos mais críticos avaliados mais periodicamente. Para isso, foram implementados os indicadores *Mean Time Between Failures* (MTBF) e *Mean Time To Repair* (MTTR) que se mostraram de extrema importância para apurar o estado atual da unidade fabril.

A procura pelo aumento da qualidade da informação trouxe a necessidade de obtenção de dados relativos aos registos de avaliações e de anomalias detetadas. Aliado a este registo, revelou-se necessária a implementação de indicadores para a avaliação da performance dos equipamentos. Para este efeito, foi criado um programa para monitorização do estado dos equipamentos CNC (controlo numérico por computador) presentes na empresa.

De forma a testar-se a viabilidade do plano realizado, foram efetuados ensaios que após redefinição de alguns parâmetros e processos permitiu-se a validação do estado do equipamento testado. Assim, passa a ser possível dar-se seguimento aos restantes equipamentos e secções.

PALAVRAS-CHAVE

Criticidade, *Dashboard*, Manutenção preventiva, Metalomecânica, Planeamento e controlo da manutenção

ABSTRACT

Development of monitoring processes to evaluate the performance of CNC equipment

This dissertation arises in the scope of the Master's degree in Engineering and Industrial Management, at the University of Minho. Carried out in leica company, had as main objective to evaluate the performance of CNC equipment existing in the company through the creation of standard procedures for preventive maintenance in a production area, to improve the effectiveness of maintenance performed and consequently increase the availability of equipment.

The approach was made with the perspective of implementing changes to the current system with a view to continuous improvement of maintenance activity in the company. For this, the main problems of the equipment contained on the shop floor were analyzed. Thus, through the analysis of maintenance manuals and internal know-how, preventive maintenance plans were created to be executed on a periodicity defined by the criticality of the equipment. For this, the Indicators Mean Time Between Failures (MTBF) and Mean Time To Repair (MTTR) were implemented, which proved extremely important to determine the current state of the plant.

The demand for increased quality of information has led to the need to obtain data on the records of assessments and anomalies detected. Allied to this register, it was necessary to implement indicators for the evaluation of equipment performance. To this end, a program has been created to monitor the status of CNC (Computer Numeric Control) equipment present in the company.

In order to test the feasibility of the plan carried out, tests were carried out that after redefinition of some parameters and processes allowed the validation of the state of the tested equipment. Thus, it is now possible to follow up on the other equipment and sections.

KEYWORDS

Criticality, Dashboard, Preventive maintenance, Metallomechanics, Maintenance planning and control

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| Agradecimentos..... | iii |
| Resumo..... | v |
| Abstract..... | vi |
| Índice..... | vii |
| Índice de Figuras..... | xi |
| Índice de Tabelas..... | xiii |
| Índice de Gráficos..... | xiv |
| Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos..... | xv |
| 1. Introdução..... | 1 |
| 1.1 Enquadramento e motivação..... | 1 |
| 1.2 Objetivos e resultados esperados..... | 1 |
| 1.3 Metodologia de investigação..... | 2 |
| 1.4 Estrutura da dissertação..... | 3 |
| 2. Análise do estado da arte..... | 5 |
| 2.1 Conceito de manutenção..... | 5 |
| 2.2 Importância e objetivos da manutenção..... | 6 |
| 2.3 Tipos de manutenção..... | 6 |
| 2.3.1 Manutenção preventiva..... | 7 |
| 2.3.2 Manutenção corretiva..... | 9 |
| 2.3.3 Manutenção de melhoria..... | 9 |
| 2.4 Níveis de manutenção..... | 10 |
| 2.5 Gestão da manutenção..... | 10 |
| 2.6 Ferramentas de gestão da manutenção..... | 12 |
| 2.7 Planeamento e Controlo da Manutenção (PCM)..... | 16 |
| 2.8 Avaliação do desempenho na manutenção..... | 22 |
| 2.8.1 <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i> | 23 |
| 2.8.2 <i>Mean Time Between Failures (MTBF)</i> | 25 |
| 2.8.3 <i>Mean Time to Repair (MTTR)</i> | 25 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.8.4 | <i>Dashboard</i> | 26 |
| 2.9 | Introdução à indústria metalomecânica | 27 |
| 2.10 | Processos de maquinagem por arranque de apara | 27 |
| 2.10.1 | Torneamento..... | 27 |
| 2.10.2 | Fresagem | 28 |
| 2.11 | Máquinas CNC..... | 30 |
| 2.11.1 | Sistemas de coordenadas..... | 30 |
| 2.11.2 | Tornos..... | 32 |
| 2.11.3 | Fresadora..... | 33 |
| 2.12 | Etapas para maquinação..... | 33 |
| 2.13 | Sistemas de medição de coordenadas..... | 35 |
| 2.14 | Estratégias para alinhamento geométrico das máquinas | 36 |
| 3 | Apresentação da empresa..... | 38 |
| 3.1 | História e evolução..... | 38 |
| 3.2 | Sistema de produção da Leica..... | 39 |
| 3.2.1 | Departamento da mecânica | 39 |
| 3.2.2 | Departamento de ótica | 41 |
| 3.2.3 | Departamento da montagem | 42 |
| 3.2.4 | Outros departamentos | 42 |
| 3.3 | Ferramentas utilizadas para apoio à gestão | 42 |
| 3.3.1 | Sistema ERP..... | 42 |
| 3.3.2 | Eficácia global dos equipamentos (OEE)..... | 43 |
| 3.3.3 | Gestão da manutenção..... | 44 |
| 3.3.4 | Gestão das necessidades..... | 45 |
| 3.4 | Codificação interna..... | 45 |
| 4 | Descrição e análise da situação atual | 47 |
| 4.1 | Descrição do processo produtivo da secção de maquinação CNC | 47 |
| 4.2 | Operações de maquinagem..... | 50 |
| 4.3 | Análise crítica..... | 51 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.3.1 | Disponibilidade operacional dos equipamentos | 51 |
| 4.3.2 | Manutenção | 53 |
| 4.3.3 | Análise global do registo de intervenções | 57 |
| 4.4 | Síntese dos problemas identificados | 62 |
| 5 | Apresentação e implementação de propostas de melhoria | 63 |
| 5.1 | Definição dos objetivos | 64 |
| 5.2 | Estruturação dos equipamentos por secção | 64 |
| 5.3 | Diagnóstico aos equipamentos | 66 |
| 5.4 | Criticidade dos equipamentos..... | 67 |
| 5.5 | Definição das tarefas a avaliar | 69 |
| 5.5.1 | Definição da peça padrão | 69 |
| 5.5.2 | Procedimentos a realizar | 71 |
| 5.6 | Definição de periodicidades e responsáveis | 75 |
| 5.7 | Plano de manutenção | 76 |
| 5.8 | Monitorização..... | 76 |
| 5.9 | Ensaio realizados..... | 81 |
| 6 | Conclusões..... | 84 |
| 6.1 | Considerações gerais | 84 |
| 6.2 | Proposta de trabalhos futuros..... | 85 |
| | Referências Bibliográficas | 87 |
| | Anexo 1 – Composição do indicador OEE..... | 92 |
| | Anexo 2 – Instrução de trabalho de manutenção autónoma | 93 |
| | Anexo 3 – Tipo e quantidade de serviços de manutenção corretiva realizados..... | 94 |
| | Anexo 4 – Tipo de serviços de manutenção preventiva realizados | 95 |
| | Anexo 5 – Custos e duração dos diferentes tipos de intervenções preventivas e corretivas | 96 |
| | Anexo 6 – Parque de equipamentos CNC..... | 102 |
| | Anexo 7 – Levantamento de anomalias..... | 103 |
| | Anexo 8 – AU's peças padrão | 108 |
| | Anexo 9 – <i>Checklist</i> para cada avaliação..... | 111 |
| | Anexo 10 – Plano de manutenção | 114 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 11 – Plano de ferramentas e programa utilizado | 118 |
| Anexo 12 – Resultados ensaio | 132 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1- Tipos de manutenção..... | 7 |
| Figura 2- Pilares do TPM..... | 14 |
| Figura 3- Fluxograma do processo de planeamento e controlo da manutenção. | 17 |
| Figura 4- Classificação ABC (critérios e fluxo decisional) | 19 |
| Figura 5- Principais operações de torneamento. | 28 |
| Figura 6- Fresagem concordante (esquerda) e fresagem discordante (direita). | 29 |
| Figura 7- Fresagem cilíndrica (esquerda), fresagem de face (centro) e fresagem de topo (direita). | 29 |
| Figura 8- Sistema de eixos de coordenadas pela regra da mão direita..... | 30 |
| Figura 9- Ângulos de rotação. | 31 |
| Figura 10- Principais constituintes de um torno. | 32 |
| Figura 11- Principais constituintes de uma fresadora..... | 33 |
| Figura 12- Instalações da Leica. Vila Nova de Famalicão | 38 |
| Figura 13- Layout do departamento da mecânica da Leica. | 39 |
| Figura 14- Registo de intervenção. | 44 |
| Figura 15- Codificação das referências..... | 45 |
| Figura 16- Exemplo de uma ordem de produção. | 46 |
| Figura 17- Zona de entrada de material..... | 49 |
| Figura 18- Zona de armazenamento de planos..... | 49 |
| Figura 19- Máquina Zoller (medição de ferramentas)..... | 49 |
| Figura 20- Diagrama de causa-efeito para o elevado tempo de setup. | 53 |
| Figura 21- Plano de PCM utilizado. | 63 |
| Figura 22- Distribuição dos equipamentos CNC da secção da maquinação..... | 65 |
| Figura 23- Criticidade dos equipamentos. | 69 |
| Figura 24- Fluxograma do processo de avaliação aos equipamentos..... | 71 |
| Figura 25- Menu principal da aplicação..... | 77 |
| Figura 26- Módulo para registo das avaliações. | 78 |
| Figura 27- Menu do registo de avaliação. | 78 |
| Figura 28- Registo de avaliação no torneamento CNC..... | 78 |
| Figura 29- Módulo para registo de anomalias. | 79 |

| | |
|--|----|
| Figura 30- Registo de anomalia..... | 79 |
| Figura 31- Módulo do estado dos equipamentos da secção. | 80 |
| Figura 32- Módulo para programação das avaliações. | 80 |
| Figura 33- Módulo para análise dos indicadores criados. | 81 |
| Figura 34- Equipamento 174TOA02..... | 82 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1- Classificação das ações de manutenção por níveis..... | 11 |
| Tabela 2- Codificação dos centros de custos, grupos e centros de trabalho..... | 46 |
| Tabela 3- Processo produtivo da secção de maquinação CNC. | 48 |
| Tabela 4- Tipos de operações de maquinagem realizadas na secção de maquinação CNC. | 50 |
| Tabela 5- Processo de realização de uma manutenção corretiva..... | 54 |
| Tabela 6- Processo de realização de uma manutenção preventiva. | 56 |
| Tabela 7- Distribuição das intervenções e dos tempos gastos em manutenção. | 57 |
| Tabela 8- Número de anomalias por equipamento e prioridades (1, 2 e 3, respetivamente). | 66 |
| Tabela 9- Fatores de avaliação por criticidade. | 68 |
| Tabela 10- Etapas para a testagem com a peça padrão..... | 72 |
| Tabela 11- Etapas para o alinhamento da árvore do equipamento. | 73 |
| Tabela 12- Etapas para o alinhamento do revólver do equipamento. | 74 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1- Percentagem de perdas na secção da maquinaria CNC. | 51 |
| Gráfico 2- Percentagem de perdas no setor do torneamento (esquerda), torneamento fino (centro) e fresagem (direita). | 52 |
| Gráfico 3- Número e duração das manutenções corretivas por equipamento. | 58 |
| Gráfico 4- Número e duração das manutenções preventivas por equipamento. | 59 |
| Gráfico 5- Tipo de manutenções preventivas realizadas. | 60 |
| Gráfico 6- Relação entre o número e a duração de manutenções preventivas e corretivas ao longo do tempo. | 61 |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

- AU – Instrução específica de trabalho (*arbeitsunterweisung*)
- CAD – Desenho assistido por computador (*Computer Aided Design*)
- CNC – Controlo numérico computadorizado (*Computer Numeric Control*)
- ERP – Planeamento de recursos empresariais (*Enterprise Resource Planning*)
- FMECA – Análise do modo de falha, efeitos e criticidade (*Failure Mode, Effects & Criticality Analysis*)
- JIPM – Instituto japonês de manutenção de plantas (*Japan Institute of Plant Maintenance*)
- KPI – Indicador chave de desempenho (*Key Performance Indicator*)
- MDT – Tempo médio de paragem para ações de manutenção (*Maintenance Down Time*)
- MRP – Planeamento das necessidades de materiais (*Manufacturing Resource Planning*)
- MTBF – Tempo médio entre avarias (*Mean Time Between Failures*)
- MTBM – Tempo médio entre ações de manutenção (*Mean Time Between Maintenance*)
- MTTR – Tempo médio de reparação (*Mean Time To Repair*)
- OEE – Eficiência global dos equipamentos (*Overall Equipment Effectiveness*)
- OP – Ordem de produção
- OT – Ordem de trabalho
- PAAP – Plano de aprovação de arranque da produção
- PCD – Plano de controlo dimensional
- PCM – Planeamento e controlo da manutenção
- PDCA – Planear, fazer, verificar e agir (*Plan-Do-Check-Act*)
- RBM – Técnicas de manutenção baseada no risco (*Risk Based Maintenance*)
- RCM – Manutenção centrada na confiabilidade (*Reliability Centered Maintenance*)
- SAP – Desenvolvimento de programas para análise de sistema (*Systems Applications and Products*)
- SMED – Troca rápida de ferramentas (*Single Minute Exchange of Dies*)

TPM – Manutenção produtiva total (*Total Productive Maintenance*)

VBA – *Visual Basic for Application*

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, apresenta-se um enquadramento e motivação sobre a temática desta dissertação, os objetivos e perguntas de investigação a que se pretendeu dar resposta, a metodologia de investigação utilizada para esse efeito e, por fim, a estrutura da dissertação adotada.

1.1 Enquadramento e motivação

Com a rapidez com que as mudanças acontecem na atualidade, as indústrias, principalmente do ramo metalomecânico, têm apontado uma grande necessidade de informações sobre o desempenho da sua produção (Ferraz, 2002). Assim, a eficiência depende em grande parte da confiabilidade e disponibilidade das máquinas-ferramentas CNC (Sun et al., 2021). Deste modo, os fatores de competitividade de uma indústria estão intimamente relacionados ao sistema de produção, envolvendo uma adequada gestão do chão de fábrica e uma clara visão sobre o seu estado operacional (Oliveira & Alvares, 2018).

Este projeto realiza-se no âmbito da Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho, e está enquadrado num estágio curricular, efetuado na empresa Leica - Aparelhos Óticos de Precisão, S.A., localizada em Vila Nova de Famalicão. A empresa dedica-se, essencialmente, à produção de máquinas fotográficas, binóculos e equipamentos de ótica.

A busca por elevados índices de disponibilidade dos equipamentos produtivos e da exigência do seu bom funcionamento tornou-se numa obrigatoriedade, pois representam uma vantagem competitiva e apenas é possível pensar em tais metas se o departamento de engenharia e manutenção fizerem o seu trabalho de uma forma eficiente. Assim, perante a visão e melhoria contínua da Leica, surgiu a necessidade de criar procedimentos internos, transversais a toda a área de maquinação, de avaliação do estado de equipamentos CNC.

1.2 Objetivos e resultados esperados

Com este projeto, pretende-se avaliar a performance/estado dos equipamentos CNC existentes na empresa. Neste sentido, os objetivos de trabalho passam por definir tipos de peça padrão para cada tipologia de equipamento, de modo que através de testes em chão de fábrica, seja possível validar o estado dos equipamentos. Para isso, é necessário coordenar e definir com as áreas multidisciplinares o

tipo de atributos a avaliar bem como a sua periodicidade de avaliação. Assim, o objetivo final é criar *dashboards* de análise por estado e tipologia dos equipamentos CNC.

Deste modo, espera-se obter um maior controlo no desempenho dos diferentes tipos de equipamentos CNC, assegurando uma correta avaliação dos mesmos. Ademais, espera-se alcançar uma maior robustez nos processos de maquinação realizados, de forma a garantir que os equipamentos que estão na base da produção e com os quais se trabalha diariamente, não causam defeitos ou falhas no processo produtivo. Os resultados deste projeto deverão contribuir para os objetivos estratégicos e para a criação de valor da organização.

Sob um outro ponto de vista, através do projeto é possível aplicar o conhecimento e conceitos adquiridos ao longo da vida universitária estabelecendo uma interface entre o ambiente académico e o profissional. Mais concretamente, conceitos relativos à manutenção industrial e, de uma forma mais geral, à área do controlo numérico por computador (CNC) e à filosofia *lean*.

1.3 Metodologia de investigação

Dado que o projeto é desenvolvido num ambiente empresarial, através de práticas como a análise dos principais problemas, a recolha de dados, a participação nas atividades de implementação e a análise de resultados, considera-se que a abordagem mais adequada é a adoção da metodologia de investigação-ação (*action research*). Esta metodologia caracteriza-se pelo envolvimento do investigador no ambiente em estudo e pela sua participação ativa no projeto. Desta forma, é possível realizar o estudo de um processo através da introdução de alterações no mesmo e conseqüente observação dos resultados.

Segundo (Saunders et al., 2009) o envolvimento dos trabalhadores, desenvolvendo-se um ambiente colaborativo, é essencial para o sucesso do projeto. A aplicação desta metodologia permite à organização a obtenção de ganhos com o trabalho de investigação, na medida em que, contribui para a resolução de problemas práticos, implementando melhorias e avaliando o resultado das mesmas. Assim, a metodologia é aplicada de forma cíclica através das fases de diagnóstico, planeamento, ação e avaliação (Saunders et al., 2009).

Numa fase inicial, deve ser identificado o problema, de forma a obter um diagnóstico mais preciso. Neste sentido, após perceber o funcionamento do processo produtivo, em particular da secção da maquinação, observando todo o processo, será fundamental diagnosticar todos os fatores que influenciam o funcionamento das máquinas, recorrendo a ferramentas de análise e diagnóstico adequadas.

Segue-se a fase de planeamento, onde são consideradas todas as possíveis alternativas para a resolução do problema em causa. Após isso, é selecionada uma alternativa para pôr em prática, que permita corrigir as dificuldades/problemas encontrados.

Por último, serão estudadas as consequências decorrentes desta alternativa. Nesta fase serão feitas análises e comparação dos resultados obtidos, sendo desta forma possível perceber quais as melhorias obtidas em comparação com o estado inicial.

Haverá também a elaboração de propostas futuras que não tenham tido oportunidade de ser implementadas na empresa, assim como a realização de um balanço de todo o projeto. Deve-se igualmente identificar os aspetos que correram menos bem, para evitar que voltem a acontecer.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação segue uma organização lógica e sequencial, e apresenta-se dividida num conjunto de etapas interligadas entre si por um fio condutor, expresso nas metodologias e objetivos da investigação. Desta forma, o presente documento está dividido em seis capítulos.

O presente capítulo é referente à introdução do projeto de dissertação, onde é descrito o enquadramento geral do trabalho, os principais objetivos a ser atingidos, a metodologia utilizada e a estruturação do documento.

No capítulo dois, descreve-se o estado da arte, através de uma revisão da literatura que apresenta as contribuições científicas que servem de base a esta investigação. Além disso, é feita uma breve abordagem às indústrias metalomecânicas, essencial para os assuntos tratados nos restantes capítulos.

No terceiro capítulo é feita uma pequena apresentação da empresa onde se desenvolveu o trabalho, a Leica. Inicialmente são descritos os seus processos produtivos, dando foco à área da maquinaria CNC. Por fim, é feita uma abordagem às principais ferramentas utilizadas internamente bem como às codificações usadas.

No quarto capítulo, expõe-se a situação atual, descrevendo e analisando criticamente os processos que integram a secção de maquinaria CNC evidenciando os principais problemas a estes inerentes.

No capítulo cinco, enumeram-se as propostas de melhoria tendo em vista a eliminação ou minimização das identificadas no capítulo anterior. Além disso, são analisados e discutidos os resultados obtidos.

Por fim, no último capítulo tecem-se conclusões acerca do trabalho desenvolvido, evidenciando os resultados mais importantes e destacando ainda algumas limitações do projeto e oportunidades de trabalho futuro.

2 ANÁLISE DO ESTADO DA ARTE

A importância de uma máquina-ferramenta de controlo numérico tem vindo, cada vez mais, a aumentar exponencialmente tanto num contexto industrial como académico. Industrialmente, o aumento da eficiência e consequentemente, do lucro na produção de componentes com geometrias e superfícies complexas, tem enorme relevância para as empresas (Freitas, 2015).

Estes lucros podem ser maximizados através do aumento de receitas ou pela redução de custos. Uma das formas de reduzir os custos de uma empresa é eliminar os desperdícios associados a processos que criam valor acrescentado. Para isso, é necessário manter todo o aparelho industrial num estado que garanta o seu potencial máximo, durante o maior tempo possível (Freitas, 2015), ou seja, evitar quebras de produção por avarias de máquinas. A melhor forma de obter estes objetivos é adotar uma gestão estratégica no âmbito da manutenção (Albuquerque De Oliveira, 2017).

Neste sentido, o presente capítulo tem como principal objetivo rever e sistematizar o conceito referido. Aborda-se a definição e a importância da manutenção, os tipos de manutenção existentes, os diferentes níveis de manutenção, algumas ferramentas de gestão da manutenção e são referidos alguns indicadores para a avaliação do seu desempenho. Além disso, é feita uma revisão às indústrias metalomecânicas, nomeadamente os tipos de processos de maquinagem mais conhecidos, as máquinas CNC tipicamente utilizadas e os diferentes sistemas de eixos, as etapas para maquinação e, por fim algumas estratégias que garantem o bom funcionamento das máquinas.

2.1 Conceito de manutenção

A norma NP EN 13306: 2017 define a manutenção como a “combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele possa desempenhar a função requerida”.

Assim, este procedimento é essencial ao ciclo de vida dos equipamentos, no sentido de obter elevada disponibilidade a baixos custos (Carvalho, 2019). Em termos práticos, é uma atividade que visa manter algo em boas condições de funcionamento, evitar perturbações operacionais e/ou manter um determinado padrão técnico (Ivina & Olsson, 2020).

2.2 Importância e objetivos da manutenção

A era da globalização e competitividade vivida nos mercados atuais provoca um desafio cada vez mais exigente para as empresas. A entrega do produto ou serviço ao cliente nos prazos requeridos e com a qualidade pretendida é cada vez mais uma questão de sobrevivência e menos um fator de distinção entre as organizações (Sousa, 2011).

Assim, na perspectiva de garantir o melhor desempenho dos equipamentos, torna-se evidente a necessidade de acompanhar o seu funcionamento, analisar e controlar o histórico de avarias e realizar intervenções que minimizem o impacto das suas paragens, ou seja, garantir a sua manutenção em períodos atempados de maneira a sustentar a sua operacionalidade.

Entende-se, portanto, que a necessidade da manutenção existe pela ocorrência de falhas nos sistemas, que devem ser reduzidas com o objetivo de garantir a satisfação dos três diferentes tipos de clientes: as chefias dos sistemas, os utilizadores e a sociedade em geral (Eti et al., 2006). Desta forma, a satisfação das chefias é tanto maior quanto maior for a capacidade de os sistemas gerarem um retorno financeiro satisfatório. Por outro lado, a satisfação dos utilizadores relaciona-se com a garantia do sistema em manter os seus níveis de performance de acordo com os *standards* definidos. Finalmente, a não ocorrência de falhas que coloquem a segurança de pessoas e bens em risco, com incidência negativa nos ecossistemas, assume-se como um objetivo de toda a sociedade civil (Morais, 2013).

A manutenção deve, por isso, ser a menos penalizada pelo seu custo direto, devendo efetivamente ser avaliada pelo seu desempenho na ótica dos contributos dados ao produto/serviço final. Assim, “a manutenção como um mal necessário” (Cabral, 2013) já não faz qualquer sentido porque a manutenção, para além de criar capacidade produtiva, é corresponsável pelo alcance de níveis de produtividade nos mais variados domínios (Filipe, 2006).

2.3 Tipos de manutenção

A classificação dos tipos de manutenção não é um tópico consensual entre os vários autores consultados, pois existem diferentes formas de classificar os tipos de manutenção, seja pelo carácter corretivo ou preventivo ou pela existência ou não de planeamento.

Neste caso considerou-se a classificação segundo a norma NP EN 13306: 2017 que considera três principais tipos de intervenções: as intervenções corretivas, as preventivas e as de melhoria (Figura 1).

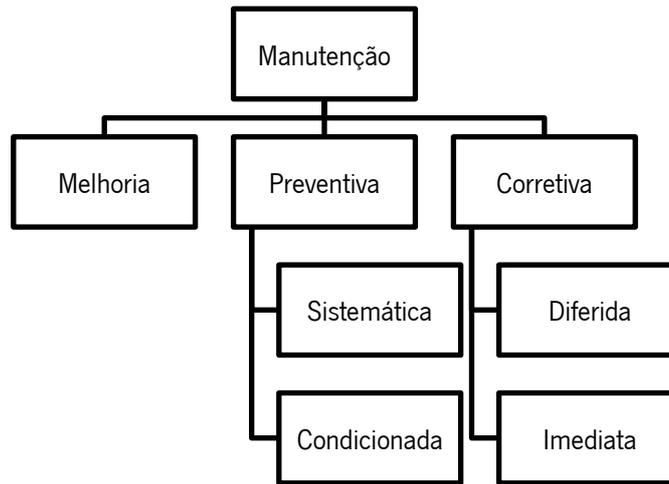


Figura 1- Tipos de manutenção
 (Adaptado de NP EN 13306, 2017)

2.3.1 Manutenção preventiva

No que diz respeito à manutenção preventiva, segundo a norma já mencionada, esta é a manutenção que é efetuada a intervalos de tempo pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um bem.

Assim, esta manutenção pode ser uma simples operação de lubrificação, mas também pode englobar a troca de componentes antes do seu fim de vida. Neste sentido, as principais atividades de manutenção preventiva incluem (Sousa, 2011):

- Lubrificação – reduz o calor gerado pelo atrito ou protege as peças de sofrerem corrosão, evitando o desgaste das peças móveis em contacto;
- Inspeção visual – o técnico de manutenção utiliza essencialmente os seus sentidos, conhecimentos e experiência, sem necessidade de recorrer a equipamentos adicionais;
- Ensaios – podem ser divididos em três tipos, operacionais, funcionais e oficinais:

Os ensaios operacionais consistem em ações de verificação das condições de funcionamento de um equipamento sem recurso a equipamentos adicionais de ensaio;

Os ensaios funcionais simulam diferentes regimes e situações de funcionamento do equipamento ou sistema, para determinar se os seus parâmetros de operação se encontram dentro das especificações. Requer, por isso, o recurso a equipamentos auxiliares de ensaio e medida;

Os ensaios oficinais implicam a desmontagem do equipamento ou parte deste e o seu envio para a oficina para ser testado.

- Ajustes – consiste na reposição do valor nominal de uma característica física do equipamento (folga, binário de aperto, tensão, etc.). Esta tarefa é feita após uma verificação que mede o valor do parâmetro que afere a característica e determina a necessidade de proceder ao ajuste, consoante estejam, ou não, excedidas as tolerâncias definidas para esse parâmetro;
- Revisão – pode ser dividida em dois tipos, parcial ou geral:

A revisão parcial abrange a desmontagem, verificação, limpeza, substituição de peças, ajustes, montagem e ensaio de parte de um equipamento ou sistema;

A revisão geral implica a desmontagem completa de um equipamento, verificação, limpeza, substituição de peças, montagem e ensaio. Trata-se de uma ação de manutenção adequada para equipamentos cujos componentes estão sujeitos a desgaste progressivo com o funcionamento.

Dentro deste tipo de manutenção existem duas variantes, a manutenção sistemática (baseada na idade) e a manutenção condicionada (baseada na condição). Esta primeira trata-se de uma manutenção preventiva efetuada “a intervalos de tempo preestabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização, mas sem controlo prévio do estado do bem” (NP EN 13306: 2017) não existindo, por isso, um acompanhamento da evolução do estado do equipamento, sendo assumido que as falhas ocorrem de modo mais ou menos previsível.

Neste tipo de manutenções os trabalhos mais frequentemente realizados dizem respeito a revisões sistemáticas, rotinas de inspeção, rotinas de lubrificação, confirmação metrológica/calibração e substituição/recondicionamento de componentes (Cabral, 2006).

Comparativamente, a manutenção condicionada é uma manutenção preventiva baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações daí decorrentes. Esta pode ser executada segundo um calendário, a pedido ou de modo contínuo (NP EN 13306: 2017).

A nível de práticas utilizadas, este género de manutenção utiliza técnicas mais específicas como a medição, a observação e ensaios para medir periodicamente parâmetros do equipamento ou sistema, considerados relevantes para monitorizar e avaliar o estado do equipamento. As ações de manutenção a realizar são decididas em função do estado do equipamento (Mouta, 2011).

O objetivo principal consiste, por isso, em identificar irregularidades no funcionamento dos equipamentos e corrigi-las antes da falha funcional ocorrer. Assim, a ação de manutenção pode ser desencadeada tendo em conta diferentes critérios, nomeadamente quando o valor de um parâmetro ou de um indicador calculado com base num ou mais parâmetros ultrapassa um nível limite preestabelecido (Teixeira, 2022).

2.3.2 Manutenção corretiva

Como o próprio nome indica, a manutenção corretiva é a “manutenção efetuada depois da deteção de uma avaria e destinada a repor um bem num estado em que pode realizar uma função requerida” (NP EN 13306: 2017).

Esta norma faz distinção entre a manutenção corretiva diferida e a manutenção corretiva imediata. No caso de a avaria não ser crítica, isto é, não precisa de atenção imediata ou pode ser adiada, a ação de manutenção pode ser diferida para uma altura mais conveniente (Ben-Daya et al., 2016). As avarias cujas reparações nunca serão executadas quer por motivos financeiros, quer por obsolescência do equipamento, também são consideradas como diferidas (Cruzan, 2009). Já quando a avaria ocorrer em equipamentos vitais para a produção ou acarretar riscos ambientais ou de segurança, a ação de manutenção necessita de ser executada de imediato (Ben-Daya et al., 2016).

De notar que as manutenções corretivas produzem melhores resultados quando aplicadas em situações não críticas, em que os custos envolvidos são menores, as consequências de fracasso são de pouca importância e a identificação e reparação da avaria é rapidamente resolvida (Starr, 2000).

2.3.3 Manutenção de melhoria

Segundo a norma NP EN 13306: 2017, as atividades de melhoria têm o objetivo de “otimizar a segurança de funcionamento de um equipamento, sem que seja modificada a função requerida”. Estas melhorias poderão refletir-se tanto no desempenho do equipamento como na sua própria manutibilidade.

Pinto, 2013 considera a manutenção de melhoria um bom exemplo de engenharia da manutenção pois tem como objetivo adaptar ou corrigir erros na criação ou instalação dos equipamentos. Segundo o autor, os investimentos feitos neste modelo de manutenção podem resultar em lucros significativos para a organização que o implementa. Este tipo de manutenção é atualmente praticado de forma mais frequente, uma vez que, por exemplo, após a compra de um equipamento existe a probabilidade de ao longo da sua vida útil, ser necessário alterar ou corrigir parte do mesmo. É, por isso, da responsabilidade da manutenção, realizar trabalhos de melhoria, como em casos onde se deteta um defeito de projeto de construção que implica modificar todo o equipamento ou parte dele, de forma a melhorar a segurança,

fiabilidade e manutibilidade (Meira, 2019). Estas alterações podem ser realizadas por decisão da empresa ou até mesmo por recomendação do fabricante.

Podem também existir trabalhos de inovação, como a substituição de componentes mais velhos por uns de nova geração, utilizando por exemplo componentes eletrónicos mais recentes. No entanto, a reconstrução pode ser mais favorável nos casos em que um equipamento ou componente atinge um certo estado de desgaste ou idade, tornando-se prudente reconstruir ao invés de comprar um novo, uma vez que sai mais económico. Assim, a finalidade deste tipo de manutenção é a de progressão da empresa, na medida em que permite que esta obtenha o nível de competitividade exigido no mundo empresarial atual.

2.4 Níveis de manutenção

Os trabalhos de manutenção podem classificar-se por escala de cinco níveis que dependem não só das tarefas a executar, mas, sobretudo, das competências e meios requeridos à sua concretização. Segundo Crespo Marquez et al. (2009) e Matias et al. (2014), os mesmos encontram-se divididos conforme exposto na Tabela 1.

2.5 Gestão da manutenção

Com o crescimento da capacidade de negócio de uma organização, a área da manutenção assume uma maior importância, seja pelo aumento da complexidade dos sistemas, pelo expressivo número de equipamentos ou pela importância evidente que o bom estado dos equipamentos têm na concretização dos objetivos globais a que se propõe (Morais, 2013). Desta forma, a gestão da manutenção torna-se de extrema relevância uma vez que estabelece os objetivos e metas que visam obter o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, quer estes sejam de mão-de-obra, materiais ou equipamentos (Figueira, 2021).

A norma NP EN 13306: 2017 define o conceito de gestão da manutenção como “todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por diversos meios tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos”.

A ausência de intervenções apropriadas e atempadas aumenta substancialmente o risco de avaria (Teixeira, 2022). No entanto, é necessário ter em conta que a degradação do estado do equipamento é, essencialmente influenciada pelo uso e pelas condições operacionais (Márquez, 2007).

*Tabela 1- Classificação das ações de manutenção por níveis.
(Adaptado de Crespo Marquez et al., 2009; Matias et al., 2014).*

| Nível | Tipo de manutenção | Responsável | Meios |
|--------------|---|-------------------------------|---|
| 1 | Manutenção autónoma- ações simples, como limpeza, afinações simples, substituição de componentes de fácil acesso ou lubrificação | Operador | Instruções de funcionamento; Materiais consumíveis |
| 2 | Manutenção corretiva- ações de manutenção base, incluindo diagnóstico de avaria, substituição de componentes funcionais e reparações | Técnico de qualificação média | Ferramentas definidas pela instrução de manutenção |
| 3 | Manutenção preventiva- ações destinadas a prevenir avarias e consequentes indisponibilidades do equipamento | Técnico qualificado | Ferramentas e aparelhos de medida; Banco de ensaio; Peças de reserva |
| 4 | Manutenção de prevenção- ações destinadas a melhorar a fiabilidade, introduzindo melhorias, novas técnicas, sistemas ou equipamentos. Estes trabalhos implicam o domínio de uma técnica ou tecnologia especializada | Técnico qualificado | Máquinas de suporte técnico; Banco de ensaio |
| 5 | Manutenção contratada- ações de manutenção subcontratadas, realizadas por fornecedores externos, que podem ou não ser os fabricantes do equipamento | Técnico altamente qualificado | Meios definidos pelo fabricante, próximos dos utilizados na construção do equipamento |

Assim, as atividades determinadas a manter o bom funcionamento dos sistemas industriais requerem organização e planeamento, no sentido de alcançar elevados níveis de disponibilidade operacional ao custo mais baixo possível, evitando a utilização indevida de recursos humanos e materiais (Teixeira, 2022). Contudo, para que estas atividades sejam bem-sucedidas, também é fundamental garantir que os vários intervenientes dispõem de competências, experiência, meios e condições de trabalho apropriadas.

2.6 Ferramentas de gestão da manutenção

Para responder ao problema de como definir/planear uma estratégia de manutenção surgiram diversas filosofias de manutenção que pretendem delinear algumas diretrizes para otimizar a manutenção efetuada e reduzir os custos associados à função manutenção, das quais se destacam:

- Técnicas de manutenção baseada na fiabilidade (RCM);
- Manutenção produtiva total (TPM)
- Técnicas de manutenção baseada no risco (RBM);
- Manuais do fabricante;
- Planos de manutenção;
- Políticas de manutenção;
- Experiência ou *know-how*.

Total Productive Maintenance (TPM)

O conceito de Manutenção Produtiva Total (TPM), ou *Total Productive Maintenance*, ganha importância no seio de qualquer organização cujo êxito dos seus objetivos está intimamente dependente da disponibilidade dos equipamentos existentes.

De acordo com Nakajima (1998), vice-presidente do *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), TPM é uma combinação de manutenção preventiva com os conceitos de gestão da qualidade total e envolvimento total dos funcionários (Teixeira, 2022). O seu traço mais distintivo consiste em envolver ativamente a produção nas tarefas de manutenção, explorando o facto de ser o operador quem melhor conhece a máquina (Oliveira De Sá, 2014).

Em harmonia com a sua definição, cada uma das letras da metodologia possui um significado próprio, como se segue (Nakajima, 1998):

“T” – “*Total*”, no sentido de eficiência global, ou seja, o ciclo de vida útil do sistema produtivo com a participação de todos os departamentos;

“P” – “*Productive*”, corresponde à eliminação de todos os tipos de perda até chegar ao nível zero, ou seja, atingir o máximo da eficiência do sistema de produção promovendo “zero acidentes, zero defeitos, zero falhas”;

“M” – “*Maintenance*”, tem como foco o ciclo total de vida útil do sistema de produção, promovendo a manutenção num sentido amplo.

Nesta perspectiva, o principal foco da TPM passa fundamentalmente por reduzir os principais desperdícios relacionados com os equipamentos para melhorar a eficiência global do equipamento (OEE). Desta forma, (Nakajima, 1998) agrupou as seis grandes perdas utilizadas por JIPM apresentadas de seguida e, dividiu-as nos três índices do cálculo do OEE (abordados mais à frente).

- Perda por avaria/falha – perdas de tempo devido ao equipamento não estar disponível para produzir nas condições exigidas, deixando de funcionar total ou parcialmente. Este fator é aquele que mais prejudica a eficiência.
- Perda por mudança de produto e afinações (*setup*) – perda que é provocada por paragem associada à mudança de produto. O tempo de mudança de produto significa o tempo necessário desde a paragem do produto que estava a ser produzido, até ao final da preparação do produto que irá ser produzido, sendo o ajustamento do equipamento a fase mais demorada.
- Perdas por pequenas paragens – as pequenas paragens diferem da avaria/falha normal, na medida em que se devem a problemas momentâneos, podendo acontecer quando o equipamento para ou opera em vazio. Neste tipo de perdas pode-se incluir também a espera para inspeção e controlo.
- Perda por redução de velocidade no processo – refere-se à diferença entre a velocidade nominal e real do equipamento. Pode acontecer, por exemplo, no caso de uma operação realizada com a velocidade reduzida devido à ocorrência de problemas na qualidade do produto ou na mecânica do equipamento, quando operado à velocidade nominal.
- Perda por produto defeituoso e retrabalho – perda originada pelos produtos com defeito e pelas intervenções de retrabalho com vista à sua recuperação.
- Perda no arranque das máquinas – a perda no início da operação é a perda decorrente entre o momento do início da produção e a estabilização do processo.

Segundo JIPM, as principais causas para estas perdas ocorrerem podem dever-se ao mau estado/ más condições de funcionamento do equipamento, erros humanos, negligência, falta de motivação, de conhecimento e de compreensão de como alcançar as condições ótimas de funcionamento do equipamento.

De forma a reduzir estas perdas surge então a metodologia TPM, que tem como base de implementação oito atividades fundamentais, também designadas por pilares. Os principais aspetos que suportam a metodologia TPM, de forma duradoura, são representados de modo a formar uma casa, conforme representado na Figura 2.

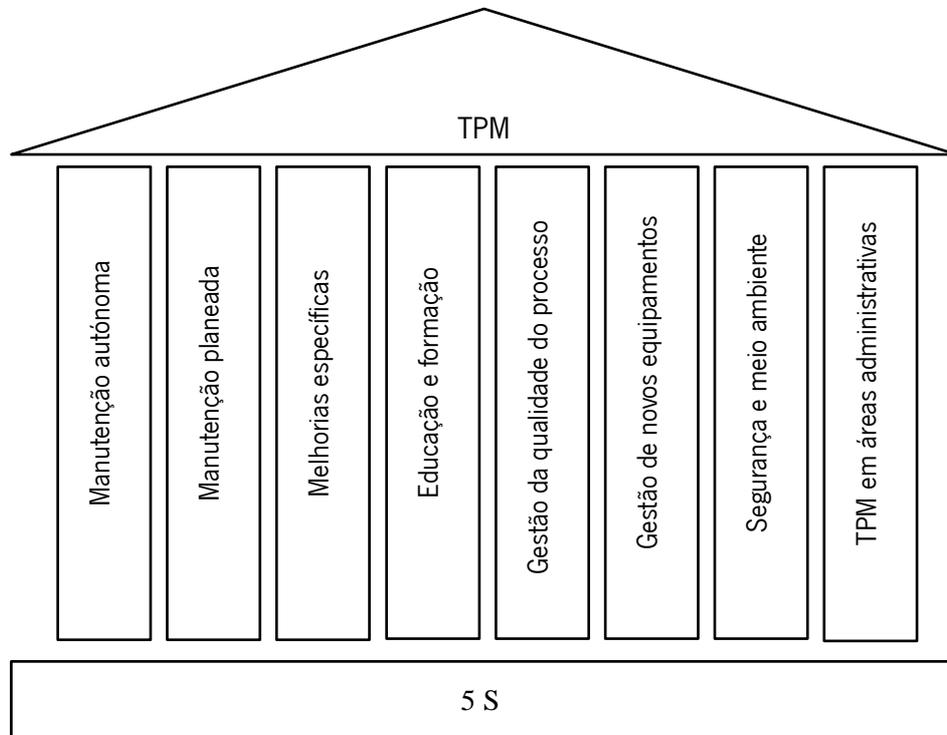


Figura 2- Pilares do TPM.

(Adaptado de Nakajima, 1998)

Assim, tal como numa casa, os alicerces e a base fazem a sustentação de toda a construção, estando na base da casa a metodologia 5S, uma prática que visa a redução de desperdícios e a melhoria do desempenho de processos e das pessoas (Pinto, 2013). Relativamente aos pilares, estes são descritos de forma sucinta de seguida:

Manutenção autónoma: melhoria da eficácia dos equipamentos por parte dos operadores, desenvolvendo a sua capacidade para a execução de inspeções e reparações. O operador é visto como o proprietário do seu local de trabalho, assumindo responsabilidades pelos seus equipamentos (Ferreira, 2017).

Manutenção planeada: criação de uma rotina de manutenção proativa, em vez de atividades reativas. Assim, o objetivo é garantir a ausência de avarias e ausência de defeitos através da manutenção planeada, que permite reduzir os custos de manutenção, reduzir os *stocks* e melhorar a fiabilidade e manutibilidade dos equipamentos (Pinto, 2013; Suzuki, 1994).

Melhorias específicas: atividades de melhoria focalizada, realizadas sobre os equipamentos e processos, para aumentar o seu desempenho e reduzir os desperdícios. Assim, o objetivo é reduzir as perdas anteriormente identificadas, atingindo um estado de zero perdas, isto é, zero falhas, zero defeitos e zero desperdícios (Pinto, 2013; Suzuki, 1994). Nesta fase, a complementaridade com outras ferramentas, como é o caso dos 5W (os Cinco Porquês) e o diagrama de causa-efeito, permite auxiliar a análise e identificação dos desperdícios a eliminar (Pinto, 2013).

Educação e formação: desenvolvimento de habilidades aos colaboradores de forma a difundir uma cultura de aprendizagem e formação contínua, que acompanhe a natureza evolutiva da metodologia (Meira, 2019). Assim, o objetivo é dotar os operadores das competências e conhecimentos necessários à implementação das práticas do TPM, na medida em que a experiência permite adquirir o "*Know-How*" para resolver os problemas, sem que se saiba a raiz do mesmo, mas é realmente importante que se perceba a razão pela forma como se atua nas suas resoluções, ou seja, o "*Know-Why*" (Venkatesh, 2007).

Gestão da qualidade do processo: estabelecer as condições necessárias para a produção livre de defeitos e erros de qualidade, atingindo assim o objetivo dos zero defeitos. Pretende-se garantir que os processos são suficientemente robustos e à prova de erro. Para isso, é necessário perceber quais as fontes de variação que atuam no processo e que poderão originar defeitos, e proceder à sua eliminação. Devem também aplicar-se ações preventivas antes da ocorrência dos defeitos e recorrer a sistemas à prova de erro (*poka-yoke*), particularmente úteis na prevenção dos mesmos (Pinto, 2013; Suzuki, 1994).

Gestão de novos equipamentos: realização de atividades durante o planeamento e construção de novos equipamentos, transmitindo um alto grau de fiabilidade, manutibilidade, durabilidade, economia, operacionalidade, segurança e flexibilidade (Pinto, 2013). Portanto, este pilar baseia-se na aprendizagem adquirida com os equipamentos existentes e com os processos de melhoria, manutenção autónoma e as iniciativas da manutenção planeada.

Segurança e meio ambiente: criação de um local de trabalho seguro, que reúna as condições necessárias para a segurança e saúde do trabalhador e que evite danos para o meio ambiente. Para isso, os locais de trabalho devem ser mantidos limpos, seguros e organizados, o que pode ser conseguido através da implementação dos 5S e por via da introdução de melhorias nos equipamentos, que aumentem a segurança do trabalhador (Pinto, 2013; Suzuki, 1994). Assim, com este pilar pretende-se alcançar os zero acidentes, zero danos para a saúde e zero incêndios (Meira, 2019).

TPM em áreas administrativas: aplicação dos princípios TPM às funções administrativas, ou seja, estende os benefícios do TPM para além do chão de fábrica, abordando problemas administrativos por via de análise dos processos de compras, contabilidade, *marketing* e vendas (Pinto, 2013; Suzuki, 1994). Dessa análise resulta a identificação e eliminação de perdas, desde avarias nos equipamentos de escritório, perdas de processamento, perdas por falhas de comunicação, reclamações dos clientes por falhas nas entregas, entre outros (Meira, 2019).

Com isto, pretende-se realçar a importância de todos os pilares, mas também a lógica de construção de “baixo para cima”, com sólidas raízes capazes de suportar uma política de implementação da TPM com sucesso (Nakajima, 1998), sendo para isso, necessário seguir uma sequência de passos para a sua concretização.

2.7 Planeamento e Controlo da Manutenção (PCM)

A norma NP EN 13460: 2009 define um plano de manutenção como um “conjunto estruturado de tarefas que compreendem as atividades, os procedimentos, os recursos e a duração necessários para executar a manutenção”. O objetivo principal do PCM é estabelecer uma rotina de trabalhos preventiva, garantindo um domínio e controlo dos ativos (Meira, 2019), maximizando a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos otimizando os recursos da manutenção (Xavier, 2015).

Além de estabelecer os momentos para cada intervenção, o planeamento da manutenção visa preparar previamente as intervenções, com o conhecimento prévio ou uma previsão dos recursos necessários, incluindo recursos humanos e de materiais, de modo que estejam prontamente disponíveis no momento da execução (Cabral, 2013; Pinto, 2013).

Pinto (2013) defende que o planeamento deve ser visto como uma atividade dinâmica, descentralizada e sistemática, ou seja, o planeamento deverá ser continuamente ajustado, em função dos resultados da análise dos registos das intervenções, que devem incluir a descrição do trabalho realizado, a data da intervenção, os meios envolvidos, o tempo consumido, a identificação das causas, entre outros detalhes que se considerem relevantes.

Assim, o planeamento da manutenção engloba o conjunto de todas as atividades de planeamento, controlo e registo necessárias a manter os equipamentos e infraestruturas num bom estado de funcionamento (Pinto, 2013). Desta forma, os planos de manutenção, como qualquer outro plano, seguem uma sequência de etapas. Estas diferem de autor para autor, mas de forma geral assentam nas atividades descritas no fluxograma abaixo (Figura 3). As fases apresentadas podem ainda, ser resumidas

ao ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) ou de forma mais simplificada pela fase de planeamento, programação e controlo.

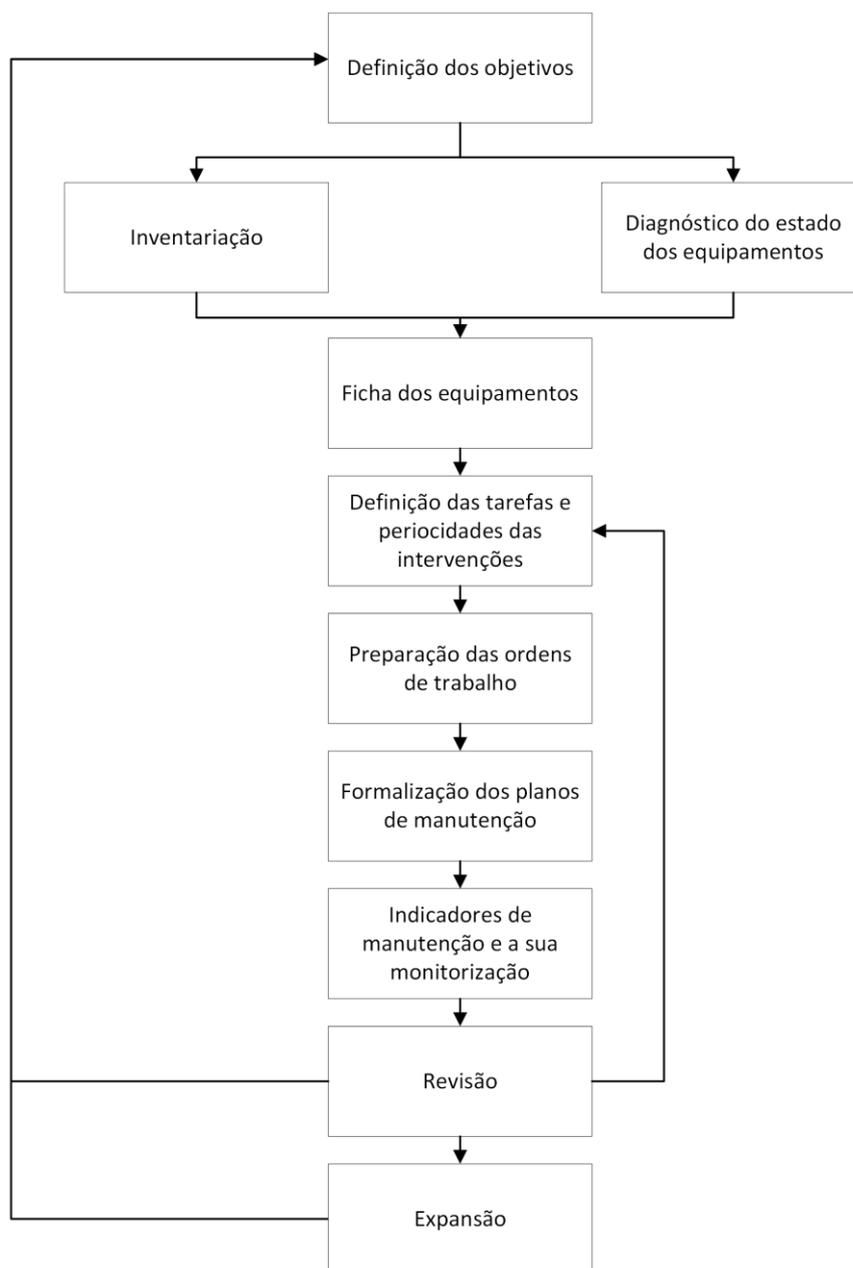


Figura 3- Fluxograma do processo de planeamento e controlo da manutenção.

(Adaptado de Pinto, 2016)

1ª Etapa – Planeamento

A fase de planeamento inicia-se com a definição estratégica, ou seja, os objetivos macro a cumprir, como a definição da política de manutenção (Junior, 2009). Após definidos, segue-se a gestão de inventário

dos equipamentos existentes que se revela fundamental para a eficiência e produtividade das atividades de manutenção. Deve-se, portanto, primeiramente organizar o parque de equipamentos.

Para isso, procede-se à identificação e seleção de equipamentos uma vez que se torna demasiado dispendioso implementar um plano de manutenção preventiva ao parque de equipamentos completo (Cruzan, 2009). Assim, deve-se considerar a criticidade dos mesmos em relação ao volume e à qualidade da produção, através de uma classificação dos equipamentos sob o ponto de vista do impacto da sua avaria, ou seja, avaliar o efeito das avarias nos custos indiretos de manutenção.

Tendo em conta que os processos produtivos nas empresas são organizados em hierarquia de prioridades em relação às necessidades dos seus clientes, uma vez que as necessidades do mercado são voláteis e mudam constantemente, a prioridade dos processos produtivos pode ser alterada e a manutenção precisa estar atenta a estas mudanças para viabilizar a máxima confiabilidade e disponibilidade das instalações e equipamentos (Correia, 2018). Assim, um equipamento crítico é aquele que apresenta um maior grau de complexidade na solução de defeitos, ou o que fisicamente estabelece dificuldades de acesso para eventual ação corretiva, ou ainda, não possui equipamento de reserva instalado. Quanto maior for o impacto causado pela falha de um equipamento dentro do processo produtivo, mais crítico ele se torna (Correia, 2018).

Neste sentido, nem todos os equipamentos têm a mesma importância para a produção e manutenção. Cada equipamento tem associado um determinado nível de criticidade que indica a sua importância relativa para o funcionamento e segurança das instalações. Assim, existem equipamentos que possuem quantidade suficiente ou são utilizados ocasionalmente. Em contrapartida, existem equipamentos que, obrigatoriamente devem estar em bom estado de funcionamento, esses são os equipamentos críticos. Portanto, os esforços da manutenção devem ter o foco prioritariamente nestes equipamentos (Correia, 2018).

Existem diversos métodos distintos para determinar o grau de criticidade dos equipamentos, que apesar de utilizarem diferentes critérios partem do mesmo princípio. Primeiro, atribui-se pontuações aos critérios definidos, em seguida define-se a classificação dos equipamentos de acordo com cada critério, por último determina-se a classe de criticidade a que cada equipamento pertence.

De acordo com o *Japan Institute of Plant Maintenance* (Baran et al., 2013) o sistema é avaliado mediante os critérios escolhidos pelos responsáveis pela análise, através de perguntas que direcionam a avaliação do sistema, sendo no final, classificado em três classes (A, B ou C) como é ilustrado na Figura 4.

No final da análise, a manutenção será orientada a cada sistema ou equipamento com base na sua classificação, sendo (Baran et al., 2013):

- Classe A: Equipamentos altamente críticos para o processo, sendo fundamental uma política preventiva com análise das falhas de manutenção e operação, equipas de melhoria focada, equipas focadas na redução de falhas, aplicação de metodologias RCM ou FMECA.
- Classe B: Equipamentos importantes para o processo, sendo aceitável a aplicação de alguma das seguintes técnicas: preventiva ou preditiva, equipas de melhoria, análise das falhas pela manutenção.
- Classe C: Equipamentos com baixo impacto no processo, com as seguintes políticas de manutenção: corretiva, preditiva e/ou preventiva em equipamentos utilitários, monitoramento de falhas para evitar recorrências.

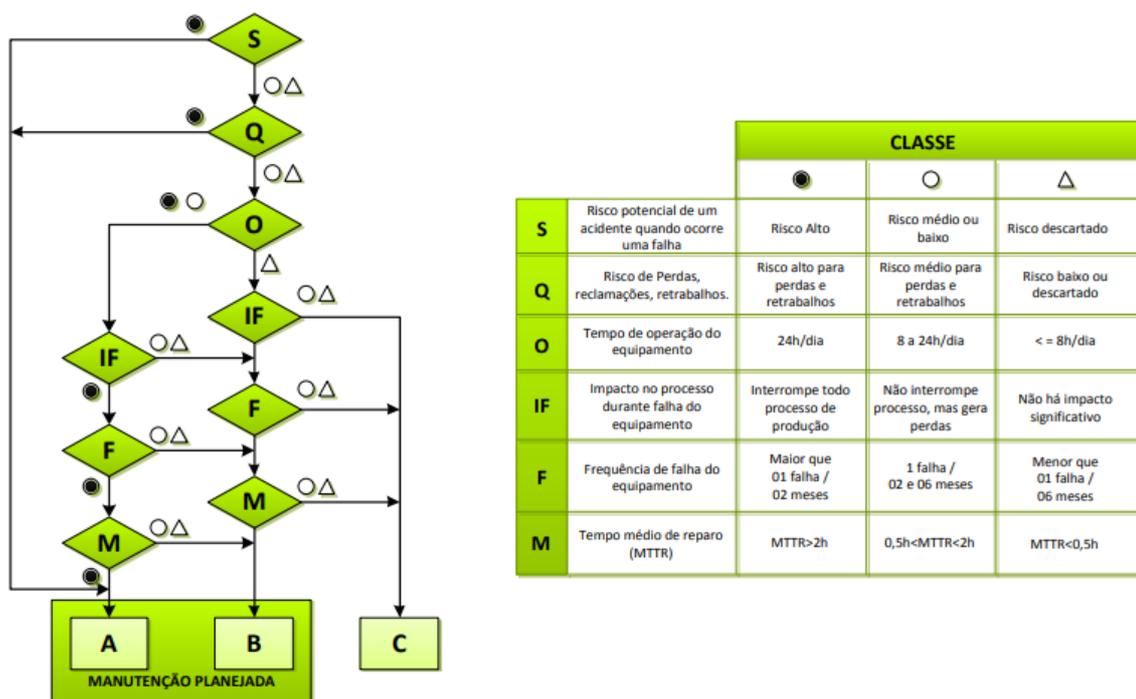


Figura 4 - Classificação ABC (critérios e fluxo decisional)

(Adaptado de Baran et al., 2013)

Além desta recolha, Pinto (2016) recomenda que a realização de diagnósticos dos equipamentos seja realizada em paralelo com a inventariação de modo a obter uma perceção do estado dos equipamentos e das condições de segurança necessárias para a execução dos trabalhos de manutenção. A recolha desta informação deverá servir como fonte para a identificação e seleção dos equipamentos e de servir, igualmente, como referência para as ações necessárias para a elaboração do plano.

Uma vez identificados os equipamentos alvo, deverá ser recolhida e compilada toda a documentação técnica associada a estes. O nível de detalhe necessário irá depender dos objetivos estabelecidos pela organização. De uma forma geral, na ficha de equipamento deverá constar a seguinte informação (Pinto, 2016):

- Designação do equipamento;
- Marca;
- Modelo;
- N° de série;
- Características técnicas
- Classe/família/subfamília;
- Código do equipamento;
- Localização;
- Data de aquisição;
- Data de montagem/colocação em serviço;
- Operações de verificação, inspeção e ensaio;
- Certificados;
- Manual de operação;
- Manual de manutenção;
- Desenhos;
- Histórico das intervenções.

Seguidamente, é possível dar o passo para o planeamento da manutenção preventiva. Esta fase consiste na definição do conjunto de ações mais adequado a cada equipamento sendo que, numa fase inicial, poderá ser feito a partir das recomendações do fabricante e através da experiência dos internos de manutenção (Meira, 2019). Para isso, é necessária uma descrição detalhada de cada um dos planos de manutenção, considerando a minimização dos custos relacionados à manutenção e o aumento do índice de disponibilidade dos ativos.

Além disso, deverá estabelecer-se uma previsão dos recursos necessários a cada intervenção, nomeadamente, o tempo de manutenção e o esforço de homens-hora necessários, assim como as peças, materiais e ferramentas que serão utilizados (Cabral, 2013; Pinto, 2013). Normalmente, numa fase inicial, não existem elementos suficientes que permitam fazer previsões fiáveis, contudo, Cabral (2013)

defende que devem sempre ser feitas previsões, que deverão ser ajustadas continuamente com base na monitorização do histórico dos registos das intervenções.

É necessário, ainda, articular os planos de manutenção de cada equipamento com o planeamento da produção, procurando minimizar os impactos das paragens nos equipamentos devidos à manutenção. A partir dessa coordenação, elabora-se um plano global de manutenção, que consiste numa listagem com todos os equipamentos e infraestruturas sujeitos a manutenção, a periodicidade das ações e os prazos para conclusão das mesmas. Apesar do plano global de manutenção ser elaborado, por norma, numa base anual, é natural que sofra alguns ajustes ao longo do tempo, de modo a ajustar-se da melhor forma com o planeamento da produção, que é normalmente efetuado numa base semanal ou mensal, devido à sua vulnerabilidade a diversas alterações (Pinto, 2013).

2ª Etapa – Programação

Nesta etapa procura-se sequenciar os trabalhos previstos, tendo em conta os prazos e as prioridades de execução, avaliando as necessidades de mão-de-obra e detetando situações em que se deve recorrer a subcontratação.

Assim, esta fase consiste em calendarizar as intervenções de manutenção de acordo com o estipulado no plano de manutenção, distribuindo-as em função da disponibilidade dos recursos humanos e dos materiais e ferramentas necessárias, assegurando o cumprimento dos prazos estabelecidos (Pinto, 2013). Por outras palavras, visa efetuar a alocação das intervenções, selecionando o pessoal que as irá executar e assegurando que estão reunidos os conhecimentos e recursos necessários. De notar que vários autores defendem que a programação da manutenção deve ser efetuada paralelamente ao planeamento da produção, de forma a maximizar a eficiência produtiva e reduzir as perdas associadas (Meira, 2019).

3ª etapa – Controlo

Após a programação das atividades, segue-se a fase de execução das mesmas (Pinto, 2013), tipicamente suportada por um documento designado por ordem de trabalho (OT), onde constam informações relativas ao tipo de trabalho, prazo de conclusão, procedimentos a executar, etc., sendo por norma o local onde os técnicos de manutenção registam informações relevantes, por exemplo, os tempos de manutenção, tempos de reparação, entre outras (Cabral, 2013). Este registo permite otimizar os ajustes a efetuar ao planeamento e à política de manutenção adotados pela empresa, bem como identificar melhorias a implementar nos equipamentos (Cabral, 2013; Pinto, 2013).

Uma vez formulado e implementado o plano de manutenção preventiva, ocorre a fase de controlo das atividades de manutenção realizadas, que tem como finalidade informar os intervenientes no processo sobre os resultados dos trabalhos efetuados, verificar o estado das intervenções, identificando aquelas que não foram concluídas dentro do prazo estipulado, identificar eventuais desvios ou problemas que tenham ocorrido e atualizar o registo histórico de manutenção e os registos contabilísticos dos custos decorrentes da realização dos trabalhos (Pinto, 2013).

Nesta fase reúne-se toda a gestão dos resultados obtidos com as ações planeadas e programadas, sendo feito através da criação e da gestão de indicadores, que servirão como base para a tomada de decisões e definição de estratégias (Junior, 2009). Este controlo deve ser constante, ou seja, deve acontecer antes, durante e após as atividades de manutenção.

Os indicadores considerados como mais importantes são os indicadores referentes aos custos, não apenas pelo custo real do ativo, mas pelo poder de tomada de decisão que esses indicadores podem trazer. Ainda assim, os indicadores mais tipicamente utilizados dizem respeito à percentagem do tipo de manutenção realizada, ao tempo médio entre falhas (MTBF), ao tempo médio para reparação (MTTR), à disponibilidade dos equipamentos, à sua taxa de falhas, entre outros. Estes serão mais detalhadamente descritos na secção 2.7.

2.8 Avaliação do desempenho na manutenção

Para medir o desempenho de manutenção de um ponto de vista económico, técnico e organizacional a norma portuguesa NP EN 15341:2009 estipula um conjunto de indicadores de medição. Segundo esta norma, o objetivo é “avaliar e melhorar a eficiência e eficácia de forma a se atingir a excelência da manutenção dos bens imobilizados”.

Assim, através dos indicadores chave de desempenho da manutenção, normalmente designados por KPI (*Key Performance Indicators*), são estabelecidas metas de aperfeiçoamento de desempenho dos equipamentos que são definidas entre os responsáveis das unidades fabris e o prestador de serviços de manutenção (no caso da manutenção subcontratada), ou entre os responsáveis da produção e os responsáveis da manutenção (no caso da manutenção interna da empresa) (Ramos, 2012).

Existe uma grande variedade de indicadores que se podem considerar, sendo de ressaltar (NP EN 15341:2009, Souza & Cartaxo, 2016)

- Paragens não programadas;
- Quantidade de produtos produzidos;

- Eficiência global dos equipamentos (OEE);
- Custos de manutenção;
- Relação entre custos de manutenção e os lucros obtidos;
- Tempo médio entre avarias (MTBF);
- Tempo médio de reparação (MTTR);
- Tempo médio de paragem para ações de manutenção (MDT);
- Tempo médio entre ações de manutenção (MTBM)
- Disponibilidades operacionais.

Os KPI devem ser monitorizados em períodos definidos, para que os resultados sejam apresentados e analisados em reuniões de revisão de desempenho entre os responsáveis da fábrica, da produção, da manutenção e, se aplicável, da manutenção subcontratada, tendo como objetivo assegurar que o processo é melhorado de uma forma contínua (Ramos, 2012).

Nos dias de hoje, constata-se que as políticas de manutenção têm vindo a concentrar-se nas práticas preditivas e melhorativas, ao invés de atividades corretivas e sistemáticas, uma vez que possibilita a substituição apenas quando é necessário e a correção de aspetos críticos de projeto de modo a aumentar o tempo do ciclo de vida dos equipamentos (Ramos, 2012).

É, portanto, fundamental que os responsáveis pela manutenção e pela produção, disponham de indicadores de desempenho específicos que permitam a análise temporal da evolução dos mesmos e, a fácil identificação de potenciais melhorias e de quais os equipamentos que mais influenciam a disponibilidade global da unidade fabril, para, desse modo, avaliar, planear e tomar medidas corretivas para melhorar todo o processo produtivo (Ramos, 2012).

2.8.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é um indicador frequentemente utilizado para medir a eficácia de um sistema de produção. Este indicador define-se como uma medida tradicional de avaliação da Manutenção Produtiva Total (TPM) e/ou *Lean Manufacturing*. É cada vez mais utilizado em várias linhas de produção e montagem e, com o auxílio deste indicador é possível medir a melhoria contínua dos processos e equipamentos, uma vez que dá indicação do desempenho dos equipamentos, tendo em consideração a produtividade dos processos, a influência dos operadores e os defeitos da produção (Portugal, 2019).

Desta forma, a eficácia global do equipamento resulta da multiplicação dos índices de disponibilidade, velocidade e qualidade dos equipamentos (Nakajima, 1998) (1), mostrando assim as origens mais comuns das perdas de produtividade de produção, já mencionadas acima.

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

A Disponibilidade (2) corresponde ao percentual de tempo que o equipamento está em produção, comparando com o tempo total disponível para ser utilizado, ou seja, mede as perdas provenientes de quebras e falhas do equipamento e/ou processo produtivo, essencialmente foca-se na da 1ª e 2ª perda das 6 abordadas.

$$Disponibilidade (\%) = \frac{Tempo \ de \ funcionamento}{Tempo \ planeado \ para \ produção} \times 100 \quad (2)$$

$$Tempo \ planeado \ para \ produção = Tempo \ disponível \ total - \quad (3)$$

paragens planeadas

$$Tempo \ de \ funcionamento = Tempo \ planeado \ para \ produção - \quad (4)$$

paragens não planeadas

Relativamente ao fator Desempenho, este corresponde à relação existente entre a velocidade real com que o equipamento opera e a velocidade padrão com que deveria operar. Mede, por isso, as perdas provenientes de fatores que causam a operação ociosa do equipamento – menos que a capacidade máxima. Estas perdas ocorrem por pequenas paragens ou por queda de velocidade (3ª e 4ª perda) que correspondem a tempos de ciclo muito curtos, fazendo com que sejam muito difíceis de serem observadas de forma visual. O cálculo da perda do desempenho é uma aproximação, que ainda assim, é de extrema importância, dado que o tempo padrão é utilizado tanto para o custo da produção como da ocupação fabril. O índice é obtido através da equação (5).

$$Desempenho (\%) = \frac{Produção \ total \times Tempo \ de \ ciclo \ ideal}{Tempo \ de \ funcionamento} \times 100 \quad (5)$$

O fator (ou índice) Qualidade corresponde à relação entre o tempo utilizado na fabricação de peças conformes pelo tempo de produção total, ou seja, mede as perdas de produtos produzidos que não correspondem aos requisitos de qualidade, perdas que são causadas pelo equipamento produtivo, como é possível observar pela equação (6). Em termos de eficácia, a qualidade significa produzir sem defeito,

sem desperdício e sem retrabalho. Portanto, neste cálculo são avaliadas as 5ª e 6ª perdas acima referidas.

$$Qualidade (\%) = \frac{Produção\ total - Produção\ rejeitada}{Produção\ total} \times 100 \quad (6)$$

2.8.2 Mean Time Between Failures (MTBF)

Para avaliar a probabilidade de um equipamento estar apto para cumprir a sua missão num dado período é estimada a fiabilidade do equipamento. Segundo a norma NP EN 13306: 2017, a fiabilidade é “a aptidão de um bem para cumprir uma função requerida, sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo”.

Este conceito é indissociável do conceito de qualidade, uma vez que a qualidade é definida como a conformidade de um produto com a sua especificação à saída da fábrica e a fiabilidade é a aptidão em manter essa conformidade durante um dado período. A conclusão lógica é que não existe fiabilidade sem qualidade inicial. Assim, a fiabilidade é uma extensão da qualidade inicial ao longo do tempo uma vez que a manutenção permite restabelecer a qualidade perdida, prolongando a fiabilidade (Sousa, 2011).

A fiabilidade pode ser dada pelo indicador MTBF (tempo médio entre falhas), do inglês *Mean Time Between Failures* que se calcula do seguinte modo (7):

$$MTBF = \frac{\sum \text{Tempo de operação}}{N^{\circ} \text{ avarias}} \quad (7)$$

Intrinsecamente ligada a este indicador, surge a taxa média de avarias que corresponde ao inverso do MTBF, ou seja:

$$\text{Taxa de avarias } (\lambda) = \frac{1}{MTBF} \quad (8)$$

2.8.3 Mean Time to Repair (MTTR)

Segundo a norma NP EN 13306: 2017, o conceito de manutibilidade surge com o intuito de medir a “facilidade com que um equipamento pode voltar a cumprir a sua função após uma avaria”. Este conceito revela a aptidão de um bem sob condições de utilização definidas de ser mantido ou repostado num estado em que possa cumprir uma função requerida depois de lhe ser aplicada manutenção em condições determinadas, utilizando procedimentos e meios prescritos.

Assim, a manutibilidade está mais relacionada com o projeto do equipamento do que com a atividade de manutenção em si, ou seja, o projetista deve ter a preocupação de prever de que forma é possível

facilitar a manutenção do equipamento. A manutibilidade pode ainda, ser melhorada recorrendo aos trabalhos de manutenção denominados de “melhoria”.

O indicador utilizado para esta medição é o MTTR (tempo médio para reparação), do termo *Mean Time to Repair*, em que:

$$MTTR = \frac{\sum \text{Tempo técnico de reparação}}{N^{\circ} \text{ avarias}} \quad (9)$$

Este indicador surge associado ao indicador taxa de reparação, que equivale ao inverso do MTTR:

$$\text{Taxa de reparação } (\mu) = \frac{1}{MTTR} \quad (10)$$

2.8.4 *Dashboard*

Associado aos indicadores de desempenho surge o conceito de *dashboard* que é basicamente uma ferramenta de visualização gráfica, composta por gráficos ou tabelas, onde estão expostos os indicadores que permitem monitorizar todo o processo (Rocha, 2016). Assim, um *dashboard* pode ser considerado um sistema de apoio à decisão, que fornece informações numa forma específica para que seja possível tomar decisões e facilitar a monitorização contínua.

Por outras palavras, é uma ferramenta de gestão de desempenho visual e interativa que exhibe num único ecrã as informações mais importantes para atingir os objetivos organizacionais, permitindo ao utilizador identificar, explorar e comunicar áreas problemáticas que precisam de ação corretiva (Yigitbasioglu & Velcu, 2012).

De acordo com as funcionalidades requeridas, existem diferentes *dashboards* com diferentes *designs*. Ainda assim, estes podem ser divididos em três categorias fundamentais: estratégicos, analíticos e operacionais (Morais, 2021). Destaca-se este último, que consiste em monitorizar operações, ou seja, em demonstrar o estado das máquinas no chão de fábrica e o estado da produção (Monteiro, 2021).

2.9 Introdução à indústria metalomecânica

De uma forma geral, a indústria metalomecânica é a responsável pela transformação dos metais nas formas desejadas que, por sua vez, dão origem a produtos (Moreira, 2012) Os principais processos produtivos por ela desenvolvidos passam pela transformação, preparação e tratamento de superfícies.

Na transformação pode-se incluir a fundição, o corte, a maquinagem e a soldadura. No que diz respeito à preparação de superfícies, esta compreende a lixagem, o polimento, o desgorduramento, a decapagem e as proteções temporárias. Já por tratamentos térmicos entendem-se todos os revestimentos, conversões e transformações estruturais (Portugal, 2019).

2.10 Processos de maquinagem por arranque de apana

Atualmente, a nível mundial, o processo de maquinagem por arranque de apana é o processo de produção de peças em metal mais disseminado na indústria metalomecânica e no fabrico de componentes (Childs et al., 2000). Este processo inclui diversas operações, sendo as mais comuns: o torneamento, a fresagem, e a furação (Portugal, 2019), sendo apenas as duas primeiras abordadas no presente capítulo.

2.10.1 Torneamento

O processo de torneamento é aquele que gera formas cilíndricas com uma ferramenta e uma única aresta de corte. No geral, é o método de corte onde a ferramenta avança em sentido linear com movimentos de ferramenta axial (ao longo do eixo da peça - tornear) e radial (na direção do centro da peça - facejar) (Batista, 2010). Assim, o torneamento é a combinação de dois movimentos: a rotação da peça a alta velocidade e ao mesmo tempo o movimento de avanço da ferramenta.

Em algumas aplicações, a peça pode ser fixa, com a ferramenta em rotação, são exemplos operações de furação com furos laterais e fresagem. As máquinas que produzem este tipo de componentes possuem um conjunto de eixos para além do eixo X (periferia para o centro da peça) e Z (ao longo da peça). Estes eixos podem ser laterais, frontais e, para manter a peça fixa, usam-se ferramentas rotativas através do eixo C que bloqueia a árvore permitindo o ataque à peça (Batista, 2010).

Existem vários tipos de operações possíveis de se realizar no torneamento sendo as mais recorrentes as apresentadas na Figura 5.

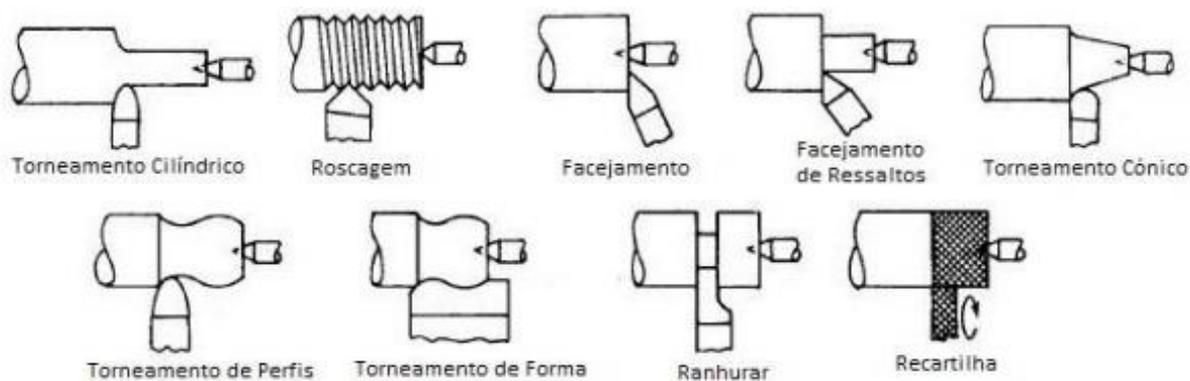


Figura 5- Principais operações de torneamento.

(Adaptado de Chiaverini, 1986)

Estas operações tanto podem ser feitas pelo exterior como pelo interior. No primeiro caso a ferramenta é acionada sobre a peça em revolução, que advém diretamente de três movimentos para a sua execução: movimento de corte relativo à rotação da peça, movimento de avanço que diz respeito à translação da ferramenta ao longo da superfície da peça e ainda o movimento de penetração que irá determinar a profundidade de corte do material (Silva, 2018). Assim, as operações externas mais comuns são facear, recartilhar, cortar, rosquear e desbastar (Silva, 2013).

Relativamente ao torneamento longitudinal interno, neste as forças de corte resultantes diferem um pouco das existentes no caso do torneamento externo, uma vez que existem forças de corte (tangencial e radial) que promovem o afastamento da ferramenta em relação à peça (Silva, 2018). Quanto às operações mais frequentes neste tipo de torneamento são furar, mandrilar, sub-cotar, escarear, rebaixar, fresar e rosquear (Silva, 2013).

De realçar que todas as operações internas e externas enumeradas têm parâmetros que devem ser cumpridos para uma correta operação. Por exemplo, o avanço da ferramenta é dependente da quantidade de apra que se retira, da variação da velocidade de rotação e da velocidade de corte (Silva, 2013).

2.10.2 Fresagem

No que diz respeito ao processo de fabrico por fresagem, este consiste na remoção de apra de forma a obter superfícies com geometria variada, com um maior grau de complexidade comparando com as do torneamento (Leica, 2012). Neste sentido, a fresagem é uma interessante alternativa para quem precisa de fazer furos, abrir cavidades, maquinar superfícies, executar roscas, etc. Assim, a fresagem é basicamente o corte com uma ferramenta rotativa de múltiplas arestas de corte que executa movimentos programados sobre uma peça em quase todas as direções (Batista, 2010). Contrariamente ao

torneamento, neste processo é a peça que se movimenta para ser maquinada, ou seja, a mesa na qual esta se encontra fixa, é que executa o movimento de avanço enquanto a primeira realiza o movimento de corte.

Tradicionalmente, a fresagem é dividida em dois tipos: fresagem discordante e concordante. Na fresagem concordante, o avanço da ferramenta de corte é feito no sentido da sua rotação, por isso, a espessura da apra diminui, de modo gradual, a partir do início do corte até se aproximar de zero no seu fim. Já na fresagem em discordância, o avanço da ferramenta de corte é feito no sentido contrário à sua rotação. O corte é feito de fora para dentro do material, ou seja, a apra no início do corte é fina e próxima de zero, e vai aumentado de espessura gradualmente até ao final (Rocha, 2019). Na Figura 6, está representada a operação de maquinagem em concordância e em discordância.

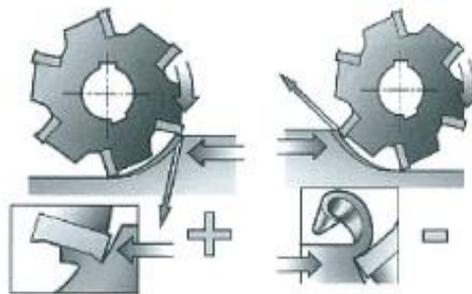


Figura 6- Fresagem concordante (esquerda) e fresagem discordante (direita).

(Adaptado de Leica, 2012)

Relativamente ao tipo de operações realizadas por este tipo de processo, podem-se classificar como fresagem cilíndrica, fresagem de face e fresagem de topo (Figura 7).



Figura 7- Fresagem cilíndrica (esquerda), fresagem de face (centro) e fresagem de topo (direita).

(Adaptado de Dormer, 2010)

No primeiro caso, o eixo da fresa é paralelo à superfície de trabalho da peça a maquinar, sendo que nos restantes casos o eixo da ferramenta revela-se ser perpendicular à superfície a maquinar. Porém, comparando os vários tipos de fresagem referidos, é possível dizer-se que acabamento superficial

alcançado é superior nos tipos de fresagem em que o eixo da ferramenta é perpendicular ao da superfície a trabalhar devido a um melhor arranque da apara sendo nestes casos o rendimento de corte também superior (Chiaverini, 1986).

2.11 Máquinas CNC

As máquinas tradicionalmente utilizadas para realizar estes processos podem ser várias, sendo as máquinas ferramentas de controlo numérico computadorizado (CNC) as que cada vez mais possuem um papel crucial na indústria, tornando-se um investimento indispensável nos padrões atuais da produção industrial (Mota, 2018).

2.11.1 Sistemas de coordenadas

Este tipo de máquinas pode ter diferentes sistemas de eixos, desde os dois aos seis eixos sendo os mais usuais os de três, quatro e cinco eixos. As máquinas de três eixos, dependendo se são verticais ou horizontais, têm os eixos dispostos como na Figura 8. O eixo dos Z por norma está sempre alinhado com a árvore da máquina, sendo o seu sentido positivo aquele que à medida que a ferramenta se afasta da peça a cota aumenta. Os eixos X e Y deduzem-se a partir do eixo Z formando um triedro direto. No caso de a máquina ser uma fresadora, o plano XY é o da mesa de trabalho sendo normalmente o eixo Y aquele que entre os eixos X e Y tem o menor curso (Lopes, 2017).

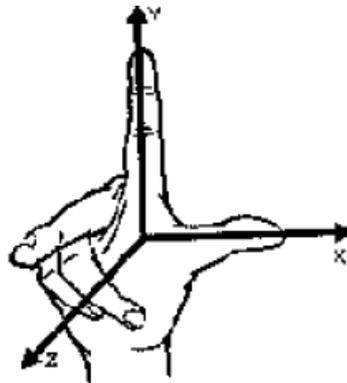


Figura 8- Sistema de eixos de coordenadas pela regra da mão direita.

(Adaptado de Manuel et al., 2012b)

As máquinas de quatro eixos são basicamente máquinas de três eixos com a capacidade de rodar a peça em torno do eixo X ou Y no caso de fresadoras e o eixo Z no caso de tornos (Lopes, 2017). Estes eixos complementares de rotação (paralelos a X, Y, Z) são designados, em programação de CN, por A, B e C, respetivamente (Manuel et al., 2012a). Assim, como mostra a Figura 9, caso a rotação seja sobre o eixo

X, esta toma a designação de eixo A., caso seja em torno do eixo Y, toma a designação de eixo B e no caso de ser sobre o eixo Z, é designado eixo C.

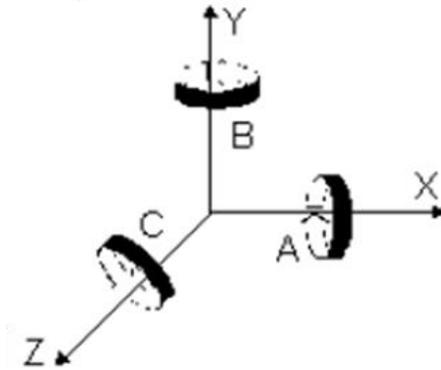


Figura 9- Ângulos de rotação.

(Adaptado de Manuel et al., 2012b)

É de referir que os sistemas de quatro eixos podem ser de dois tipos: sistemas contínuos ou sistemas indexantes. A diferença entre estes dois sistemas reside na capacidade de o eixo se movimentar durante os movimentos de corte. Enquanto o sistema contínuo é capaz de rodar e possibilitar a maquinagem de peças complexas, o sistema indexante apenas roda quando não existem movimentos de corte, necessitando que haja tempos de posicionamento para a sua rotação (Lopes, 2017).

Nos últimos tempos, as máquinas de cinco eixos tornaram-se mais compactas e economicamente mais acessíveis. Paralelamente, a sua programação tornou-se mais simples e eficiente. Estes avanços promoveram o aumento do uso destas máquinas em aplicações que envolvam geometrias complexas e tolerâncias rigorosas (Albert, 2006).

Assim como as máquinas de quatro eixos, as de cinco podem ser de cinco eixos simultâneos ou terem eixos indexantes que são conhecidas por máquinas de 3 eixos coordenados + 2 eixos interpolados (Lopes, 2017). Já para a maquinagem com cinco eixos simultâneos, os três eixos lineares (X, Y e Z) e os dois rotativos (A e B) podem movimentar-se simultaneamente de forma a ser possível a maquinagem de formas complexas. A vantagem do uso de cinco eixos simultâneos é a possibilidade de maquinagem de cinco faces num único aperto, a rapidez do deslocamento da ferramenta e a qualidade do acabamento superficial (*Full 5-Axis or 3 + 2 Machining: Which Is Right for You?*, 2016).

A maquinagem com sistemas de 3+2 eixos é normalmente usada em peças menos complexas, onde os eixos rotativos são usados para posicionar a peça, melhorar o acesso da ferramenta e permitir o uso de ferramentas mais curtas e rígidas. Outra vantagem destes sistemas é a facilidade de programação, não só por apenas posicionar a peça e durante a operação de corte o sistema funcionar como uma máquina

de três eixos, mas também pela maior facilidade em calcular e prever trajetórias para evitar colisões entre a peça e a ferramenta (*Full 5-Axis or 3 + 2 Machining: Which Is Right for You?*, 2016).

Para além das máquinas de cinco eixos construídas com esse propósito, existem também mesas rotativas equipadas com os eixos A e B que podem converter um centro de maquinagem de três eixos num de cinco eixos. Esta alternativa é bastante interessante em situações onde a fabricação de peças necessita de um centro de maquinagem de cinco eixos, mas tem pouca expressão e não justifica o investimento num centro de maquinagem dedicado (Lopes, 2017).

2.11.2 Tornos

A máquina ferramenta tipicamente mais usada pela humanidade é denominada de torno, devido à versatilidade de trabalhos que pode executar. A partir de material bruto, é possível obter peças de grande complexidade de forma helicoidal, cônica, curvilínea, entre outras (Rossetti, n.d.).

Existem vários tipos de tornos, com diferentes dimensões e características que, dependendo do grau de precisão desejado, do formato, da quantidade e dimensões das peças a produzir, podem ser horizontais, verticais, de revólver, de Platô, CNC ou automáticos (Pinto, 2013).

O torno CNC é uma máquina-ferramenta controlada numericamente, cujas principais vantagens se enquadram num melhor acabamento das peças produzidas e menores tempos de produção (*Torno Mecânico*, n.d.). Relativamente à sua constituição, usualmente possuem dois eixos de translação e um de rotação (árvore), é, no entanto, possível a existência de tornos com três ou mais eixos de translação e mais de que uma árvore de rotação (Lopes, 2017). Na Figura 10 estão apresentados os principais constituintes de um torno CNC.

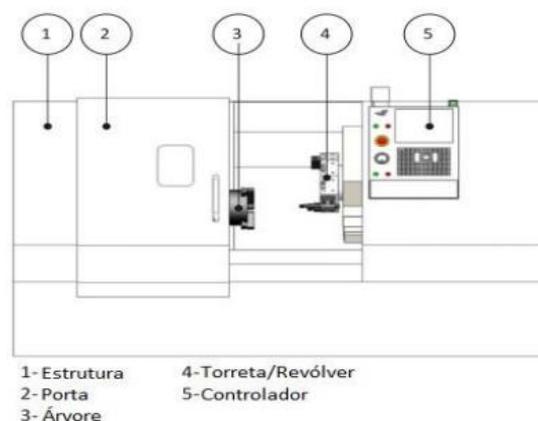


Figura 10- Principais constituintes de um torno.

(Adaptado de Silva, 2018)

2.11.3 Fresadora

No que diz respeito às máquinas-ferramentas denominadas fresadoras, estão equipadas com ferramentas multi-cortantes por exemplo brocas e fresas, onde a peça é fixada sobre um dispositivo que possui movimento independente em dois eixos coordenados. A ferramenta é montada num cabeçote onde é conferido um terceiro eixo, que tanto pode estar na vertical como na horizontal, girando com rotação controlada (Leica, 2012).

De uma maneira geral, a ferramenta roda em torno de um eixo de rotação fixo e a peça a fresar é deslocada manual ou automaticamente para a ferramenta (Santos, 2013), conseguindo cortar e perfurar diversos tipos de materiais na forma pretendida.

Embora existam inúmeras variedades de fresadoras, estas servem de uma maneira geral para a mesma função, apenas muda a nomenclatura. A fresadora CNC é o tipo de fresadora mais versátil do mercado, uma vez que o eixo pode mover-se em todas as direções e a mesa pode girar 360°, sendo que todos os seus movimentos são controlados por um computador, conseguindo executar praticamente quaisquer tipos de movimentos e conseqüentemente recriar teoricamente qualquer tipo de peça (Mota, 2018). Caracteristicamente este tipo de fresadora pode ser representado pela sua estrutura, pelo carrossel de ferramentas, árvore, mesa de trabalho e controlador, mostrados respetivamente na Figura 11.

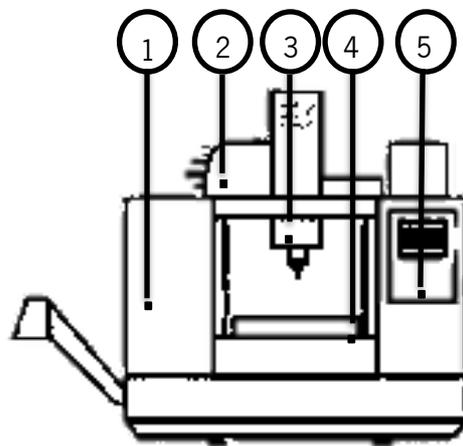


Figura 11- Principais constituintes de uma fresadora.

(Adaptado de Haas Automation, Inc. – Ferramentas de Máquina CNC).

2.12 Etapas para maquinação

Os passos para preparação e posterior maquinação de peças numa máquina CNC podem divergir de empresa para empresa. Contudo, as etapas fundamentais consistem nos seguintes passos (Araújo, 2012):

1. Desenho da peça no sistema CAD

Tal como na maquinação convencional, o desenho da peça quando recebido, deve ser estudado para que as características fundamentais como a forma, o material, as tolerâncias e os estados de superfície sejam devidamente interpretadas e compreendidas.

Grande parte das coordenadas necessárias à programação está subentendida nos desenhos cotados na forma padronizada, principalmente no caso de peças complexas. Nesta fase é dado o ponto de referência que será utilizado no programa (zero-peça), que tem como coordenadas $X=0$ e $Y=0$. Através do CAD, a obtenção de coordenadas e de outro tipo de dados de maquinação ocorre de forma rápida e precisa.

2. Planeamento de processos

O planeamento envolve a definição de parâmetros como a fixação da peça na máquina, a sequência de maquinação e a seleção das ferramentas e condições de corte, tais como velocidade de corte e de avanço, rotação da ferramenta, profundidade de corte, número de passagens, etc. Esta é a etapa mais importante para o fabrico assistido por computador.

3. Obtenção de coordenadas

Depois de definida a fixação da peça e o processo, é possível através do sistema CAD fazer o levantamento das coordenadas mais importantes para programação. Neste passo devem ser previstos pontos de entrada e saída da ferramenta e possíveis colisões com a peça e ferramenta de posicionamento de forma a serem evitados atempadamente.

4. Execução do programa para a maquinação

Obtidas as coordenadas e estando definida a maquinação, o programa é escrito e introduzido na máquina. É de salientar a importância do uso de comentários, pois facilita possíveis correções que possam vir a ser necessárias, e o uso de sub-rotinas deve ser aplicado de forma a melhorar a interpretação visual do programa e serem mais facilmente detetados eventuais problemas. O programa pode ainda diminuir a sua complexidade se forem explorados os recursos que a máquina disponibiliza, tais como ciclos de furação, ciclos de desbaste interno, entre outros. No que se refere à transmissão do programa para a máquina, esta é feita, idealmente, através de um *software* próprio.

5. Montagem da ferramenta de fixação e colocação da peça

Antes da montagem da ferramenta de fixação, procede-se a uma limpeza da mesa de trabalho da máquina (no caso de fresadoras) e da própria ferramenta. Esta deve ser fixada atendendo sempre a um

paralelismo com os eixos da máquina, e para isso normalmente utiliza-se um relógio comparador manual ou automático para medição. Depois de colocada e apertada a peça, vão ser preparadas as ferramentas de corte, que depois de medidas são colocadas no armazém de ferramentas da máquina.

6. Introdução de parâmetros de fixação e das ferramentas de corte

Devem ser introduzidas no programa as características que definem as ferramentas de corte e de posicionamento. Para a ferramenta de fixação deve ser feito o zero-peça, onde são dadas as coordenadas X e Y que foram utilizadas como referência na programação. Para cada ferramenta de corte deve ser introduzido o diâmetro, comprimento e posição que ocupa no armazém das ferramentas.

7. Simulação gráfica

A simulação gráfica permite detetar eventuais erros no programa, que podem pôr em risco todo o trabalho, assim como as próprias ferramentas e blindagens da máquina.

8. Afinação da maquinação

A primeira peça é maquinada, sendo a sua execução efetuada passo-a-passo, ou seja, cada linha do programa só é executada após o operador autorizar. Esta etapa permite verificar detalhes não previstos na produção do programa e não visualizados na simulação. Pode ser regulada a velocidade de movimentação, o fluido refrigerante pode ser desligado para permitir melhor visualização, e o programa pode ser parado para o posicionamento da peça ser reajustado.

2.13 Sistemas de medição de coordenadas

Após maquinadas segue-se a medição das peças e para isso, existem diversos métodos que permitem aumentar a precisão das peças produzidas. Dependendo do instrumento e das condições de utilização, podem ser utilizados vários métodos de medição, estes são um conjunto de operações teóricas e práticas, envolvidas na execução de medições (Leica, 2012).

O instrumento de medição mais típico é o paquímetro que, normalmente é utilizado para efetuar medições lineares externas, internas, de ressaltos e de profundidades das peças. Para medições mais rigorosas e precisas do que o paquímetro, utiliza-se o micrómetro que a nível de funcionamento se assemelha ao sistema parafuso e porca.

Já para se fazer medidas lineares por meio de comparação, surgem os comparadores de relógio que, como o próprio nome indica, são apresentados em forma de relógio, com um apalpador, de modo que para um pequeno deslocamento linear do apalpador, se obtenha um deslocamento circular do ponteiro.

Estes instrumentos são imprescindíveis a um posto de trabalho de maquinação na medida em que são utilizados no controlo de desvios em relação a um determinado ponto, por exemplo (Leica, 2012):

- Verificar paralelismo das faces planas de uma peça;
- Verificar a excentricidade interna e externa de peças presas na placa de um torno;
- Verificar alinhamento das pontas de um torno;
- Auxiliar na medição de ângulos e, réguas e mesas de seno;
- Dimensionar peças a partir de uma medida padrão;
- Tornar mais preciso o deslocamento das mesas das máquinas.

Em casos onde é necessária a medição de características mais complexas ou com tolerâncias inferiores às medidas com os aparelhos manuais, é comum o recurso a aparelhos semiautomáticos e automáticos, assim como o registo dos valores obtidos durante a medição (Lopes, 2017). Apesar de muitos destes aparelhos possuírem sistemas para a compensação das condições atmosféricas, devem ser colocados em locais climaticamente controlados. Devido à sua maior complexidade, a sua operação requer operadores com formação específica em metrologia (Lopes, 2017).

2.14 Estratégias para alinhamento geométrico das máquinas

Ao longo do tempo de vida útil dos equipamentos, existem vários acontecimentos que podem afetar a geometria das máquinas, como por exemplo: a má fixação da máquina, desnivelamentos, a montagem incorreta após a manutenção ou substituição de um conjunto da máquina (mesa, *spindle*, eixo árvore, etc) e, principalmente, as colisões, que são as principais responsáveis por grande parte dos desalinhamentos em máquinas CNC (Marques, 2020).

Estas colisões podem ser pequenas colisões não detetadas ou podem ser colisões que provoquem a paragem da máquina. Assim, fatores como os esforços durante a maquinação de peças, as vibrações de corte, as vibrações de componentes como árvores e rolamentos, efeitos de agentes externos como a temperatura (*Alinhamento Geométrico e Nivelamento de Máquinas e Equipamentos*, n.d.) ou casos mais específicos como um torno com um *spindle* desalinhado são desencadadores deste tipo de problema, uma vez que mesmo que o programador da máquina compense, via programa, esses esforços, vibrações ou conicidades, a máquina continuará desalinhada, o que a longo prazo trará consequências bem piores (Marques, 2020).

Assim, numa vertente mais preventiva, e, de forma a validar o estado dos equipamentos, é recomendado o alinhamento geométrico das máquinas, ou geometria das peças, visto que esta afeta diretamente a produtividade e a qualidade das peças maquinadas e também a vida útil da máquina (Marques, 2020).

Este conceito pode ser compreendido como sendo a relação existente entre os planos e eixos geométricos de todos os elementos constituintes de uma máquina sendo conseguido através de inspeções de peças de modo que estas atendam às especificações (Hoffman et al., 2015). Após estas inspeções ou apenas por este método, pode-se recorrer a métodos de qualificação ou de avaliação para realizar esta avaliação, sendo os mais utilizados aqueles que usam régua, esquadro e comparador (Eckhardt et al., n.d.). Nestes, os padrões são colocados na área de trabalho da máquina e tocados por um comparador à medida que os eixos da máquina se deslocam. Estes procedimentos fornecem resultados confiáveis, com baixo custo dos equipamentos e a operação é simples e relativamente rápida (Eckhardt et al., n.d.).

No caso de serem maquinadas peças, normalmente recorre-se a diversos equipamentos de precisão para verificar se existem desvios entre os eixos da máquina e da peça (Gomes, 2016), estes são examinados por técnicos de controlo de qualidade ou inspetores qualificados em metrologia (Hoffman et al., 2015). Após medição das peças e caso sejam necessários ajustes, no caso estudado (torneamento) aconselha-se o alinhamento do *spindle* da máquina e da torreta (no caso de tornos) ou do cabeçote e do eixo da máquina (no caso de fresadoras).

Para o alinhamento do *spindle*, tipicamente segue-se o processo descrito anteriormente, isto é, com a ajuda de um comparador o *spindle* é ajustado para que o mesmo fique alinhado. Já para a torreta, deve-se certificar que as ferramentas correm ao longo do eixo Z e cortam precisamente no centro, pois se tal não acontecer pode levar ao desgaste da ferramenta, reduzindo a sua vida útil ou problemas de quebra e dimensionamento que levam a uma eventual falha da máquina (Wilson, 2022). Assim, com um comparador, é verificado se o desalinhamento é em X ou em Z. Neste último caso, normalmente são retiradas as tampas de forma a ajustar a torre conforme indicado no comparador. No caso de o desalinhamento ser em X, ajusta-se o prato da torreta.

Feitas estas operações, no caso de equipamentos de torneamento, segue-se o alinhamento da árvore com a torreta com a ajuda de uma ponteira, sendo esta a última fase que consiste na definição da origem do referencial, ou zero-peça (Gomes, 2016), dando-se o equipamento como funcional.

3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo é apresentada a empresa onde decorreu esta dissertação, a Leica. Inicialmente, é feita uma breve contextualização histórica da empresa, seguida de uma descrição dos seus processos de fabrico. São apresentados os departamentos que constituem a empresa dando-se destaque ao departamento responsável pela produção das peças mecânicas, mais detalhadamente a zona de maquinaria. Por fim, são abordadas algumas ferramentas utilizadas para apoio à gestão da produção e a codificação utilizada internamente.

3.1 História e evolução

Foi no ano de 1849 em Wetzlar, na Alemanha, que Carl Kellner, um jovem mecânico fundou o “*Optisches Institut*” (Instituto Ótico), que inicialmente produzia óculos e telescópios. A sua invenção foi um sucesso entre os cientistas, sendo iniciada a produção de microscópios que se destacariam pela sua qualidade e precisão. Mais tarde, surgiu a primeira câmara fotográfica de 35 mm, revolucionando para sempre o mundo da fotografia. Assim, estava dado o primeiro passo para a criação de uma das empresas mais conceituadas e reconhecidas ao nível mundial pela qualidade, inovação e diferenciação dos seus produtos.

No decorrer do ano de 1973, por decisão da administração alemã, foi fundada em Vila Nova de Famalicão, a Leica, S.A, inicialmente denominada por Leitz Portugal – Aparelhos Óticos de Precisão, S.A.R.L, que no final do seu primeiro ano laboral contava com quase uma centena de trabalhadores. À data da comemoração dos seus 40 anos de existência, em 2013, este número já rondava os 740 trabalhadores nas suas recentes instalações (Figura 12), ainda no concelho de Vila Nova de Famalicão.



Figura 12- Instalações da Leica. Vila Nova de Famalicão
(Leica, 2022)

Este crescimento foi impulsionado pelo alargamento da gama de produtos comercializados pela marca, que inicialmente só produzia algumas peças mecânicas e óticas, evoluindo até à montagem de câmaras fotográficas, binóculos e outros artigos como miras e objetivas.

Atualmente, devido à melhoria das infraestruturas e equipamentos, assim como a melhoria das condições de trabalho, a empresa conseguiu prestar serviços a organizações externas, as quais internamente, têm o nome de “terceiros”. Os “terceiros” são também produtores de aparelhos de alta precisão ótica e mecânica, no entanto atuam noutras áreas de negócio, como por exemplo, indústria aeronáutica e militar.

3.2 Sistema de produção da Leica

A estrutura produtiva da Leica é composta por vários departamentos, que devido às diferentes características do processo, são separados fisicamente e cada um é gerido de uma forma praticamente autónoma em relação aos restantes. Estes departamentos passam pela parte da mecânica, ótica e a montagem.

3.2.1 Departamento da mecânica

O departamento da mecânica (Figura 13) é a maior secção da empresa e a sua configuração estrutural é definida como tendo um *layout* orientado aos tipos de processo de fabrico onde é possível suportar uma grande variedade de artigos.

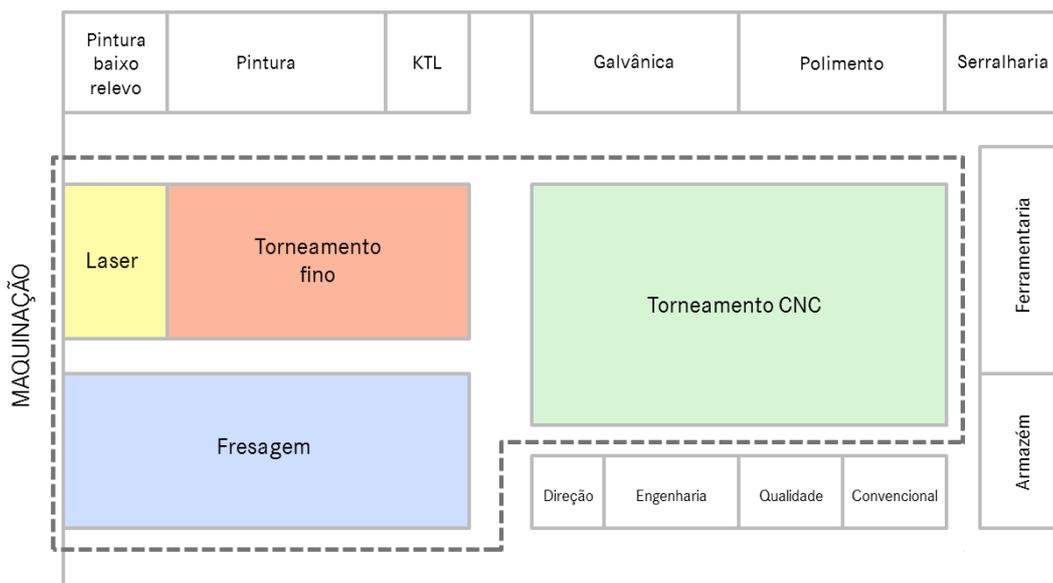


Figura 13- Layout do departamento da mecânica da Leica.

Este departamento está dividido em duas grandes áreas produtivas: a maquinação e os tratamentos de superfície, representados na Figura 13. Nestas, as matérias-primas (alumínio, latão, magnésio, aço e titânio) são transformadas em componentes de grande exigência técnica e de elevado acabamento superficial servindo todos os produtos da Leica.

Maquinação

A área de estudo da presente dissertação, é a área da maquinação que é aquela que realiza operações às peças desde a chegada da matéria-prima em bloco, barra ou pré-forma fundida. Estruturalmente, está configurada em três áreas distintas: o torneamento CNC, o torneamento fino e a fresagem. Cada área está equipada com diversas máquinas CNC, formando um total de 42 equipamentos de 10 marcas diferentes (*Makino, DMG, Gildemeister, Index, Chiron, Haas, Benzinger, Almac, Kuhlmann, Leitz*) divididos em tornos, centros de maquinagem e micro fresadoras.

- Torneamento CNC: A primeira fase do processo de produção de peças cilíndricas é feita no torneamento, tipicamente denominado pela empresa como zona do torneamento CNC. Esta zona está equipada com a última tecnologia de produção de peças, através da alimentação automática da barra para reduzir a intervenção do operador e garantir a cadência de produção.
- Torneamento fino: No torneamento fino as peças são maquinadas de forma singular, sendo colocadas em utensílios próprios, garantindo a qualidade exterior de todas as peças cilíndricas. Neste processo, existem equipamentos específicos para roscar o corpo da objetiva, uma operação que permite integrar duas ou três peças através de roscas trapezoidais com dezenas de entradas que garantem um movimento constante e uniforme.

Este espaço é composto por uma área de gravação (representada a amarelo na Figura 13), onde se utilizam equipamentos específicos para gravar por penetração peças cilíndricas e superfícies planas. É a última operação do processo de maquinação e onde as peças são trabalhadas individualmente para garantir o nível pretendido de profundidade, de espessura e de qualidade em todos os caracteres.

- Fresagem: as peças são maquinadas a partir de blocos maciços em equipamentos horizontais, ou peças fundidas e pré-maquinadas em equipamentos verticais. Devido à complexidade a nível geométrico e estético, a produção é realizada peça a peça e todas as peças são colocadas, retiradas e controladas pelo operador. Neste processo, existem equipamentos compostos por 5 eixos que são utilizados para peças complexas e para protótipos.

Na área da maquinação, existe ainda um setor com um número mais reduzido de equipamentos nomeadamente, fresadoras e tornos convencionais que atualmente, oferecem capacidade produtiva adicional aos processos de maquinação CNC sendo utilizados sobretudo em intervenções simples.

Tratamento de superfícies

Após maquinadas, as peças seguem para o processo de tratamento de superfícies. Este inicia-se com o polimento manual, no qual os polidores, em peças provenientes da maquinação, recorrem a processos minuciosos, ferramentas específicas e lixas muito finas para trabalhar as peças individualmente, contornando todas as arestas e superfícies de forma a garantir uma rugosidade constante. Segue-se a anodização e a cromagem que são processos que conferem resistência às peças e garantem uma elevada qualidade estética às mesmas.

Existe ainda, uma sala de pintura decorativa onde os pintores utilizam gabaris produzidos à medida que permitem fixar as peças convenientemente e protegem as zonas da peça que não devem ser pintadas. A pintura é realizada manualmente peça a peça de forma cuidadosa para garantir que todas as zonas são devidamente pintadas e são evitadas sombras e marcas nas geometrias complexas da peça.

Na fase final do processo de produção, após as peças terem sido maquinadas e terem recebido tratamentos de superfície (isto é, anodização, cromagem ou pintura), utiliza-se um doseador para colocar tinta em excesso nas ranhuras das gravações efetuadas previamente. Posteriormente, procede-se à remoção da tinta em excesso de forma a serem preenchidas as zonas gravadas.

Para além das áreas de maquinação e tratamento de superfícies, no departamento da mecânica existe, a ferramentaria, o armazém e a serralharia que prestam apoio à produção e, ainda, o gabinete da qualidade que acompanha todo o processo para garantir que a qualidade dos produtos está dentro do especificado pelo cliente, isto é, através dos instrumentos de medição vão sendo medidas peças para assegurar que está tudo conforme.

3.2.2 Departamento de ótica

A ótica é um departamento constituído por duas grandes áreas produtivas: a ótica plana e a ótica esférica. Na ótica plana produzem-se prismas para binóculos e para máquinas fotográficas, onde se distinguem os processos de fresagem, esmerilagem, polimento e centragem. Já na ótica esférica, produzem-se as lentes para binóculos, miras e objetivas, sendo composta pelo processo de fresagem, esmerilagem e polimento.

Existe ainda, uma zona de acabamentos, onde os componentes passam pela lavagem, colagem, revestimento e lacagem.

3.2.3 Departamento da montagem

A montagem é o departamento onde se reúnem todos os componentes necessários para obter o produto final, que é depois enviado para *Wetzlar*, Alemanha, a casa mãe do grupo. Estes componentes ou são produzidos nos restantes departamentos produtivos (mecânica e ótica) ou são comprados a terceiros.

3.2.4 Outros departamentos

Além dos departamentos enumerados, existem outros que têm um papel igualmente relevante no sucesso produtivo da organização, pois cooperam diretamente com os departamentos produtivos, são eles a qualidade e a logística.

O departamento da logística é o responsável pelos processos de planeamento, compras e gestão de armazéns. Este departamento é assim o responsável pela elaboração do plano de produção, bem como pelo aprovisionamento de todas as matérias-primas e materiais subsidiários que a organização necessita para o seu normal funcionamento. Já a qualidade, é responsável por todo o controlo dos exigentes parâmetros e especificações quer das matérias-primas compradas, quer dos produtos vendidos, atuando ao longo de todo o processo produtivo.

3.3 Ferramentas utilizadas para apoio à gestão

Para auxiliar a gestão da organização são utilizadas algumas ferramentas, como é o caso do sistema SAP e, no caso da mecânica, outras ferramentas como a eficiência operacional, registo de manutenções e planeamento das necessidades de produção são utilizadas para apoio ao planeamento e gestão da área. Estas são abordadas de seguida.

3.3.1 Sistema ERP

A organização utiliza para a sua gestão o sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) SAP (*Systems, Applications & Products*). Assim, quando o cliente converte encomendas no sistema SAP, estas devem ser confirmadas pelos planeadores, sendo que estes estão associados a cada tipo de produto (Câmara, Objetiva, *Sport Optics* e Terceiros). Esta confirmação de encomenda origina uma ordem de produção planeada para o produto final, que por sua vez, após o MRP (*Material Requirement Planning*) correr, origina todas as ordens de produção e/ou de compra dos seus componentes, até à matéria-prima.

O elemento MRP utilizado para o planeamento da produção é o tempo de passagem por cada posto, que está definido em dias. Para auxiliar neste processo existe um cálculo de capacidades que corre paralelamente ao MRP e dá informação sobre a carga de cada centro de trabalho. Deste modo, as ordens de produção são então abertas, podendo-se proceder ao levantamento da matéria-prima necessária para tal, sendo esta confirmada à medida que ultrapassa cada fase do processo.

3.3.2 Eficácia global dos equipamentos (OEE)

Atualmente é feita uma monitorização e gestão da produção dos centros de maquinação através de aplicações em *Excel* que permitem verificar o estado atual da máquina (em trabalho, paragem programada, em afinação, limpeza, entre outras) e a sua eficácia operacional (OEE).

Em cada setor da área de maquinação está presente um monitor onde é possível perceber o estado em tempo real de toda a secção da maquinação estando, por isso, constantemente a ser atualizados pelos preparadores e operadores. Para cada um dos estados da máquina foram determinadas quatro cores, o vermelho que assinala qualquer perda de produtividade (mudança de trabalho, falta operador, falta de afinador, entre outros), o verde que indica produção, o cinzento-claro que corresponde ao tempo que a máquina está em trabalho, mas a realizar operações especiais como protótipos ou retrabalho de peças e o cinzento-escuro que indica a paragem ou manutenção planeada da máquina. No anexo 1 podemos ver uma espécie de pirâmide que demonstra o tempo produtivo existente, que é realmente aproveitado para produção e aquele que não o é.

A atualização do estado dos equipamentos, registada no programa do OEE, é revertida para um ficheiro, por departamento e por máquina, por forma a serem calculados os indicadores necessários ao OEE. A partir destes dados, além do OEE, é ainda possível fazer várias análises. Por exemplo, para cada grupo produtivo, são criados diversos gráficos que revelam a percentagem e o tipo de perdas sofridas quer para cada equipamento quer para o grupo geral. Além disso, consegue-se filtrar por semana ou por mês, de forma a analisar alguns indicadores como o número de *setups* por trabalhador e por equipamento, os minutos perdidos por cada mudança de trabalho e afinação, o número de avarias por equipamento, a duração média dos *setups*, entre outros.

O cálculo da eficácia operacional é uma mais-valia na medida em que permite controlar, implementar melhorias e visualizar de que forma a produção está organizada, podendo detetar pequenas falhas que levam à diminuição do tempo útil de produção.

3.3.3 Gestão da manutenção

Na Leica SA, a gestão da manutenção é suportada por um ficheiro que está dividido em três livros *Excel* (manutenções preventivas, manutenções corretivas e histórico das manutenções) que, através de programação em VBA (*Virtual Basic for Applications*) ou da utilização das restantes funcionalidades do programa, permitem ao utilizador registar manutenções, controlar bases de dados, analisar e tratar informação.

Nestas folhas de manutenção (preventiva e corretiva) além de se poder registar a manutenção realizada, é possível visualizar o balanço mensal das manutenções registadas antes destas serem exportadas para o histórico. Nestes registos são preenchidos diversos campos de informação (Figura 14) como o equipamento intervencionado; o tipo de avaria; o tipo de serviço realizado; os produtos utilizados; a duração da intervenção; o tempo de paragem do equipamento; os custos da intervenção; a data de manutenção e o operador.

The screenshot shows a software window titled "Novo Registo" for "Leica - Aparelhos Ópticos de Precisão, S.A.". The window contains a form with the following elements:

- Top right: A "Data" field with a calendar icon, labeled (9).
- Form fields:
 - Equipamento (1): A text input field.
 - Avaria (2): A text input field.
 - Operador (3): A text input field.
 - Serviço (4): A text input field.
 - Produto (5): A text input field.
 - Duração da Manutenção (6): Two input fields for hours (h) and minutes (m).
 - Tempo de Paragem (7): Two input fields for hours (h) and minutes (m).
 - Observações (8): A text area.
- Bottom left: A checkbox labeled "Extensão (10)".
- Bottom center: A checkbox labeled "Custo Adicional (11)" followed by a text input field and a Euro symbol (€).
- Bottom right: Three buttons: "Mais (12)", "Ver Códigos (13)", and "Registrar (14)".

Figura 14- Registo de intervenção.

Além deste registo, estes livros são ainda responsáveis pelas estatísticas mensais, dos equipamentos, utilizadores, operadores, produtos, centros de custo e ainda os vários tipos de avaria. Para a manutenção preventiva existem, ainda, mais dois parâmetros: os serviços preventivos e as periodicidades. Portanto, este livro além de permitir o registo de manutenções preventivas permite também o seu planeamento, assim como o panorama mensal e anual.

Relativamente ao histórico das manutenções, este possui um registo global e uma análise estatística mensal e anual da informação. Esta informação pode ser generalizada ou específica, no entanto, no caso das estatísticas específicas mensais, de equipamentos por exemplo, a informação que é apresentada corresponde ao ano fiscal em vigor.

3.3.4 Gestão das necessidades

Um dos índices utilizados pela empresa para gestão das necessidades produtivas é o nível de ocupação dos equipamentos de cada setor produtivo. Este é calculado através de um ficheiro, em formato *Excel*, que consoante os dias disponíveis em cada semana associados às ordens de produção, calcula a percentagem de ocupação de cada máquina. Dependendo da disponibilidade da máquina, que pode ser calculada a 1 turno, 2 turnos ou a 3 turnos por dia, a percentagem de ocupação da máquina é obtida pelo rácio dos minutos gastos pelos minutos disponíveis por dia para a produção.

Além da percentagem de ocupação, neste documento é possível verificar o roteiro que as peças vão percorrer bem como o seu estado atual, ou seja, onde estas se encontram e em que quantidades. Além disso, para cada ordem de produção está disponível o seu estado se em atraso, em curso ou concluída.

Num formato mais visual está disponível um gráfico que relaciona os minutos planeados e os minutos disponíveis para o equipamento. A partir deste, o chefe de grupo da secção consegue perceber em que semanas a máquina está mais ocupada e, pode assim, fazer ajustes de forma a equilibrar a sua ocupação. Para algumas máquinas existe ainda, um catálogo para as ferramentas utilizadas em cada produção. Desta forma, cada ordem de produção tem o número do plano do catálogo utilizado o que também auxilia ao planeamento, uma vez que, se uma ordem de produção utilizar o mesmo catálogo do que outra, se possível, esta pode-se antecipar deixando de ser necessário estar constantemente a trocar as ferramentas da máquina.

3.4 Codificação interna

A terminologia utilizada para as ordens de produção, referências das peças e códigos dos centros de trabalho segue a mesma lógica em toda a empresa, independentemente da secção. Todas estas codificações são geradas pelo SAP e, portanto, tudo tem de ser concordante e a linguagem tem de ser comum para o bom funcionamento das operações.

A nomenclatura para as referências das peças é criada segundo um sistema de doze dígitos, separados em quatro grupos de três dígitos cada, seguindo a lógica abaixo.

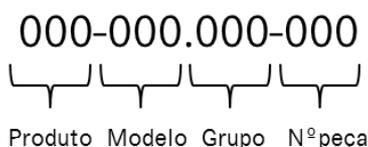


Figura 15- Codificação das referências.

Na identificação dos grupos e dos centros de custos e de trabalho é utilizada uma linguagem alfanumérica que, no caso dos centros de custos são utilizados cinco algarismos em que os dois primeiros são fixos para cada departamento e os três últimos dizem respeito ao código numérico do grupo. No caso dos grupos de trabalho já se utilizam seis caracteres, em que os três primeiros são iguais a estes três últimos e os restantes são constituídos pelas letras indicativas do grupo. Para fazer referência a um centro de trabalho de um determinado grupo, basta acrescentar 2 dígitos aos usados na codificação do grupo, seguindo o exemplo da Tabela 2.

Tabela 2- Codificação dos centros de custos, grupos e centros de trabalho.

| Grupo produtivo | Centro de custos | Codificação grupo | Centro de trabalho |
|------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Fresagem | 63173 | 173FRS | 173FRS01 |
| Torneamento CNC | 63174 | 174TOA | 174TOA01 |
| Torneamento fino | 63175 | 175TOF | 175TOF01 |

Relativamente às ordens de produção (OP), estas aplicam a nomenclatura anteriormente descrita apresentando o número de referência de peça e fase de trabalho que incluem os roteiros pelos vários setores do departamento pelo qual as peças vão passar até estarem prontas para expedição. Seguidamente está apresentada na Figura 16, um excerto de uma OP onde é possível verificar a utilização desta nomenclatura no contexto prático de ordenação de produção.

```

Op. control ticket Data : 21.02.2020 15:37 Pag. : 001/001
-----
N° Ordem      : 600138528 *600138528* Revisão: 15
Centro       : 0070 Leica Famacão - PORTUGAL
N° de Artigo  : 434-201.014-006 Crossbar
N° Alt. Desenho : Transporte: Data:
Tipo Ordem Prod. : LCP1
Planeador MRP : 755
Controlador Prod.: 722
Qtd.da Ordem : 300 PEÇ Início:12.02.2020 Fim:11.03.2020
Situação da Ordem: REL PRT PRC MACM SETC
-----
Operação      CentroTrabalho Cód.Alt.AU Ch.Contr.
Actividade   TR Uni TeBl Uni Te Uni
-----
0005 *0005* 165MAN04 *165MAN04* ZLP1
Descrição: Polir
FMOD 10,0 MIN 2.400,0 MIN 0,0
-----
0010 *0010* 168ARE01 *168ARE01* 800 PP01
Descrição: Arear 354
GLMOD 15,0 MIN 450,0 MIN 0,0 MIN
-----
0020 *0020* 168GAL01 *168GAL01* 800 PP01
Descrição: Anodizar 354
GLMOD 15,0 MIN 450,0 MIN 0,0 MIN
-----
0030 *0030* 168CQG01 *168CQG01* 800 ZLP1
Descrição: Controlar
GLMOD 15,0 MIN 300,0 MIN 0,0 MIN
-----
0050 *0050* ** ZLP3

```

Referência
 Fase de trabalho
 Centro de trabalho

Figura 16- Exemplo de uma ordem de produção.

4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

Neste capítulo descreve-se a situação atual da secção estudada nesta dissertação, a área da maquinação CNC. Em primeiro lugar é feita uma descrição geral do processo de maquinação das peças e das principais operações efetuadas nas máquinas.

Segue-se uma análise crítica realizada à situação atual, ou seja, aos acontecimentos que afetam o OEE, dando ênfase aos elementos que constituem a metodologia TPM, avaliando a existência ou não dos pilares da metodologia e o seu nível de implementação.

São também estudadas todas as etapas que constituem uma intervenção de manutenção realizada nas linhas de produção, assim como as avarias mais detetadas e a maneira como as manutenções são geridas e organizadas. Por fim, são apresentados os problemas identificados durante toda a análise.

4.1 Descrição do processo produtivo da secção de maquinação CNC

O processo produtivo da secção de maquinação CNC começa normalmente no torneamento CNC ou na fresagem, podendo, de seguida, passar pelo torneamento fino. Este processo é semelhante nas três áreas, sendo apresentado detalhadamente na Tabela 3.

Tabela 3- Processo produtivo da secção de maquinaria CNC.

| | |
|---|--|
| <p>(1) Realização das instruções de trabalho</p> | <p>(1) Primeiramente são realizadas as instruções específicas de trabalho (Au's), que descrevem os processos produtivos, sendo específicas para cada peça, e para cada fase produtiva.</p> |
| <p>(2) Emissão das ordens de produção</p> | <p>(2) De seguida o planeador responsável por esse produto emite as ordens de produção (OP's) dessa referência, sendo possível o levantamento da matéria-prima em armazém.</p> |
| <p>(3) Entrada da OP e se necessário das peças no respetivo grupo produtivo</p> | <p>(3) Segue-se a entrada de um novo trabalho no respetivo grupo produtivo feita através do sistema <i>Mizusumashi</i>, onde é colocada a ordem de produção e as respetivas peças a maquinar (no caso do torneamento fino e da fresagem) na estante de entrada de cada grupo (Figura 17).</p> |
| <p>(4) Preparação da máquina</p> | <p>(4) O preparador das máquinas dirige-se à entrada de material, retirando a próxima ordem de forma a procurar o respetivo Au, plano de montagem para as ferramentas e os planos para a produção (Figura 18). Além disso, prepara e mede as ferramentas necessárias na máquina <i>Zoller</i> (Figura 19), os calibres, as pastilhas e, no caso da fresagem, ainda são montados os cones. Por fim, é colocado tudo junto à máquina destinada.</p> |
| <p>(5) Afição da máquina</p> | <p>(5) Após a máquina preparada, o afinador atualiza o estado da máquina para "mudança de trabalho". De seguida, através do plano de ferramentas, troca todas as ferramentas necessárias e faz o alinhamento das ferramentas rotativas com um comparador. No caso do torneamento CNC, depois de ter a torreta pronta, segue-se a troca da barra de matéria-prima bem como do tubo guia. Já nas outras áreas, são montados os mecanismos auxiliares de produção para uma fixação rápida de peças na máquina, que no caso da fresagem podem ser mecanismos de furação, mecanismos da marca <i>Lang-Technik</i> ou, ainda, garras do tipo <i>cocn</i> ou do tipo <i>morse</i>. Para o torneamento fino só existe a opção das garras. Depois de tudo montado, são inseridas as medidas das ferramentas no controlador e, se ainda não estiver inserido o programa, este tem de ser introduzido geralmente de forma manual. Posteriormente, é feita uma peça teste de forma a, se necessário, serem feitas correções para que tudo funcione corretamente.</p> |
| <p>(6) Maquinação das peças</p> | <p>(6) Após a saída da primeira peça boa, é preenchido pelo afinador o plano de aprovação de arranque da produção (PAAP) e, durante a produção o operador, dependendo da periodicidade definida, vai medindo as peças e regista os seus valores no plano de controlo dimensional (PCD). Esta medição é feita através de diversos aparelhos como paquímetros analógicos universais (com e sem relógio), paquímetros digitais, micrómetros analógicos e digitais, comparadores de relógio, calibres, <i>TESA-hite 400</i> e mecanismos especiais de controlo produzidos internamente na ferramentaria.</p> |
| <p>(7) Lavagem das peças</p> | <p>(7) A última etapa é a atualização do estado da máquina para "em trabalho" seguida da lavagem de todas as peças produzidas na secção, na qual são removidas impurezas resultantes do processo de maquinaria (lubrificantes e benzina), com o intuito de as preparar para as fases de produção posteriores.</p> |



Figura 17- Zona de entrada de material.



Figura 18- Zona de armazenamento de planos.



Figura 19- Máquina Zoller (medição de ferramentas).

4.2 Operações de maquinagem

Relativamente ao tipo de trabalhos efetuados nos equipamentos da empresa, expõe-se na Tabela 4 as operações tipicamente realizadas nas secções estudadas.

Tabela 4- Tipos de operações de maquinagem realizadas na secção de maquinação CNC.

| Tipo de operação | Operação | Descrição |
|--|---|---|
| Torneamento longitudinal e transversal interior/exterior | Desbaste interior | Desbaste do interior/ exterior deixando 0.3 mm de sobreespessura em X e 0.1 mm em Z (valores em diâmetro) |
| | Ranhurar interior | Torneamento de ranhuras/ caixas interiores/ exteriores |
| | Acabamento interior | Acabamento do interior/ exterior removendo sobreespessura deixada pelo desbaste |
| | Acabamento interior por trás | Acabamento do interior/ exterior no sentido da bucha para o zero peça removendo sobreespessuras de desbaste |
| | Rosca interior | Roscagem interior/ exterior com vários passos possíveis |
| | Rasgar escatel interior | Rasga escatel no interior/ exterior |
| Torneamento longitudinal e transversal exterior | Sangrar | Buril que serve de batente, na alimentação, e sangra a peça |
| Torneamento frontal | Desbaste de ranhura frontal interior/exterior | Desbaste frontal deixando sobreespessuras já referidas |
| | Acabamento de ranhura frontal interior/exterior | Acabamento frontal |
| Furação, fresagens e roscagem | Furação central | Furação central de alívio de matérias-primas maciças |
| | Furação frontal | Furação frontal com ferramenta rotativa |
| | Furação vertical | Furação vertical com ferramenta rotativa |
| | Fresagem frontal | Fresagem frontal de contornos, caixas, entre outros com vários tipos de fresas |
| | Fresagem vertical | Fresagem vertical de contornos, caixas, entre outros |
| | Furação/fresagem angular | Furação/fresagem num ângulo específico necessário à maquinagem da peça com ferramenta rotativa |
| | Roscagem com macho frontal | Abertura de roscas com macho em suporte frontal |
| | Roscagem com macho vertical | Abertura de roscas com macho em suporte vertical |

4.3 Análise crítica

O projeto surgiu da necessidade da empresa em perceber o estado dos seus equipamentos de produção, ou seja, o tipo de operações que consegue efetuar e as anomalias mais frequentes. Esta necessidade tornou-se visível através das constantes correções que são feitas ao programa de maquinação tanto nos tempos de *setup* como durante a produção e em períodos de afinações. Estas correções acabam por mitigar o problema no sentido em que o resolvem no momento, mas cada vez mais o equipamento se vai degradando.

4.3.1 Disponibilidade operacional dos equipamentos

Para se obter a eficácia atual dos equipamentos, acedeu-se aos registos efetuados no ficheiro *Excel* da eficiência operacional dos equipamentos relativos a um período de 12 meses de abril de 2021 a março de 2022. Assim, foi possível sintetizar a informação no Gráfico 1.

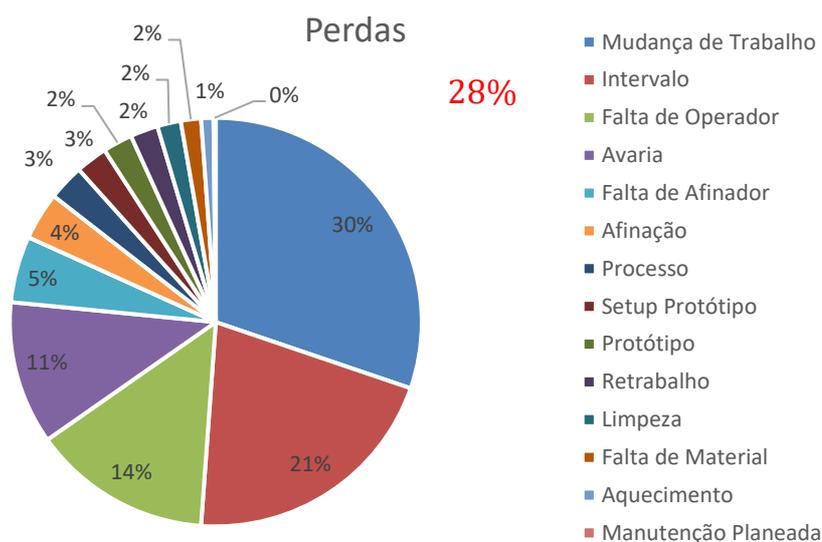


Gráfico 1- Percentagem de perdas na secção da maquinação CNC.

A partir deste pode-se verificar que as máquinas da secção da maquinação estão paradas em média 28% do tempo disponível (tempo perdido em perdas sobre o tempo programado), sendo que cerca de 9% deste tempo (28%) corresponde a mudanças de trabalho (*setup*). Assim, o tempo de maquinação útil, em que se está efetivamente a acrescentar valor ao produto, só corresponde em média a 72% do tempo.

De forma a perceber se estas conclusões são transversais a todas as áreas de maquinação CNC, tornou-se relevante a análise dos estados das máquinas para cada um dos setores em estudo: o torneamento, o torneamento fino e a fresagem, mostradas respetivamente abaixo.

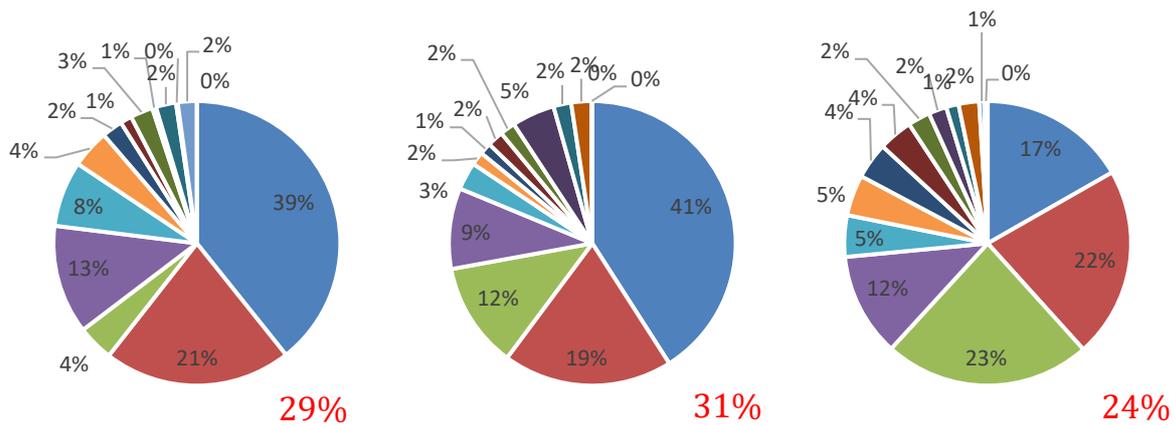


Gráfico 2- Percentagem de perdas no setor do torneamento (esquerda), torneamento fino (centro) e fresagem (direita).

Através da análise dos gráficos obtidos, conseguiu-se perceber que as principais perdas nas diferentes áreas dizem respeito a mudanças de trabalho, avarias e períodos de intervalo e falta de operador, sendo que apenas a fresagem possui uma percentagem mais baixa de mudanças de trabalho devido ao facto de nesta serem utilizados mecanismos de produção que ajudam ao rápido arranque da produção.

Dado que as mudanças de trabalho correspondem a uma das maiores perdas produtivas, é necessário perceber as principais causas que levam a estes elevados tempos. Assim, recorreu-se ao diagrama de *Ishikawa*, também designado por diagrama de causa-efeito (Figura 20) de forma a ser possível avaliar as possíveis causas para as correções que possam ocorrer. Neste diagrama não foram considerados os fatores de medição e dos materiais pois não foram considerados relevantes ao caso em estudo.

Para se efetuar esta análise foi importante acompanhar todo o processo de mudança de trabalho junto dos preparadores e operadores.

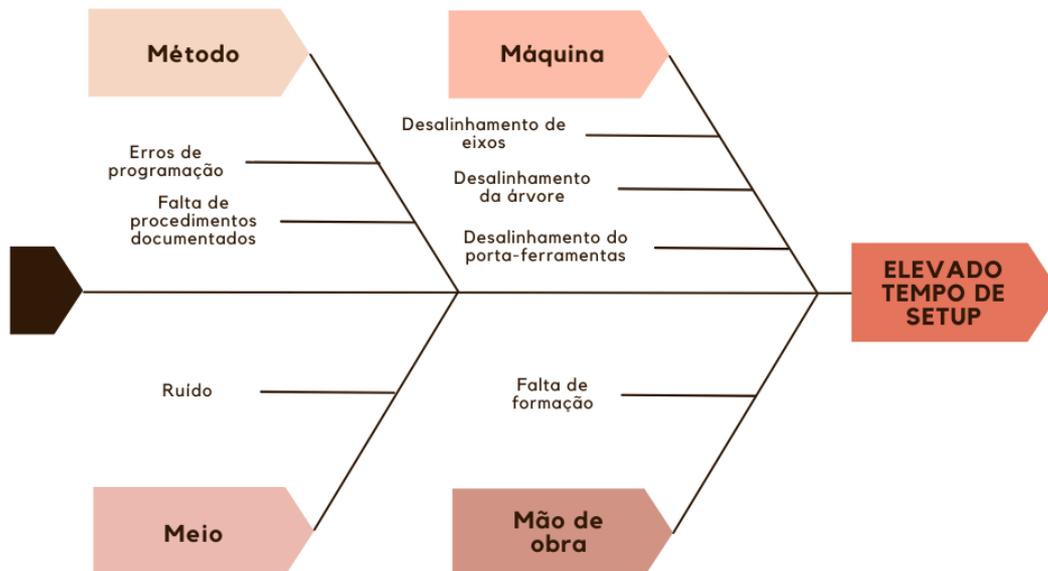


Figura 20- Diagrama de causa-efeito para o elevado tempo de setup.

Como podemos observar através do diagrama, ainda que as restantes causas possam ser relevantes para o aumento do tempo de *setup*, decidiu-se dar destaque ao estado dos equipamentos utilizados uma vez que a condição dos seus componentes leva à necessidade de vários ajustes. Neste sentido, torna-se evidente a necessidade de existir uma melhor manutenção nos equipamentos utilizados.

4.3.2 Manutenção

As manutenções existentes na Leica podem ser do tipo corretivas ou preventivas. Relativamente às manutenções corretivas, estas são as ações de manutenção necessárias para repor o estado de funcionamento de um equipamento após a ocorrência de falha, com paragem ou não do equipamento, tendo como objetivo recuperar as condições requeridas para o desempenho das suas funções.

A nível de funcionamento, na Tabela 5 encontra-se o fluxograma relativo a este processo que, de forma sucinta, se inicia quando surge algum pedido de intervenção. Após analisado este pedido, o responsável pelo setor da manutenção avalia a necessidade ou não de recorrer a fornecedores externos para proceder à reparação. No caso de não ser necessário recorrer a fornecedores externos, é avaliado o tipo de intervenção e o(s) colaborador(es) para efetuar(em) a reparação. Já para o caso de ser necessário recorrer a fornecedores externos, podem-se colocar duas situações: (i) existem parcerias definidas – neste caso o setor da manutenção entra em contacto com o(s) fornecedores para proceder(em) à intervenção solicitada ou (ii) não existe parceria com nenhum fornecedor – neste caso o responsável procura no mercado potenciais fornecedores que possam realizar a intervenção requerida. Depois de

efetuada a intervenção, segue-se a sua validação onde o operador do equipamento confirma se a reparação pode ou não ser dada como concluída. Concluída a intervenção é feito o seu registo no SAP e no ficheiro de registo de manutenções.

Tabela 5- Processo de realização de uma manutenção corretiva.

| Fluxograma | Descrição | Responsável |
|--|--|---|
| <pre> graph TD A[Pedido de intervenção] --> B{Intervenção interna} B -- Não --> C[Contactar potenciais fornecedores] B -- Sim --> D[Avaliar recursos necessários] C --> D D --> E[Efetuar intervenção] E --> F[Validação intervenção] F --> G[Registo intervenção] G --> H[Fechar pedido intervenção] </pre> | Os pedidos de intervenção podem ser efetuados por <i>email</i> , telefone e solicitação intranet. As solicitações à manutenção podem ser efetuadas por chefes de secção, chefe de grupo e chefe de turno | |
| | O responsável pelo setor da manutenção avalia a necessidade de recorrer a fornecedores no exterior para proceder à reparação | Setor da manutenção |
| | O responsável pelo setor da manutenção avalia o tipo de intervenção necessária e define o(s) colaborador(es) necessários para efetuar(em) a reparação | Setor da manutenção |
| | No caso de parcerias já definidas, o setor da manutenção entra em contacto com os fornecedores ou, então, procura no mercado potenciais fornecedores para proceder à reparação | Setor da manutenção |
| | O(s) colaborador(es) da manutenção efetuam a intervenção | Setor da manutenção |
| | Para validação, o executante da intervenção deve solicitar à pessoa responsável pelo uso do equipamento que confirme se a reparação pode ser concluída | Chefes de secção, chefe de grupo e chefe de turno |
| | O setor de manutenção deve efetuar o registo de intervenção no sistema SAP e no ficheiro da manutenção | Setor da manutenção |

No que diz respeito às intervenções preventivas, estas podem ser feitas de duas formas, por manutenção autónoma e manutenção planeada que referenciam três pilares do modelo TPM, aos quais é transversal a formação e monitorização. Estes dizem respeito a manutenções autónomas, planeadas e educação e treino, estando na sua base atividades de limpeza, ordem e disciplina, relacionadas com a ferramenta 5S, o trabalho em equipa e o processo de melhoria contínua.

A manutenção autónoma ou manutenção de nível 1 engloba planos de manutenção, afixados em cada uma das máquinas, que estão divididos consoante a periodicidade de avaliação, contendo todas as tarefas de manutenção a realizar pelo operador bem como o seu procedimento. Estas atividades podem ser feitas por turno, semanalmente ou mensalmente, estando, por isso, relacionadas com a limpeza, inspeção e lubrificação aos equipamentos. No anexo 2 encontra-se um exemplo de uma instrução de trabalho de manutenção (IT-L-03). De notar que estas instruções apenas estão afixadas no setor da fresagem para se validar a aplicabilidade das mesmas, ao momento estas já são utilizadas pelos operadores e notou-se a sua importância, faltando a extrapolação para as restantes áreas.

Relativamente às manutenções planeadas, estas visam manter o sistema de tal modo que não existam paragens não planeadas, aumentando a vida útil de todos os equipamentos como resultado de melhores intervenções. Estas atividades exigem um conhecimento profundo de todos os equipamentos, pelo que é necessária a colaboração entre vários departamentos, nomeadamente o departamento de engenharia do processo e de planeamento sob coordenação do departamento de manutenção.

Estas manutenções podem ser realizadas de duas formas:

- Com base nas recomendações do fabricante e na experiência dos técnicos de manutenção, são calendarizadas ações de manutenção preventiva no sentido da redução de perdas de produção.
- Podem ser desencadeadas por acontecimentos, por exemplo, um alerta de um operador por ocorrências anormais no equipamento, ou por sugestão de um técnico de manutenção. Para além disso, poderá ter origem após uma intervenção corretiva onde foi diagnosticada outra eventualidade.

Operacionalmente, como podemos observar pela Tabela 6, a manutenção preventiva pode começar de duas formas: (i) pelo agendamento de uma intervenção ou (ii) pelo planeamento de uma nova manutenção. No caso de ser necessário o seu planeamento, o departamento de manutenção analisa a informação dos fabricantes dos equipamentos, e o do histórico de equipamentos semelhantes, de forma a definir o tipo de manutenção preventiva a realizar e a sua calendarização. Esta informação é colocada

na ferramenta de apoio à manutenção, mais concretamente na área do planeamento das manutenções preventivas. Assim, sempre que um equipamento seja intervencionado é efetuado o registo da intervenção no sistema SAP e no ficheiro *Exce*/para esse efeito.

Tabela 6- Processo de realização de uma manutenção preventiva.

| Fluxograma | Descrição | Responsável |
|---|---|---------------------|
| <pre> graph TD A{Nova intervenção?} -- Não --> F[Solicitação de intervenção] A -- Sim --> B[Plano de manutenção preventiva] B --> C[Análise de informação dos fabricantes] C --> D[Análise histórico dos equipamentos] D --> E[Definir tipos de intervenções/manutenções] E --> F1[Calendarização manutenções] F1 --> F F --> G[Efetuar intervenção] G --> H[Registo manutenções preventivas] </pre> | O setor da manutenção analisa a informação dos fabricantes dos equipamentos | Setor da manutenção |
| | O setor da manutenção analisa as manutenções corretivas e o histórico considerado de equipamentos semelhantes | Setor da manutenção |
| | O setor da manutenção define o tipo de manutenções preventivas recomendadas considerando os passos anteriores | Setor da manutenção |
| | Após a definição do tipo de manutenção preventiva, as manutenções são programadas no tempo | Setor da manutenção |
| | É solicitada uma nova intervenção pela ferramenta de apoio à manutenção | |
| | O setor da manutenção deve efetuar o registo da intervenção no sistema SAP e no ficheiro da manutenção | Setor da manutenção |

Como referido, o treino e acompanhamento de todas as tarefas definidas para cada um dos pilares que estruturam a manutenção da Leica é essencial na medida em que o envolvimento e a integração de todas as fases do processo determinam o sucesso da sua implementação. Este objetivo é conseguido através da realização de reuniões de acompanhamento dos indicadores de performance utilizados na empresa. Estes indicadores, calculados na ferramenta da gestão da manutenção, são avaliados semestralmente e indicam os equipamentos mais intervencionados, as reparações e os produtos mais realizados, as intervenções com maior duração e as com mais custos, os operadores com mais registos, entre outros indicadores imprescindíveis ao constante acompanhamento e evolução do setor da manutenção.

4.3.3 Análise global do registo de intervenções

De forma a perceber como está a ser feita atualmente a manutenção na empresa, foram reunidos dados das intervenções registadas na ferramenta *Excel* para apoio à manutenção, referentes ao ano fiscal de 2022 (abril de 2021 a março de 2022).

Através desta análise, percebeu-se que das 954 intervenções efetuadas cerca de 42% dizem respeito a manutenções preventivas sendo as restantes referentes a manutenções corretivas. Em termos de tempo, as manutenções preventivas perfazem cerca de 32% do tempo total gasto em manutenção (Tabela 7).

Tabela 7- Distribuição das intervenções e dos tempos gastos em manutenção.

| | Nº intervenções | % | Tempo total gasto (min) | % |
|-----------------------|-----------------|--------|-------------------------|--------|
| Manutenção preventiva | 397 | 41,61% | 29665 | 32,42% |
| Manutenção corretiva | 557 | 58,39% | 61838 | 67,58% |
| Total | 954 | | 91503 | |

Pela Tabela 7 pode-se ainda aferir acerca da mão-de-obra gasta na manutenção, uma vez que esta indica que o tempo total gasto para manutenções foi de 91503 minutos quando o tempo disponível para manutenções era de 315900 minutos. Este valor foi obtido pelo tempo produtivo disponível por dia que corresponde aos 234 dias úteis de trabalho para 7 horas e 30 minutos por dia, multiplicado ainda pelos 3 operadores disponíveis. Esta discrepância de valores mostra, os poucos registos efetuados por parte da manutenção que além de não ajudarem ao planeamento de manutenções preventivas nem a avaliações do estado dos equipamentos, demonstra a necessidade de reavaliar esta ferramenta.

Além disso, as intervenções que são registadas, por vezes não resultam em grandes análises devido ao facto de apenas ser registado o que foi intervencionado e não a anomalia verificada resultando futuramente em dificuldades em obter informação de como foram resolvidos problemas anteriores semelhantes. Ademais, por norma, o método utilizado pelos operários no momento de notificar uma avaria consiste simplesmente em transmitir a informação ao chefe de grupo, que entrará em contacto com os técnicos de manutenção. Este método leva a perdas de tempo relativamente grandes desde o momento que acontece a paragem, até à informação chegar aos técnicos de manutenção.

Ainda assim, a partir dos dados obtidos do *software* de apoio à manutenção, foi possível retirar algumas conclusões. Relativamente aos registos de intervenções, concluiu-se que existem grupos de equipamentos com maior número de intervenções relativamente aos restantes, especialmente do tipo corretivo, o que poderá indicar a presença de equipamentos de menor fiabilidade. Estes registos devem, por isso, ser analisados de forma individual para averiguar a sua causa e potenciais melhorias. Assim, nos gráficos abaixo (Gráfico 3 e Gráfico 4), dependendo do tipo de manutenção, é possível perceber o tipo de equipamento mais intervencionado (eixo à esquerda do gráfico) bem como a sua duração (eixo à direita do gráfico).

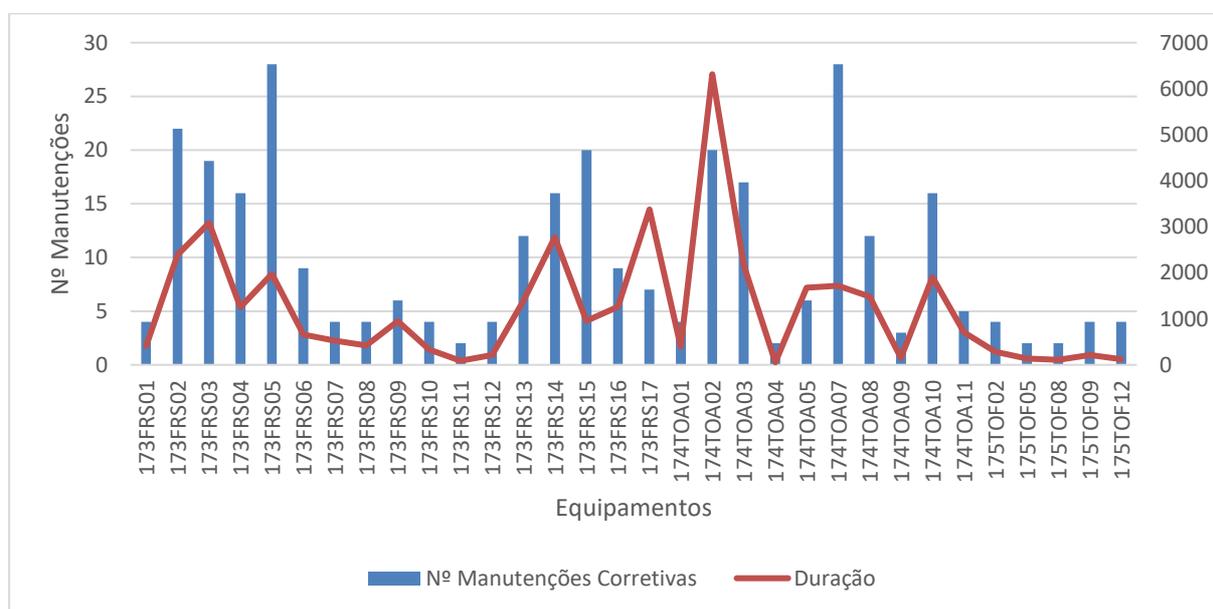


Gráfico 3- Número e duração das manutenções corretivas por equipamento.

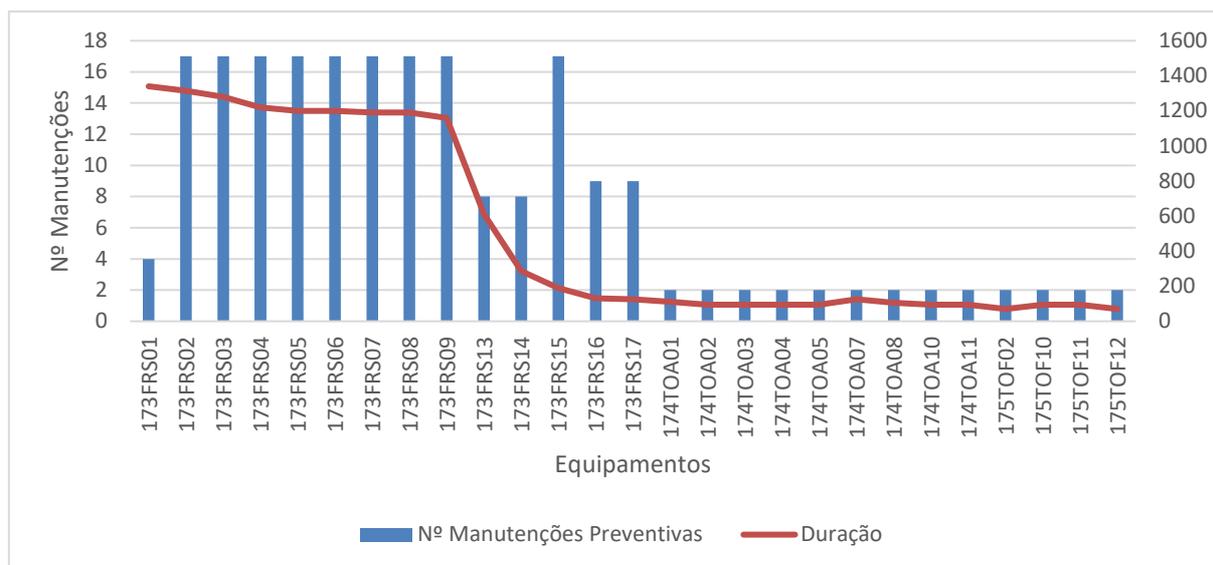


Gráfico 4- Número e duração das manutenções preventivas por equipamento.

Começando pelas manutenções corretivas (Gráfico 3), os registos referentes aos equipamentos da área do torneamento CNC e da fresagem revelam-se, de uma forma geral, com um maior número de intervenções. Ainda assim, o equipamento 7 do torneamento (174TOA07) e o equipamento 5 da fresagem (173FRS05) são aqueles que apresentam um número de intervenções mais elevado. De igual modo, é possível concluir que as manutenções para as referidas áreas implicam mais custos de mão-de-obra assim como uma maior indisponibilidade dos equipamentos por cada intervenção efetuada. No entanto, importa salientar que o equipamento 2 do torneamento (174TOA02) foi aquele que apresentou um maior tempo de ocupação apesar de menos intervenções.

No que diz respeito às manutenções preventivas, pelo Gráfico 4 verifica-se que estas são maioritariamente realizadas na área da fresagem, sendo feitas de igual forma para cada tipo de máquina. Para a área do torneamento CNC verifica-se o mesmo, mas em menor número de intervenção. Já para o torneamento fino, existem registos preventivos para poucas máquinas.

Após perceber quais os equipamentos mais intervencionados e, tendo em conta que o presente estudo se centra no estado das máquinas e, portanto, das intervenções realizadas às mesmas, ou seja, nas anomalias mais recorrentes faz sentido perceber os tipos de manutenção mais frequentemente realizadas. Dada a extensão de avarias possíveis, encontra-se no anexo 3 uma lista da quantidade e dos tipos de avarias registadas no ano fiscal em estudo. Relativamente a estas, é de realçar que a maior parte das avarias tem a ver com o ajuste dos eixos, alinhamento do *spindle* e alinhamento do revólver.

De igual forma, para as manutenções preventivas, apresenta-se no Gráfico 5 o número de intervenções (eixo das ordenadas) para cada tipo de serviço preventivo prestado (eixo das abcissas), sendo que as designações destes se encontram no anexo 4.

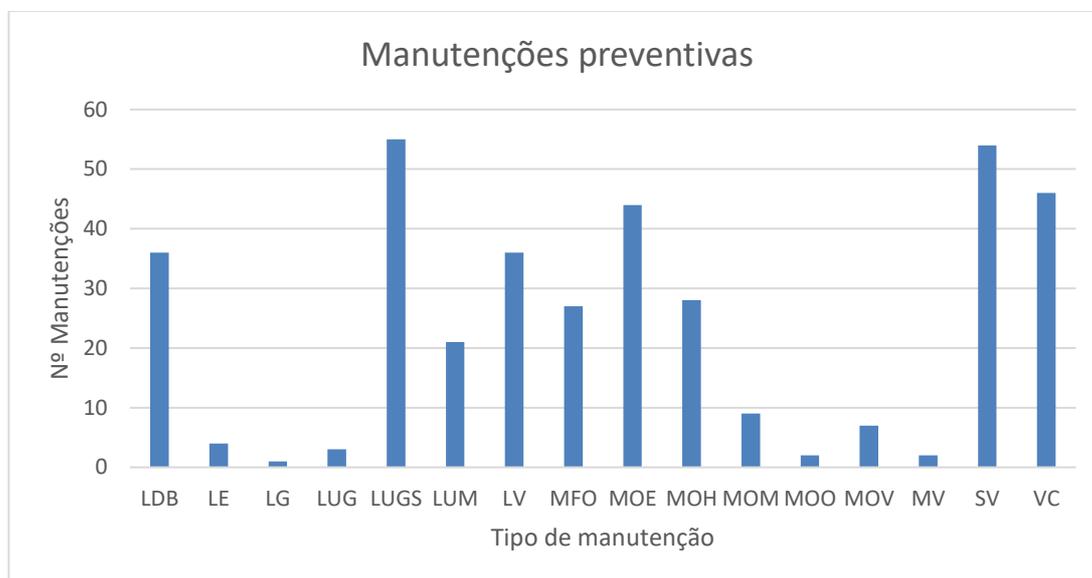


Gráfico 5- Tipo de manutenções preventivas realizadas.

Como podemos verificar pelo Gráfico 5, apenas são feitas mudanças de óleos, filtros, limpeza de componentes e ajuste de eixos, sendo que o ajuste de eixos (LE) apenas foi feito quatro vezes num ano. Deste modo, constata-se que atualmente só são revistos os componentes que fazem com que a máquina funcione e não os que garantem o bom desempenho da mesma (estes últimos só são revistos aquando avaria algum componente que faz com que estes se movam).

Depois de listados todos os tipos de manutenções normalmente realizados, ainda se aferiu acerca dos seus custos. Assim, as tabelas expostas no anexo 5 permitem conhecer quais as intervenções que implicam uma maior mobilização da mão-de-obra, tendo como consequência um maior custo por parte da manutenção e maior tempo de indisponibilidade do equipamento.

Corretivamente, os serviços que requerem mudança e/ou ajuste são aqueles que se revelam mais expressivos em termos de consumo de mão-de-obra e número de intervenções corretivas. De frisar que estas avarias estão, na sua maioria das vezes, relacionadas com o componente revólver e/ou árvore. Relativamente à distribuição das intervenções preventivas, é possível verificar que os serviços vários (SV) são os responsáveis pela maior parte da ocupação dos técnicos de manutenção. A partir da primeira tabela pode-se ainda notar que, em média, os custos relativos às manutenções preventivas custam menos 20€ por cada intervenção e cerca de menos 36 minutos despendidos.

Por último, fez-se uma relação entre o número de intervenções preventivas pelas intervenções corretivas realizadas (cor azul) e pelas suas durações (cor vermelha) de forma a perceber a tendência do serviço de manutenção na Leica. Assim, no Gráfico 6 pode-se observar a existência de um pico no mês de agosto e janeiro onde as manutenções preventivas foram superiores às corretivas, notando-se para os últimos meses uma tendência decrescente. Vale ressaltar que a disparidade de valores para o mês de agosto se deve ao período de férias que resulta numa altura dedicada às manutenções preventivas.

Relativamente às durações, estas seguiram a mesma lógica sendo apenas superiores no mês de agosto e janeiro. Contudo, neste último mês registou-se uma duração das preventivas superiores às corretivas apesar do número de intervenções ser inferior.

Com isto, pode-se concluir que atualmente a tendência da empresa é maioritariamente direcionada para intervenções corretivas, uma vez que esta se mostra inferior às intervenções preventivas. De salientar que o objetivo é sempre o de dar primazia à manutenção preventiva pois como observado, esta implica menores custos de manutenção.

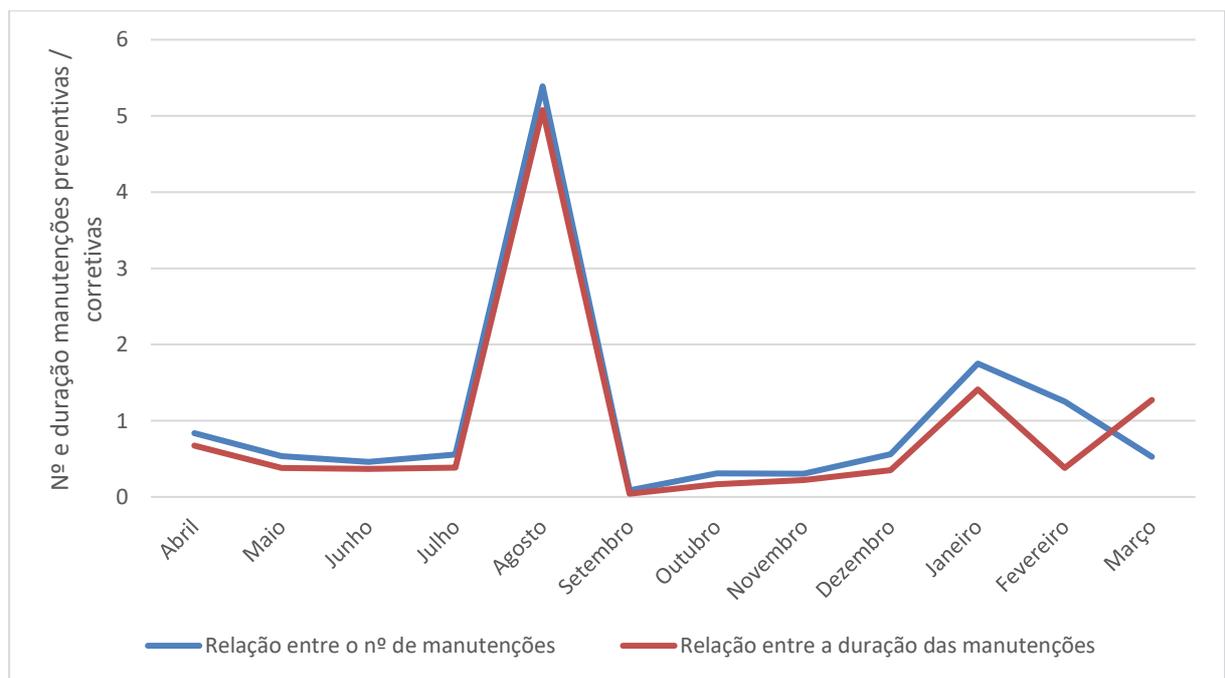


Gráfico 6- Relação entre o número e a duração de manutenções preventivas e corretivas ao longo do tempo.

4.4 Síntese dos problemas identificados

Após uma extensa análise à situação atual da empresa destacaram-se alguns tópicos cruciais para intervenção:

- Ao nível da disponibilidade dos equipamentos, percebeu-se que os tempos de *setup* correspondem a uma percentagem de perdas significativas, tendo-se destacado como principal causador os desvios geométricos nas peças maquinadas.
- Através dos registos gerados notou-se a falta de soluções ao nível preventivo que mantenham o bom estado dos equipamentos utilizados pois até ao momento apenas são realizados serviços básicos de lubrificação e limpeza.
- Relativamente à ferramenta existente esta é pouco utilizada, tanto a nível de registos como de acompanhamento dos indicadores concebidos. Além disso, identificou-se como influenciador do mau desempenho das intervenções a fase da notificação da ocorrência.

5 APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Tendo em consideração os problemas detetados anteriormente, estabeleceu-se uma estratégia com o intuito de promover procedimentos relativos ao estado dos equipamentos e, conseqüentemente promover uma rentabilização das manutenções realizadas na empresa, de modo a abranger todos os pontos anteriormente identificados como potenciais de melhoria.

Assim, pretende-se criar uma metodologia de planeamento de intervenções preventivas baseada em grupos de equipamentos, que revele o estado dos mesmos. Esta metodologia (Figura 21), semelhante à abordada no capítulo 2, por constituir uma mudança de paradigma face à política de manutenção planeada existente, deve ser introduzida de forma progressiva, forçando assim a necessidade de definir prioridades entre grupos de equipamentos numa fase inicial, estendendo-se posteriormente à totalidade dos equipamentos.

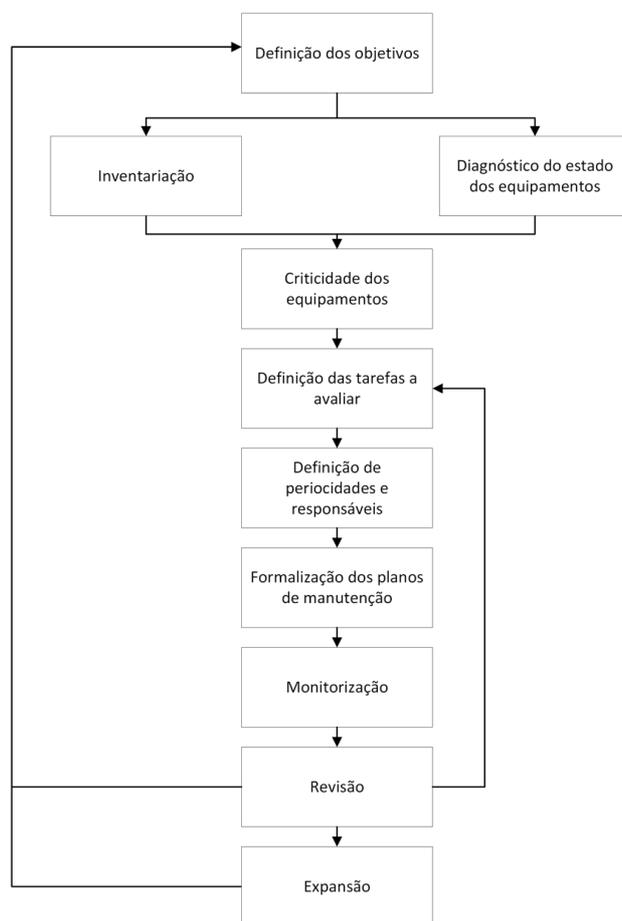


Figura 21- Plano de PCM utilizado.

Nesta ótica, no período de planeamento e estudo de criticidade dos ativos, são estabelecidos os procedimentos para cada tipo de equipamento. Na segunda etapa são abordados os aspetos relacionados com a operacionalização da nova metodologia, de maneira a obter, a médio prazo, o mapa

anual de intervenções normalizado e completamente alinhado com a produção, para todos os grupos de equipamentos a constituir. Na última fase, procede-se ao desenvolvimento de indicadores para o controlo das atividades de manutenção realizadas.

5.1 Definição dos objetivos

Atendendo à sinalização da principal problemática que originou este projeto – a não realização de períodos dedicados às manutenções relacionadas com o estado dos equipamentos – foi definida uma nova metodologia de planeamento destas atividades que visa favorecer a sua resolução, constituindo assim as bases para um planeamento futuro de intervenções preventivas de forma normalizada.

Antes de se iniciar a elaboração do plano, foi importante estudar cada um dos equipamentos durante várias semanas em diferentes processos, de forma a adquirir competências e perceber as diversas tarefas associadas a cada máquina.

5.2 Estruturação dos equipamentos por secção

Depois de destacado o objetivo a cumprir, segue-se a caracterização dos equipamentos, que se revela da maior importância visto que para cada uma das secções, serão escolhidos os elementos mais críticos para o planeamento da metodologia desenvolvida ao longo deste trabalho.

Após análise dos 42 equipamentos presentes na maquinaria e da revisão da sua classificação de acordo com o procedimento interno, em colaboração com o departamento de produção, departamento de engenharia de processos, qualidade, planeamento, técnicos de processos e de manutenção atualizou-se uma base de dados que agrupa todos os equipamentos e a informação associada a cada um deles. Desta forma, foi possível dividi-los por tipologia e por especificidade da máquina e do seu funcionamento, isto é, conseguiu-se definir quatro grupos de informações, a identificação da máquina, as suas especificações, informações adicionais ao seu funcionamento e algumas anotações. Depois de definidos os grupos, estes foram subdivididos em alguns subgrupos de características consideradas relevantes à sua identificação.

Todas as informações levantadas foram agrupadas num documento, apresentado no anexo 6, realizado em formato *Exce/* que, além de ser uma mais-valia para o projeto, é também um futuro auxílio do departamento de planeamento e do de compras. Ainda, e de forma a estruturar a informação obtida, agruparam-se os equipamentos por tipologia e por especificidades no fluxograma representado na Figura 22.

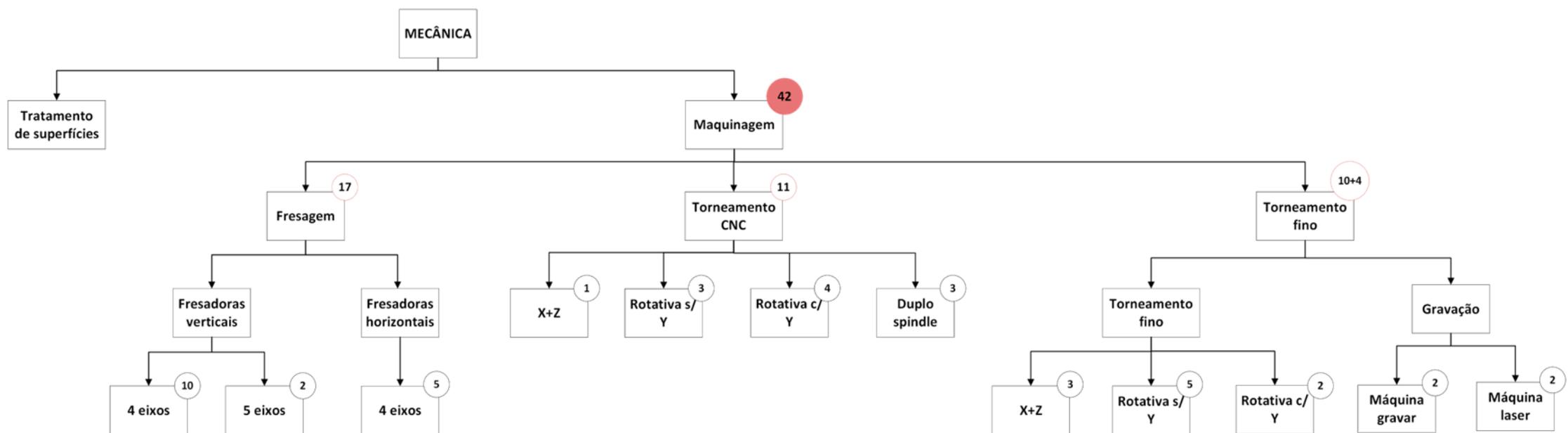


Figura 22- Distribuição dos equipamentos CNC da secção da maquinação.

5.3 Diagnóstico aos equipamentos

Aquando foi feito este levantamento de características, fez-se também uma lista das principais anomalias dos equipamentos. Esta ferramenta foi aplicada com o intuito de perceber a situação atual dos equipamentos em causa e, além disso, incutir este registo na empresa. Neste documento, dividido por centro de custos, além de ser registada a descrição da anomalia e o seu tipo (mecânica ou elétrica) tem ainda atribuído um grau de prioridade a cada anomalia observada. Desta forma, é possível obter o número de anomalias, por área e por máquina, para cada grau de prioridade.

No anexo 7 encontra-se toda a informação levantada, mas de forma resumida, os resultados obtidos foram os seguintes:

Tabela 8- Número de anomalias por equipamento e prioridades (1, 2 e 3, respetivamente).

| Centro de custos | Nº anomalias | Centro de custos | Nº anomalias | Centro de custos | Nº anomalias |
|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
| 63166 | 6 | 63166 | 2 | 63173 | 1 |
| 166GRA01 | 3 | 166GRA04 | 1 | 173FRS01 | 1 |
| 166GRA04 | 1 | 166LAS01 | 1 | Total Geral | 1 |
| 166LAS01 | 2 | 63173 | 5 | | |
| 63173 | 2 | 173FRS01 | 1 | | |
| 173FRS05 | 1 | 173FRS04 | 3 | | |
| 173FRS06 | 1 | 173FRS07 | 1 | | |
| 63174 | 10 | 63174 | 1 | | |
| 174TOA02 | 1 | 174TOA09 | 1 | | |
| 174TOA03 | 1 | 63175 | 4 | | |
| 174TOA04 | 1 | 175TOF01 | 2 | | |
| 174TOA08 | 7 | 175TOF04 | 1 | | |
| 63175 | 14 | 175TOF11 | 1 | | |
| 175TOF01 | 1 | Total Geral | 12 | | |
| 175TOF04 | 2 | | | | |
| 175TOF05 | 1 | | | | |
| 175TOF09 | 2 | | | | |
| 175TOF10 | 2 | | | | |
| 175TOF12 | 3 | | | | |
| EVT | 3 | | | | |
| Total Geral | 32 | | | | |

Como podemos verificar pela Tabela 8, com prioridade máxima de atuação (coluna mais à esquerda) surge a secção do torneamento CNC e do torneamento fino. Para o torneamento fino, o equipamento mais desgastado e, por isso, com maior urgência de manutenção é a máquina 12 (175TOF12) e para o torneamento CNC é o equipamento 8 (174TOA08). Relativamente à fresagem o equipamento 5

(173FRS05) e o 6 (173FRS06) mostram-se com o mesmo número de anomalias pelo que ambos têm prioridade máxima de intervenção neste setor.

5.4 Criticidade dos equipamentos

Tendo em conta que nem todos os equipamentos existentes nas instalações têm a mesma preponderância para o seu correto funcionamento, as ações de manutenção devem ser feitas de acordo com os diferentes níveis de importância dos equipamentos para a empresa, para isso, torna-se imperativo classificar os equipamentos relativamente à sua necessidade de manutenção preventiva e importância para a empresa pois, no caso de alguns equipamentos a sua manutenção preventiva não seria mais que um dispêndio de recursos.

Assim, o método que melhor retrata a realidade da empresa é a classificação ABC pois tem como resultado uma criticidade associada a cada equipamento que em função desse parâmetro deve ser escolhida a forma de manutenção a aplicar pelo serviço.

Depois de analisados vários indicadores de desempenho de vários grupos, foi definido em concordância com a empresa, que os indicadores que melhor expressavam a veracidade da produção seriam similares aos apresentados na secção 2 (segurança e meio ambiente, qualidade e produtividade, taxa de ocupação, oportunidade, fiabilidade e a manutibilidade). De salientar que se percebeu a importância de enquadrar indicadores financeiros, mas como já foi referido, a maior parte das intervenções não são registadas o que leva à falta de valores neste sentido. Assim, a descrição de cada um dos fatores de avaliação, segundo cada criticidade, encontra-se na Tabela 9.

Tabela 9- Fatores de avaliação por criticidade.

| Nº | Fatores de avaliação | Criticidade | | |
|----|---------------------------|---|---|--|
| | | Alta (A) | Média (B) | Baixa (C) |
| 1 | Segurança e meio ambiente | A paragem repentina do equipamento provoca acidentes graves e problemas de contaminação com o meio ambiente | A paragem repentina do equipamento pode provocar algum tipo de acidente, mas só material e não com o ambiente | A paragem repentina do equipamento não provoca qualquer tipo de acidente |
| 2 | Qualidade e produtividade | A paragem repentina do equipamento origina produtos com defeito, redução da velocidade e da produção | A paragem repentina do equipamento origina variações na qualidade ou na produtividade | A paragem repentina do equipamento não afeta a qualidade nem a produtividade |
| 3 | Taxa de ocupação | Tempo de utilização da máquina acima de 90% ao mês | Tempo de utilização da máquina de 50 a 90% ao mês | Tempo de utilização da máquina abaixo de 50% ao mês |
| 4 | Oportunidade | A paragem repentina do equipamento pode afetar uma linha de produção sem nenhuma alternativa a curto prazo | A paragem repentina do equipamento pode afetar uma linha de produção, mas existem alternativas imediatas | A paragem repentina do equipamento não interfere na linha de produção |
| 5 | Fiabilidade | Mais do que 1 falha a cada 2 meses | 1 falha entre 2 a 6 meses | 1 falha a cada 6 meses |
| 6 | Manutibilidade | MTTR acima de 2 horas | MTTR entre 0,5 e 2 horas | MTTR abaixo de 0,5 horas |

Para esta avaliação, foi necessária a análise do histórico de dados das linhas de produção (eficiência operacional, histórico de manutenção, cálculo das necessidades, qualidade produtiva, entre outros) e calcularam-se os valores destes indicadores durante doze meses de produção (abril de 2021 a março de 2022). Em termos de resultados obtidos, verificou-se que com criticidade máxima de manutenção (representada a vermelho na Figura 23) encontram-se os equipamentos 173FRS01, 173FRS06 e 173FRS12 para o setor da fresagem, os equipamentos 174TOA01 e 174TOA08 para o torneamento CNC e os equipamentos 175TOF09 e 175TOF12 para o torneamento fino. Os restantes equipamentos,

encontram-se divididos pelas respetivas criticidades na Figura 23, sendo o amarelo representativo da criticidade média e o verde da criticidade baixa.

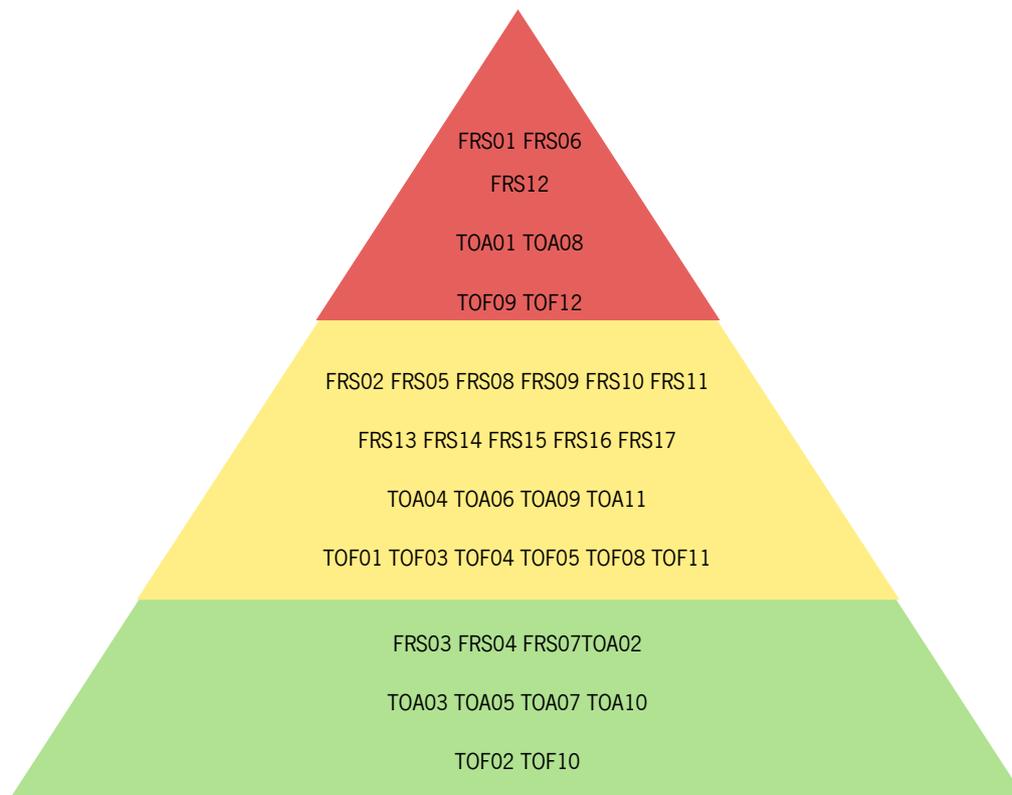


Figura 23- Criticidade dos equipamentos.

5.5 Definição das tarefas a avaliar

Após escolhidas as máquinas a avaliar tornou-se relevante planear a forma como se realizaria a avaliação aos equipamentos. Assim, sempre que surgir uma avaliação, esta vai passar por duas fases de implementação, realizadas de forma cíclica. Em primeiro lugar e de forma a não serem realizadas intervenções desnecessárias, é feita a maquinação de uma peça padrão onde é possível avaliar diversas características que avaliem o funcionamento da máquina e, consoante o resultado da avaliação, é feito um teste diagnóstico à máquina de maneira a corrigir o que estava a causar a não conformidade de um dado atributo.

5.5.1 Definição da peça padrão

Primeiramente foi definido em conjunto com as áreas multifuncionais já descritas, que tipos de atributos avaliar em cada tipologia de equipamento. Estes aferem acerca do funcionamento de componentes da máquina, podendo ao longo das testagens efetuadas sofrer algumas alterações.

Assim, começando pelo torneamento CNC, percebeu-se que a avaliação seria feita através de nove atributos. Estes avaliam:

- Interpolação dos eixos (folga do eixo X, Z e X e Z);
- Circularidade;
- Cilindricidade (alinhamento da guia do Z);
- Referência ao eixo X (conicidade);
- Concentricidade (centro dos cilindros);
- Posicionamento (alinhamento dos furos em X e Z);
- *Encoder* do eixo c.

Para o torneamento fino é adicionado um parâmetro aos descritos anteriormente para o torneamento CNC, que diz respeito à referência ao eixo Z.

De forma similar, para o setor da fresagem foram definidas oito características respeitantes ao bom funcionamento deste tipo de equipamento, são elas:

- Circularidade e marcas de quadrante;
- Batimento de *spindle*;
- Conicidade;
- Folga no eixo Z;
- Folga eixo B;
- Folga em interpolação de eixos X/Y;
- Rugosidade eixo Y;
- Folga eixo Y;
- Folga eixo X;
- Rugosidade eixo X;
- Rugosidade de topo.

Depois de decidido o que avaliar em cada tipologia de equipamento, o responsável pelo processo de cada uma das áreas realizou a peça padrão correspondente, apresentadas no anexo 8.

5.5.2 Procedimentos a realizar

Relativamente ao procedimento a realizar, está dividido em duas fases, um teste com uma peça padrão e um diagnóstico ao equipamento. Na Figura 24 encontra-se representada a sequência de passos a percorrer para todo este processo, sendo que o processo com cor azul corresponde à área da fresagem e a cor de laranja às áreas de torneamento.

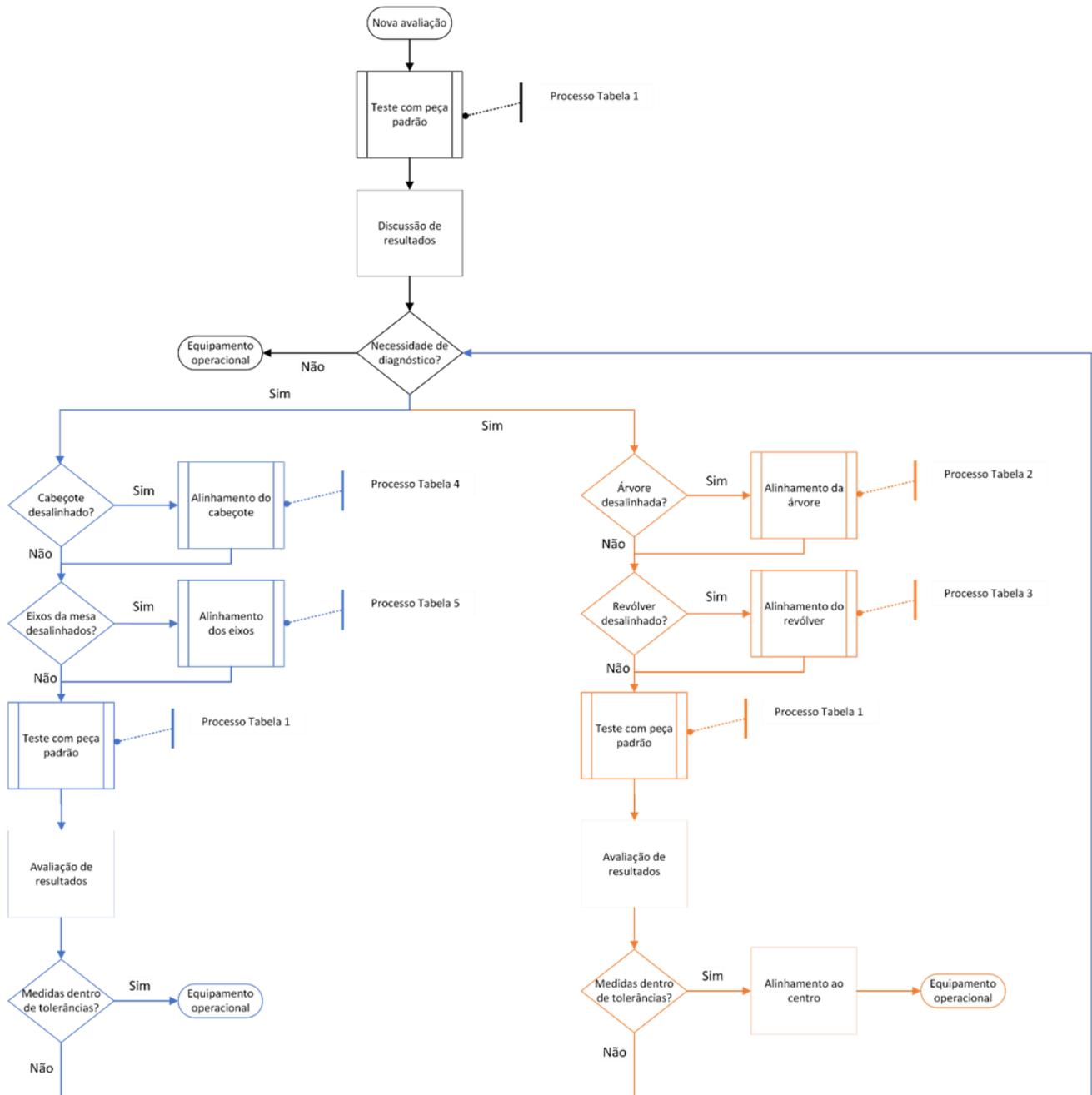


Figura 24- Fluxograma do processo de avaliação aos equipamentos.

A primeira fase em ambos os casos centra-se na maquinação de uma peça previamente definida no secção anterior, onde são avaliadas algumas características que garantem o bom funcionamento do

equipamento. O procedimento a realizar bem como o responsável por cada etapa e os documentos necessários para a sua concretização estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10- Etapas para a testagem com a peça padrão.

| Etapa | Descrição | Responsável | Documentos associados |
|--------------|--|-------------------------------------|--|
| 1 | Recolha dos documentos necessários e preparação do equipamento para a maquinação | Preparador | AU; Plano de ferramentas |
| 2 | Maquinação da primeira peça padrão no equipamento | Operador | - |
| 3 | Envio da peça e respetivo AU à área de metrologia | Chefe do grupo | AU |
| 4 | Medição dos atributos mais específicos da peça | Técnico qualidade | AU |
| 5 | Análise e discussão do relatório de dimensões da peça | Operador especializado/ Afinador | AU; <i>Report</i> |
| 6 | Avaliação dos atributos de avaliação da peça no <i>checklist</i> facultado | Chefe do grupo/ Eng. processo | AU; <i>Checklist</i> , <i>Report</i> |

Após maquinação e no caso de existência de parâmetros fora de tolerâncias, segue-se a segunda parte da avaliação que diz respeito a um diagnóstico ao equipamento que, como visto no fluxograma, para os setores de torneamento consiste em dois processos fundamentais, o alinhamento da árvore (Tabela 11) e o alinhamento do revólver (Tabela 12) e para o caso da fresagem, são realizados alinhamentos ao cabeçote e ao eixo da mesa.

Para as áreas de torneamento foram realizadas tabelas resumo, onde é descrito o procedimento a realizar nas atividades de manutenção preventiva, com instruções fotográficas passo a passo e em formato de texto para todas as tarefas incluídas no plano. Além disso, para o caso de serem necessárias ferramentas, as mesmas são referidas. As instruções visuais foram realizadas com o intuito de esclarecer qualquer dúvida que possa surgir relativamente a determinada tarefa, reduzindo assim a variabilidade da execução destas. De notar que para a área da fresagem apenas foram esboçados os processos a

realizar devido ao facto de só terem sido realizados testes no torneamento CNC, extrapolando apenas para o torneamento fino (processo relativamente semelhante).

Tabela 11- Etapas para o alinhamento da árvore do equipamento.

| Etapa | Descrição | Ferramentas utilizadas | Procedimento |
|-------|--|----------------------------|--|
| 1 | Torneamento de material para medição da conicidade. Nesta fase a ferramenta é colocada à superfície do material de forma a medir o material ao longo da seta representada a cor de laranja | Micrómetro |  |
| 2 | Desapertar parafusos (representados a laranja) e tampa da árvore (superfície branca) de forma que os mesmos sejam regulados à medida que é percorrido o material inserido na etapa 1 | Comparador Chaves Allen |  |
| 3 | Repetir etapa 1 e 2 até que as medidas estejam dentro de tolerâncias | - | - |
| 4 | Aperto dos parafusos em forma cruzada com os Newtons pretendidos | Chave dinamométrica | - |

Tabela 12- Etapas para o alinhamento do revólver do equipamento.

| Etapa | Descrição | Ferramentas utilizadas | Procedimento |
|-------|---|----------------------------|--|
| 1 | Desapertar parafusos da estrutura do revólver para, com a ajuda de um padrão, ser possível regulá-los enquanto se percorre o eixo Z (seta cor de laranja) nos 4 quadrantes do revólver | Padrão Chaves Allen |  |
| 2 | Apertar parafusos do revólver em forma cruzada com os Newtons pretendidos | Chave dinamométrica | - |
| 3 | Desapertar parafusos do prato do revólver (representados na zona a cor de laranja) para com a ajuda de um comparador (que percorre ao longo do eixo X (seta a cor de laranja)) se consiga regular o prato | Comparador Chaves Allen |  |
| 4 | Aperto dos parafusos do prato do revólver em forma cruzada com os Newtons pretendidos | Chave dinamométrica | - |

Após realizados os processos de alinhamento é feito um novo teste com a peça padrão para se perceber se o problema ficou realmente resolvido. Se o mesmo se confirmar, no caso dos torneamentos, segue-se ainda, com a ajuda de um comparador, o alinhamento da árvore com a torreta, dando-se assim o equipamento como operacional.

De forma a colmatar a falta de informação acerca do estado dos equipamentos, criou-se um *checklist* para facilitar a recolha e arquivo de informação de cada avaliação. Este documento possibilita a rápida identificação das anomalias existentes na peça, para que seja fácil o seu levantamento durante a inspeção.

O principal objetivo é assinalar de forma ordenada, de acordo com categorias específicas já pré-definidas, todas as inconformidades destacadas no *report* vindo da área de metrologia. De realçar que este *report* assinala se as medidas dos parâmetros definidos no AU estão ou não dentro de tolerâncias. Desta forma, é realizado um *brainstorming* com todos os envolvidos, de maneira a debater e encontrar possíveis soluções para os problemas levantados.

Seguidamente, é posto em prática o diagnóstico mais apropriado aos problemas encontrados conjugando o trabalho entre os diferentes departamentos. Após encontrada a solução e ser dado o equipamento como operacional, os *checklist* realizados devem ser arquivados, em formato digital, na pasta partilhada, de modo que mais tarde, possam ser compreendidas as modificações realizadas.

Relativamente ao seu preenchimento, este encontra-se dividido em duas fases distintas, uma para o teste com a peça padrão e outra para o diagnóstico ao equipamento. Assim, este difere de área para área devido ao facto de as características avaliadas serem diferentes, mas de forma geral, consiste em assinalar cada característica como OK, NOK ou estado de alerta e, no caso do diagnóstico são assinalados os procedimentos realizados. Além disso, podem ser destacadas observações a cada uma das características ou procedimentos. No anexo 9 encontra-se um exemplar para cada um dos setores.

5.6 Definição de periodicidades e responsáveis

Em termos mais cronológicos, em conjunto com os departamentos já mencionados, percebeu-se que estas avaliações têm de ser feitas aquando três acontecimentos: colisões que provoquem a paragem da máquina, quando surgir uma nova inspeção através do planeamento de criticidade dos equipamentos ou antes de se realizar um projeto SMED.

No caso do planeamento de criticidade dos equipamentos, definiu-se numa primeira fase, uma avaliação semestral para o caso de as máquinas terem uma criticidade alta e uma avaliação anual para as máquinas com criticidade média. Relativamente aos equipamentos pouco críticos, estes apenas serão avaliados quando surgir um dos outros casos. Assim, foi possível definir um planeamento de todas as manutenções a realizar no próximo ano fiscal, que se pode observar no *dashboard* realizado.

Ainda relativamente a esta programação, é da responsabilidade do engenheiro de processos e do de planeamento a constante atualização das novas datas de avaliação, o que inclui a atualização dos valores de criticidade vindos dos dados do OEE.

Após começo das avaliações, fica à responsabilidade do engenheiro de processos da área, a criação de cada *checklist* necessária sendo o seu preenchimento feito ou pelo engenheiro ou pelo chefe de grupo. No entanto, a aprovação tem de ser de ambos. No que diz respeito à segunda parte, esta está a cargo do técnico de manutenção responsável pelo diagnóstico realizado. Após isso, deve ser feita uma validação de todo o *checklist* pelo engenheiro responsável. Como já referido, cada *checklist* tem ainda associado um *report* que é da responsabilidade da área de metrologia.

5.7 Plano de manutenção

A redução de variabilidade na execução das tarefas de manutenção foi o impulso inicial para a criação de um documento formal para o procedimento de manutenção preventiva de todos os 42 equipamentos sob alçada do projeto levado a cabo. Este documento (anexo 10), disponível em formato digital na pasta partilhada, visa fornecer todas as informações consideradas necessárias à realização de um adequado diagnóstico a qualquer tipo de equipamentos CNC presentes no setor da maquinaria.

Assim, neste documento é possível ver todos os procedimentos essenciais para a realização das atividades de manutenção preventiva bem como as diretrizes dos documentos associados, ou seja, as responsabilidades de criação e preenchimento, o processo de aprovação e de arquivo, entre outras informações indispensáveis a todo o processo.

5.8 Monitorização

Com o objetivo de simplificar a consulta e registo dos dados relativos ao estado dos equipamentos CNC e geri-los de forma mais acessível, foi desenvolvida uma aplicação com recurso ao *Microsoft Excel* utilizando o *Visual Basic for Applications* (VBA). Este foi escolhido devido ao facto de poder ser posteriormente adaptado ao ficheiro de manutenções já existente, também realizado em formato *Excel*.

Assim que a aplicação é aberta, o utilizador é levado ao menu principal ilustrado na Figura 25, onde são apresentados atalhos, criados através da função hiperligação, para quatro módulos principais, o parque dos equipamentos, o registo de avaliações, o registo de anomalias e o *dashboard*. Em cada um destes módulos é apresentado um atalho (figurado por uma casa) para o menu principal de forma que o utilizador possa rapidamente alternar entre módulos.



Figura 25- Menu principal da aplicação.

O primeiro módulo diz respeito à base de dados referida no capítulo 5.2., onde se encontram todos equipamentos presentes na secção e as suas principais características. No segundo módulo, podem ser observadas todas as avaliações já realizadas (Figura 26) e através do botão “registar avaliação” o utilizador é levado para um novo menu onde podem ser registadas novas avaliações. Neste menu (Figura 27), o utilizador seleciona a secção avaliada, sendo conduzido posteriormente ao respetivo registo de avaliação (que conforme explicado no capítulo 5.5. difere consoante a secção). Na Figura 28 encontra-se um exemplo de um registo de avaliação.

Neste registo são referidas algumas informações gerais como o centro de trabalho avaliado, o *report* associado e a data de avaliação. Após isso, deve-se assinalar cada característica conforme o *checklist* previamente preenchido e, se for o caso, assinalar as manutenções realizadas ao equipamento. Após registado este é automaticamente colocado no módulo inicial (Figura 26).

| Centro de Trabalho | Report | Data de avaliação | Contra folga eixo Y | Contra folga eixo Z | Contra folga eixo X e Z | Circularidade | Cilindricidade | Conicidade | Concentricidade | Referência em Z | Circularidade p8 | Alinhamento furos |
|--------------------|-------------|-------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------|------------------|----------------------|-----------------|------------------------|-----------------------------|
| 174T0A02 | LCP220056 | 04/05/2022 | Contra folga eixo X - OK | Contra folga eixo Z - ALERTA | Contra folga eixo X e Z - ALERTA | Circularidade - OK | Cilindricidade - NOK | Conicidade - NOK | Concentricidade - OK | | Circularidade p8 - NOK | Alinhamento dos furos - NOK |
| 174T0A02 | LCP220037 | 04/05/2022 | Contra folga eixo X - OK | Contra folga eixo Z - ALERTA | Contra folga eixo X e Z - ALERTA | Circularidade - OK | Cilindricidade - ALERTA | Conicidade - NOK | Concentricidade - OK | | Circularidade p8 - OK | Alinhamento dos furos - NOK |
| 174T0A02 | LCP220038_1 | 04/05/2022 | Contra folga eixo X - OK | Contra folga eixo Z - ALERTA | Contra folga eixo X e Z - ALERTA | Circularidade - OK | Cilindricidade - NOK | Conicidade - NOK | Concentricidade - OK | | Circularidade p8 - OK | Alinhamento dos furos - NOK |
| 174T0A02 | LCP220038_1 | 30/05/2022 | Contra folga eixo X - OK | Contra folga eixo Z - ALERTA | Contra folga eixo X e Z - ALERTA | Circularidade - OK | Cilindricidade - OK | Conicidade - NOK | Concentricidade - OK | | Circularidade p8 - OK | Alinhamento dos furos - NOK |
| 174T0A02 | LCP220058 | 07/06/2022 | Contra folga eixo X - OK | Contra folga eixo Z - ALERTA | Contra folga eixo X e Z - ALERTA | Circularidade - OK | Cilindricidade - OK | Conicidade - NOK | Concentricidade - OK | | Circularidade p8 - OK | Alinhamento dos furos - NOK |
| 174T0A02 | LCP220059 | 07/06/2022 | Contra folga eixo X - OK | Contra folga eixo Z - ALERTA | Contra folga eixo X e Z - ALERTA | Circularidade - OK | Cilindricidade - OK | Conicidade - NOK | Concentricidade - OK | | Circularidade p8 - OK | Alinhamento dos furos - NOK |

Figura 26- Módulo para registo das avaliações.



Figura 27- Menu do registo de avaliação.

Registo de avaliação

CT: Report: LCP Data de avaliação:

Peça padrão

- Contra folga eixo X OK ALERTA NOK

- Contra folga eixo Z OK ALERTA NOK

- Contra folga eixo X e Z OK ALERTA NOK

- Circularidade OK ALERTA NOK

- Cilindricidade OK ALERTA NOK

- Conicidade OK ALERTA NOK

- Concentricidade OK ALERTA NOK

- Circularidade p8 OK ALERTA NOK

- Alinhamento dos furos OK ALERTA NOK

- Encoder eixo c OK ALERTA NOK

Diagnóstico

Alinhamento do spindle

Alinhamento do revólver

Alinhamento ao centro

Registrar

Figura 28- Registo de avaliação no torneamento CNC.

De forma similar, foi desenvolvido um terceiro módulo para análise e registo de anomalias, sendo as informações registadas as referidas no capítulo 5.3. Assim, na Figura 30 podem-se observar os campos a preencher, estando o primeiro associado ao número da anomalia (ID) preenchido de forma automática. De seguida devem ser preenchidos alguns parâmetros relativos ao responsável pela deteção, à data, ao tipo de anomalia, ao centro de custos do equipamento, ao centro de trabalho, à prioridade de intervenção, algumas observações e à descrição da anomalia observada. Da mesma forma, depois de registado este é automaticamente colocado no módulo inicial (Figura 29).

Este registo foi desenvolvido com o intuito de mais tarde ser possível interligar as anomalias detetadas ao registo de manutenções realizadas, ou seja, quando for detetado algum tipo de anomalia esta é registada conforme explicado acima para posteriormente ser criado um alerta no ficheiro de

manutenções por forma a ser dada a anomalia como resolvida e assim ser associado o problema à respetiva solução.

| ID | Detetado por | Data | Tipo anomalia | Centro de Custo | Centro de Trabalho | Prioridade | Observações | Descrição Anomalia | Estado |
|----|--------------|------|---------------|-----------------|--------------------|------------|--------------------------|---|------------|
| 1 | | | Mecânica | 63166 | 166GRA01 | Urgente | | Gravações deformadas. | Em aberto |
| 2 | | | Mecânica | 63166 | 166GRA01 | Urgente | | Gravações deformadas. | Em aberto |
| 3 | | | Mecânica | 63166 | 166GRA01 | Urgente | | Profundidade da gravação por vezes varia. | Em aberto |
| 4 | | | | 63166 | 166GRA03 | Baixa | Obsoleto | Avaria nos eixos, não faz referencia. | Em análise |
| 5 | | | | 63166 | 166GRA03 | Baixa | Obsoleto | Gravações deformadas. | Em análise |
| 6 | | | | 63166 | 166GRA03 | Baixa | Obsoleto | Instabilidade na profundidade da gravação. | Em análise |
| 7 | | | Mecânica | 63166 | 166GRA04 | Urgente | | Gravações deformadas quando utiliza os eixos rotativos. | Em aberto |
| 8 | | | | 63166 | 166GRA04 | Alta | | Problemas no arranque do sistema operativo. | Em aberto |
| 9 | | | Elétrica | 63166 | 166LAD01 | Alta | | Aspiração insuficiente. | Em aberto |
| 10 | | | Elétrica | 63166 | 166LAD01 | Alta | | Ligações elétricas continuam provisórias. | Em aberto |
| 11 | | | Mecânica | 63166 | 166LAD01 | Alta | | Eixo X por vezes falha ao fazer referencia. | Em aberto |
| 12 | | | Elétrica | 63174 | 174TOA01 | Baixa | Oportunidade de melhoria | Resistência para aquecimento de óleo de corte | Em aberto |
| 13 | | | Mecânica | 63174 | 174TOA02 | Urgente | | Revolver avariado | Em aberto |
| 14 | | | Elétrica | 63174 | 174TOA02 | Baixa | Oportunidade de melhoria | Resistência para aquecimento de óleo de corte | Em aberto |
| 15 | | | Mecânica | 63174 | 174TOA03 | Urgente | | Fugas de emissão no ângulo | Em aberto |
| 16 | | | Mecânica | 63174 | 174TOA04 | Urgente | | Desequilíbrio no revolver | Em aberto |
| 17 | | | Mecânica | 63174 | 174TOA05 | Baixa | Oportunidade de melhoria | Aparador de peças. | Em aberto |
| 18 | | | Elétrica | 63174 | 174TOA05 | Baixa | Oportunidade de melhoria | Resistência para aquecimento de óleo de corte | Em aberto |
| 19 | | | | 63174 | 174TOA07 | Baixa | Obsoleto | Fugas de óleo no hidráulico | |
| 20 | | | | 63174 | 174TOA07 | Baixa | Obsoleto | Fugas de óleo no circuito, incluindo o revolver | |
| 21 | | | | 63174 | 174TOA07 | Baixa | Obsoleto | Cabos e mangueiras ressequidos | |
| 22 | | | | 63174 | 174TOA07 | Baixa | Obsoleto | Posca podérica do extrator | |
| 23 | | | | 63174 | 174TOA07 | Baixa | Obsoleto | Posição 5 no revolver com erro | |
| 24 | | | | 63174 | 174TOA07 | Baixa | Obsoleto | Fugas de blindagem, que obriga a limpeza constante no exterior do equipamento | |
| 25 | | | Mecânica | 63174 | 174TOA08 | Urgente | | ABUSAR COM FOLGAS - Mau acabamento | Em aberto |
| 26 | | | Mecânica | 63174 | 174TOA08 | Urgente | | Alimentador automático - Troca de barra manual (Demora muito a recuar) | Em aberto |
| 27 | | | Mecânica | 63174 | 174TOA08 | Urgente | | Revolver 1 em Z (correções de 3mm) | Em aberto |
| 28 | | | Mecânica | 63174 | 174TOA08 | Urgente | | Aparador de peças. | Em aberto |
| 29 | | | Mecânica | 63174 | 174TOA08 | Urgente | | Revolver 2 descai em X. | Em aberto |
| 30 | | | Mecânica | 63174 | 174TOA08 | Urgente | | Porta automática para abrir | Em aberto |
| 31 | | | Mecânica | 63174 | 174TOA08 | Urgente | | Revolver 1 necessita de equilíbrio de ferramentas | Em aberto |
| 32 | | | | 63174 | 174TOA09 | Normal | | Baixa rotação de ferramentas | Concluído |
| 33 | | | Mecânica | 63174 | 174TOA09 | Normal | | Blindagem da porta | Em aberto |

Figura 29- Módulo para registo de anomalias.

Figura 30- Registo de anomalia.

Com o intuito de facilitar o acompanhamento das atividades, controlar em tempo real, verificar o progresso dos objetivos definidos e auxiliar na tomada de decisão foi criado um último módulo mais intuitivo, o *dashboard*.

Inicialmente, começou-se por definir com a empresa os indicadores a acompanhar para criar a base de dados que irá alimentar todo o módulo. Assim, com recurso ao ficheiro de manutenção, aos registos do OEE e ao planeamento segundo a criticidade, foi possível criar tabelas dinâmicas e resumos de tabelas originais nesta base de dados por forma a criar gráficos dinâmicos e tabelas intuitivas para colocar no *dashboard*.

Assim, após o utilizador selecionar o botão do *dashboard*, é levado para a página principal referente ao estado dos equipamentos (Figura 31). Nesta consegue-se ter uma visão geral das informações mais relevantes ao estado dos equipamentos CNC utilizados, ou seja, ao número de anomalias registadas (representadas com cor amarela, verde ou vermelha na planta da secção) e à criticidade dos

equipamentos da secção geral e de cada uma das áreas (representadas no canto inferior direito). Além disso, criou-se a zona mais à esquerda onde é possível selecionar um equipamento para verificar a sua criticidade, as suas principais anomalias e através da escolha da data de avaliação pretendida, ainda se obteriam os resultados da última avaliação e a data da próxima. De realçar que esta secção ao momento ainda não funciona corretamente, mas a ideia já está estruturada e a ser trabalhada.

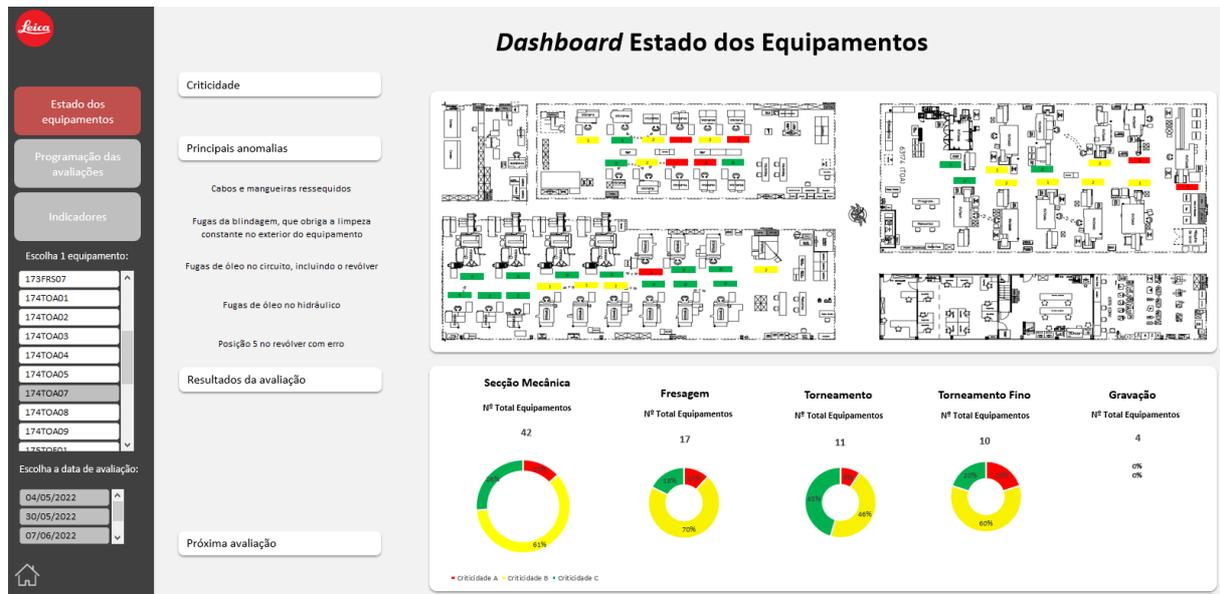


Figura 31- Módulo do estado dos equipamentos da secção.

Através de uma hiperligação, criou-se uma página para a programação das avaliações (Figura 32) de maneira a planear e analisar todas as avaliações realizadas ou por realizar e além disso, é utilizada para o cálculo de alguns parâmetros do restante *dashboard*.

| Cem. / Área | Identif. do Equipamento | Programação | Serviço / Tipo | Estado | Criticidade | Período | Última programação | Semana | Ano | Contar_ano | Próxima avaliação | Semana |
|-------------|-------------------------|-------------|----------------|--------------------------------|-------------|------------------------|--------------------|--------|------|------------|-------------------|--------|
| 63166 | 166GA01 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | | | | | | | N/A | |
| 63166 | 166GA04 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | | | | | | | N/A | |
| 63166 | 166A01 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | | | | | | | N/A | |
| 63166 | 166A02 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | | | | | | | N/A | |
| 63173 | 173FR501 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | A | semestral | | | | | 02/11/2022 | 44 |
| 63173 | 173FR503 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 08/05/2023 | 19 |
| 63173 | 173FR503 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | C | apenas quando colisões | | | | | N/A | |
| 63173 | 173FR504 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | C | apenas quando colisões | | | | | N/A | |
| 63173 | 173FR505 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 23/05/2023 | 21 |
| 63173 | 173FR506 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | A | semestral | | | | | 15/11/2022 | 46 |
| 63173 | 173FR507 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | C | apenas quando colisões | | | | | N/A | |
| 63173 | 173FR508 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 06/06/2023 | 23 |
| 63173 | 173FR509 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 20/06/2023 | 25 |
| 63173 | 173FR510 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 04/07/2023 | 27 |
| 63173 | 173FR511 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 18/07/2023 | 29 |
| 63173 | 173FR512 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | A | semestral | | | | | 29/11/2022 | 48 |
| 63173 | 173FR513 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 29/08/2022 | 35 |
| 63173 | 173FR514 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 12/09/2023 | 37 |
| 63173 | 173FR515 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 26/10/2023 | 39 |
| 63173 | 173FR516 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 10/10/2023 | 41 |
| 63173 | 173FR517 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 24/10/2023 | 43 |
| 63174 | 174TOA01 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | A | semestral | | | | | 06/09/2022 | 36 |
| 63174 | 174TOA02 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | C | apenas quando colisões | 04/05/2022 | 18 | 2022 | 146 | 04/05/2024 | 18 |
| 63174 | 174TOA03 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | C | apenas quando colisões | | | | | N/A | |
| 63174 | 174TOA04 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 13/12/2022 | 50 |
| 63174 | 174TOA05 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | C | apenas quando colisões | | | | | N/A | |
| 63174 | 174TOA06 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 27/12/2022 | 52 |
| 63174 | 174TOA07 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | C | apenas quando colisões | | | | | N/A | |
| 63174 | 174TOA08 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | A | semestral | | | | | 20/09/2022 | 38 |
| 63174 | 174TOA09 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 05/01/2023 | 1 |
| 63174 | 174TOA10 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | C | apenas quando colisões | | | | | N/A | |
| 63174 | 174TOA11 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 24/01/2023 | 4 |
| 63175 | 175TOP01 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 07/02/2023 | 6 |
| 63175 | 175TOP02 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | C | apenas quando colisões | | | | | N/A | |
| 63175 | 175TOP03 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | C | apenas quando colisões | | | | | N/A | |
| 63175 | 175TOP04 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 28/02/2023 | 9 |
| 63175 | 175TOP05 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 14/03/2023 | 11 |
| 63175 | 175TOP06 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 28/03/2023 | 13 |
| 63175 | 175TOP08 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | B | anual | | | | | 21/04/2023 | 15 |
| 63175 | 175TOP09 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | A | semestral | | | | | 04/10/2022 | 40 |
| 63175 | 175TOP10 | Mecânica | AV | Avaliação do estado da máquina | C | apenas quando colisões | | | | | N/A | |

Figura 32- Módulo para programação das avaliações.

Por último, no terceiro botão do módulo do *dashboard* (Figura 33) podem ser consultados alguns indicadores gerais divididos pelos registos de anomalias (retângulo superior) e pelas avaliações (retângulo inferior). Relativamente ao primeiro, pode ser observada a quantidade de anomalias concluídas e pendentes, o equipamento com mais e menos anomalias, o tipo de anomalias mais frequentes e os diferentes tipos de prioridades de atuação.

Para as avaliações, é apresentada a taxa de cumprimento das avaliações vinda das percentagens de avaliações concluídas, pendentes e finalizadas, e consoante o ano escolhido, é dita a quantidade de avaliações programadas para cada mês.

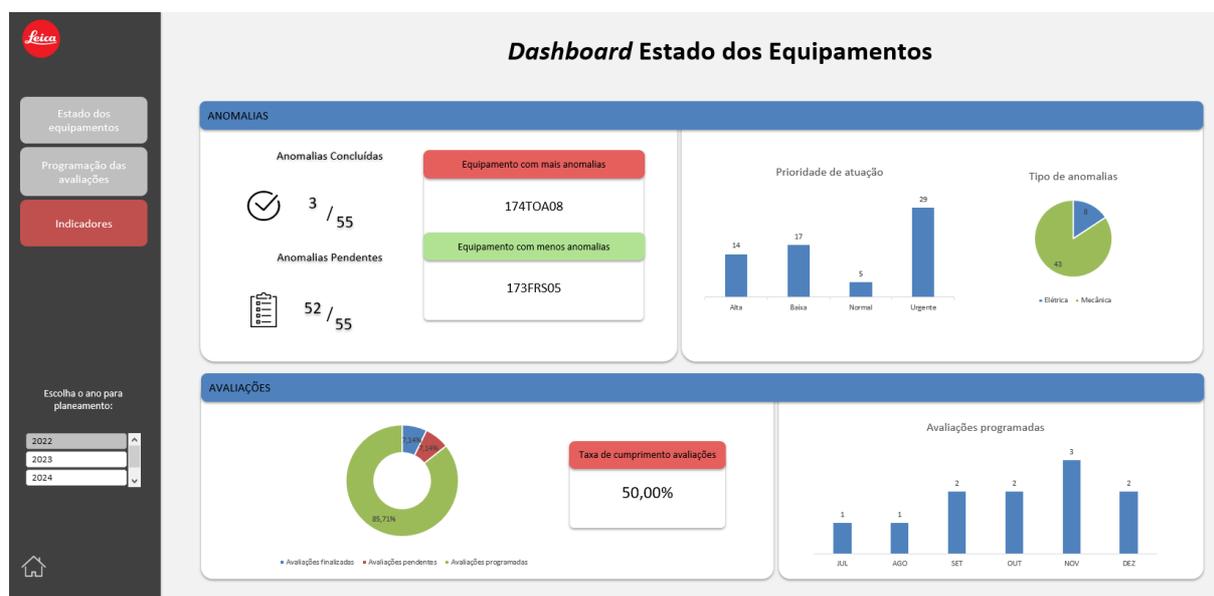


Figura 33- Módulo para análise dos indicadores criados.

5.9 Ensaios realizados

De forma a validar o plano de manutenção desenvolvido, foi necessário testar-se a viabilidade do mesmo através de ensaios experimentais, que permitissem verificar a sua aplicabilidade prática. A secção escolhida foi o torneamento CNC devido ao facto de um equipamento (174TOA02 (Figura 34)) ter sofrido uma colisão aquando definição da peça padrão.



Figura 34- Equipamento 174TOA02.

Assim, após planeamento da avaliação ao equipamento, seguiram-se os testes experimentais à máquina selecionada. Para isso foram tomadas algumas considerações gerais para todos os testes:

- Ferramentas de corte em bom estado de uso;
- Ferramentas de acabamento novas;
- Medição das ferramentas feita na máquina *Zoller*.

Ao longo de cada teste foram criados planos para as ferramentas e programas para a maquinação realizados em *MasterCam*, que se encontram no anexo 12. Para a realização do primeiro teste experimental foi maquinada a peça padrão inicialmente desenhada tendo, para isso, sido definidos critérios relativos à velocidade de acabamento (3000 rpm) e aos furos ($\varnothing 4$ com interpolação).

Após maquinada, a peça (anexo 12) foi enviada para a área de metrologia para medição das características inicialmente definidas, tendo-se obtido algumas inconformidades (anexo 12):

- Marcas no acabamento em Z e em X e Z;
- Circularidade do furo de $\varnothing 8$ fora de tolerância;
- Cilindricidade do $\varnothing 50$ fora de tolerância;
- Conicidade do $\varnothing 50$;
- Alinhamento na medição 3D não considerava o alinhamento entre os dois furos de $\varnothing 4$.

Com estes resultados, decidiu-se modificar alguns critérios, como a diminuição da velocidade de acabamento para uma utilizada diariamente (2000 rpm) e redução do diâmetro dos furos para 3 mm

passando a ser realizado de forma direta. Com isto, apenas se conseguiu melhorar a circularidade do furo de diâmetro de 8 (anexo 12). Ainda assim, alterou-se um parâmetro de uma das ferramentas utilizadas (aumento da sua sobreespessura em Z), mas obtiveram-se os mesmos resultados (anexo 12). Portanto, após discussão com os responsáveis seguiram-se algumas propostas de diagnóstico ao equipamento, nomeadamente ao alinhamento da árvore e da torreta. Assim, depois de articular uma data de avaliação realizou-se o alinhamento à árvore do equipamento, através do processo já referido, tendo-se conseguido o alinhamento da mesma. De seguida, decidiu-se realizar um teste que era tipicamente feito para validar o estado da torreta, que consistia em maquinar um rasgo numa peça de forma a validar a sua simetria (anexo 12). Depois de maquinada e medida, percebeu-se que a mesma se encontrava dentro de tolerâncias, levando a crer que os resultados estavam incoerentes. Assim, decidiu-se realizar uma nova peça padrão e após análise dos resultados (anexo 12) percebeu-se que a conicidade realmente ficou resolvida, mas o alinhamento dos furos continuava desalinhado, o que ia de encontro ao resultado da peça teste.

Assim, realizaram-se alguns testes de maneira a perceber qual o conceito correto, o esboçado na peça padrão ou o teste que era normalmente feito. Desta forma, maquinaram-se peças apenas com furos (anexo 12), com o rasgo (anexo 12) e com o rasgo e os furos na mesma peça (anexo 12). Após analisar todos os resultados (anexo 12), percebeu-se que os das peças teste pareciam mais viáveis devendo esse conceito estar associado aos avaliados na peça padrão. Além disso, com o último conceito testado (rasgo mais os furos) conseguiu-se ter em conta a rotatividade da ferramenta alcançando um bom alinhamento dos furos, sendo este o escolhido para incluir na peça padrão.

No entanto, notou-se que a dimensão de um furo ao outro não estava a determinada, o que não deveria acontecer pois é uma medida absoluta. Para resolver esta questão estipulou-se como próximo passo, a validação do eixo X da máquina para posteriormente acrescentar o rasgo à peça padrão, podendo-se após isso, dar como concluída a peça padrão do torneamento CNC, extrapolando para os outros equipamentos planeados acima. Ademais, como já foi referido, esta testagem possibilita também o começo dos ensaios no torneamento fino devido à semelhança de processos realizados.

6 CONCLUSÕES

No presente capítulo expõem-se as considerações finais sobre o trabalho desenvolvido, com especial ênfase na avaliação do cumprimento dos objetivos propostos. De seguida, apresentam-se algumas propostas a desenvolver no futuro com vista à melhoria contínua da secção da mecânica.

6.1 Considerações gerais

A manutenção assume, cada vez mais, um papel fundamental para atingir a excelência operacional de uma organização, tendo em vista o bom desempenho dos equipamentos e os custos da sua exploração. Neste âmbito, o presente trabalho abordou o sistema de manutenção da empresa Leica, com o intuito de procurar pontos de melhoria que possibilitem no futuro aferir acerca do estado dos equipamentos utilizados.

Primeiramente, foi analisada a ferramenta do OEE que permitiu avaliar cada secção de trabalho em função da disponibilidade, velocidade e qualidade. De seguida, avaliaram-se as variáveis que influenciavam estes parâmetros, chegando à conclusão de que as mudanças de trabalho das máquinas eram o fator mais prejudicial. Posteriormente, analisou-se este processo, detetando-se que o tempo gasto na afinação e ajustes eram as tarefas que despendiam mais tempo, tendo se percebido que estes se deviam ao estado dos equipamentos utilizados.

Neste sentido, recorreu-se ao registo de manutenções realizadas por forma a estudar as avarias mais recorrentes e as causas destas avarias. Contudo, a informação contida na ferramenta era escassa no sentido em que apenas era referido o serviço prestado e não a anomalia detetada. Além disso, percebeu-se que as manutenções eram raramente registadas por parte dos técnicos.

Com os dados disponíveis, foi desenvolvido um planeamento através do índice de criticidade que pelo estudo de indicadores como o MTBF, MTTR, entre outros, tornou possível a definição de um plano de manutenção preventiva, priorizando os equipamentos de produção mais problemáticos face aos restantes. Este plano de manutenção incluiu um estudo aos parâmetros a avaliar numa dada periodicidade, em cada tipologia de equipamento, e um posterior diagnóstico à máquina a nível mais mecânico por forma a que os equipamentos sejam constantemente avaliados possibilitando aferir acerca do estado dos mesmos. Para estes processos foram realizados procedimentos devidamente detalhados e ilustrados para facilitar a sua realização.

Após tudo delineado, procedeu-se a uma primeira testagem a um equipamento da secção do torneamento CNC. Com este ensaio obtiveram-se algumas inconformidades, mas após redefinição de alguns parâmetros e processos atingiu-se praticamente o objetivo final (parâmetros da peça padrão dentro de tolerâncias) podendo validar-se o estado do equipamento. Além disso, passa a ser possível dar-se seguimento aos restantes equipamentos e secções.

Numa fase mais final do projeto, desenvolveu-se uma aplicação no *Microsoft Excel* com o objetivo de ser analisado o estado dos equipamentos em tempo real. Para isso, criou-se um *dashboard* onde é possível verificar as principais anomalias dos equipamentos, a sua criticidade atual, os resultados das suas avaliações e a data da próxima avaliação. Para isso, foi desenvolvido um módulo para o registo das avaliações e para colmatar a dificuldade em associar a avaria à reparação efetuada, foi criado um módulo para registo de anomalias onde a ideia será a, de mais tarde, conectar a anomalia ao registo efetuado no ficheiro das manutenções. Por fim, foram estabelecidos alguns indicadores para acompanhamento destes registos e previsão das próximas avaliações.

No decorrer deste trabalho foram sentidas algumas dificuldades, principalmente na falta de registos de intervenções realizadas que dificultou o planeamento das manutenções preventivas. Já no decorrer do projeto, devido às inconformidades encontradas foi complicado agilizar os ensaios ao equipamento 174TOA02, tendo ficado a avaliação ainda por finalizar. Relativamente ao *dashboard*, como foi realizado num período final do estágio, não foi totalmente desenvolvido, mas o seu propósito ficou totalmente delineado. Ainda assim, o balanço do projeto foi sem dúvida positivo dada a experiência adquirida e a oportunidade de colaborar e acompanhar diretamente todas as atividades de manutenção, tendo contribuído para um desenvolvimento pessoal e profissional do autor e ao nível da contribuição do estado da arte.

6.2 Proposta de trabalhos futuros

Embora o processo de implementação da nova metodologia se encontre numa fase muito prematura, importa referir a necessidade de manter todos os intervenientes no processo alinhados com os objetivos do mesmo, designadamente, a interação entre os departamentos de manutenção e produção. Neste sentido destacam-se algumas ações onde podem ocorrer algumas melhorias:

- Sugere-se a continuidade dos testes com rumo à sua implementação efetiva na secção e posterior implementação nas restantes.

- Realização de novos AU's para os equipamentos que não consigam maquinar peças com o diâmetro estabelecido.
- Finalização da programação do módulo do estado dos equipamentos para finalizar o *dashboard* realizado.
- Interligar o *dashboard* à ferramenta de manutenção, por forma a que seja emitido um alerta a cada anomalia detetada.
- Criação de um alerta a cada nova manutenção preventiva planeada por forma a que as mesmas sejam registadas.
- Melhor acompanhamento dos indicadores de manutenção utilizados.
- Manter e atualizar sempre que necessário as instruções de trabalho realizadas e o planeamento segundo os índices de criticidade. Além disso, este índice pode ser melhorado, passando a incluir na sua determinação uma medida financeira.
- Criação de procedimentos de manutenção autónoma para as áreas de torneamento.
- Normalização dos procedimentos operacionais e formação dos trabalhadores por forma a estabilizar os processos, especialmente nas mudanças de trabalho. Com isto, os operadores tornam-se mais especializados, passando a ser capazes de realizar as mudanças de trabalho no equipamento a que estivessem alocados, evitando que o mesmo permanecesse parado à espera de um afinador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albert, M. (2006). *An overview of 3+2 machining*. Modern Machine Shop. <https://www.mmsonline.com/articles/an-overview-of-3-2-machining>
- Albuquerque De Oliveira, M. (2017). *Sistema de gestão da manutenção baseada no grau de maturidade da organização no âmbito da manutenção* [Tese de Doutoramento]. Universidade do Minho.
- Alinhamento geométrico e nivelamento de máquinas e equipamentos*. (n.d.). Retrieved June 20, 2022, from <https://essel.com.br/cursos/material/01/Manutencao/28manu2.pdf>
- Araújo, J. E. G. (2012). *Sistematização da Preparação e Organização do Trabalho de Máquinas CNC na FELINO, S.A* [Dissertação de Mestrado]. Universidade do Porto.
- Baran, L. R., Trojan, F., Luiz Kovalski, J., & Stefano Piechinicki, A. (2013). Métodos e Ferramentas aplicados na Análise de Criticidade em Sistemas Industriais. *Revista Espacios*.
- Batista, R. (2010). *Tendências do Corte por Arranque de Apara-Maquinagem* [Dissertação de Mestrado]. Universidade do Porto.
- Ben-Daya, M., Kumar, U., & Prabhakar, M. D. N. (2016). *Introduction to Maintenance Engineering: Modeling, Optimization, and Management* (1st ed.).
- Cabral, J. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção. Dos Conceitos à Prática*.
- Cabral, J. (2013). *Gestão da manutenção de equipamentos, instalações e edifícios* (LIDEL, Ed.).
- Carvalho, C. J. V. (2019). *Plano estratégico de manutenção? Implementação da metodologia TPM* [Dissertação de Mestrado]. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Chiaverini, V. (1986). *Tecnologia mecânica Vol. II: Processos de Fabricação e Tratamento*.
- Childs, T. H. C., Maekawa, K., Obikaw, T., & Yamane, Y. (2000). *Metal Machining: Theory and Applications*.
- Correia, A. (2018). *Avaliação do grau de criticidade de equipamentos médico-hospitalares das UTIs da Maternidade Escola Januário Cicco* [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Crespo Marquez, A., León, P., Gomez Fernandez, J. F., Parra, C., & López-Campos, M. (2009). *The maintenance management framework. A practical view to maintenance management*.
- Cruzan, R. (2009). *Manager's Guide to Preventive Building Maintenance* (1st ed.).
- Dormer. (2010). *Technical Handbook*. <https://www.boudrant.com.tn/front/docs/DORMER.pdf>

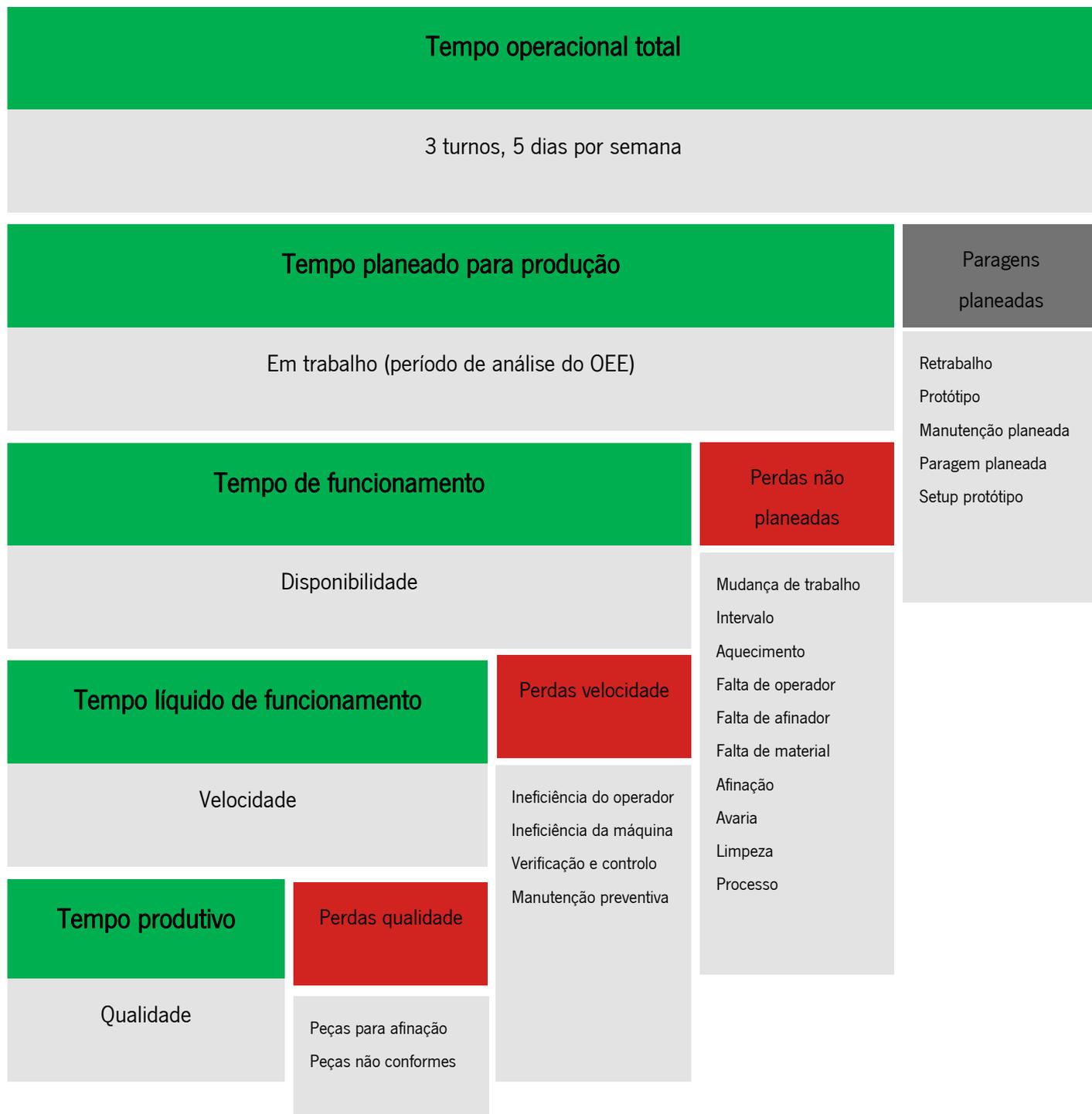
- Eckhardt, M., Francisco Marcon Ribeiro, L., Pozzatti Schwingel Av Pref Rudi, F., Pellin Av Pref Rudi, A., Sackser, G., & Carlos da Silva Duarte, L. (n.d.). *Avaliação geométrica de máquinas-ferramentas CNC através do método de padrões corporificados*.
- Eti, M. C., Ogaji, S. O. T., & Probert, S. D. (2006). Development and implementation of preventive-maintenance practices in Nigerian industries. *Applied Energy*, 83(10), 1163–1179. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2006.01.001>
- Ferraz, F. (2002). *Desenvolvimento de um sistema de monitoramento e supervisão para o processo de torneamento* [Dissertação de Mestrado]. Universidade de São Paulo.
- Ferreira, A. S. de F. M. (2017). *Desenvolvimento da metodologia TPM numa empresa do ramo automóvel* [Dissertação de Mestrado]. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- Figueira, A. R. M. da C. (2021). *Desenvolvimento de um sistema de controlo da manutenção numa PME* [Dissertação de Mestrado]. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Filipe, F. M. C. (2006). *Gestão e organização da manutenção, de equipamento de conservação e manutenção de infra-estruturas ferroviárias* [Dissertação de Mestrado]. Universidade do Porto.
- Freitas, L. M. C. P. (2015). *Requalificação de uma Máquina-ferramenta* [Dissertação de Mestrado]. Universidade do Minho.
- Full 5-axis or 3 + 2 Machining: Which is Right for You?* (2016). Mazak. <https://www.mazakusa.com/news-events/blog/full-5-axis-or-3-2-machining-which-is-right-for-you/>
- Gomes, R. J. S. (2016). *Redução de Tempos de Preparação de Trabalho em Operações de Maquinagem no Fabrico de Ferramentas de Estampagem* [Dissertação de Mestrado]. Universidade Nova de Lisboa.
- Haas Automation, Inc. – Ferramentas de Máquina CNC*. (n.d.). Haas. Retrieved May 24, 2022, from <https://www.haascnc.com/pt.html>
- Hoffman, P. J., Hopewell, E. S., & Janes, B. (2015). *Precision Machining Technology Second Edition*. www.cengage.com/highered
- Ivina, D., & Olsson, N. O. E. (2020). Lean construction principles and railway maintenance planning. *IGLC 28 - 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2020*, 565–576. <https://doi.org/10.24928/2020/0025>
- Junior, R. C. S. R. (2009). *Planejamento e Controle da Manutenção SENAI CIMATEC ®*.
- Leica. (2012). *Introdução à metalomecânica*.
- Lopes, S. P. F. (2017). *Desenvolvimento do dossier técnico e aplicação para gestão de maquinagem com tecnologia CNC* [Dissertação de Mestrado]. Universidade de Aveiro.

- Manuel, J., Tavares, R. S., & Oliveira Fonseca, J. (2012a). *Introdução ao Controlo Numérico Computorizado-I Conceitos Gerais*. <http://www.femz.es/cursos/CNC-Avanzado/default.htm>
- Manuel, J., Tavares, R. S., & Oliveira Fonseca, J. (2012b). *Introdução ao Controlo Numérico Computorizado-II Referenciais e Trajectórias*.
- Marques, R. A. (2020). *A importância do alinhamento geométrico em máquinas ferramentas*. LinkedIn. <https://pt.linkedin.com/pulse/import%C3%A2ncia-do-alinhamento-geom%C3%A9trico-em-m%C3%A1quinas-marques>
- Márquez, A. C. (2007). *The Maintenance Management Framework*.
- Matias, J., Calais, J., Matias, J. C. O., & Catalão, J. (2014). *Visão Estratégica da Manutenção numa Empresa de Abastecimento de Águas Públicas*.
- Meira, D. N. (2019). *Melhoria das práticas de gestão da manutenção numa empresa produtora de espumas sintéticas* [Dissertação de Mestrado]. Universidade do Minho.
- Monteiro, J. F. V. B. (2021). *Uma contribuição para o desenvolvimento de estratégias de Retrofitting para equipamentos da Indústria Têxtil e Vestuário no âmbito da Indústria 4.0* [Dissertação de Mestrado]. Universidade do Minho.
- Morais, J. A. L. (2013). *Desenvolvimento de uma metodologia de planeamento da manutenção sistemática no âmbito do TPM* [Dissertação de Mestrado]. Universidade do Minho.
- Morais, R. P. (2021). *Dashboard de Apoio à Melhoria da Qualidade numa Empresa de Componentes Óticos* [Dissertação de Mestrado]. Universidade do Minho.
- Moreira, P. M. A. (2012). *Organização e Controlo da Produção numa Empresa de Manufatura Metalomecânica* [Dissertação de Mestrado]. Universidade do Minho.
- Mota, L. C. S. (2018). *Requalificação de Máquinas Ferramentas de Controlo Numérico Computorizado* [Dissertação de Mestrado]. Universidade do Minho.
- Mouta, C. S. P. (2011). *Gestão da Manutenção* [Dissertação de Mestrado]. Universidade da Beira Interior.
- Nakajima, S. (1998). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*.
- NP EN 13306. (2017). Terminologia da manutenção. *Instituto Português Da Qualidade*.
- NP EN 13460. (2009). Documentação para a manutenção. *Instituto Português Da Qualidade*.
- NP EN 15341. (2009). Indicadores de desempenho da manutenção (KPI). *Instituto Português Da Qualidade*.
- Oliveira De Sá, N. M. (2014). *Desenvolvimento e implementação de um programa de manutenção numa empresa de mobiliário* [Dissertação de Mestrado]. Universidade do Minho.

- Oliveira, L. E. S., & Alvares, A. (2018). Desenvolvimento de um Sistema para Monitoramento e Teleoperação de Máquinas-ferramenta CNC via Internet aderente à Indústria 4.0. *Revista Produção e Desenvolvimento*, 4, 133–151. <https://doi.org/10.32358/rpd.2018.v4.318>
- Pinto, A. (2016). *Manual de segurança na manutenção* (1st ed.).
- Pinto, J. C. S. (2013). *Seleção de um material alternativo para a estrutura de máquinas-ferramentas de arranque de apara* [Dissertação de Mestrado]. Universidade do Minho.
- Pinto, J. P. (2013). *Manutenção Lean* (LIDEL, Ed.).
- Portugal, B. M. J. (2019). *Implementação de um ERP aplicando a metodologia Lean Thinking na RRMP-Metalomecânica de Precisão* [Dissertação de Mestrado]. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- Ramos, P. G. D. (2012). *Organização e Gestão da Manutenção Industrial* [Dissertação de Mestrado]. Universidade da Beira Interior.
- Rocha, A. J. R. (2019). *Estudo de melhoria de condições de maquinagem em empresa metalomecânica* [Dissertação de Mestrado]. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Rocha, S. C. da C. (2016). *Indicadores de gestão num sistema de business intelligence: o caso de estudo da Glintt healthcare solutions* [Dissertação de Mestrado]. Instituto Politécnico de Coimbra.
- Rossetti, T. (n.d.). *Manual Prático Torneiro Mecânico e Fresador* (Hemus, Ed.).
- Santos, P. J. de O. (2013). *Tecnologia CAM Aplicada no Fabrico por Fresagem de Componentes Mecânicos Caracterização do processo de fresagem e dos componentes produzidos* [Dissertação de Mestrado]. Instituto Politécnico de Coimbra.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research Methods for Business Students* (5th ed.).
- Silva, F. C. M. (2018). *Otimização do processo de Torneamento CNC por maquinagem parametrizada e implementação de software CAD/CAM* [Dissertação de Mestrado]. Universidade do Minho.
- Silva, L. F. C. (2013). *Estrutura de um torno de velocidades de selecção electromagnética* [Dissertação de Mestrado]. Universidade de Aveiro.
- Sousa, P. J. R. (2011). *Organização do sistema de manutenção em empresa de lavandaria industrial* [Dissertação de Mestrado]. Universidade do Minho.
- Souza, M. C. M., & Cartaxo, G. A. A. (2016). *Aplicação do indicador OEE (Overall equipment Effectiveness) em uma indústria fornecedora de cabos umbilicais*.
- Starr, A. (2000). A structured approach to the selection of condition based maintenance. *Fifth International Conference on FACTORY 2000 - The Technology Exploitation Process*.

- Sun, J., Sun, Z., Chen, C., Yan, C., Jin, T., & Zhong, Y. (2021). Group maintenance strategy of CNC machine tools considering three kinds of maintenance dependence and its optimization. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07752-6>
- Suzuki, T. (1994). *TPM in Process Industries*.
- Teixeira, H. N. (2022). *Apoio à implementação da manutenção condicionada em empresas industriais* [Tese de doutoramento]. Universidade do Minho.
- Torno mecânico. (n.d.). Wikipédia. Retrieved April 20, 2022, from https://pt.wikipedia.org/wiki/Torno_mec%C3%A2nico
- Venkatesh, J. (2007). *An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)*.
- Wilson, C. (2022). *CNC Lathe Turret Alignment Procedure: 10 Steps - Lathe Matters*. Lathe Matters. <https://www.lathematters.com/cnc-lathe-turret-alignment/>
- Xavier, F. J. C. (2015). *Manutenção como atividade de gestão e estratégia: um estudo na empresa alfa do polo industrial de Manaus* [Dissertação de Mestrado]. Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará.
- Yigitbasioglu, O. M., & Velcu, O. (2012). A review of dashboards in performance management: Implications for design and research. *International Journal of Accounting Information Systems*, 13(1), 41–59. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.accinf.2011.08.002>

ANEXO 1 – COMPOSIÇÃO DO INDICADOR OEE



ANEXO 2 – INSTRUÇÃO DE TRABALHO DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

| | | |
|---|--|--------|
|  | Manutenção de 1º Nível - Chiron | |
| | IT-L-03/01 | Pág. 1 |

1. Objectivo e Âmbito – Aplica-se a todos os colaboradores que desempenhem a sua actividade nesta máquina

| Periodicidade | Tarefa | Procedimento de Manutenção | Periodicidade | Tarefa | Procedimento de Manutenção |
|---------------|---|---|---------------|---|--|
| Em cada turno | Verificar nível de óleo de lubrificação do ar comprimido  | Verificar que o nível de óleo no copo de lubrificação do ar comprimido se situa acima do mínimo e abaixo do máximo. O nível mínimo é facilmente assimilável pela imersão do tubo branco, de pesca, dentro do óleo Nível Máximo Nível Mínimo | Semanalmente | Limpar exterior da máquina  | Deve o exterior da máquina ser limpo, de forma a não ficarem resíduos de óleo ou limalha. |
| Em cada turno | Verificar pressão do ar comprimido  | Verificar que a pressão de ar comprimido não é inferior a 6BAR. Abaixo desta pressão a máquina não trabalha ou são introduzidos erros. | Em cada turno | Limpar área adjacente  | Também a área adjacente deve ser limpa, nomeadamente, o chão, carros de apoio e todos os utensílios de suporte à produção. |
| Em cada turno | Verificar nível da emulsão de óleo  | O nível da emulsão de óleo é aquele identificado pela massa amarelada podendo ser máximo, ou seja, visualizando-se na totalidade do visor. Não basta que haja emulsão. Esta tem de existir dentro de uma determinada percentagem. Assim, com a medição através do aparelho, deverá verificar-se uma percentagem entre os 6 e os 8%. | Semanalmente | Substituição dos filtros de ar  | Substituição dos filtros usados por filtros novos Caixas de filtros de Ar |
| Em cada turno | Verificar botões sinalizadores  | Verificar que os botões sinalizadores funcionam correctamente. Arranque/Paragem de um ciclo Rotação da peça | Semanalmente | Lubrificação e filtragem do ar condicionado. Verificação  | Deve o copo de condensados de ar condicionado ser purgado mediante o accionamento de um pistão localizado no centro do disco metálico. Válvula de Purga |
| Semanalmente | Limpar interior da máquina  | Com a pistola de óleo, deve limpar-se o interior da máquina de forma a não ficarem limalhas. | Semanalmente | Verificação de Fugas | Limpar e verificar todas as tubagens de ar comprimido, em particular as ligações, e comunicar as fugas encontradas. |

| | | |
|---|---|-------------------|
| Elaborado/Aterado | Verificado e Aprovado | Alterações: (019) |
| Em 12-07-2014 | 12-11-2014 | |
| Por  |  | |

IMP-0.02/03

ANEXO 4 – TIPO DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA REALIZADOS

| Sigla | Serviço |
|--------------|---------------------------|
| LDB | limpeza |
| LE | limpeza e ajuste de eixos |
| LG | limpeza |
| LUG | lubrificação |
| LUGS | lubrificação |
| LUM | lubrificação |
| LV | limpeza |
| MFO | mudar óleo |
| MOE | mudar óleo |
| MOH | mudar óleo |
| MOM | mudar óleo |
| MOO | mudar óleo |
| MOV | mudar óleo |
| MV | mudar vedantes |
| SV | serviços vários |
| VC | verificar correias |

ANEXO 5 – CUSTOS E DURAÇÃO DOS DIFERENTES TIPOS DE INTERVENÇÕES PREVENTIVAS E CORRETIVAS

| Serviços preventivos | Contagem de Serviços | Custos Totais | Duração (min) |
|----------------------|----------------------|-----------------|---------------|
| LDB | 36 | 2537,5 | 4350 |
| LE | 4 | 210 | 360 |
| LG | 1 | 5,833333333 | 10 |
| LUG | 3 | 116,6666667 | 200 |
| LUGS | 55 | 3138,333333 | 5230 |
| LUM | 21 | 895,4166667 | 1385 |
| LV | 36 | 632,9166667 | 1085 |
| MFO | 27 | 475,4166667 | 815 |
| MOE | 44 | 1073,333333 | 1840 |
| MOH | 28 | 924,5833333 | 1585 |
| MOM | 9 | 312,0833333 | 535 |
| MOO | 2 | 105 | 180 |
| MOV | 7 | 306,25 | 525 |
| MV | 24 | 1260 | 2160 |
| SV | 54 | 6247,5 | 7830 |
| VC | 46 | 947,9166667 | 1575 |
| Total Geral | 397 | 19188,75 | 29665 |

| Serviços corretivos | Contagem de Serviços | Custos Totais | Duração (min) |
|--|----------------------|---------------|---------------|
| Acompanhar; verificar; ajustar; | 1 | 52,5 | 90 |
| Adicionar; | 2 | 105 | 180 |
| Adicionar; limpar; | 1 | 14,58333333 | 25 |
| Adicionar; mudar; ajustar; reparar; | 1 | 64,75 | 111 |
| Adicionar; remover; | 1 | 23,33333333 | 40 |
| Adicionar; repor; | 1 | 26,25 | 45 |
| Adicionar; verificar; | 3 | 43,75 | 75 |
| Ajustar; | 24 | 542,5 | 930 |
| Ajustar; acompanhar; verificar; | 3 | 157,5 | 270 |
| Ajustar; adicionar; mudar; | 1 | 105 | 180 |
| Ajustar; desencravar; | 1 | 14,58333333 | 25 |
| Ajustar; desmontar; | 4 | 192,5 | 330 |
| Ajustar; limpar; | 1 | 35 | 60 |
| Ajustar; montar; | 7 | 632,9166667 | 1085 |
| Ajustar; mudar; | 30 | 2170 | 3720 |
| Ajustar; reparar; | 8 | 560 | 960 |
| Ajustar; reparar; mudar; | 1 | 175 | 300 |
| Ajustar; reparar; verificar; | 1 | 52,5 | 90 |
| Ajustar; verificar; | 10 | 306,25 | 525 |
| Ajustar; verificar; desmontar; | 1 | 23,33333333 | 40 |
| Ajustar; verificar; montar; | 2 | 280 | 480 |
| Auxiliar; | 2 | 105 | 180 |
| Desencravar; | 3 | 49,58333333 | 85 |
| Desencravar; referenciar; desmontar; | 2 | 70 | 120 |
| Desencravar; reparar; | 1 | 26,25 | 45 |
| Desencravar; repor; referenciar; ajustar; verificar; | 2 | 52,5 | 90 |
| Desencravar; verificar; | 4 | 96,25 | 165 |
| Desligar; ajustar; referenciar; desmontar; | 2 | 52,5 | 90 |
| Desligar; rearmar; referenciar; verificar; | 1 | 52,5 | 90 |
| Desligar; rearmar; repor; referenciar; verificar; | 1 | 35 | 60 |
| Desligar; rearmar; verificar; | 3 | 43,75 | 75 |
| Desligar; referenciar; verificar; | 5 | 154,5833333 | 265 |

| | | | |
|---|----|-------------|------|
| Desligar; remover; verificar; | 2 | 40,83333333 | 70 |
| Desmontar; | 1 | 105 | 180 |
| Desmontar; ajustar; verificar; | 3 | 81,66666667 | 140 |
| Desmontar; desencravar; | 1 | 26,25 | 45 |
| Desmontar; desligar; verificar; | 2 | 52,5 | 90 |
| Desmontar; limpar; ajustar; verificar; | 1 | 35 | 60 |
| Desmontar; limpar; montar; | 1 | 70 | 120 |
| Desmontar; limpar; mudar; | 2 | 175 | 300 |
| Desmontar; limpar; verificar; | 1 | 52,5 | 90 |
| Desmontar; mudar; ajustar; verificar; | 3 | 288,75 | 495 |
| Desmontar; mudar; montar; ajustar; verificar; | 1 | 122,5 | 210 |
| Desmontar; mudar; verificar; | 2 | 140 | 240 |
| Desmontar; reparar; ajustar; desencravar; | 1 | 52,5 | 90 |
| Desmontar; reparar; montar; ajustar; verificar; | 1 | 157,5 | 270 |
| Desmontar; reparar; montar; verificar; | 1 | 945 | 540 |
| Desmontar; repor; verificar; | 1 | 23,33333333 | 40 |
| Desmontar; verificar; | 1 | 70 | 120 |
| Limpar; | 26 | 2140,833333 | 3400 |
| Limpar; acompanhar; verificar; | 1 | 35 | 60 |
| Limpar; adicionar; ajustar; desmontar; | 1 | 70 | 120 |
| Limpar; adicionar; desmontar; | 1 | 35 | 60 |
| Limpar; ajustar; desencravar; | 1 | 35 | 60 |
| Limpar; ajustar; desmontar; | 7 | 376,25 | 645 |
| Limpar; ajustar; montar; desmontar; | 2 | 105 | 180 |
| Limpar; ajustar; verificar; | 1 | 20,41666667 | 35 |
| Limpar; desmontar; | 10 | 350 | 600 |
| Limpar; montar; ajustar; desmontar; | 1 | 52,5 | 90 |
| Limpar; montar; desmontar; | 3 | 437,5 | 750 |
| Limpar; montar; verificar; desmontar; | 1 | 87,5 | 150 |
| Limpar; mudar; | 2 | 131,25 | 225 |
| Limpar; mudar; adicionar; desmontar; | 3 | 385 | 660 |
| Limpar; mudar; ajustar; desmontar; | 20 | 1284,8316 | 2145 |
| Limpar; mudar; colar; desmontar; | 1 | 245 | 420 |
| Limpar; mudar; desmontar; | 7 | 396,6666667 | 680 |

| | | | |
|---|----|-------------|-------|
| Limpar; mudar; reparar; ajustar; desmontar; | 4 | 385,4058 | 630 |
| Limpar; mudar; reparar; desmontar; | 1 | 72,23 | 120 |
| Limpar; mudar; verificar; | 1 | 70 | 120 |
| Limpar; reparar; ajustar; desmontar; | 2 | 166,25 | 285 |
| Limpar; reparar; desencravar; | 1 | 35 | 60 |
| Limpar; reparar; desmontar; | 2 | 105 | 180 |
| Limpar; reparar; mudar; ajustar; desmontar; | 7 | 566,3744 | 930 |
| Limpar; reparar; mudar; desmontar; | 2 | 105 | 180 |
| Limpar; repor; verificar; | 1 | 35 | 60 |
| Limpar; verificar; | 1 | 52,5 | 90 |
| Limpar; verificar; desmontar; | 3 | 367,5 | 630 |
| Montar; | 2 | 43,75 | 75 |
| Montar; ajustar; | 1 | 70 | 120 |
| Montar; ajustar; acompanhar; verificar; | 1 | 35 | 60 |
| Montar; ajustar; desmontar; | 2 | 1680 | 1440 |
| Montar; ajustar; limpar; | 1 | 140 | 240 |
| Montar; ajustar; reparar; | 2 | 122,5 | 210 |
| Montar; mudar; | 1 | 210 | 180 |
| Montar; remover; | 2 | 52,5 | 90 |
| Mudar; | 70 | 7996,333333 | 13708 |
| Mudar; ajustar; desmontar; | 13 | 884,9166667 | 1517 |
| Mudar; ajustar; limpar; | 4 | 140 | 240 |
| Mudar; ajustar; reparar; | 3 | 241,3966667 | 410 |
| Mudar; ajustar; verificar; | 5 | 169,3019333 | 280 |
| Mudar; auxiliar; | 1 | 70 | 120 |
| Mudar; colar; limpar; | 1 | 35 | 60 |
| Mudar; desencravar; desmontar; | 1 | 70 | 120 |
| Mudar; desmontar; | 7 | 309,1666667 | 530 |
| Mudar; limpar; | 2 | 61,25 | 105 |
| Mudar; limpar; ajustar; desmontar; | 1 | 35 | 60 |
| Mudar; limpar; ajustar; reparar; | 2 | 70 | 120 |
| Mudar; montar; ajustar; desmontar; | 1 | 105 | 180 |
| Mudar; montar; verificar; desmontar; | 1 | 26,25 | 45 |
| Mudar; reparar; | 6 | 481,25 | 825 |

| | | | |
|---|----|-------------|------|
| Mudar; reparar; ajustar; verificar; | 3 | 102,0833333 | 175 |
| Mudar; reparar; verificar; | 1 | 70 | 120 |
| Mudar; verificar; | 3 | 166,25 | 285 |
| Mudar; verificar; desmontar; | 1 | 26,25 | 45 |
| Mudar; verificar; reparar; | 1 | 245 | 420 |
| Rearmar; | 1 | 17,5 | 30 |
| Rearmar; reparar; desencravar; | 1 | 52,5 | 90 |
| Rearmar; verificar; | 2 | 35 | 60 |
| Referenciar; acompanhar; verificar; | 2 | 46,66666667 | 80 |
| Referenciar; desencravar; | 1 | 20,41666667 | 35 |
| Referenciar; desligar; | 1 | 26,25 | 45 |
| Remover; | 3 | 49,58333333 | 85 |
| Remover; mudar; ajustar; desmontar; | 1 | 26,25 | 45 |
| Remover; referenciar; desligar; | 1 | 14,58333333 | 25 |
| Remover; referenciar; repor; acompanhar; desligar; | 1 | 52,5 | 90 |
| Remover; repor; desmontar; | 1 | 26,25 | 45 |
| Reparar; | 48 | 1793,75 | 3075 |
| Reparar; adicionar; ajustar; desmontar; | 2 | 280 | 480 |
| Reparar; adicionar; montar; verificar; desmontar; | 1 | 70 | 120 |
| Reparar; ajustar; desmontar; | 9 | 488,25 | 837 |
| Reparar; ajustar; montar; desmontar; | 1 | 70 | 120 |
| Reparar; ajustar; mudar; | 3 | 113,75 | 195 |
| Reparar; ajustar; verificar; | 4 | 484,1666667 | 500 |
| Reparar; desmontar; | 7 | 247,9166667 | 425 |
| Reparar; limpar; mudar; ajustar; desmontar; | 1 | 75,9686 | 120 |
| Reparar; montar; | 1 | 35 | 60 |
| Reparar; montar; ajustar; desmontar; | 6 | 914,72 | 1560 |
| Reparar; mudar; ajustar; desmontar; | 8 | 815,6886 | 1380 |
| Reparar; mudar; ajustar; limpar; | 1 | 52,5 | 90 |
| Reparar; mudar; ajustar; verificar; | 2 | 157,5 | 270 |
| Reparar; mudar; desmontar; | 1 | 89,73 | 150 |
| Reparar; mudar; limpar; | 2 | 160,96 | 270 |

| | | | |
|---|------------|--------------------|--------------|
| Reparar; mudar; montar; acompanhar; desmontar; | 1 | 157,5 | 270 |
| Reparar; mudar; montar; ajustar; desmontar; | 1 | 87,5 | 150 |
| Reparar; verificar; | 7 | 169,1666667 | 290 |
| Repor; | 1 | 26,25 | 45 |
| Repor; acompanhar; verificar; | 1 | 26,25 | 45 |
| Repor; ajustar; verificar; | 1 | 70 | 120 |
| Repor; limpar; | 2 | 78,75 | 135 |
| Repor; mudar; rearmar; verificar; | 1 | 70 | 120 |
| Repor; rearmar; | 1 | 23,33333333 | 40 |
| Repor; referenciar; verificar; | 3 | 61,25 | 105 |
| Repor; remover; | 2 | 55,41666667 | 95 |
| Repor; verificar; | 2 | 35 | 60 |
| Verificar; | 8 | 236,25 | 405 |
| Verificar; adicionar; | 1 | 26,25 | 45 |
| Verificar; ajustar; desmontar; | 2 | 96,25 | 165 |
| Verificar; desmontar; | 2 | 52,5 | 90 |
| Verificar; mudar; ajustar; desmontar; | 1 | 35 | 60 |
| Verificar; reparar; desmontar; | 1 | 26,25 | 45 |
| Total Geral | 557 | 38110,02427 | 61838 |

ANEXO 6 – PARQUE DE EQUIPAMENTOS CNC

Dada a sua extensão, é apenas mostrado um excerto do documento.

| Secção Mecânica - Parque de Máquinas CNC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|--------------------------|------------|-------------------|------|-------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------|------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|--|--|--|--|--|
| IDENTIFICAÇÃO DA MÁQUINA | | | | | | | | ESPECIFICAÇÕES DA MÁQUINA | | | | | | | | | | INFORMAÇÕES ADICIONAIS | | | | OBSERVAÇÕES | | | | | | |
| Centro de Custos | Centro de Trabalho | Tipo de Máquina | Fabricante | Modelo | Ano | Nº Série | Nº Interno (antigo) | Nº Interno | Controlador | Rotação Spindle | Rotação Torreta | Eixos | Courseos | Tipo Construção | Tipo Porta-ferramentas | Lugares Ferramenta | Conexão Rotativa | Tipo Lubrificação | Material a não utilizar | Tipo Processos | Dispositivos de aperto/Buchas | Tipo Mecanismos | Ø's Pinças | Tubo-Guia (Øtubo sempre = fem que bucha) | Extras | Indicações específicas máquina | Outras anotações | |
| 63173 | 173FRS01 | Fresadora CNC Vertical | DMG | DMJ 40 evo linear | 2016 | 15485744724 | 10024960-2 | 6423 | Siemens 840D SL | 20000 | - | X, Y, Z, C, B | X451 Y460 Z376 C360° B110° | Paleta | HSK-A63 | 60 | - | Emulsão | Magdésio | Fundição | Pressas Lang Garas Coon | Mecanismos Lang | - | - | Extrator de Inimha Exaustor de neblina Filtros | | | |
| 63173 | 173FRS02 | Fresadora CNC Vertical | Chiron | FZ 12 WM | 2000 | 161-73 | 1000714 | 418 | Siemens 840D | 12000 | - | X, Y, Z, A | X550 Y300 Z410 A360° | Paleta + Paleta | SK40 | 20 | DIN 69872-19 | Óleo | Inox Titânio | Fundição | Pressas Lang Garas Coon/Morse Mecanismos | Mecanismos Lang | - | - | Extrator de Inimha Exaustor de neblina Filtros | Mecanismos granilhados (mais tempo para remoção) | | |
| 63173 | 173FRS03 | Fresadora CNC Vertical | Chiron | FZ 12 W | 1996 | 489-93 | 1042 | 413 | Siemens 840D | 12000 | - | X, Y, Z, A | X550 Y300 Z410 A360° | Paleta + Paleta | SK40 | 20 | DIN 69872-19 | Óleo | Inox Titânio | Fundição | Mecanismos | Mecanismos Lang | - | - | - | | | |
| 63173 | 173FRS04 | Fresadora CNC Vertical | Chiron | FZ 12 W | 1996 | 488-70 | 997 | 422 | Siemens 840D | 12000 | - | X, Y, Z, A | X550 Y300 Z410 A360° | Paleta + Paleta | SK40 | 20 | DIN 69872-19 | Emulsão | Magdésio | Fundição | Garas Coon/Morse Mecanismos | Mecanismos Lang | - | - | - | Mecanismos granilhados (mais tempo para remoção) | | |
| 63173 | 173FRS05 | Fresadora CNC Vertical | Chiron | FZ 12 W | 2000 | 161-62 | 1000712 | 415 | Siemens 840D | 12000 | - | X, Y, Z, A | X550 Y300 Z410 A360° | Paleta + Paleta | SK40 | 20 | DIN 69872-19 | Emulsão | Magdésio | Fundição | Garas Coon/Morse Mecanismos | Mecanismos Lang | - | - | - | | | |
| 63173 | 173FRS06 | Fresadora CNC Vertical | Chiron | FZ 12 W | 2002 | 162-62 | 1000962 | 416 | Siemens 840D | 12000 | - | X, Y, Z, A | X550 Y300 Z410 A360° | Paleta + Eixo ao centro | SK40 | 20 | DIN 69872-19 | Emulsão | Magdésio | Fundição | Garas Coon/Morse Mecanismos | Mecanismos Lang | - | - | - | | | |
| 63173 | 173FRS07 | Fresadora CNC Vertical | Chiron | FZ 12 W | 2006 | 260-79 | 1001514 | 419 | Siemens 840D PL | 12000 | - | X, Y, Z, A | X550 Y300 Z410 A360° | Paleta + Paleta | SK40 | 20 | DIN 69872-19 | Óleo | Inox Titânio | Fundição Hauptkörper | Garas Coon/Morse Mecanismos | Mecanismos Lang | - | - | Extrator de Inimha Exaustor de neblina Filtros | | | |
| 63173 | 173FRS08 | Fresadora CNC Vertical | Chiron | FZ 12 W | 2005 | 260-71 | 1001496 | 414 | Siemens 840D PL | 12000 | - | X, Y, Z, A | X550 Y300 Z410 A360° | Paleta + Eixo ao centro | SK40 | 20 | DIN 69872-19 | Óleo | Inox Titânio | Fundição | Garas Coon/Morse Mecanismos | Mecanismos Lang | - | - | Extrator de Inimha Exaustor de neblina Filtros | | | |
| 63173 | 173FRS09 | Fresadora CNC Vertical | Chiron | FZ 12 W | 1998 | 458-63 | 1001517 | 420 | Siemens 840D | 12000 | - | X, Y, Z, A | X550 Y300 Z410 A360° | Paleta + Eixo ao centro | HSK-A63 | 20 | - | Emulsão | Magdésio | Fundição | Pressas Lang Garas Coon/Morse Mecanismos | Mecanismos Lang | - | - | Extrator de Inimha Exaustor de neblina Filtros | | | |
| 63173 | 173FRS10 | Fresadora CNC Vertical | Haas | Super MiniMill | 2010 | 1078690 | 1001746 | 417 | Haas | 10000 | - | X, Y, Z, A | X408 Y304 Z344 A360° | Mesa + Eixo ao centro | SK40 | 10 | TSC 20-7556 | Óleo | Inox Titânio | Fundição | Garas Coon/Morse Mecanismos | Mecanismos próprios da Haas | - | - | Extrator de Inimha Exaustor de neblina Filtros | | | |
| 63173 | 173FRS11 | Fresadora CNC Vertical | Haas | Super MiniMill 2 | 2011 | 1090958 | 1001787 | 426 | Haas | 12000 | - | X, Y, Z, A, B | X 508 Y400 Z456 A360° B200° | Mesa + Seixos | SK40 | 24 | TSC 20-7556 | Óleo | Inox Titânio | Fundição | Garas Coon | Mecanismos | - | - | Extrator de Inimha Exaustor de neblina Filtros | | | |
| 63173 | 173FRS12 | Fresadora CNC Vertical | Haas | Super MiniMill 2 | 2011 | 1090910 | 1001788 | 425 | Haas | 12000 | - | X, Y, Z, A | X 508 Y375 Z466 360° | Mesa + Paleta + Eixo ao centro | SK40 | 24 | TSC 20-7556 | Emulsão | Magdésio | Fundição | E-messer | Mecanismos | Mecanismos próprios da Haas | - | - | Extrator de Inimha Exaustor de neblina Filtros | | |
| 63173 | 173FRS13 | Fresadora CNC Horizontal | Makino | A51rx | 2011 | 172 | 1001674 | 424 | Makino Professional 5 | 14000 | - | X, Y, Z, B | X 560 Y640 Z640 B360° | Paleta + Paleta | HSK-A63 | 60 | - | Emulsão | Magdésio | Fundição | Pressas Lang Garas Coon | Mecanismos Lang | - | - | Extrator de Inimha Exaustor de neblina Filtros | Detector de incêndios inativo | | |
| 63173 | 173FRS14 | Fresadora CNC Horizontal | Makino | A51rx | 2011 | 269 | 1001675 | 423 | Makino Professional 5 | 14000 | - | X, Y, Z, B | X 560 Y640 Z640 B360° | Paleta + Paleta | HSK-A63 | 60 | - | Emulsão | Magdésio | Fundição | Pressas Lang Garas Coon | Mecanismos Lang | - | - | Extrator de Inimha Exaustor de neblina Filtros | Detector de incêndios inativo | | |
| 63173 | 173FRS15 | Fresadora CNC Horizontal | Chiron | FZ 12 S | 1994 | 185-31 | 1001841 | 421 | Siemens 810 D | 10000 | - | X, Y, Z, A | X550 Y300 Z410 A360° | Mesa + Eixo ao centro | SK30 | 12 | Chiron SK30 | Emulsão | Magdésio | Fundição | Peças funcionais cilíndricas | Garas Coon/Morse Mecanismos | Mecanismos Lang | - | - | Exaustor de neblina Filtros | Mecanismos granilhados (mais tempo para remoção) | |
| 63173 | 173FRS16 | Fresadora CNC Horizontal | Makino | A51rx | 2013 | 679 | 10022180 | 1097 | Makino Professional 5 | 14000 | - | X, Y, Z, B | X 560 Y640 Z640 B360° | Paleta + Eixo ao centro | HSK-A63 | 60 | - | Emulsão | Magdésio | Fundição | Pressas Lang Garas Coon | Mecanismos Lang | - | - | Extrator de Inimha Exaustor de neblina Filtros | | | |
| 63173 | 173FRS17 | Fresadora CNC Horizontal | Makino | A51rx | 2013 | 638 | 10022630 | 1098 | Makino Professional 5 | 14000 | - | X, Y, Z, B | X 560 Y640 Z640 B360° | Paleta + Paleta | HSK-A63 | 60 | - | Emulsão | Magdésio | Fundição | Pressas Lang Garas Coon | Mecanismos Lang | - | - | Extrator de Inimha Exaustor de neblina Filtros | | | |

ANEXO 7 – LEVANTAMENTO DE ANOMALIAS

| CC | CT | Descrição Anomalia | Prioridade | Estado | Obs. | Mecânico | Elétrico | Obsoleto | Oportunidade de melhoria |
|-------|----------|--|------------|-----------|------|----------|----------|----------|--------------------------|
| 63166 | 166GRA01 | Gravação fica tremida | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63166 | 166GRA01 | Gravações deformadas | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63166 | 166GRA01 | Profundidade da gravação por vezes varia | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63166 | 166GRA04 | Gravações deformadas quando utiliza os eixos rotativos | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63166 | 166GRA04 | Problemas no arranque do sistema operativo | 2 | Em aberto | | | X | | |
| 63166 | 166LAS01 | Aspiração insuficiente | 1 | Em aberto | | | X | | |
| 63166 | 166LAS01 | Ligações elétricas continuam provisórias | 1 | Em aberto | | | X | | |
| 63166 | 166LAS01 | Eixo X por vezes falha ao fazer referência | 2 | Em aberto | | X | | | |
| 63174 | 174TOA01 | Resistência para aquecimento de óleo de corte | | | | | X | | X |
| 63174 | 174TOA02 | Revolver avariado | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63174 | 174TOA02 | Resistência para aquecimento de óleo de corte | | | | | X | | X |
| 63174 | 174TOA03 | Fugas de emulsão na árvore | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63174 | 174TOA04 | Desequilíbrio no revolver | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63174 | 174TOA05 | Apanhador de peças | | | | X | | | X |

| | | | | | | | | | |
|-------|----------|---|---|-----------|----------|---|---|---|---|
| 63174 | 174TOA05 | Resistência para aquecimento de óleo de corte | | | | | X | | X |
| 63174 | 174TOA07 | Fugas de óleo no hidráulico | 3 | | Obsoleto | X | | X | |
| 63174 | 174TOA07 | Fugas de óleo no circuito, incluindo o revólver | 3 | | Obsoleto | | | X | |
| 63174 | 174TOA07 | Cabos e mangueiras ressequidos | 3 | | Obsoleto | | | X | |
| 63174 | 174TOA07 | Pouca potência do extrator | 3 | | Obsoleto | | | X | |
| 63174 | 174TOA07 | Posição 5 no revólver com erro | 3 | | Obsoleto | | | X | |
| 63174 | 174TOA07 | Fugas da blindagem, que obriga a limpeza constante no exterior do equipamento | 3 | | Obsoleto | | | X | |
| 63174 | 174TOA08 | Árvore com folgas - Mau acabamento | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63174 | 174TOA08 | Alimentador automático - Troca de barra manual (Demora muito a recuar) | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63174 | 174TOA08 | Revolver 1 em Z (correções de 3mm) | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63174 | 174TOA08 | Apanhador de peças | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63174 | 174TOA08 | Revolver 2 descai em X | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63174 | 174TOA08 | Porta automática para abrir | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63174 | 174TOA08 | Revolver 1 necessita de equilíbrio de ferramentas | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63174 | 174TOA09 | Baixa rotação de ferramentas | | Concluído | | | | | |
| 63174 | 174TOA09 | Blindagem da porta | 2 | Em aberto | | X | | | |
| 63175 | 175TOF01 | Dificuldade em obter acabamentos com Ra 0,8 | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63175 | 175TOF01 | Amortecedor da porta não absorve o impacto ao abrir | 2 | Em aberto | | X | | | |

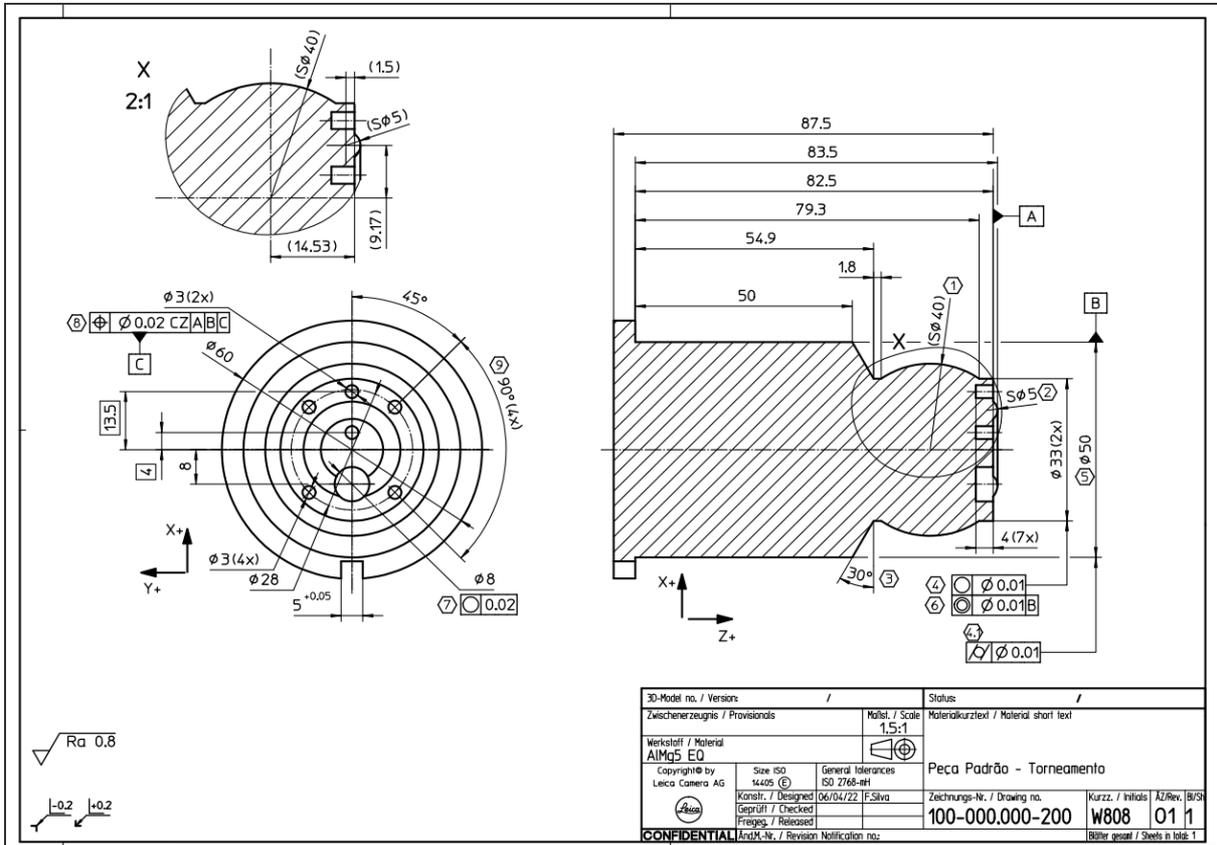
| | | | | | | | | | |
|-------|----------|--|---|------------|----------|---|--|---|--|
| 63175 | 175TOF01 | Se a máquina ficar desligada por um período superior as 4 a 6 horas depois não faz referência ao eixo Z | 2 | Em análise | | X | | | |
| 63175 | 175TOF02 | Dificuldade em obter acabamentos com Ra 0,8 a trabalhar só com um eixo; impossível fazer acabamentos Ra 0,8 em interpolação dos dois eixos | 3 | Em aberto | Obsoleto | | | X | |
| 63175 | 175TOF02 | Cilindro pneumático da garra não abre com baixa pressão (1 bar) | 3 | Em aberto | Obsoleto | | | X | |
| 63175 | 175TOF02 | Terminar o <i>retrofitting</i> (ferramentas, rotativas e motor <i>schlencke</i>) | 3 | Em aberto | Obsoleto | | | X | |
| 63175 | 175TOF02 | Monitor sem nitidez | 3 | Em aberto | Obsoleto | | | X | |
| 63175 | 175TOF04 | Dificuldade em obter acabamentos com Ra 0,8 | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63175 | 175TOF04 | Em JOG o eixo Z não se desloca de forma contínua | 2 | Em aberto | | X | | | |
| 63175 | 175TOF04 | Monitor sem nitidez | 3 | Concluído | | | | | |
| 63175 | 175TOF04 | Luneta de medição das ferramentas com o interior solto | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63175 | 175TOF05 | Dificuldade em obter acabamentos com Ra 0,8 | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63175 | 175TOF05 | Teclado com teclas avariadas | 3 | Concluído | | | | | |
| 63175 | 175TOF06 | Mau acabamento | 3 | | Obsoleto | | | X | |
| 63175 | 175TOF06 | Falta menu de medição de ferramentas | 3 | | Obsoleto | | | X | |
| 63175 | 175TOF06 | Erros constantes na transferência de dados / programas | 3 | | Obsoleto | | | X | |
| 63175 | 175TOF06 | Falta sensor de segurança na porta | 3 | | Obsoleto | | | X | |
| 63175 | 175TOF06 | Erros aleatórios nos eixos | 3 | | Obsoleto | | | X | |
| 63175 | 175TOF06 | O programa fica parado alguns segundos ao início de cada linha de comando | 3 | | Obsoleto | | | X | |

| | | | | | | | | | |
|-------|----------|--|---|------------|----------|---|---|---|--|
| 63175 | 175TOF06 | Não se consegue fazer referência aos eixos | 3 | | Obsoleto | | | X | |
| 63175 | 175TOF09 | Pinos de guiamento nas rotativas estão constantemente a partir | 1 | Em aberto | Analisar | X | | | |
| 63175 | 175TOF09 | Erro no grupo de refrigeração | 1 | Em aberto | | | X | | |
| 63175 | 175TOF10 | Calibração do medidor de ferramentas | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63175 | 175TOF10 | Erro de posição da torreta (folga nas engrenagens) | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63175 | 175TOF11 | Reparação / substituição do posicionador de ferramentas | 2 | Em aberto | | X | | | |
| 63175 | 175TOF12 | Pinos de guiamento nas rotativas estão constantemente a partir | 1 | Em aberto | Analisar | X | | | |
| 63175 | 175TOF12 | Erro de lubrificação. | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63175 | 175TOF12 | Erro ventilador do modulo de potência dos eixos | 1 | Em aberto | | | X | | |
| 63175 | EVT | Manutenção anual em falta | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63175 | EVT | Calibração do sensor de gases | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63175 | EVT | Cheiro a solvente durante a extração dos gases da câmara | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63173 | 173FRS01 | Espelho para afinação/MT não funciona | 2 | Em análise | | X | | | |
| 63173 | 173FRS01 | Substituição do vidro da porta | 3 | Em aberto | | X | | | |
| 63173 | 173FRS03 | Troca de ferramentas lenta | 3 | | Obsoleto | X | | X | |
| 63173 | 173FRS03 | Árvore faz muito barulho | 3 | | Obsoleto | X | | X | |
| 63173 | 173FRS03 | Não trabalha na rotação máxima | 3 | | Obsoleto | X | | X | |

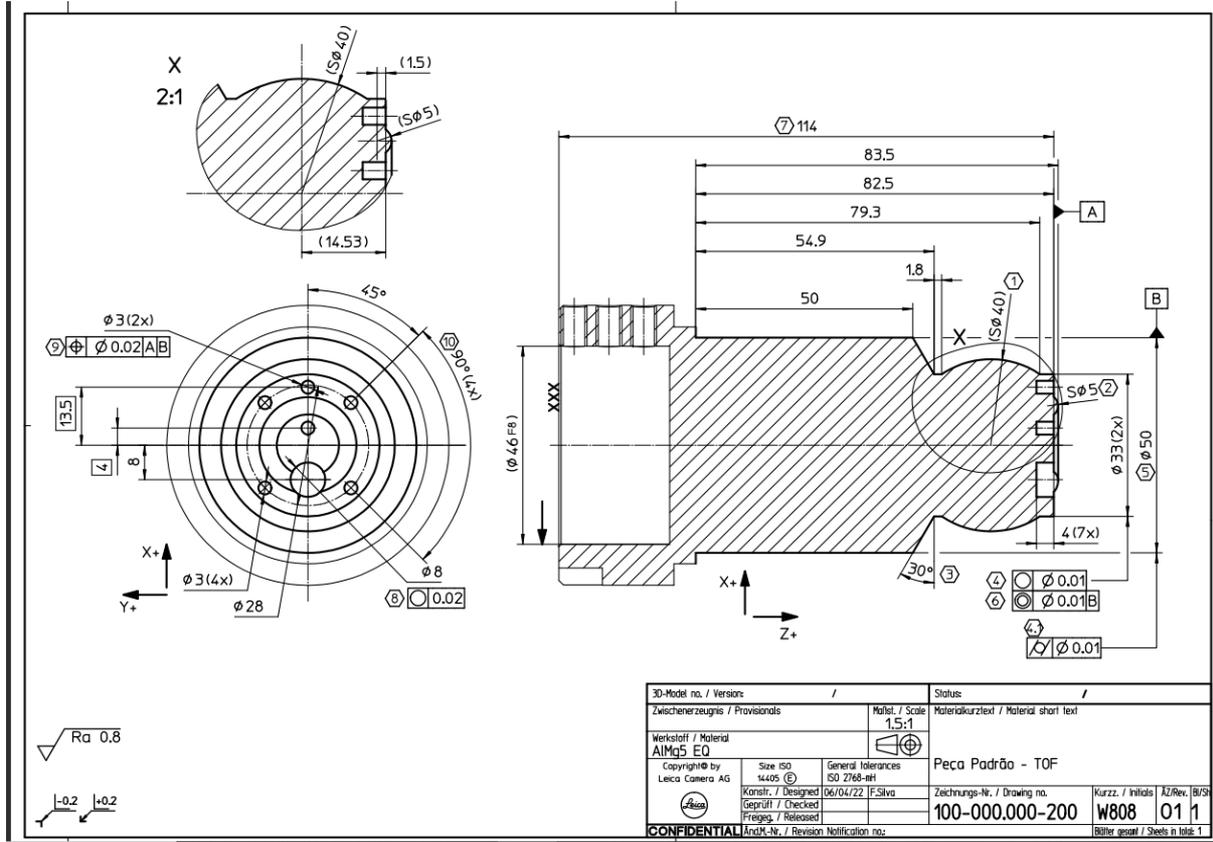
| | | | | | | | | | |
|-------|----------|---|---|-----------|----------|---|--|--|--|
| 63173 | 173FRS04 | Troca de ferramentas e de palete demorada | 2 | Em aberto | | X | | | |
| 63173 | 173FRS04 | Não trabalha na rotação máxima | 2 | Em aberto | | X | | | |
| 63173 | 173FRS04 | Não rosca | 2 | Em aberto | | X | | | |
| 63173 | 173FRS05 | Manutenção/substituição eixo b e x | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63173 | 173FRS06 | Manutenção/ Substituição eixo b | 1 | Em aberto | | X | | | |
| 63173 | 173FRS07 | Troca de palete lenta | 2 | Em aberto | | X | | | |
| 63173 | 173FRS16 | Não trabalha na rotação máxima | | | Analisar | X | | | |

ANEXO 8 – AU'S PEÇAS PADRÃO

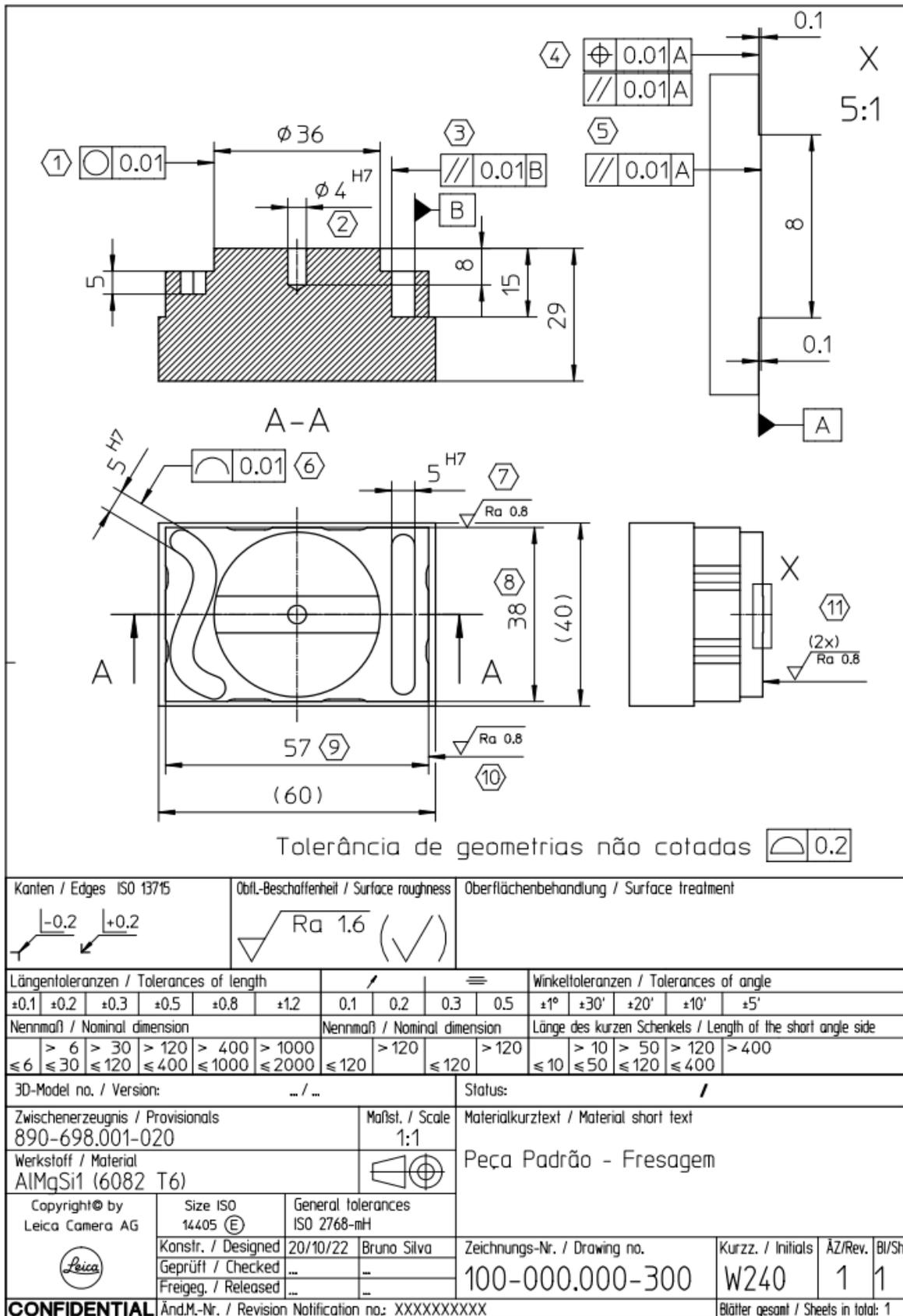
Torneamento CNC



Torneamento fino



Fresagem



ANEXO 9 – CHECKLIST PARA CADA AVALIAÇÃO

Torneamento CNC



Checklist para avaliação do estado dos equipamentos

XX-X-XX/XX

2

| | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------|
| Centro de custos: | Centro de trabalho: | Referência: | Revisão: | Nº Peça: | Report: | Data: |
| 63174 | | | | | | |

| Tipo | Nº | Objeto de medida | Pontos a inspecionar | Meio de medição | OK | ALERTA | NOK | Observações |
|-----------------------|----------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------|----|--------|-----|-------------|
| Teste com peça padrão | 1 | Alinhamento dos eixos | Contra folga do eixo X | Controlo visual | | | | |
| | 2 | | Contra folga do eixo Z | Controlo visual | | | | |
| | 3 | | Contra folga do eixo X e Z | Controlo visual | | | | |
| | 4 | Circularidade | - | Hexagon | | | | |
| | 4.1 | Cilindricidade | Alinhamento guia do Z (2x) | Hexagon | | | | |
| | 5 | Eixo X da máquina | Conicidade | Hexagon | | | | |
| | 6 | Concentricidade | Centros dos cilindros | Hexagon | | | | |
| | 7 | Circularidade | - | Hexagon | | | | |
| | 8 | Posicionamento | Alinhamento dos furos em X e Y | Hexagon | | | | |
| 9 | Encoder eixo c | - | Hexagon | | | | | |

| | |
|-------------------------|--------------------------|
| Validação Eng. Processo | Validação Chefe de Grupo |
| | |

| | | | | Realizado | |
|-------------|----|-------------------------------|---------------------------------|--------------------|--|
| Diagnóstico | 9 | Alinhamento do <i>spindle</i> | - | Comparador | |
| | 10 | Alinhamento da torreta | Alinhamento do corpo da torreta | Padrão | |
| | | | Alinhamento do prato | Relógio comparador | |
| | 12 | Alinhamento ao centro | <i>Spindle</i> + torreta | Ponteira | |

| | |
|-----------------|-----------|
| Data Manutenção | Validação |
| | |

Torneamento fino



Checklist para avaliação do estado dos equipamentos

XX-X-XX/XX

3

| | | | | | | |
|-------------------|---------------------|-------------|----------|----------|---------|-------|
| Centro de custos: | Centro de trabalho: | Referência: | Revisão: | Nº Peça: | Report: | Data: |
| 63175 | | | | | | |

| Tipo | Nº | Objeto de medida | Pontos a inspecionar | Meio de medição | OK | ALERTA | NOK | Observações |
|-----------------------|----------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------|----|--------|-----|-------------|
| Teste com peça padrão | 1 | Alinhamento dos eixos | Contra folga do eixo X | Controlo visual | | | | |
| | 2 | | Contra folga do eixo Z | Controlo visual | | | | |
| | 3 | | Contra folga do eixo X e Z | Controlo visual | | | | |
| | 4 | Circularidade | - | Hexagon | | | | |
| | 4.1 | Cilindricidade | Alinhamento guia do Z (2x) | Hexagon | | | | |
| | 5 | Eixo X da máquina | Conicidade | Hexagon | | | | |
| | 6 | Concentricidade | Centros dos cilindros | Hexagon | | | | |
| | 7 | Referência em Z | - | Hexagon | | | | |
| | 8 | Circularidade | - | Hexagon | | | | |
| | 9 | Posicionamento | Alinhamento dos furos em X e Y | Hexagon | | | | |
| 10 | Encoder eixo c | - | Hexagon | | | | | |

| | |
|-------------------------|--------------------------|
| Validação Eng. Processo | Validação Chefe de Grupo |
| | |

| | | | | Realizado | |
|-------------|----|-------------------------------|---------------------------------|--------------------|--|
| Diagnóstico | 9 | Alinhamento do <i>spindle</i> | - | Comparador | |
| | 10 | Alinhamento da torreta | Alinhamento do corpo da torreta | Padrão | |
| | 11 | | Alinhamento do prato | Relógio comparador | |
| | 12 | Alinhamento ao centro | <i>Spindle</i> + torreta | Ponteira | |

| | |
|-----------------|-----------|
| Data Manutenção | Validação |
| | |

Fresagem



Checklist para avaliação do estado dos equipamentos

XX-X-XX/XX

1

| | | | | | | |
|-------------------|---------------------|-------------|----------|----------|---------|-------|
| Centro de custos: | Centro de trabalho: | Referência: | Revisão: | Nº Peça: | Report: | Data: |
| 63173 | | | | | | |

| Tipo | Nº | Objeto de medida | Meio de medição | OK | ALERTA | NOK | Observações |
|-----------------------|----|-----------------------------------|-----------------|----|--------|-----|-------------|
| Teste com peça padrão | 1 | Interpolação de eixos | Hexagon | | | | |
| | 2 | Folga eixo X | Hexagon | | | | |
| | 3 | Folga eixo Y | Hexagon | | | | |
| | 4 | Conicidade | Hexagon | | | | |
| | 5 | Calibre com interpolação de eixos | Hexagon | | | | |
| | 6 | Batimento de árvore | Hexagon | | | | |
| | 7 | Acabamento em X | Hexagon | | | | |
| | 8 | Acabamento em Y | Hexagon | | | | |

| | |
|-------------------------|--------------------------|
| Validação Eng. Processo | Validação Chefe de Grupo |
| | |

| | | | Realizado | |
|-------------|----|-------------------------------|----------------------|--|
| Diagnóstico | 9 | Alinhamento do cabeçote | Calibre e comparador | |
| | 10 | Alinhamento dos eixos da mesa | Comparador | |

| | |
|-----------------|-----------|
| Data Manutenção | Validação |
| | |

Documento não controlado quando impresso

ANEXO 10 – PLANO DE MANUTENÇÃO

1. Objetivo

Diretrizes para a avaliação do estado dos equipamentos CNC.

2. Âmbito

A falta de avaliação dos equipamentos existentes na produção podem resultar em elevados tempos de setup devido ao excesso de correções necessárias para o correto funcionamento das máquinas. Neste sentido, este documento descreve o procedimento para um adequado diagnóstico a todo o tipo de equipamentos CNC presentes no setor da maquiagem.

3. Normas de Referência

N/A

4. Alterações

Primeira versão - criação.

5. Definições

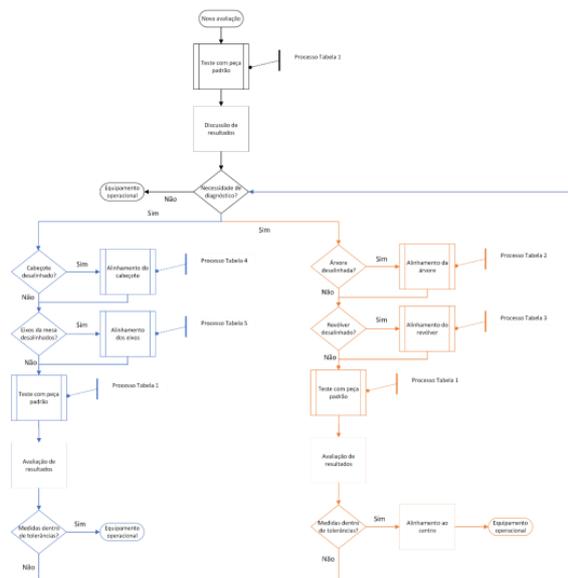
Todos os testes com peça padrão devem possuir, pelo menos um *checklist* para a sua avaliação, sendo que a cada *checklist* preenchido deve estar associado um *report*.

6. Terminologia

AU – Instrução de trabalho

7. Procedimento

Sempre que ocorrer algum tipo de colisão nalgum componente crítico da máquina que provoque a sua paragem, quando surgir uma nova inspeção através do planeamento de criticidade dos equipamentos ou quando se realizar um novo projeto SMED, deve ser realizada uma avaliação ao equipamento de forma a perceber as funcionalidades do mesmo. Esta avaliação é feita em duas fases distintas, um teste com uma peça padrão e posterior diagnóstico ao equipamento. No fluxograma abaixo encontra-se representada a sequência de passos a percorrer para todo este processo, sendo que o processo com cor azul corresponde à área da fresagem e a cor de laranja às áreas de torneamento.



7.1 Teste com peça padrão

A primeira fase centra-se na maquinação de uma peça previamente definida, onde são avaliadas algumas características que garantem o bom funcionamento do equipamento. O procedimento a realizar bem como o responsável por cada etapa e os documentos necessários para a sua concretização estão apresentados na tabela abaixo.

| Etapa | Descrição | Responsável | Documentos associados |
|-------|--|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Recolha dos documentos necessários e preparação do equipamento para a maquinação | Preparador | AU; Plano de ferramentas |
| 2 | Maquinação da primeira peça padrão no equipamento | Operador | - |
| 3 | Envio da peça e respetivo AU à área de metrologia | Chefe do grupo | AU |
| 4 | Medição dos atributos mais específicos da peça | Técnico qualidade | AU |
| 5 | Análise do relatório de dimensões da peça | Operador especializado/ Afinador | AU; Report |
| 6 | Avaliação dos atributos de avaliação da peça no checklist facultado | Chefe do grupo/ Eng. processo | AU; Checklist; Report |

7.2 Diagnóstico ao equipamento

A segunda parte da avaliação diz respeito a um diagnóstico ao equipamento que, como visto no fluxograma, para os setores de torneamento consiste em 2 processos fundamentais, o alinhamento da árvore e o alinhamento do revólver. Cada um deles está descrito nas tabelas abaixo.

Documento não controlado quando impresso

| Etapa | Descrição | Ferramentas utilizadas | Procedimento |
|-------|--|----------------------------|--|
| 1 | Desapertar parafusos da estrutura do revólver para, com a ajuda de um padrão, ser possível regulá-los enquanto se percorre o eixo Z (seta cor de laranja) nos 4 quadrantes do revólver | Micrómetro |  |
| 2 | Desapertar parafusos (representados a laranja) e tampa da árvore (superfície branca) de forma que os mesmos sejam regulados à medida que é percorrido o material inserido na etapa 1 | Comparador Chaves Allen |  |
| 3 | Repetir etapa 1 e 2 até que as medidas estejam dentro de tolerâncias | - | - |
| 4 | Aperto dos parafusos em forma cruzada com os Newtons pretendidos | Chave dinamométrica | - |

Documento não controlado quando impresso

| Etapa | Descrição | Ferramentas utilizadas | Procedimento |
|-------|--|----------------------------|--|
| 1 | Desapertar parafusos da estrutura do revólver para, com a ajuda de um padrão, ser possível regulá-los enquanto se percorre o eixo Z (seta cor de laranja) nos 4 quadrantes do revólver | Padrão Chaves Allen |  |
| 2 | Apertar parafusos do revólver em forma cruzada com os Newtons pretendidos | Chave dinamométrica | - |
| 3 | Desapertar parafusos do prato do revólver (representados na zona a cor de laranja) para com ajuda de um comparador (que percorre ao longo do eixo X, (seta a cor de laranja)) se consiga regular o prato | Comparador Chaves Allen |  |
| 4 | Aperto dos parafusos do prato do revólver em forma cruzada com os Newtons pretendidos | Chave dinamométrica | - |

Documento não controlado quando impresso

8. Documentos de apoio

8.1 Referências

- Report
- Checklist

8.2 Criação e preenchimento

8.2.1 Report

8.2.1.1 Criação do documento

- O documento deve ser criado sempre que seja realizada uma nova inspeção.

8.2.1.2 Responsabilidades

- É da responsabilidade do departamento de qualidade a sua criação.

8.2.1.3 Características a avaliar

- No caso do torneamento CNC devem ser avaliadas as características numeradas de 4 a 9. Já para o caso do torneamento fino, são avaliadas as características do torneamento mais a característica adicionada (característica 7). Relativamente ao setor da fresagem, todos os atributos enumerados devem ser avaliados.

8.2.1.4 Preenchimento

- N/A

8.2.2 Checklist

8.2.2.1 Criação do documento

- O documento deve ser criado sempre que seja realizada uma nova inspeção.

8.2.2.2 Responsabilidades

- É da responsabilidade do engenheiro de processos responsável por cada área a sua criação e preenchimento.

8.2.2.3 Características a avaliar

- Todas as características enumeradas no AU.

8.2.2.4 Preenchimento

- As características numeradas de 1 a 9, no caso do torneamento, dizem respeito ao teste com a peça padrão sendo, por isso, de preenchimento obrigatório, podendo ser colocadas observações às mesmas. As restantes características dizem respeito ao *checkup* da máquina, por isso, o seu preenchimento está dependente do resultado da testagem.
- De forma similar, todos os atributos relativos à área do torneamento fino e à fresagem são de preenchimento obrigatório.

Documento não controlado quando impresso



8.3 Aprovação

A aprovação do checklist deve ser feita aquando realização do teste pelo engenheiro de processo e chefe do grupo da área e a fase do diagnóstico deve ser validada pelo técnico de manutenção responsável.

8.4 Revisão

O documento relativo à checklist deve ser revisto sempre que se verificarem novos parâmetros de avaliação.

8.5 Arquivo

Ambos os documentos devem ser arquivados, em formato digital na pasta da manutenção, para futuras análises. Além disso, deve ser registado no *dashboard* do estado dos equipamentos, os resultados da avaliação.

Documento não controlado quando impresso



9. Anexos

9.1 Checklist

O documento relativo à checklist corresponde a algo semelhante ao mostrado na figura seguinte, sendo para cada área avaliados atributos diferentes.

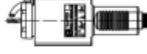
| Checklist para avaliação do estado dos equipamentos | | | | | | | XX.XX.XX | 1 |
|---|--------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------|--------|------|-------------|---|
| Centro de custos | Centro de trabalho | Referência | Realização | Nº Peça | Report | Data | | |
| Item | Objeto de medida | Pontos a Inspeccionar | Método de medição | OK | ALERTA | ERRO | Observações | |
| Módulo de controle específico | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Validação Eng. Processo | | | | Validação Chefe de Grupo | | | | |
| | | | | Realizado | | | | |
| Manutenção | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Data Manutenção | | | | Validação | | | | |

Documento não controlado quando impresso

Documento não controlado quando impresso

ANEXO 11 – PLANO DE FERRAMENTAS E PROGRAMA UTILIZADO

Plano de ferramentas:

| Leica | | PLANO DE FERRAMENTAS | | Nº da Peça / Fase / Alteração : 100-000.000-200 W808_01 | | Lugar da Garra : | | Data: 02/05/2022 | |
|---------------------|-------------------|---|------|--|--------------|---|------|-------------------------|-------------------------|
| | | | | Local de Trabalho: 174TOAG02 | | Nº Programa: HP1386 | | Nome: J.C. | |
| | | | | Pressão Aperto Garra: | | | | | |
| Descrição | | Ferramenta | | Descrição | | Ferramenta | | | |
| Nº Ferramenta | 205 |  | | Nº Ferramenta | Livre | | | Ref./Caract. Pastilha | |
| 1 | Sangrar | Tipo | Raio | Tipo Pastilha | 9 | | | Ref./Caract. Ferramenta | |
| Correção | | | | | Correção | Tipo | Raio | Tipo Pastilha | Ref./Caract. Ferramenta |
| TC(1) | Buril de 3mm |  | | | | | | | |
| Nº Ferramenta | Livre | | | Nº Ferramenta | 319 |  | | Ref./Caract. Pastilha | |
| 2 | Desbasta exterior | Tipo | Raio | Tipo Pastilha | 10 | Fresa os furos | | Ref./Caract. Ferramenta | |
| Correção | | | | | Correção | Tipo | Raio | Tipo Pastilha | Ref./Caract. Ferramenta |
| | | | | | TC(1) | Fresa Ø3 | | | |
| Nº Ferramenta | 201 |  | | Nº Ferramenta | 320 |  | | Ref./Caract. Pastilha | |
| 3 | Desbasta exterior | Tipo | Raio | Tipo Pastilha | 11 | Facetas frontais | | Ref./Caract. Ferramenta | |
| Correção | | | | | Correção | Tipo | Raio | Tipo Pastilha | Ref./Caract. Ferramenta |
| TC(1) | |  | 0,4 | | TC(1) | Broca ponto de Ø3mm | | | |
| Nº Ferramenta | Livre | | | Nº Ferramenta | 205 |  | | Ref./Caract. Pastilha | |
| 4 | | Tipo | Raio | Tipo Pastilha | 12 | Batente | | Ref./Caract. Ferramenta | |
| Correção | | | | | Correção | Tipo | Raio | Tipo Pastilha | Ref./Caract. Ferramenta |
| | | | | | TC(2) |  | | | |
| Nº Ferramenta | Livre | | | Nº Ferramenta | Livre | | | Ref./Caract. Pastilha | |
| 5 | | Tipo | Raio | Tipo Pastilha | 13 | | | Ref./Caract. Ferramenta | |
| Correção | | | | | Correção | Tipo | Raio | Tipo Pastilha | Ref./Caract. Ferramenta |
| | | | | | | | | | |
| Nº Ferramenta | 315 |  | | Nº Ferramenta | Livre | | | Ref./Caract. Pastilha | |
| 6 | Fresado 5+0,05 | Tipo | Raio | Tipo Pastilha | 14 | | | Ref./Caract. Ferramenta | |
| Correção | | | | | Correção | Tipo | Raio | Tipo Pastilha | Ref./Caract. Ferramenta |
| TC(1) | Fresa Ø5 | | | | | | | | |
| Nº Ferramenta | 119 |  | | Nº Ferramenta | Livre | | | Ref./Caract. Pastilha | |
| 7 | Acaba frente | Tipo | Raio | Tipo Pastilha | 15 | | | Ref./Caract. Ferramenta | |
| Correção | | | | | Correção | Tipo | Raio | Tipo Pastilha | Ref./Caract. Ferramenta |
| TC(1) | |  | 0,2 | | | | | | |
| Nº Ferramenta | 209 |  | | Nº Ferramenta | Livre | | | Ref./Caract. Pastilha | |
| 8 | Acaba exterior | Tipo | Raio | Tipo Pastilha | 16 | | | Ref./Caract. Ferramenta | |
| Correção | | | | | Correção | Tipo | Raio | Tipo Pastilha | Ref./Caract. Ferramenta |
| TC(1) | |  | | | | | | | |
| Observações: | | | | | | | | | |

Desenvolvido por Engenharia da Mecânica Leica

Programa utilizado

```
%_N_HP1386_MPF
;$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_100_000_000_200_W808_WPD
N10 ;(REFERENCIA:100-000.000-200_W808 )
N20 ;(CENTRO DE TRABALHO:174TOA02 )
N30 ;(PROGRAMADO POR/EM:J.C. / 3.05.22 )
N40 ;(NR DE REVISAO:1 )
N50 ;(ULTIMA COPIA:20.05.22 )
N60 ;(MATERIA-PRIMA:AIMg5 60 )
N70 INICIO:
/N80 gotof vazio1
N90 M99
N100 M814
N110 G0 G90 G53 D0 Z400
N120 G53 X300
N130 STOPRE
N140 ;G59 = a 122 + comprimento da peca
/N150 vazio1:
N160 G59 Z209.5
N170 STOPRE
/N180 gotof vazio2
N190 M65 ;consulta final da barra
N200 STOPRE
N210 IF (RG741==1)
N220 MSG ("FIM DE BARRA")
N230 M681 ;RECOLHER APANHADOR
N240 M436 ;ABRE A GARRA
N250 M69 ;EMPURRA A BARRA
N260 M66
N270 G4 F1
N280 M680
N290 M437 ;FECHA A GARRA
N300 STOPRE
N310 ENDIF
N320 MSG ("BATENTE DO MATERIAL")
N330 T12
N340 TC(2)
N350 G0 G60 G90 X0 Z10
N360 G1 G94 Z-60 F2000
N370 M436 ;ABRE A GARRA
N380 M69
N390 M66
N400 G4 F1
N410 X0 Z.3 F2000
N420 M437 ;FECHA A GARRA
N430 G0 X20 Z10
N440 G0 D0 G53 X400 Z500
```

/N450 vazio2:
N460 MSG("DESBASTE EXTERIOR")
N470 SETMS(4)
N480 TRAF00F
N490 SPCOF(4)
N500 DIAMON
N510 T3
N520 TC(1)
N530 LIMS=4000
N540 G97 S4=3000 M4=3
N550 M108
N560 G18
N570 G95 G0 X56.513 Z2
N580 G1 Z-83.4 F.45
N590 X60.3
N600 Z-91.7
N610 G40 X64.3
N620 G0 Z2
N630 G42 X52.725
N640 G1 Z-83.4
N650 X60.513
N660 G0 G40 Z2
N670 X48.938
N680 G1 Z-33.049
N690 X50.3 Z-33.442
N700 Z-83.4
N710 X52.725
N720 X56.725
N730 G40 G0 Z2
N740 X45.151
N750 G1 Z-31.956
N760 X48.938 Z-33.049
N770 G40 X52.938
N780 G0 Z2.
N790 G42 X41.364
N800 G1 Z-30.863
N810 X45.151 Z-31.956
N820 G40 X49.151
N830 G0 Z2
N840 G42 X37.576
N850 G1 Z-8.26
N860 G3 X40.3 Z-15.533 CR=20.1
N870 G1 Z-30.556
N880 X41.364 Z-30.863
N890 X45.364
N900 G0 G40 Z2
N910 G42 X33.789
N920 G1 Z-4.566

N930 G3 X37.576 Z-8.261 CR=20.1
N940 G1 G40 X41.576 Z-8.26
N950 G0 Z2
N960 G42 X30.002
N970 G1 Z-9
N980 X33.3
N990 Z-4.2
N1000 G3 X33.789 Z-4.566 CR=20.1
N1010 G1 X37.789
N1020 G0 G40 Z2.
N1030 G42 X26.214
N1040 G1 Z-9
N1050 X30.002
N1060 X34.002
N1070 G0 G40 Z2.
N1080 G42 X22.427
N1090 G1 Z-829
N1100 X22.554 Z-9
N1110 X26.214
N1120 X30.214
N1130 G0 G40 Z2.
N1140 G42 X18.64
N1150 G1 Z.5
N1160 Z.12
N1170 X19.306 Z.064
N1180 G3 X22.316 Z-7.766 CR=2.6
N1190 G1 X22.427 Z-829
N1200 X26.427
N1210 G0 X40.5
N1220 G42 X43.128
N1230 Z-14.119
N1240 G1 X40.3 Z-15.533 F.3
N1250 G3 X36.8 Z-23.736 CR=20.1 F.1
N1260 G1 Z-29.545 F.3
N1270 X40.3 Z-30.556
N1280 G40 X44.3
N1290 G0 Z-22.322
N1300 G42 X39.628
N1310 G1 X36.8 Z-23.736 F.3
N1320 G3 X33.3 Z-26.866 CR=20.1 F.1
N1330 G1 Z-28.535 F.3
N1340 X36.8 Z-29.545
N1350 G40 X40.8
N1360 G0 X60
N1370 G0 Z10.
N1380 M4=5
N1390 M109
N1400 DIAMON

N1410 G0 G53 D0 X400 Z500 ; afastar XZ
N1420 SETMS(4)
N1430 MSG("ACABA EXTERIOR")
N1440 SPCOF(4)
N1450 DIAMON
N1460 T8
N1470 TC(1)
N1480 LIMS=4000
N1490 G97 S4=2000 M4=3
N1500 M108
N1510 G18
N1520 G0 G42 X33. Z1.
N1530 G1 Z-4.23 F.05
N1540 G3 X40. Z-15.533 CR=20.
N1550 X33. Z-26.836 CR=20.
N1560 G1 Z-28.593
N1570 X50. Z-33.5
N1580 Z-83.5
N1590 X60. CHR=0.15
N1600 Z-88.35
N1610 Z-88.6 ANG=225.
N1620 Z-88.9
N1630 G40 X62.828
N1640 G0 Z20.
N1650 M4=5
N1660 M109
N1670 DIAMON
N1680 G0 G53 D0 X400 Z500 ; afastar XZ
N1690 SETMS(4)
N1700 MSG("ACABA FACE")
N1710 SPCOF(4)
N1720 DIAMON
N1730 T7
N1740 TC(1)
N1750 LIMS=4000
N1760 G97 S4=2000 M4=4
N1770 M108
N1780 G18
N1790 G41 G0 X23.342 Z2.
N1800 G1 Z.1 F.15
N1810 X18.34
N1820 G2 X14.34 Z-.9 CR=2.5
N1830 G1 X0.
N1840 G40 X-2.828 Z.514
N1850 G0 Z2.
N1860 X36.
N1870 G41 X35.366 Z-.333
N1880 G1 Z-2.333 F.3

N1890 X32.7 Z-1. F0.05
N1900 X22.34
N1910 G2 X14.34 Z-1. CR=2.5
N1920 G1 X0.
N1930 G40 X-2.828 Z.414
N1940 G0 Z1.25
N1950 M4=5
N1960 M109
N1970 DIAMON
N1980 G0 G53 D0 X400 Z500 ; afastar XZ
N1990 T10 ;3 Flat Endmill
N2000 TC(1)
N2010 MSG("FRESAR FUROS")
N2020 G97 S1=4000 M1=3
N2030 M108
N2040 G94
N2050 SETMS(1)
N2060 G17
N2070 G0 X30. Z10. SPOS[4]=0
N2080 TRANSMIT
N2090 G0 X-1 Y-13.5 Z2.
N2100 G1 Z0. F150.
N2110 G41 Y-11.85
N2120 G3 X-3.4 Y-13.5 CR=1.65
N2130 G1 X-3.335 Y-13.832 Z-.156
N2140 X-3.141 Y-14.151 Z-.313
N2150 X-2.827 Y-14.444 Z-.469
N2160 X-2.404 Y-14.702 Z-.625
N2170 X-1.889 Y-14.913 Z-.781
N2180 X-1.301 Y-15.071 Z-.938
N2190 X-.663 Y-15.167 Z-1.094
N2200 X0. Y-15.2 Z-1.25
N2210 X.663 Y-15.167 Z-1.406
N2220 X1.301 Y-15.071 Z-1.563
N2230 X1.889 Y-14.913 Z-1.719
N2240 X2.404 Y-14.702 Z-1.875
N2250 X2.827 Y-14.444 Z-2.031
N2260 X3.141 Y-14.151 Z-2.188
N2270 X3.335 Y-13.832 Z-2.344
N2280 X3.4 Y-13.5 Z-2.5
N2290 X3.335 Y-13.168 Z-2.656
N2300 X3.141 Y-12.849 Z-2.813
N2310 X2.827 Y-12.556 Z-2.969
N2320 X2.404 Y-12.298 Z-3.125
N2330 X1.889 Y-12.087 Z-3.281
N2340 X1.301 Y-11.929 Z-3.438
N2350 X.663 Y-11.833 Z-3.594
N2360 X0. Y-11.8 Z-3.75

N2370 X-.663 Y-11.833 Z-3.906
N2380 X-1.301 Y-11.929 Z-4.063
N2390 X-1.889 Y-12.087 Z-4.219
N2400 X-2.404 Y-12.298 Z-4.375
N2410 X-2.827 Y-12.556 Z-4.531
N2420 X-3.141 Y-12.849 Z-4.688
N2430 X-3.335 Y-13.168 Z-4.844
N2440 X-3.4 Y-13.5 Z-5.
N2450 G3 X0. Y-15.2 CR=1.7
N2460 X3.4 Y-13.5 CR=1.7
N2470 X0. Y-11.8 CR=1.7
N2480 X-3.4 Y-13.5 CR=1.7
N2490 X-.1 Y-15.15 CR=1.65
N2500 G1 G40 Y-13.5
N2510 G0 Z-3.
N2520 Z2.
N2530 X-.7
N2540 G1 Z0. F150.
N2550 G41 Y-11.85
N2560 G3 X-4. Y-13.5 CR=1.65
N2570 G1 X-3.939 Y-13.847 Z-.139
N2580 X-3.759 Y-14.184 Z-.278
N2590 X-3.464 Y-14.5 Z-.417
N2600 X-3.064 Y-14.786 Z-.556
N2610 X-2.571 Y-15.032 Z-.694
N2620 X-2. Y-15.232 Z-.833
N2630 X-1.368 Y-15.379 Z-.972
N2640 X-.695 Y-15.47 Z-1.111
N2650 X0. Y-15.5 Z-1.25
N2660 X.695 Y-15.47 Z-1.389
N2670 X1.368 Y-15.379 Z-1.528
N2680 X2. Y-15.232 Z-1.667
N2690 X2.571 Y-15.032 Z-1.806
N2700 X3.064 Y-14.786 Z-1.944
N2710 X3.464 Y-14.5 Z-2.083
N2720 X3.759 Y-14.184 Z-2.222
N2730 X3.939 Y-13.847 Z-2.361
N2740 X4. Y-13.5 Z-2.5
N2750 X3.939 Y-13.153 Z-2.639
N2760 X3.759 Y-12.816 Z-2.778
N2770 X3.464 Y-12.5 Z-2.917
N2780 X3.064 Y-12.214 Z-3.056
N2790 X2.571 Y-11.968 Z-3.194
N2800 X2. Y-11.768 Z-3.333
N2810 X1.368 Y-11.621 Z-3.472
N2820 X.695 Y-11.53 Z-3.611
N2830 X0. Y-11.5 Z-3.75
N2840 X-.695 Y-11.53 Z-3.889

N2850 X-1.368 Y-11.621 Z-4.028
N2860 X-2. Y-11.768 Z-4.167
N2870 X-2.571 Y-11.968 Z-4.306
N2880 X-3.064 Y-12.214 Z-4.444
N2890 X-3.464 Y-12.5 Z-4.583
N2900 X-3.759 Y-12.816 Z-4.722
N2910 X-3.939 Y-13.153 Z-4.861
N2920 X-4. Y-13.5 Z-5.
N2930 G3 X0. Y-15.5 CR=2.
N2940 X4. Y-13.5 CR=2.
N2950 X0. Y-11.5 CR=2.
N2960 X-4. Y-13.5 CR=2.
N2970 X-.7 Y-15.15 CR=1.65
N2980 G1 G40 Y-13.5
N2990 G0 Z2.
N3000 ;***** (FURO 4)
N3010 X-.1 Y-4.
N3020 G1 Z0. F150.
N3030 G41 Y-2.35
N3040 G3 X-3.4 Y-4. CR=1.65
N3050 G1 X-3.335 Y-4.332 Z-.156
N3060 X-3.141 Y-4.651 Z-.313
N3070 X-2.827 Y-4.944 Z-.469
N3080 X-2.404 Y-5.202 Z-.625
N3090 X-1.889 Y-5.413 Z-.781
N3100 X-1.301 Y-5.571 Z-.938
N3110 X-.663 Y-5.667 Z-1.094
N3120 X0. Y-5.7 Z-1.25
N3130 X.663 Y-5.667 Z-1.406
N3140 X1.301 Y-5.571 Z-1.563
N3150 X1.889 Y-5.413 Z-1.719
N3160 X2.404 Y-5.202 Z-1.875
N3170 X2.827 Y-4.944 Z-2.031
N3180 X3.141 Y-4.651 Z-2.188
N3190 X3.335 Y-4.332 Z-2.344
N3200 X3.4 Y-4. Z-2.5
N3210 X3.335 Y-3.668 Z-2.656
N3220 X3.141 Y-3.349 Z-2.813
N3230 X2.827 Y-3.056 Z-2.969
N3240 X2.404 Y-2.798 Z-3.125
N3250 X1.889 Y-2.587 Z-3.281
N3260 X1.301 Y-2.429 Z-3.438
N3270 X.663 Y-2.333 Z-3.594
N3280 X0. Y-2.3 Z-3.75
N3290 X-.663 Y-2.333 Z-3.906
N3300 X-1.301 Y-2.429 Z-4.063
N3310 X-1.889 Y-2.587 Z-4.219
N3320 X-2.404 Y-2.798 Z-4.375

N3330 X-2.827 Y-3.056 Z-4.531
N3340 X-3.141 Y-3.349 Z-4.688
N3350 X-3.335 Y-3.668 Z-4.844
N3360 X-3.4 Y-4. Z-5.
N3370 G3 X0. Y-5.7 CR=1.7
N3380 X3.4 Y-4. CR=1.7
N3390 X0. Y-2.3 CR=1.7
N3400 X-3.4 Y-4. CR=1.7
N3410 X-.1 Y-5.65 CR=1.65
N3420 G1 G40 Y-4.
N3430 G0 Z-3.
N3440 Z2.
N3450 X-.7
N3460 G1 Z0. F150.
N3470 G41 Y-2.35
N3480 G3 X-4. Y-4. CR=1.65
N3490 G1 X-3.939 Y-4.347 Z-.139
N3500 X-3.759 Y-4.684 Z-.278
N3510 X-3.464 Y-5. Z-.417
N3520 X-3.064 Y-5.286 Z-.556
N3530 X-2.571 Y-5.532 Z-.694
N3540 X-2. Y-5.732 Z-.833
N3550 X-1.368 Y-5.879 Z-.972
N3560 X-.695 Y-5.97 Z-1.111
N3570 X0. Y-6. Z-1.25
N3580 X.695 Y-5.97 Z-1.389
N3590 X1.368 Y-5.879 Z-1.528
N3600 X2. Y-5.732 Z-1.667
N3610 X2.571 Y-5.532 Z-1.806
N3620 X3.064 Y-5.286 Z-1.944
N3630 X3.464 Y-5. Z-2.083
N3640 X3.759 Y-4.684 Z-2.222
N3650 X3.939 Y-4.347 Z-2.361
N3660 X4. Y-4. Z-2.5
N3670 X3.939 Y-3.653 Z-2.639
N3680 X3.759 Y-3.316 Z-2.778
N3690 X3.464 Y-3. Z-2.917
N3700 X3.064 Y-2.714 Z-3.056
N3710 X2.571 Y-2.468 Z-3.194
N3720 X2. Y-2.268 Z-3.333
N3730 X1.368 Y-2.121 Z-3.472
N3740 X.695 Y-2.03 Z-3.611
N3750 X0. Y-2. Z-3.75
N3760 X-.695 Y-2.03 Z-3.889
N3770 X-1.368 Y-2.121 Z-4.028
N3780 X-2. Y-2.268 Z-4.167
N3790 X-2.571 Y-2.468 Z-4.306
N3800 X-3.064 Y-2.714 Z-4.444

N3810 X-3.464 Y-3. Z-4.583
N3820 X-3.759 Y-3.316 Z-4.722
N3830 X-3.939 Y-3.653 Z-4.861
N3840 X-4. Y-4. Z-5.
N3850 G3 X0. Y-6. CR=2.
N3860 X4. Y-4. CR=2.
N3870 X0. Y-2. CR=2.
N3880 X-4. Y-4. CR=2.
N3890 X-.7 Y-5.65 CR=1.65
N3900 G1 G40 Y-4.
N3910 G0 Z2.
N3920 ;***** (FURO 8)
N3930 X-2.7 Y8.
N3940 G1 Z0. F100
N3950 G41 Y9.65
N3960 G3 X-6. Y8. CR=1.65
N3970 G1 X-5.939 Y7.573 Z-.114
N3980 X-5.757 Y7.155 Z-.227
N3990 X-5.458 Y6.754 Z-.341
N4000 X-5.048 Y6.378 Z-.455
N4010 X-4.534 Y6.035 Z-.568
N4020 X-3.929 Y5.733 Z-.682
N4030 X-3.244 Y5.476 Z-.795
N4040 X-2.492 Y5.271 Z-.909
N4050 X-1.69 Y5.122 Z-1.023
N4060 X-.854 Y5.031 Z-1.136
N4070 X0. Y5. Z-1.25
N4080 X.854 Y5.031 Z-1.364
N4090 X1.69 Y5.122 Z-1.477
N4100 X2.492 Y5.271 Z-1.591
N4110 X3.244 Y5.476 Z-1.705
N4120 X3.929 Y5.733 Z-1.818
N4130 X4.534 Y6.035 Z-1.932
N4140 X5.048 Y6.378 Z-2.045
N4150 X5.458 Y6.754 Z-2.159
N4160 X5.757 Y7.155 Z-2.273
N4170 X5.939 Y7.573 Z-2.386
N4180 X6. Y8. Z-2.5
N4190 X5.939 Y8.427 Z-2.614
N4200 X5.757 Y8.845 Z-2.727
N4210 X5.458 Y9.246 Z-2.841
N4220 X5.048 Y9.622 Z-2.955
N4230 X4.534 Y9.965 Z-3.068
N4240 X3.929 Y10.267 Z-3.182
N4250 X3.244 Y10.524 Z-3.295
N4260 X2.492 Y10.729 Z-3.409
N4270 X1.69 Y10.878 Z-3.523
N4280 X.854 Y10.969 Z-3.636

N4290 X0. Y11. Z-3.75
N4300 X-.854 Y10.969 Z-3.864
N4310 X-1.69 Y10.878 Z-3.977
N4320 X-2.492 Y10.729 Z-4.091
N4330 X-3.244 Y10.524 Z-4.205
N4340 X-3.929 Y10.267 Z-4.318
N4350 X-4.534 Y9.965 Z-4.432
N4360 X-5.048 Y9.622 Z-4.545
N4370 X-5.458 Y9.246 Z-4.659
N4380 X-5.757 Y8.845 Z-4.773
N4390 X-5.939 Y8.427 Z-4.886
N4400 X-6. Y8. Z-5.
N4410 G3 X0. Y5. CR=3.
N4420 X6. Y8. CR=3.
N4430 X0. Y11. CR=3.
N4440 X-6. Y8. CR=3.
N4450 X-2.7 Y6.35 CR=1.65
N4460 G1 G40 Y8.
N4470 G0 Z-3.
N4480 Z2.
N4490 X-4.7
N4500 G1 Z0. F150
N4510 G41 Y9.65
N4520 G3 X-8. Y8. CR=1.65
N4530 G1 X-7.932 Y7.478 Z-.104
N4540 X-7.727 Y6.965 Z-.208
N4550 X-7.391 Y6.469 Z-.313
N4560 X-6.928 Y6. Z-.417
N4570 X-6.347 Y5.565 Z-.521
N4580 X-5.657 Y5.172 Z-.625
N4590 X-4.87 Y4.827 Z-.729
N4600 X-4. Y4.536 Z-.833
N4610 X-3.061 Y4.304 Z-.938
N4620 X-2.071 Y4.136 Z-1.042
N4630 X-1.044 Y4.034 Z-1.146
N4640 X0. Y4. Z-1.25
N4650 X1.044 Y4.034 Z-1.354
N4660 X2.071 Y4.136 Z-1.458
N4670 X3.061 Y4.304 Z-1.563
N4680 X4. Y4.536 Z-1.667
N4690 X4.87 Y4.827 Z-1.771
N4700 X5.657 Y5.172 Z-1.875
N4710 X6.347 Y5.565 Z-1.979
N4720 X6.928 Y6. Z-2.083
N4730 X7.391 Y6.469 Z-2.188
N4740 X7.727 Y6.965 Z-2.292
N4750 X7.932 Y7.478 Z-2.396
N4760 X8. Y8. Z-2.5

N4770 X7.932 Y8.522 Z-2.604
N4780 X7.727 Y9.035 Z-2.708
N4790 X7.391 Y9.531 Z-2.813
N4800 X6.928 Y10. Z-2.917
N4810 X6.347 Y10.435 Z-3.021
N4820 X5.657 Y10.828 Z-3.125
N4830 X4.87 Y11.173 Z-3.229
N4840 X4. Y11.464 Z-3.333
N4850 X3.061 Y11.696 Z-3.438
N4860 X2.071 Y11.864 Z-3.542
N4870 X1.044 Y11.966 Z-3.646
N4880 X0. Y12. Z-3.75
N4890 X-1.044 Y11.966 Z-3.854
N4900 X-2.071 Y11.864 Z-3.958
N4910 X-3.061 Y11.696 Z-4.063
N4920 X-4. Y11.464 Z-4.167
N4930 X-4.87 Y11.173 Z-4.271
N4940 X-5.657 Y10.828 Z-4.375
N4950 X-6.347 Y10.435 Z-4.479
N4960 X-6.928 Y10. Z-4.583
N4970 X-7.391 Y9.531 Z-4.688
N4980 X-7.727 Y9.035 Z-4.792
N4990 X-7.932 Y8.522 Z-4.896
N5000 X-8. Y8. Z-5.
N5010 G3 X0. Y4. CR=4.
N5020 X8. Y8. CR=4.
N5030 X0. Y12. CR=4.
N5040 X-8. Y8. CR=4.
N5050 X-4.7 Y6.35 CR=1.65
N5060 G1 G40 Y8.
N5070 G0 Z2.
N5080 M1=5
N5090 M109
N5100 TRAF00F
N5110 SPCOF(4)
N5120 DIAMON
N5130 G0 G53 D0 X400 Z500 ; afastar XZ
N5140 T11
N5150 TC(1)
N5160 MSG("FACETAS FUROS")
N5170 G97 S1=4000 M1=3
N5180 M108
N5190 G94
N5200 SETMS(1)
N5210 G17
N5220 G0 X30. Z10. SPOS[4]=0
N5230 TRANSMIT
N5240 X-3. Y-4.

N5250 G1 Z-1.65 F1000.
N5260 G3 X0. Y-5.5 CR=1.5 F500.
N5270 X3. Y-4. CR=1.5
N5280 X0. Y-2.5 CR=1.5
N5290 X-3. Y-4. CR=1.5
N5300 G0 Z2.
N5310 Y-13.5
N5320 G1 Z-1.65 F1000.
N5330 G3 X0. Y-15. CR=1.5 F500.
N5340 X3. Y-13.5 CR=1.5
N5350 X0. Y-12. CR=1.5
N5360 X-3. Y-13.5 CR=1.5
N5370 G0 Z25.
N5380 M1=5 G19
N5390 M109
N5400 TRAF00F
N5410 SPCOF(4)
N5420 DIAMON
N5430 G0 G53 D0 X400 Z500 ; afastar XZ
N5440 T6 ;5 Flat Endmill
N5450 TC(1)
N5460 MSG("FRESADO VERTICAL")
N5470 G97 S1=4000 M1=4
N5480 M108
N5490 G94
N5500 SETMS(1)
N5510 G0 X65 Z10. SPOS[4]=90
N5520 G0 Z-76.
N5530 X51.8
N5540 G1 Z-89.5 F150
N5550 G0 X65.
N5560 Z10.
N5570 M1=5 G19
N5580 M109
N5590 TRAF00F
N5600 SPCOF(4)
N5610 DIAMON
N5620 G0 G53 D0 X400 Z500 ; afastar XZ
N5630 SETMS(4)
N5640 T1 ;BuriI_sangrar - Iscar-DGTR 20B-2D35-JHP-SL-MC
N5650 TC(1)
N5660 MSG("SANGRAR")
N5670 LIMS=4000
N5680 G97 S4=1000 M4=3
N5690 M108
N5700 G18
N5710 M681
N5720 X66. Z-88.5

N5730 G1 X61.
F.1
N5740 G1 G95 X-2.5 F.05
N5750 G0 X66.
N5760 M680
N5770 G0 G53 D0 X400 Z500
N5780 M109
N5790 M4=5
N5800 M01
N5810 GOTOB INICIO
N5820 M30

ANEXO 12 – RESULTADOS ENSAIO

Peça padrão 1:



| Reference: 100-000.000-200 | | Date: maio 04, 2022 | | Leitz Reference XI | | | | |
|----------------------------|---------|---------------------|---------|--------------------|----------|---------|--------|--------|
| Name: Peça Padrão | | Operator: 2032 | | Pc 1.3+L/350mm | | | | |
| Revision: 01 | | PO: N/A | | | | | | |
| Serial Number: 174T0A02 | | Report: N/A | | | | | | |
| 4 | MM | / 0.01 | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| Ø33 | 0.0000 | 0.0012 | 0.0100 | | 0.0012 | 0.0000 | | |
| 4.1 | MM | / 0.01 | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| DATUM_B | 0.0000 | 0.0100 | 0.0100 | | 0.0100 | 0.0000 | | |
| # | MM | 5.1000 - Ø50_CIMA | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| D | 50.0000 | 49.9895 | 0.0100 | -0.0100 | -0.0105 | 0.0005 | | |
| # | MM | 5.2000 - Ø50_MEIO | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| D | 50.0000 | 49.9975 | 0.0100 | -0.0100 | -0.0025 | 0.0000 | | |
| # | MM | 5.3000 - Ø50_BAIXO | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| D | 50.0000 | 50.0076 | 0.0100 | -0.0100 | 0.0076 | 0.0000 | | |
| 6 | MM | / 0.01 B | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | BONUS | |
| Ø33 | 0.0000 | 0.0056 | 0.0100 | 0.0000 | 0.0056 | 0.0000 | 0.0000 | |
| 7 | MM | / 0.02 | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| Ø8 | 0.0000 | 0.0207 | 0.0200 | | 0.0207 | 0.0007 | | |
| 8 | MM | / 0.02 A B | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | BONUS |
| Ø4_1 | X | 4.0000 | 3.9922 | | | -0.0078 | | |
| | Y | 0.0000 | 0.0213 | | | 0.0213 | | |
| | TP | 0.0000 | 0.0455 | 0.0200 | 0.0000 | 0.0455 | 0.0255 | 0.0000 |
| Ø4_2 | X | 13.5048 | 13.4828 | | | -0.0220 | | |
| | Y | 0.0000 | -0.0056 | | | -0.0056 | | |
| | TP | 0.0000 | 0.0455 | 0.0200 | 0.0000 | 0.0455 | 0.0255 | 0.0000 |

Peça padrão 2:



| Reference: 100-000.000-200 | | Date: maio 04, 2022 | | Leitz Reference XI | | | | |
|----------------------------|---------|---------------------|---------|--------------------|----------|---------|--------|--------|
| Name: Peça Padrão | | Operator: 2032 | | Pc 1.3+L/350mm | | | | |
| Revision: 01 | | PO: N/A | | | | | | |
| Serial Number: 2 | | Report: N/A | | | | | | |
| 4 | MM | / 0.01 | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| Ø33 | 0.0000 | 0.0013 | 0.0100 | | 0.0013 | 0.0000 | | |
| 4.1 | MM | / 0.01 | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| DATUM_B | 0.0000 | 0.0096 | 0.0100 | | 0.0096 | 0.0000 | | |
| # | MM | 5.1000 - Ø50_CIMA | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| D | 50.0000 | 49.9754 | 0.0100 | -0.0100 | -0.0246 | 0.0146 | | |
| # | MM | 5.2000 - Ø50_MEIO | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| D | 50.0000 | 49.9827 | 0.0100 | -0.0100 | -0.0173 | 0.0073 | | |
| # | MM | 5.3000 - Ø50_BAIXO | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| D | 50.0000 | 49.9927 | 0.0100 | -0.0100 | -0.0073 | 0.0000 | | |
| 6 | MM | / 0.01 B | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | BONUS | |
| Ø33 | 0.0000 | 0.0061 | 0.0100 | 0.0000 | 0.0061 | 0.0000 | 0.0000 | |
| 7 | MM | / 0.02 | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| Ø8 | 0.0000 | 0.0115 | 0.0200 | | 0.0115 | 0.0000 | | |
| 8 | MM | / 0.02 A B | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | BONUS |
| Ø3_1 | X | 4.0000 | 3.9890 | | | -0.0110 | | |
| | Y | 0.0000 | 0.0251 | | | 0.0251 | | |
| | TP | 0.0000 | 0.0549 | 0.0200 | 0.0000 | 0.0549 | 0.0349 | 0.0000 |
| Ø3_2 | X | 13.5048 | 13.4779 | | | -0.0269 | | |
| | Y | 0.0000 | -0.0056 | | | -0.0056 | | |
| | TP | 0.0000 | 0.0549 | 0.0200 | 0.0000 | 0.0549 | 0.0349 | 0.0000 |

Peça padrão 3:



| Reference: 100-000.000-200 | | Date: maio 05, 2022 | | Leitz Reference XI | | | | |
|----------------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|----------|---------|--------|--------|
| Name: Peça Padrão | | Operator: 2032 | | Pc 1.3+L/350mm | | | | |
| Revision: 01 | | PO: N/A | | Report: LCP220038_1 | | | | |
| Serial Number: 3 | | | | | | | | |
| 4 | MM | [0.01] | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| Ø33 | 0.0000 | 0.0013 | 0.0100 | | 0.0013 | 0.0000 | | |
| 4.1 | MM | [0.01] | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| DATUM_B | 0.0000 | 0.0102 | 0.0100 | | 0.0102 | 0.0002 | | |
| ⊕ | MM | 5.1000 - Ø50_CIMA | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| D | 50.0000 | 49.9866 | 0.0100 | -0.0100 | -0.0134 | 0.0034 | | |
| ⊕ | MM | 5.2000 - Ø50_MEIO | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| D | 50.0000 | 49.9945 | 0.0100 | -0.0100 | -0.0055 | 0.0000 | | |
| ⊕ | MM | 5.3000 - Ø50_Baixo | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| D | 50.0000 | 50.0040 | 0.0100 | -0.0100 | 0.0040 | 0.0000 | | |
| 6 | MM | [0.01] B | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | BONUS | |
| Ø33 | 0.0000 | 0.0044 | 0.0100 | 0.0000 | 0.0044 | 0.0000 | 0.0000 | |
| 7 | MM | [0.02] | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| Ø8 | 0.0000 | 0.0150 | 0.0200 | | 0.0150 | 0.0000 | | |
| 8 | MM | [0.02] A B C | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | BONUS |
| Ø3_1 | X | 4.0000 | 3.9967 | | | -0.0033 | | |
| | Y | 0.0000 | 0.0360 | | | 0.0360 | | |
| | TP | 0.0000 | 0.0724 | 0.0200 | 0.0000 | 0.0724 | 0.0524 | 0.0000 |
| Ø3_2 | X | 13.5048 | 13.4848 | | | -0.0200 | | |
| | Y | 0.0000 | 0.0355 | | | 0.0355 | | |
| | TP | 0.0000 | 0.0815 | 0.0200 | 0.0000 | 0.0815 | 0.0615 | 0.0000 |

Peça padrão 4:



| Reference: 100-000.000-200 | | Date: junho 07, 2022 | | Leitz Reference XI | | | | |
|----------------------------|---------|----------------------|---------|--------------------|----------|---------|--------|--------|
| Name: Peça Padrão | | Operator: 2032 | | Pc 1.3+L/350mm | | | | |
| Revision: 01 | | PO: N/A | | Report: LCP220058 | | | | |
| Serial Number: N/A | | | | | | | | |
| 4 | MM | [0.01] | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| Ø33 | 0.0000 | 0.0008 | 0.0100 | | 0.0008 | 0.0000 | | |
| 4.1 | MM | [0.01] | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| DATUM_B | 0.0000 | 0.0017 | 0.0100 | | 0.0017 | 0.0000 | | |
| ⊕ | MM | 5.1000 - Ø50_CIMA | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| D | 50.0000 | 50.0040 | 0.0100 | -0.0100 | 0.0040 | 0.0000 | | |
| ⊕ | MM | 5.2000 - Ø50_MEIO | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| D | 50.0000 | 50.0055 | 0.0100 | -0.0100 | 0.0055 | 0.0000 | | |
| ⊕ | MM | 5.3000 - Ø50_Baixo | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| D | 50.0000 | 50.0091 | 0.0100 | -0.0100 | 0.0091 | 0.0000 | | |
| 6 | MM | [0.01] B | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | BONUS | |
| Ø33 | 0.0000 | 0.0068 | 0.0100 | 0.0000 | 0.0068 | 0.0000 | 0.0000 | |
| 7 | MM | [0.02] | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| Ø8 | 0.0000 | 0.0169 | 0.0200 | | 0.0169 | 0.0000 | | |
| 8 | MM | [0.02] A B C | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | BONUS |
| Ø3_1 | X | 4.0000 | 4.0120 | | | 0.0119 | | |
| | Y | 0.0000 | 0.0330 | | | 0.0330 | | |
| | TP | 0.0000 | 0.0703 | 0.0200 | 0.0000 | 0.0703 | 0.0503 | 0.0000 |
| Ø3_2 | X | 13.5048 | 13.5004 | | | -0.0044 | | |
| | Y | 0.0000 | 0.0312 | | | 0.0312 | | |
| | TP | 0.0000 | 0.0630 | 0.0200 | 0.0000 | 0.0630 | 0.0430 | 0.0000 |

Peça padrão 5:



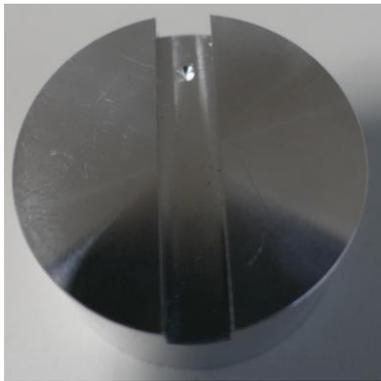
| Reference: 100-000-000-200 | | Date: Junho 09, 2022 | | Leitz Reference XI | | | | |
|--------------------------------|-----------|----------------------|----------|--------------------|-----------|----------|--------|--------|
| Name: Peça Padrão | | Operator: 2032 | | Pc 1.3+L/350mm | | | | |
| Revision: 01 | | PO: N/A | | | | | | |
| Serial Number: N/A | | Report: LCP220059 | | | | | | |
| 4 | MM | Z/ 0.01 | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| Ø33 | 0.0000 | 0.0007 | 0.0100 | | 0.0007 | 0.0000 | | |
| 4.1 | MM | Z/ 0.01 | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| DATUM_B | 0.0000 | 0.0012 | 0.0100 | | 0.0012 | 0.0000 | | |
| Ø | MM | 5.1000 - Ø50_CIMA | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| D | 50.0000 | 49.9952 | 0.0100 | -0.0100 | -0.0048 | 0.0000 | | |
| Ø | MM | 5.2000 - Ø50_MEIO | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| D | 50.0000 | 49.9967 | 0.0100 | -0.0100 | -0.0033 | 0.0000 | | |
| Ø | MM | 5.3000 - Ø50_BAIXO | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| D | 50.0000 | 50.0003 | 0.0100 | -0.0100 | 0.0003 | 0.0000 | | |
| 6 | MM | Ø 0.01 B | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | BONUS | |
| Ø33 | 0.0000 | 0.0107 | 0.0100 | 0.0000 | 0.0107 | 0.0007 | 0.0000 | |
| 7 | MM | Ø 0.02 | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| Ø8 | 0.0000 | 0.0051 | 0.0100 | | 0.0051 | 0.0000 | | |
| 8 | MM | Ø 0.02 A B C | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | BONUS |
| Ø3_1 | X | 4.0000 | 4.0134 | | | 0.0134 | | |
| | Y | 0.0000 | 0.0272 | | | 0.0272 | | |
| | TP | 0.0000 | 0.0605 | 0.0200 | 0.0000 | 0.0605 | 0.0405 | 0.0000 |
| Ø3_2 | X | 13.5048 | 13.5007 | | | -0.0041 | | |
| | Y | 0.0000 | 0.0281 | | | 0.0281 | | |
| | TP | 0.0000 | 0.0568 | 0.0200 | 0.0000 | 0.0568 | 0.0368 | 0.0000 |
| 9 | MM | Ø 0.01 | | DEFAULT | ISO 1101 | | | |
| Feature | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| Ø3_1 | 0.0000 | 0.0017 | 0.0100 | | 0.0017 | 0.0000 | | |
| Ø3_2 | 0.0000 | 0.0028 | 0.0100 | | 0.0028 | 0.0000 | | |
| 10 - LIN_DATUM C TO LIN_Ø3_1 | | | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| A | 45°00'00" | 44°59'05" | 0°01'00" | -0°01'00" | -0°00'55" | 0°00'00" | | |
| 11 - LIN_Ø3_1 TO LIN_Ø3_2 | | | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| A | 90°00'00" | 89°59'20" | 0°01'00" | -0°01'00" | -0°00'40" | 0°00'00" | | |
| 11.1000 - LIN_Ø3_2 TO LIN_Ø3_3 | | | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| A | 90°00'00" | 90°00'12" | 0°01'00" | -0°01'00" | 0°00'12" | 0°00'00" | | |
| 11.2000 - LIN_Ø3_3 TO LIN_Ø3_4 | | | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| A | 90°00'00" | 90°00'35" | 0°01'00" | -0°01'00" | 0°00'35" | 0°00'00" | | |
| 11.3000 - LIN_Ø3_4 TO LIN_Ø3_1 | | | | | | | | |
| AX | NOMINAL | MEAS | +TOL | -TOL | DEV | OUTTOL | | |
| A | 90°00'00" | 89°59'53" | 0°01'00" | -0°01'00" | -0°00'07" | 0°00'00" | | |

Peça furação:



| | | | | | | |
|----|----------------------------|----------------------|-----------------|-------------|---------|--------|
| | Reference: 100-000.000-200 | Date: julho 12, 2022 | Global S | | | |
| | Name: Peça teste-furação | Operator: 2032 | | 1.5+L/330mm | | |
| | Revision: 00 | PO: N/A | | | | |
| | Serial Number: N/A | Report: LCP220064 | | | | |
| # | MM | 1-LIN1 | | | | |
| AX | NOMINAL | +TOL | -TOL | MEAS | DEV | OUTTOL |
| Y | 0.0000 | 0.0100 | -0.0100 | -0.0218 | -0.0218 | 0.0118 |

Peça rasgo:



| | | | | | | |
|----|----------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------|--------|--------|
| | Reference: 100-000.000-200 | Date: julho 12, 2022 | Global S | | | |
| | Name: Peça teste Rasgo | Operator: 2032 | | 1.5+L/330mm | | |
| | Revision: 00 | PO: N/A | | | | |
| | Serial Number: N/A | Report: LCP220066 | | | | |
| ↔ | MM | 1-CIR_ALINHA TO LIN_MÉDIA (YAXIS) | | | | |
| AX | NOMINAL | +TOL | -TOL | MEAS | DEV | OUTTOL |
| M | 0.0000 | 0.0100 | -0.0100 | 0.0005 | 0.0005 | 0.0000 |

Peça rasgo + furação:



| | | | | | | |
|---------|----------------------------|---|-----------------|-------------|----------|--------|
| | Reference: 100-000.000-200 | Date: julho 16, 2022 | Global S | | | |
| | Name: Peça teste Rasgo | Operator: 2032 | | 1.5+L/330mm | | |
| | Revision: 00 | PO: N/A | | | | |
| | Serial Number: N/A | Report: LCP220068 | | | | |
| ↔ | MM | 1-CIR_ALINHA TO LIN_MÉDIA RASGO (YAXIS) | | | | |
| AX | NOMINAL | +TOL | -TOL | MEAS | DEV | OUTTOL |
| M | 0.0000 | 0.0100 | -0.0100 | 0.0078 | 0.0078 | 0.0000 |
| ↔ | MM | 2-CIR_ALINHA TO LIN_MÉDIA FURO (YAXIS) | | | | |
| AX | NOMINAL | +TOL | -TOL | MEAS | DEV | OUTTOL |
| M | 0.0000 | 0.0100 | -0.0100 | 0.0030 | 0.0030 | 0.0000 |
| ↔ | MM | 2.1000-CIR_ALINHA TO Ø4_1 (YAXIS) | | | | |
| AX | NOMINAL | +TOL | -TOL | MEAS | DEV | OUTTOL |
| M | 0.0000 | 0.0100 | -0.0100 | 0.0028 | 0.0028 | 0.0000 |
| ↔ | MM | 2.2000-CIR_ALINHA TO Ø4_2 (YAXIS) | | | | |
| AX | NOMINAL | +TOL | -TOL | MEAS | DEV | OUTTOL |
| M | 0.0000 | 0.0100 | -0.0100 | 0.0031 | 0.0031 | 0.0000 |
| # | MM | 3-Ø4_1 | | | | |
| AX | NOMINAL | +TOL | -TOL | MEAS | DEV | OUTTOL |
| D | 4.0000 | 0.0100 | -0.0100 | 4.0002 | 0.0002 | 0.0000 |
| # | MM | 4-Ø4_2 | | | | |
| AX | NOMINAL | +TOL | -TOL | MEAS | DEV | OUTTOL |
| D | 4.0000 | 0.0100 | -0.0100 | 3.9984 | -0.0016 | 0.0000 |
| S | MM | Ø 0.01 | | DEFAULT | ISO 1101 | |
| Feature | NOMINAL | +TOL | -TOL | MEAS | DEV | OUTTOL |
| Ø4_1 | 0.0000 | 0.0100 | | 0.0009 | 0.0009 | 0.0000 |
| Ø4_2 | 0.0000 | 0.0100 | | 0.0017 | 0.0017 | 0.0000 |
| ↔ | MM | 6-Ø4_1 TO Ø4_2 (XAXIS) | | | | |
| AX | NOMINAL | +TOL | -TOL | MEAS | DEV | OUTTOL |
| M | 28.0000 | 0.0100 | -0.0100 | 27.9763 | -0.0237 | 0.0137 |