



# OTIMIZAÇÃO E RASTREABILIDADE NO SETOR DE POLIMENTO E ANÁLISE DE DEFEITOS EM LIGAS DE ALUMÍNIO

**JOÃO PEDRO BARBOSA BROCHADO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA

À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM  
ENGENHARIA METALÚRGICA E DE MATERIAIS

**ORIENTADOR**

PROFESSOR DOUTOR FERNANDO JORGE MENDES MONTEIRO

**SUPERVISOR**

ENGENHEIRO BRUNO FÁBIO LIMA PEREIRA AFONSO

---

CANDIDATO João Pedro Barbosa Brochado Código 201007747

---

TÍTULO OTIMIZAÇÃO E RASTREABILIDADE NO SETOR DE POLIMENTO E ANÁLISE DE DEFEITOS EM LIGAS DE ALUMÍNIO

---

DATA

---

LOCAL Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

---

JÚRI Presidente

---

Arguente

---

Orientador Prof. Doutor Fernando Monteiro DEMM/FEUP

---

## Resumo

A presente dissertação enquadra-se na conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Toda esta dissertação foi realizada na empresa Leica - Aparelhos Ópticos de Precisão S.A., empresa mundialmente reconhecida pelas suas máquinas fotográficas, microscópios, miras e binóculos.

O objetivo principal desta Dissertação passou pela análise e otimização do processo de polimento do constituinte frontal de uma máquina fotográfica, diminuindo tempos de polimento por peça e taxas de rejeição. Foi realizado uma análise crítica e diagnóstico da situação no setor e, mais detalhadamente, ao processo de polimento desse constituinte, incluindo medição de ciclos de tempo e análise ao fluxo de polimento, quantidade de defeitos e taxas de rejeição. Com esta análise foi possível entender todos os métodos e procedimentos internos assim como avaliar a situação e traçar um plano de ação. Ao longo deste trabalho são propostas diversas alterações, como por exemplo: um novo fluxo de polimento que, juntamente com tornar cada operador responsável pelos seus retrabalhos, apresentou uma influência direta em todos os outros parâmetros analisados: com um melhor fluxo de polimento, onde movimentos que não acrescentam valor são reduzidos e/ou eliminados, são conseguidos ciclos de tempos mais reduzidos assim como uma redução significativa nas taxas de rejeição das peças.

Adicionalmente foi realizada documentação e otimização do processo de dois componentes do mesmo tipo. A documentação consiste em zonas que exigem polimento, fluxo de polimento e lixas a utilizar. Esta documentação tem um papel importante para que, no futuro, peças iguais ou semelhantes sejam abordadas de uma nova forma, evitando problema inesperados. Para otimizar o processo foi imposto o mesmo tipo de controlo e ações desenvolvidas para o constituinte frontal.

Paralelamente foi desenvolvido um estudo de forma a descobrir a origem de um defeito superficial que aparece no constituinte frontal e outros componentes da mesma liga após anodização. Para tal, os components foram alvo de uma análise.

## **Abstract**

This dissertation is part of the Master's degree in Metallurgical and Materials Engineering at the Faculty of Engineering in the University of Porto. This entire dissertation took place in Leica - Optical devices S.A. Precision, a company recognized worldwide for its cameras, microscopes, binoculars and scopes.

The main objective of this dissertation was the analysis and optimization of the polishing process of the front part of a camera, reducing workpiece's polishing time and the rejection rates. A critical analysis and diagnosis of the sector and, in a more detailed way, of the polishing process was conducted, which included measurement of time cycles and analysis to the polishing flow, number of defects and rejection rates. With this extensive analysis, it was possible to understand all the internal methods and procedures as well as evaluate the situation and draw up a plan of action. Throughout this master's thesis several changes are proposed, such as: a new polishing flow that, together with making each operator responsible for their rework, had a direct influence on all other parameters analysed: with a better polishing flow, where movements that do not increase value are reduced and/or eliminated, shorter time cycles are achieved, as well as a significant reduction in the rejection rates.

Additionally, a development of documentation and optimization of two components, physically similar, was carried out. The documentation consists in the areas that require polishing, the sequence of the polishing process and the sandpaper that should be used, accordingly to the material. This documentation has a key role so that in the future the same or similar components are addressed in a new way, avoiding unexpected situations. To optimize the process, the same kind of control and actions developed for the front part were imposed.

At the same time, a study in the galvanic sector was performed to discover the origin of a superficial defect that constantly appears in the front part and other components of the same alloy, after the anodic oxidation process. To achieve that, the components were subject to an analysis.

## **Agradecimentos**

Aos meus pais que sempre me ajudaram em tudo na vida. Agradeço pela oportunidade de obter formação académica e, acima de tudo, pela formação pessoal, demonstrando em todos os momentos paciência e compreensão, nos bons e maus momentos. Sem a sua presença, nada do que obtive até agora faria qualquer sentido. Um muito obrigado do fundo do coração.

Ao meu irmão mais novo que, apesar de todas as discussões naturais, está sempre pronto para me dar confiança em tudo o que faço, nem que seja apenas pela sua presença no meu dia-a-dia.

À Valeria que tem um papel tão importante na minha vida. Um obrigado pelo seu carinho, ajuda e incentivo incondicionais que tão essenciais foram para a realização desta dissertação.

A todos os meus amigos da faculdade que me proporcionaram os que certamente serão os melhores anos da minha vida. Por todo o trabalho e estudo, mas também pelos momentos de lazer ao longo desta caminhada, o meu mais sincero obrigado.

Aos Engenheiros Diogo Pacheco, Tiago Costa e João Fernandes por todo o apoio dispensado na empresa durante a realização do trabalho.

Ao meu orientador, professor Fernando Jorge Monteiro, um agradecimento por todo o tempo dedicado à realização desta dissertação, bem como pelo interesse e apoio demonstrado.

Ao meu supervisor na Leica, Sr. Bruno Afonso, por todo o tempo, dedicação e interesse prestado durante a dissertação. O seu conhecimento e a forma como o transmitiu foi uma enorme mais-valia.

# Índice

Resumo .....	ii
Abstract .....	iii
Agradecimentos .....	iv
Índice de Figuras .....	vii
Índice de Tabelas .....	xi
Índice de Anexos .....	xii
Abreviaturas e acrónimos .....	xiv
1. Introdução .....	1
1.1. Enquadramento .....	1
1.2. Descrição da Leica Aparelhos Ópticos de Precisão, S.A. ....	1
1.3. Objetivos da Dissertação .....	2
1.4. Estrutura da Dissertação .....	3
2. Revisão bibliográfica .....	3
2.1. Alumínio .....	4
2.1.1. Propriedades e aplicações .....	4
2.1.2. Ligas de Alumínio .....	5
2.2. Lean Manufacturing .....	6
2.2.1. Toyota Production System (TPS) .....	6
2.2.2. Princípios do Lean Manufacturing .....	6
2.2.3. Ferramentas Lean .....	7
2.3. Influência dos fluidos de corte na maquinação .....	10
2.3.1. Funções e propriedades .....	10
2.3.2. Classificação .....	10
2.3.3. Manutenção .....	11
2.4. Tratamentos de superfície .....	12
2.4.1. Tratamentos de superfície mecânicos .....	12

2.4.2. Tratamentos de superfície químicos .....	17
3. Processo produtivo .....	24
3.1. Sistema de produção .....	24
3.2. Setor de Polimento .....	25
3.2.1. Layout .....	25
3.2.2. Colaboradores e postos de trabalho.....	25
4. Análise e diagnóstico da situação inicial e desenvolvimento de ações de melhoria.....	27
4.1. Front Case do Projeto Maximiliam .....	27
4.1.1. Fluxo de polimento .....	27
4.1.2. Rugosidade superficial .....	29
4.1.3. Ciclos de tempo .....	29
4.1.4. Taxas de rejeição .....	32
4.1.5. Análise a defeitos de polimento e eliminação do controlo .....	37
4.1.6. Análise de um defeito superficial .....	39
4.2. “Chapéu” do Projeto Willi.....	48
4.2.1. Processo de polimento e documentação .....	48
4.2.2. Rastreabilidade.....	49
4.3. “Chapéu” do Projeto Titan .....	52
4.3.1. Processo de polimento e documentação .....	52
4.3.2. Rastreabilidade.....	54
4.4. Design da lixa de polimento.....	55
5. Conclusões.....	57
6. Trabalho futuro .....	58
7. Bibliografia .....	59
8. Anexos.....	63

## Índice de Figuras

<b>Figura 2.1.</b> Ciclos PDCA e SDCA e a relação que estabelecem entre si [22]. .....	9
<b>Figura 2.2.</b> Relação entre a rugosidade superficial e o tempo de polimento tendo em conta a dureza [31]. .....	14
<b>Figura 2.3.</b> Representação de uma lixa de polimento e os seus constituintes: 1. Suporte; 2. Ligante; 3. Ligante de topo; 4. Partículas abrasivas; 5. Camada ativa. Imagem adaptada de [32]. .....	14
<b>Figura 2.4.</b> Sequência de tratamentos de superfície mecânicos e químicos utilizados no processo de anodização da Leica (imagem adaptada de [38]). .....	18
<b>Figura 2.5.</b> Esquema de uma célula eletrolítica [42]. .....	19
<b>Figura 2.6.</b> Representação esquemática de um filme anódico poroso com as principais características morfológicas [45]. .....	20
<b>Figura 2.7.</b> Diagrama esquemático que mostra o desenvolvimento do filme poroso anódico em alumínio, em condições de a) corrente constante e b) tensão constante [45]. .....	21
<b>Figura 3.1.</b> Setor da "Mecânica":1) torneamento, 2) ferramentaria, 3) fresagem 4) tratamentos mecânicos e químicos de superfície. .....	24
<b>Figura 3.2.</b> Setor de polimento, onde A é a área de polimento manual e B é a área de esmerilagem. .....	25
<b>Figura 3.3.</b> Bancada de trabalho de um colaborador, com as luvas de proteção, ferro, máquina e as lixas de diferentes geometrias e granulometrias. ....	26
<b>Figura 3.4.</b> Armários com as diferentes lixas de polimento. ....	26
<b>Figura 4.1.</b> Mais recente adição ao conjunto de produtos da empresa, a Leica SL. ....	27
<b>Figura 4.2.</b> Modelo 3D da Front Case com as respetivas zonas de polimento. ....	28
<b>Figura 4.3.</b> Média do ciclo de tempo dos colaboradores (a) a (f), por ferramenta. ....	30
<b>Figura 4.4.</b> Percentagem de Front Cases aprovadas de acordo com o número de polimentos de novembro de 2015 a fevereiro de 2016. ....	32

<b>Figura 4.5.</b> Percentagem de aprovação de acordo com o número de polimentos do colaborador a, antes da implementação. ....	33
<b>Figura 4.6.</b> Percentagem de aprovação de acordo com o número de polimentos do colaborador b, antes da implementação. ....	33
<b>Figura 4.7.</b> Percentagem de aprovação de acordo com o número de polimentos do colaborador f, antes da implementação. ....	33
<b>Figura 4.8.</b> Percentagem de Front Case aprovadas de acordo com o número de polimentos de novembro de 2015 a junho de 2016. ....	34
<b>Figura 4.9.</b> Percentagem de aprovação de acordo com o número de polimentos do colaborador a, depois da implementação. ....	35
<b>Figura 4.10.</b> Percentagem de aprovação de acordo com o número de polimentos do colaborador b, depois da implementação. ....	35
<b>Figura 4.11.</b> Percentagem de aprovação de acordo com o número de polimentos do colaborador f, depois da implementação. ....	35
<b>Figura 4.12.</b> Documento da Qualidade do Departamento da Mecânica relativo ao Projeto Maximilian afixado no setor de polimento. ....	36
<b>Figura 4.13.</b> Número de peças OK e número de peças NOK de dezembro de 2015 a abril de 2016. ....	36
<b>Figura 4.14.</b> Polimentos que cada peça NOK precisou até ficar OK desde dezembro de 2015 a abril de 2016. ....	37
<b>Figura 4.15.</b> Quantidade de defeitos de polimento desde novembro de 2015 até junho de 2016. ....	38
<b>Figura 4.16.</b> Exemplo do defeito em causa numa Front Case. ....	39
<b>Figura 4.17.</b> Componentes do Projeto Maximilian. À esquerda: Front Case e à direita: Rear Case, ambos sem lavagem e sem tratamentos de superfície mecânicos e químicos. ....	40
<b>Figura 4.18.</b> Front Case do Projeto Maximilian, após maquinação, com lavagem e tratamentos de superfície mecânicos e químicos (anodização). ....	40

<b>Figura 4.19.</b> Exemplo do corte de um dos componentes utilizando a serra de corte manual.....	40
<b>Figura 4.20.</b> Amostras da Rear Case sem lavagem e sem tratamentos de superfície mecânicos e químicos. ....	41
<b>Figura 4.21.</b> Amostras da Front Case sem lavagem e sem tratamentos de superfície mecânicos e químicos. ....	41
<b>Figura 4.22.</b> Amostra da Front Case com tratamentos de superfície mecânicos e químicos. ....	41
<b>Figura 4.23.</b> Imagem obtida através do SEM da amostra E. Z1 corresponde a zona com defeito e Z2 corresponde a uma zona sem defeito. ....	42
<b>Figura 4.24.</b> Gráficos de análise EDS das zonas assinaladas na figura 4.27.....	43
<b>Figura 4.25.</b> Imagem obtida em SEM da zona Z1 com diferentes ampliações. ....	43
<b>Figura 4.26.</b> À esquerda: imagem SEM da zona Z1 obtida perpendicularmente à superfície da amostra; à direita: imagem SEM da zona Z2 obtida transversalmente à superfície.....	44
<b>Figura 4.27.</b> Amostra F após o corte manual.....	45
<b>Figura 4.28.</b> À esquerda: zona de corte observada na lupa. À direita: zona de corte observada em SEM. Ambas têm identificado a vermelho a zona do defeito e em ambas é possível observar a zona marcada com tinta. ....	45
<b>Figura 4.29.</b> Observação em SEM na zona defeituosa, com diferentes ampliações.	45
<b>Figura 4.30.</b> À esquerda, análise EDS da amostra A e à direita análise EDS da amostra C. ....	47
<b>Figura 4.31.</b> Nova câmara Leica M10. ....	48
<b>Figura 4.32.</b> Modelo 3D do “chapéu” do Projeto Willi com as respetivas zonas de polimento. ....	48
<b>Figura 4.33.</b> Percentagem de chapéus Willi aprovados de acordo com o número de polimentos de outubro a novembro de 2016. ....	50
<b>Figura 4.34.</b> À esquerda quantidade de peças cromadas e à direita percentagem de defeitos e a sua origem. Dados relativos aos meses de outubro e novembro. ....	51

<b>Figura 4.35.</b> Documento da Qualidade do Departamento da Mecânica do chapéu do Projeto Willi afixado no setor de polimento. ....	51
<b>Figura 4.36.</b> Câmara Leica M-P Typ 240 Titan. ....	52
<b>Figura 4.37.</b> Modelo 3D do “chapéu” de Projeto Titan com as respectivas zonas de polimento. ....	52
<b>Figura 4.38.</b> Exemplo do código de barras interno utilizado para os diferentes “chapéus”. ....	55
<b>Figura 4.39.</b> À esquerda, formato da lixa utilizado para o ferro atual e, à direita, formato proposto. ....	56

## Índice de Tabelas

Tabela 2.1. Grupo de ligas de alumínio para trabalho mecânico [3]. .....	5
Tabela 2.2. Características dos principais tipos de fluidos de corte [28]. .....	11
Tabela 4.1. Fluxo de polimento desenvolvido e adotado para a Front Case com lixas adequadas par ao alumínio, em mesh. ....	28
Tabela 4.2. Rugosidade superficial, em $\mu\text{m}$ , de várias Front Case. ....	29
Tabela 4.3. Média dos tempos para cada colaborador antes e depois da implementação do novo fluxo de polimento. ....	31
Tabela 4.4. Fluxo de polimento desenvolvido, utilizando as lixas adequadas. ....	49
Tabela 4.5. Fluxo de polimento inicial que utiliza lixas adequadas para aço e alumínio, em mesh. ....	53
Tabela 4.6. Fluxo de polimento adotado com as lixas adequadas, em mesh. ....	54

## Índice de Anexos

<b>Anexo A.</b> Instrução de trabalho (AU) para a Front Case do Projeto Maximilian. ...	63
<b>Anexo B.</b> Ciclo de tempo de cada colaborador de acordo com a ferramenta. ....	64
<b>Anexo C.</b> Formulário de cronometragem Leica para o colaborador (g). ....	65
<b>Anexo D.</b> Parte da base de dados desenvolvida para o setor de polimento para o Projeto Maximilian.. ....	67
<b>Anexo E.</b> Percentagem de peças Front Case aprovadas de setembro de 2015 a junho de 2016. ....	68
<b>Anexo F.</b> Percentagem de peças aprovadas do colaborador c, antes da implementação. ....	69
<b>Anexo G.</b> Percentagem de peças aprovadas do colaborador d, antes da implementação. ....	69
<b>Anexo H.</b> Percentagem de peças aprovadas do colaborador e, antes da implementação. ....	69
<b>Anexo I.</b> Percentagem de peças aprovadas do colaborador g, antes da implementação. ....	70
<b>Anexo J.</b> Percentagem de peças aprovadas do colaborador c, depois da implementação. ....	70
<b>Anexo K.</b> Percentagem de peças aprovadas do colaborador d, depois da implementação. ....	70
<b>Anexo L.</b> Percentagem de peças aprovadas do colaborador e, depois da implementação. ....	71
<b>Anexo M.</b> Percentagem de peças aprovadas do colaborador g, depois da implementação. ....	71
<b>Anexo N.</b> Documento da Qualidade do Departamento de Mecânica onde estão discriminados o número de polimentos geral e o número de polimentos por colaborador. ....	72
<b>Anexo O.</b> Documento da Qualidade do Departamento de Mecânica onde estão discriminados as quantidades de Peças OK vs. Peças NOK, a quantidade de polimentos que as peças NOK necessitaram e os defeitos de polimento após a etapa de anodização. ....	73
<b>Anexo P.</b> Documento da Engenharia Industrial da Mecânica - processo de polimento da referência 420-300.200-006. ....	74

<b>Anexo Q.</b> Documento oficial da Leica “Código de Defeitos” (internamente designado por IMP-O-30/01).....	75
<b>Anexo R.</b> Parte da base de dados existente no setor da cromagem para o chapéu do Projeto Willi. ....	76
<b>Anexo S.</b> Documento da Qualidade do Departamento de Mecânica onde estão discriminados a quantidade de peças produzidas pela cromagem, a percentagem de peças OK e NOK e a percentagem de defeitos de acordo com a sua origem para o chapéu Willi cromado em preto. ....	77
<b>Anexo T.</b> Documento da Qualidade do Departamento de Mecânica onde estão discriminados a quantidade de peças produzidas pela cromagem, a percentagem de peças OK e NOK e a percentagem de defeitos de acordo com a sua origem para o chapéu Willi cromado em cinza.....	78
<b>Anexo U.</b> Documento da Engenharia Industrial de Mecânica - processo de polimento da referência 420-276.200-004. ....	79
<b>Anexo V.</b> Documento da Qualidade de Mecânica das especificações do código de barras. ....	80
<b>Anexo W.</b> Design do molde de corte para o formato das lixas proposto. ....	81

## **Abreviaturas e acrónimos**

*ANSI - American National Standards Institute*

*GmbH - Gesellschaft Mit Beschränkter Haftung* (Sociedade de Responsabilidade Limitada)

KTL - Pintura cataforética

NOK - Não OK

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento

Esta Dissertação de Mestrado foi realizada em ambiente empresarial, na Leica - Aparelhos Ópticos de Precisão S.A., abordando princípios e metodologias de *Lean Manufacturing* no setor de polimento da empresa. Os mercados internacionais estão em constante evolução, sendo imprescindível para qualquer empresa fazer mais e melhor com menos recursos possíveis, com o objetivo de continuarem competitivas. Dessa forma, a motivação central do trabalho foi a otimização e rastreabilidade no processo de polimento de um componente em específico. Adicionalmente foi implementado o mesmo sistema de rastreabilidade para dois outros componentes assim como desenvolvida documentação sobre o processo, visto terem apresentado um desafio para a empresa. Além disso, devido ao aparecimento de um defeito superficial num dos componentes, foi realizada a análise ao seu processo.

## 1.2. Descrição da Leica Aparelhos Ópticos de Precisão, S.A.

No ano de 1849, em Wetzlar na Alemanha, o *Optical Institute* foi fundado por Carl Kellner, entrando no mercado da produção de microscópios. Em 1863, Ernst Leitz I Senior junta-se à empresa e, passados dois anos, obtém 100% da empresa, passando a mesma a chamar-se *Ernst Leitz Optical Industry*. Em 1907 já é a maior produtora de microscópios a nível mundial. Mais tarde, em 1914, é responsável pela produção da primeira máquina fotográfica de 35 mm, a Ur-Leica, marcando o início de uma era revolucionária no mundo da fotografia. Desde então a Leica tem sido responsável por inúmeros desenvolvimentos e inovações, obtendo cada vez mais prestígio a nível global devido aos seus produtos e aos seus altíssimos padrões de qualidade. Atualmente, o grupo Leica é constituído por 4 empresas, cada uma atuando em diferentes mercados: *Leica Camera AG*, *Leica Byosystems GmbH*, *Leica Geosystems AG* e a *Leica Microsystems GmbH* [1].

A 29 de junho de 1973, a Leica - Aparelhos Ópticos de Precisão S.A. é fundada em Lousado, Vila Nova de Famalicão, pertencendo à *Leica Camera AG*, contando com a colaboração de 84 trabalhadores. Prova do seu crescimento em Portugal é o facto de em 2013 a empresa empregar pouco mais de 700 trabalhadores, fruto de um

alargamento na gama de produtos: câmaras fotográficas, binóculos, objetivas, miras para armamento, entre outros [1].

A empresa encontra-se dividida em 3 departamentos de produção, cada um com diferentes responsabilidades. O departamento de mecânica é responsável pela componente mecânica de todos os seus produtos, assim como todo o tratamento de superfícies, mecânicos e químicos, a que as peças são submetidas. O departamento da ótica é responsável pelo desenvolvimento de lentes e prismas e a junção de componentes óticos cupulados a peças mecânicas. Por fim, o departamento de montagem, tal como o próprio nome indica, procede à junção de todos os componentes produzidos nos departamentos anteriormente citados. No que diz respeito aos materiais utilizados, o alumínio vence por uma grande margem. No entanto, o latão e magnésio também são bastante utilizados. Note-se que alguns produtos específicos ainda podem ser produzidos em aço inoxidável ou titânio.

A Leica é conhecida pela qualidade de todos os seus produtos e, por esse mesmo motivo, certificou-se na norma NP EN ISO 9001:2008 em 1997. A empresa tem implementado um sistema de gestão ambiental segundo a norma NP EN ISO 14001:2004, sendo cumpridora de todos os requisitos legais no que diz respeito a aspetos ambientais [1].

### **1.3. Objetivos da Dissertação**

O objetivo desta Dissertação de mestrado envolve a análise e otimização do processo de polimento de um constituinte frontal do Projeto *Maximiliam*, a *Front Case*. Este estudo inclui a aprendizagem de todos os métodos e procedimentos que decorrem na secção de polimento seguida de uma análise aos ciclos de tempo, produção, taxas de rejeição e, por fim, defeitos associados. O mesmo modelo de otimização e rastreabilidade foi aplicado a dois componentes, Projeto *Willi* e Projeto *Titan*, semelhantes geometricamente, mas diferentes no que diz respeito ao material. Foi ainda desenvolvida documentação sobre o processo de polimento, que inclui as zonas de polimento exigidas, a sequência de polimento e as lixas que devem ser utilizadas, para além de fotos antes e após polimento. As zonas e lixas utilizadas vão depender, sobretudo, da liga e da complexidade do componente. Isto é um passo bastante importante para a empresa, pois, havendo este tipo de documentação, será mais

fácil no futuro lidar com componentes semelhantes. Paralelamente, com o aparecimento de um defeito na *Front Case*, era imperativa a sua resolução de forma a manter a produção. Para tal, foram realizadas análises em SEM e EDS de forma a tentar descobrir a origem do defeito em causa.

## 1.4. Estrutura da Dissertação

A presente Dissertação de mestrado está dividida em 5 capítulos, descritos de forma concisa de seguida:

- No capítulo 1, *Introdução*, é feita uma introdução à empresa, aos objetivos pretendidos e à estrutura do texto;
- No capítulo 2, *Revisão Bibliográfica*, são apresentados os conceitos teóricos necessários à realização do projeto, nomeadamente os conceitos relativos ao alumínio, metodologias *Lean* e tratamentos de superfícies;
- No capítulo 3, *Processo Produtivo - Departamento de mecânica*, é apresentada uma descrição detalhada do “departamento de mecânica”, dando ênfase ao sector do polimento, setor ao qual a Dissertação dedica maioritariamente a atenção;
- No capítulo 4, *Análise e diagnóstico da situação inicial e desenvolvimento e ações de melhoria*, está presente uma análise ao processo de polimento da *Front Case*, analisando a situação atual e identificando problemas, assim como a apresentação das ações e resultados das ações implementadas no sentido de otimizar esse mesmo processo. Paralelamente foi estudado um defeito no componente, as suas possíveis causas e propostas de resolução. O método de rastreabilidade implementado para esse componente foi também utilizado para outros dois componentes, desenvolvendo também sequências de polimento para cada um deles.

## 2. Revisão bibliográfica

Ao longo deste capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica ao alumínio, a conceitos associados ao *Lean Manufacturing*, aos fluidos de corte utilizados no processo de maquinação e aos tratamentos mecânicos e químicos de superfície. Estes

conceitos servem como toda a base teórica para a elaboração da dissertação sendo imperativa uma revisão e análise detalhada.

## 2.1. Alumínio

O alumínio é o elemento metálico mais abundante na crosta terrestre e, logo a seguir ao oxigénio e silício, o terceiro mais abundante na Terra. A sua tardia descoberta deve-se ao facto de não se encontrar naturalmente na sua forma metálica, existindo sempre em combinação com outros elementos como o cobre, manganês, zinco e oxigénio, com o qual forma alumina ( $Al_2O_3$ ) [2]. A grande explosão a nível de procura e produção deveu-se às duas Guerras Mundiais e atualmente faz parte de vários setores industriais devido à sua excelente performance e propriedades de grande interesse na maioria das aplicações, tendo preços bastante competitivos [2,3].

### 2.1.1. Propriedades e aplicações

A sua utilização em grande escala deve-se a uma combinação de diferentes propriedades, tais como:

- Baixo peso específico, com uma massa volúmica de  $2,7 \text{ g/cm}^3$ , aproximadamente  $\frac{1}{3}$  comparativamente ao aço, motivo pelo qual este vem sendo substituído pelo alumínio na indústria automóvel [2,4,5];
- Excelente resistência à corrosão fruto da sua afinidade com o oxigénio e capacidade de formar filmes protetores [2,5];
- Condutividade térmica e elétrica, sendo quase duas vezes melhor condutor que o cobre [2,6];
- Reciclável. A quantidade de energia despendida no processo de refusão do alumínio é cerca de 5% da necessária para produzir alumínio a partir de minério. O alumínio é assim um material a explorar, uma vez que vai de encontro às metas estabelecidas pelo protocolo de Quioto [2,5];
- Impermeável e inodoro. As folhas de alumínio podem ter até  $0,007 \text{ mm}$  de espessura mínima, sendo que mesmo com estas dimensões são impermeáveis e não contaminam as substâncias. Apresenta também baixa toxicidade por contacto, o que faz dele um material ideal para embalagens de produtos mais suscetíveis a contaminações, como alimentos [2,5];

### 2.1.2. Ligas de Alumínio

As propriedades das ligas de alumínio dependem fortemente da concentração de elementos de liga adicionados, assim como das impurezas que contém. Os principais elementos de liga combinados com o alumínio são o Cu, Si, Mg, Mn e Zn, enquanto o Fe, Cr e Ti estão frequentemente presentes em quantidades pequenas, como impurezas ou aditivos. Outros elementos são adicionados apenas para ligas especiais. Todos estes elementos afetam diretamente a estrutura e assim as propriedades da liga [3,7]. As principais designações das ligas de alumínio estão indicadas na tabela 2.1. O primeiro dígito indica o grupo de ligas que contém elementos de liga específicos; o segundo indica as modificações em relação à liga original ou limites de impureza; por fim, os últimos dois dígitos identificam a liga de alumínio ou o grau de pureza do alumínio [3].

*Tabela 2.1.* Grupo de ligas de alumínio para trabalho mecânico [3].

Alumínio, 90% mínimo	1xxx
<b>Ligas de alumínio agrupadas consoante os principais elementos de liga:</b>	
<b>Cobre</b>	2xxx
<b>Manganês</b>	3xxx
<b>Silício</b>	4xxx
<b>Magnésio</b>	5xxx
<b>Magnésio e silício</b>	6xxx
<b>Zinco</b>	7xxx
<b>Outros elementos</b>	8xxx
<b>Série livre</b>	9xxx

É conveniente dividir as ligas de alumínio de trabalho mecânico em duas classes: ligas para tratamento térmico (tratáveis) e ligas sem tratamento térmico (não tratáveis). A escolha da liga depende de fatores como as propriedades mecânicas e físicas pretendidas e custo do material [4].

## **2.2. *Lean Manufacturing***

### **2.2.1. *Toyota Production System (TPS)***

A Segunda Guerra Mundial terminou com a derrota do Japão. Os volumes de produção no país após a Guerra eram pouco significativos quando comparados com empresas do Ocidente. A produção pequena que apresentavam não só não permitia a empresas automóveis japonesas o uso de equipamento especializado para cada modelo como também não permitia que grandes quantidades de inventário ficassem paradas nas empresas [8-11]. A *Toyota Motor Company*, uma empresa nipônica apercebeu-se que não conseguia acompanhar a crescente evolução das empresas europeias e norte-americanas. Eiji Toyoda visitou várias empresas americanas no sentido de aprender e transplantar as suas práticas para a Toyota e, em 1950, viajou para a empresa Ford, nos Estados Unidos da América. Henry Ford havia transformado no início do século XX o seu sistema produtivo artesanal de produção de automóveis num sistema de produção em massa. A Ford foi assim a impulsionadora das linhas de montagem em série. No entanto, a sua linha de produção estava configurada para produzir apenas o modelo T em preto, o que se revelou um problema com as exigências do mercado [8,10-12]. A Toyota acabou por introduzir e implementar um sistema de produção cujo objetivo partia da redução e eliminação de atividades pelas quais o cliente não está disposto a pagar, designado por *Toyota Production System (TPS)*. O sistema de produção de Henry Ford forneceu a base histórica e tecnológica para o TPS, mas as circunstâncias no Japão ofereceram a oportunidade de melhorar alguns aspetos cruciais no sistema de Ford [9,11,13,14].

### **2.2.2. *Princípios do Lean Manufacturing***

*Lean* corresponde a uma filosofia de fabricação e gestão que encurta o período entre a ordem do cliente e a sua expedição através da eliminação de todas as formas de desperdícios. Esta filosofia ajuda na redução de custos, tempos de ciclos e na eliminação de atividades que não acrescentam valor. O grande objetivo de uma empresa que adota o sistema *Lean* é criar um processo suave e de alta qualidade, capaz de produzir produtos acabados e fornecer um serviço capaz de satisfazer os clientes sem desperdícios, resultando numa empresa muito mais competitiva, ágil e

capaz de responder ao mercado. Esta filosofia tornou-se um modelo empresarial bastante popular a nível mundial [13,15].

Com a publicação do livro “*The Machine that Changed the World*”, escrito por Womack, Jones e Roos em 1990, muitas empresas tentaram implementar práticas *Lean*. No entanto, muitas não sabiam como o fazer pois o livro não abordava conceitos de implementação. Com o livro “*Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*”, escrito pelos mesmos autores em 1996, esta filosofia foi alvo de uma formalização mais detalhada, tendo em si cinco princípios basilares [11]:

- a. Valor. Definido pelo cliente pois representa aquilo que está disposto a pagar. Tudo aquilo que não corresponde a requisitos, especificações e necessidades do cliente deve ser minimizado ou até mesmo eliminado;
- b. Cadeia de valor. Tem de ser realizada uma análise a todo o sistema, desde o fornecedor até ao cliente final no sentido de identificar três tipos de atividades: as que acrescentem valor, as que não acrescentam valor, mas são necessárias e, por fim, as que não acrescentam valor e são desnecessárias;
- c. Fluxo contínuo - após a eliminação das atividades que não acrescentam valor e são desnecessárias é imperativo garantir um fluxo de produção;
- d. Produção *Pull*. Parte do pressuposto que o processo produtivo só é iniciado quando é colocada uma encomenda por parte do cliente, permitindo que a empresa produza a quantidade certa no momento certo;
- e. Perfeição. É necessário que a empresa esteja em constante evolução e à procura de atingir a perfeição.

### **2.2.3. Ferramentas *Lean***

Existem várias técnicas e ferramentas que suportam a filosofia *Lean Manufacturing*. Nesta secção são apresentadas alguma das principais técnicas que podem ser usadas na implementação desta filosofia.

### 2.2.3.1. Kaizen

Criada em 1991 por Masaaki Imai, *Kaizen* é uma palavra japonesa que significa melhoria contínua, onde *kai* significa “mudar” e *zen* significa “para melhor”. No sentido de se manter fiel à sua definição, a escala e frequência da melhoria é pequena e repetitiva, geralmente realizada durante um grande período de tempo de forma contínua. Esta metodologia tem como base 3 princípios básicos: limpeza, normalização do trabalho e eliminação de desperdícios [16]. *Kaizen* não é uma metodologia que atua de forma independente mas sim que engloba todas as técnicas de melhoria, fazendo uma ligação entre cada ferramenta [17]. A metodologia *Kaizen* é apoiada por uma ferramenta denominada ciclo PDCA, *Plan-Do-Check-Act*, descrita de uma forma mais detalhada de seguida.

### 2.2.3.2. Ciclo PDCA/SDCA

Um dos primeiros passos no *Kaizen* parte por estabelecer o ciclo PDCA como um veículo que assegure a continuidade dessa mesma metodologia na perseguição da melhoria contínua [18]. Num processo, os resultados reais são comparados com resultados teóricos e a diferença entre os dois é monitorizada e ações corretivas são adotadas caso essa disparidade seja significativa. Esta busca pela melhoria contínua de uma forma cíclica é representada pelo ciclo PDCA [19].

Na primeira fase, planear (*Plan*), objetivos para o processo são definidos e identificam-se modificações necessárias para atingir esse objetivo. Na segunda fase, executar (*Do*), procede-se à implementação das modificações. Na terceira fase, verificar (*Check*), faz-se a verificação do plano implementado, analisando se este está a ter os resultados esperados. Na quarta fase, atuar (*Act*), dependendo dos resultados da verificação, estabilizam-se as modificações e começa-se o ciclo novamente [16,20]. A utilização deste ciclo evita cometer o mesmo erro de uma forma sistemática. De facto, assim que se começa a planear, é feita uma retrospectiva acerca dos erros cometidos anteriormente [21].

É importante salientar que antes de se começar a trabalhar no ciclo PDCA, qualquer processo precisa de ser estabilizado, utilizando-se uma ferramenta denominada por

ciclo SDCA (*standardize-do-check-plan*). Assim, este ciclo sequencia e estabiliza o processo enquanto o ciclo PDCA melhora-o [18].

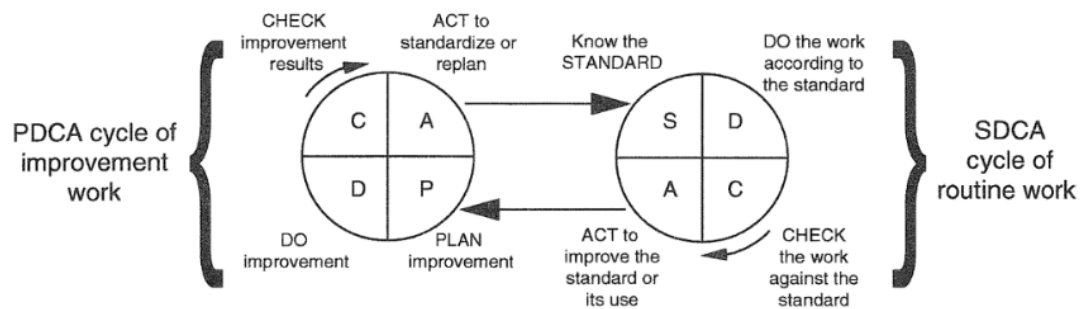


Figura 2.1. Ciclos PDCA e SDCA e a relação que estabelecem entre si [22].

### 2.2.3.3. Standard Work

Ferramenta fundamental na filosofia *Lean*, desenvolvida por Ohno por volta de 1950. Define explicitamente a melhor prática atual para um determinado processo que é dependente de trabalho humano. Também conhecido por *standardized work*, fornece uma rotina baseada na consistência, segurança e qualidade. É constituído por 3 elementos básicos: tempo de ciclo (*standard work cycle*), sequência de operações (*standard work sequence*) e, por fim, WIP normalizado (*standard work in process*) [16,23]. Para implementar um *standard work* funcional existem determinadas condições cuja presença é imperativa:

- a. Uma pessoa capaz de realizar o trabalho. É necessário que seja um trabalho que uma pessoa consiga realizar de forma ergonómica e segura no tempo e com a qualidade pretendidos;
- b. É necessária uma sequência repetitiva do trabalho;
- c. Os equipamentos, ferramentas e local de trabalho devem ser altamente confiáveis. Se algum destes não for confiável ou causar qualquer tipo de problema, terá um impacto significativo no trabalho;
- d. Os materiais utilizados devem primar pela qualidade pois, de outra forma, podem causar defeitos ou variações no processo [24].

Esta ferramenta é assim composta por um conjunto de procedimentos de trabalho que tem como objetivo estabelecer os melhores métodos e sequências para cada processo e cada trabalhador [16].

#### **2.2.3.4. Estudo de tempos**

Técnica que permite registrar os tempos para um determinado processo, dividido em operações, e analisar os dados recolhidos de forma a estabelecer o tempo *standard* de cada operação. A divisão do processo em operações é imperativa devido às vantagens que apresenta como permitir avaliar o processo com elevada precisão e isolar as operações mais demoradas. No que respeita aos registos, estes devem ser efetuados em folhas impressas num formato normalizado, permitindo a recolha de dados de uma forma sistematizada e de fácil consulta [25].

### **2.3. Influência dos fluidos de corte na maquinação**

#### **2.3.1. Funções e propriedades**

Nos processos de maquinação a altas velocidades, o corte de aparas gera uma elevada quantidade de energia, sob a forma de calor, devido ao atrito ferramenta-peça e aparas-ferramenta. É assim fundamental reduzir e/ou extrair esse calor e, para tal, são utilizados fluídos de corte. Estes prolongam a vida útil da ferramenta pois o material que a constitui apresenta uma dureza superior baixas temperaturas de trabalho [26,28]

Na maquinação do alumínio e as suas ligas a altas velocidades, as condições não são favoráveis à penetração do fluido de corte na interface aparas/ferramenta. Assim, a refrigeração apresenta um papel fundamental, devendo utilizar-se um fluido à base de água que apresenta baixa viscosidade e molhabilidade, elevado calor específico e elevada condutibilidade térmica [28]. A lubrificação também é de extrema importância pois permite que o fluido consiga chegar à zona de corte, diminuindo o seu coeficiente de atrito, mesmo a altas velocidades [26,28].

#### **2.3.2. Classificação**

Existem diferentes tipos de fluidos de corte, cada um com as suas vantagens e desvantagens. Os principais tipos de fluidos são [27,28]:

- Óleos, normalmente de origem mineral ou vegetal;
- Emulsões, misturas de óleo (3 a 15%) com água;

- Sintéticos, formulados a partir de compostos alcalinos orgânicos e inorgânicos dissolvidos em água, sem óleo mineral;
- Semi-sintéticos, combinação entre sintéticos e emulsão;

A tabela 2.2 apresenta as características dos principais tipos de fluidos de corte.

*Tabela 2.2. Características dos principais tipos de fluidos de corte [28].*

	Sintético	Semi-sintético	Emulsão	Óleo mineral
Calor Removido	Excelente	Excelente	Bom	Mau
Lubrificação	Mau	Bom	Excelente	Excelente
Manutenção	Excelente	Bom	Mau	Excelente
Filtrabilidade	Excelente	Excelente	Bom	Mau
Impacto ambiental	Excelente	Excelente	Bom	Mau
Custo	Excelente	Excelente	Bom	Mau

As características dos fluidos de corte afetam diretamente o processo e, por isso, a sua conservação e manutenção têm de ser realizadas periodicamente por meio de controlo analítico da concentração e pH [28].

### 2.3.3. Manutenção

A manutenção dos fluidos de corte é tão importante quanto a manutenção de máquinas, equipamentos elétricos e instalações. As máquinas devem estar equipadas com dispositivos periféricos que garantam a filtração, decantação e recirculação do fluido de corte de forma contínua. Isto traduz-se num aumento muito significativo do tempo de vida útil do fluido e numa diminuição da sua substituição, assim como numa diminuição de defeitos [28].

A concentração do fluido é um dos aspetos que tem de ser controlado com o máximo rigor. O limite inferior do óleo presente numa emulsão nunca deve ser ultrapassado pois representa a concentração mínima necessária de forma a manter o desempenho lubrificante e anticorrosivo da emulsão. Assim, é imprescindível manter a concentração especificada pelo fabricante do produto [28].

O pH, medida de acidez ou alcalinidade de uma solução aquosa, deve ser igualmente controlado. É importante saber que os valores de pH de soluções recém-preparadas

tendem a diminuir nas primeiras horas de uso devido à absorção de CO<sub>2</sub> da atmosfera, sendo a redução típica de 0,5. O valor de pH ideal para uma emulsão é de 9 a 9,3. Se este se encontrar abaixo de 8,5 aumenta a probabilidade de oxidação o que não é, de todo, favorável [28].

Assim, é importante ter noção que os fluidos de corte, ao serem submetidos a elevadas temperaturas, sofrem reações de oxidação e polimerização, formando misturas complexas de elementos contaminantes resultantes do desgaste dos materiais. Isto leva a uma redução ainda maior nas propriedades rendimento de um fluido de corte. A presença de microrganismos que metabolizam os componentes do fluido gera uma perda de qualidade ainda maior. Estes modificam a estrutura química do fluido e tornam-se extremamente agressivos para o alumínio e as suas ligas, provocando micro-corrosão superficial generalizada. Os contaminantes mais comuns são constituídos por água, restos de aditivos, ácidos orgânicos ou inorgânicos, óleos externos provenientes de fugas nos circuitos hidráulicos e de lubrificação, partículas sólidas metálicas, microrganismos, entre outros [28].

## **2.4. Tratamentos de superfície**

Conjunto de processos físico-químicos aplicados a peças metálicas e não-metálicas com o objetivo de conferir determinadas propriedades superficiais, como resistências à corrosão, oxidação e fadiga, assim como propriedades decorativas, elétricas, térmicas, óticas e magnéticas. Estas dependem não só da composição química como também da morfologia, estrutura e espessura da camada formada. A qualidade inicial da superfície, o processo de fabrico e o acabamento pretendido são fatores que vão delinear os tratamentos de superfície necessários para que a qualidade exigida seja alcançada, dependendo sempre da aplicação futura. Os tratamentos de superfície estão divididos em mecânicos e químicos [4].

### **2.4.1. Tratamentos de superfície mecânicos**

Para a obtenção de uma aparência uniforme e atrativa é necessário um tratamento de preparação superficial do alumínio adequado. Caso este processo seja negligenciado, defeitos graves podem aparecer. A execução desta preparação prende-se com diferentes objetivos, tais como:

- Eliminação de riscos, picadas e outros defeitos superficiais, assim como garantir uma superfície macia e brilhante através do processo de polimento. Promove a redução e eliminação de rugosidades presentes na superfície [4];
- Preparação de peças rugosas para polimento, anodização, acabamentos orgânicos, entre outros. Geralmente é usado um processo de projeção por jato de partículas abrasivas como forma de eliminar as rugosidades presentes na peça. Este processo é ainda responsável por um aumento da resistência à corrosão e por favorecer as propriedades mecânicas do material visto remover fissuras, endurecer o material e introduzir tensões de compressão superficiais [4];
- Produção de *designs* e texturas na superfície da peça que, numa fase posterior, pode ser esmaltada ou anodizada [4].

#### 2.4.1.1. Polimento

O processo de polimento pode ser mecânico, químico ou eletroquímico, sendo que a principal distinção parte do fato de no mecânico, tal como o próprio nome indica, o material ser colocado em contato direto com um abrasivo [4].

Polimento mecânico pode ser dividido em polimento manual e automático e destina-se, além de melhorias estéticas, ao ajuste de peças, eliminando rebarbas, imperfeições e sujidades contidas na superfície da peça. Este tipo de polimento utiliza lixas com diferentes granulometrias, dependendo do material e do acabamento pretendido. Esta operação é realizada em várias etapas, utilizando lixas com granulometrias decrescentes. Uma vez que a profundidade da zona de deformação introduzida é diretamente proporcional à granulometria das partículas abrasivas que a constituem, a sequência das etapas resulta numa redução de espessura. Para que ocorra a remoção de material é necessário aplicar uma determinada pressão e velocidade do abrasivo sobre a peça de trabalho [29,30].

É importante salientar que a dureza e o tempo são fatores que afetam a qualidade do processo de polimento. Durezas mais elevadas proporcionam um elevado grau de acabamento, sendo mais fácil a obtenção superfícies polidas. No que respeita ao tempo de polimento também afeta o acabamento superficial: o tempo deve ser

adequado à dureza do material pois, caso o limite de tempo de polimento para dado material seja ultrapassado, uma maior rugosidade superficial será provocada o que não é, de todo, favorável [31].

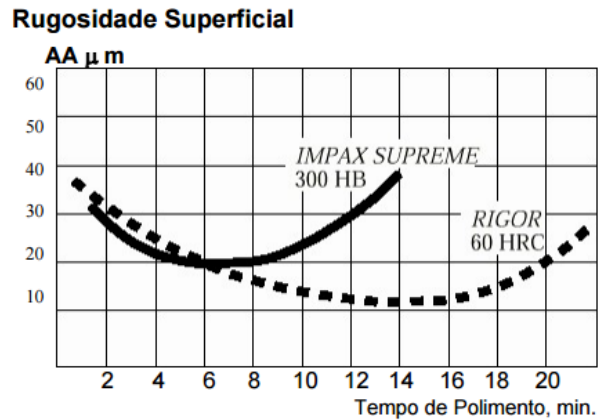


Figura 2.2. Relação entre a rugosidade superficial e o tempo de polimento tendo em conta a dureza [31].

As lixas de polimento utilizadas são constituídas por três elementos: os abrasivos, o suporte e o ligante. A constituição de uma lixa está representada na figura 2.3.

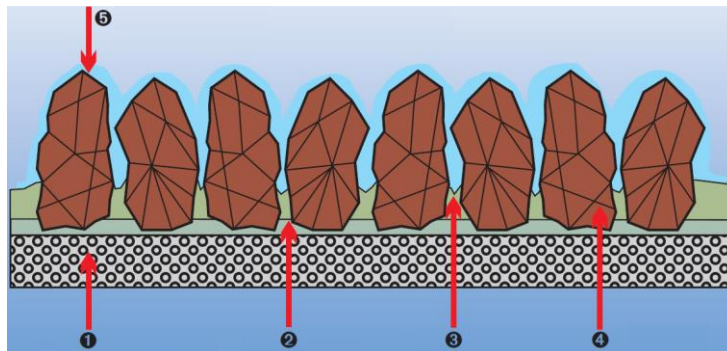


Figura 2.3. Representação de uma lixa de polimento e os seus constituintes: 1. Suporte; 2. Ligante; 3. Ligante de topo; 4. Partículas abrasivas; 5. Camada ativa. Imagem adaptada de [32].

#### 2.4.1.1.1. Abrasivos

Uma substância abrasiva corresponde a um material de elevada dureza e resistência que, quando esmagado e triturado a grãos, apresenta-se na forma de inúmeras lâminas afiadas [33].

##### i) Propriedades

Os abrasivos apresentam propriedades comuns entre si e necessitam de uma análise cuidadosa quando escolhidas para trabalhar em determinado material [33-35]:

- Dureza: capacidade que o abrasivo possui em cortar a superfície do material;
- Resistência à fratura: resistência do abrasivo durante o processo de polimento quando pressionado contra a superfície do material. À medida que os abrasivos se desgastam, os grãos vão perdendo a capacidade de corte e a sua resistência, podendo levar à sua fratura. Estes grãos vão então partir, revelando novos grãos afiados que continuarão a operação de corte;
- Resistência ao desgaste: relaciona-se com a dureza do abrasivo. Quanto maior for a dureza do material abrasivo maior será a sua resistência ao desgaste.

### ii) Tipos

Os diferentes tipos de abrasivos podem ser classificados como naturais ou artificiais. Os naturais, são provenientes da própria natureza, como o diamante, o feldspato e a sílica. Já os artificiais são sintéticos, como o SiC, utilizado em materiais dúcteis como Al e aços inoxidáveis, o  $Al_2O_3$ , utilizado em aço e outras ligas ferrosas, o TiC e o cBN. Diferentes graus de cada tipo de abrasivo sintético podem ser distinguidos através de determinadas propriedades como a cor, resistência e friabilidade. Estas diferenças são causadas não só pela variação na pureza dos materiais como também pelos métodos de processamento a que foi sujeito. Com exceção do diamante, os abrasivos artificiais são bastante mais duros que os naturais, tendo substituído os últimos na indústria de transformação de metais, fruto de uma dureza e resistência à fadiga mais elevada [33-36].

### iii) Tamanho de grão

O tamanho de grão de uma partícula abrasiva tem um papel preponderante na determinação do acabamento superficial e no grau de remoção de material. Tamanhos pequenos produzem acabamentos melhores, ao contrário de tamanhos de grão maiores que permitem graus de remoção de material mais elevados. Assim, uma escolha tem que ser feita entre estes dois aspetos aquando da seleção do tamanho de grão do abrasivo. A classificação mais comum que padroniza os tamanhos de grão está descrita na norma ANSI Standard B 74.12, em unidade *mesh*. Esta medida é representada por um número que corresponde à quantidade de orifícios por polegada linear (25,4 mm) num crivo [33,34].

No que diz respeito à sequência de lixas a utilizar durante o processo é importante salientar que a granulometria seguinte não pode ultrapassar mais do que 50 % do grão, quando comparado com a lixa utilizada anteriormente. Por exemplo, se é utilizada uma lixa com granulometria 80 *mesh*, a próxima deverá ser, no máximo, 120 *mesh*. Esta condição é imperativa para que o grão mais fino consiga remover os riscos deixados pelo grão anterior, mais grosseiro [33].

#### **2.4.1.1.2. Suporte**

Material sobre o qual os grãos se apoiam. Determinadas características afetam diretamente o rendimento do mesmo, como a flexibilidade e as resistências à rutura e ao estiramento. Existem vários tipos de suportes, destacando-se o papel, pano, poliéster e a película plástica [37].

#### **2.4.1.1.3. Ligante**

Material utilizado para fixar os grãos abrasivos ao suporte com o intuito de fortalecer a ligação entre os mesmos. Normalmente são aplicados em duas camadas: a primeira fixa o mineral ao suporte e a segunda fixa os grãos entre si. Os principais tipos de ligantes utilizados são as colas orgânicas pois apresentam sensibilidade à humidade e ao calor, assim como as resinas sintéticas, mais resistentes térmica e mecanicamente. É importante referir que estes desempenham um papel fundamental, caso contrário originam perda de grão que, por sua vez, levará a uma diminuição drástica no poder de corte [37].

#### **2.4.1.2. Areamento**

Processo simples e de baixo custo que tem como objetivo suavizar arestas, impondo um acabamento fosco, preparando a superfície para processos posteriores como a oxidação anódica e/ou pintura. De uma forma concisa, consiste na projeção de partículas abrasivas, metálicas ou não metálicas, sobre a peça [4,38]. O seu principal objetivo passa pela remoção de rebarbas, sendo a limpeza considerada um benefício accidental do processo em si. O areamento origina uma peça com um efeito *matte* suscetível a riscos, manchas e dedadas, pelo que o seu manuseamento deve ser feito com o maior dos cuidados [39]. A combinação deste processo com o polimento,

seguido de um processo de anodização, origina acabamentos artísticos e decorativos utilizados para aplicações arquitetônicas ou domésticas [4].

#### **2.4.1.2.1. Tipos de abrasivos**

Vários tipos de abrasivos podem ser utilizados no processo e vão depender, principalmente, do acabamento superficial pretendido. Os principais abrasivos utilizados são a areia, alumina, vidro, aço e carboneto de silício [34].

#### **2.4.1.2.2. Efeitos mecânicos**

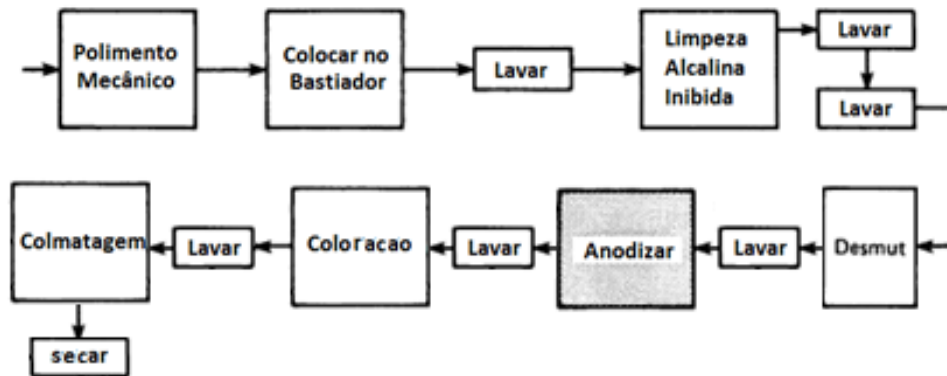
Este processo é de extrema importância no que diz respeito à produção de efeitos mecânicos benéficos em ligas de alumínio que normalmente estão sujeitas a tensões de fadiga como, por exemplo, na indústria aeroespacial [4].

O tipo de material utilizado afeta diretamente a cor do acabamento. Superfícies cinzentas claras são obtidas através do areamento com areia de sílica enquanto os carbonetos produzem superfícies cinzentas escuras. A textura da superfície é função da velocidade de impacto do material, tamanho das esferas, tamanho do bocal assim como da sua distância e ângulo. Estes são largamente determinados pela experiência do utilizador ou por metodologias tentativa-erro. Saliente-se que pressões de ar reduzidas, bocais de maior dimensão e abrasivos finos tendem a produzir acabamentos superficiais mais finos. Este processo, de uma forma geral, produz acabamentos quimicamente limpos, evitando muitas vezes a necessidade de uma limpeza posterior, resultando numa redução não só no tempo entre operações mas também a probabilidade em obter superfícies marcadas ou contaminadas [4].

#### **2.4.2. Tratamentos de superfície químicos**

Os tratamentos de superfície químicos visam, principalmente, a obtenção de superfícies com elevada refletividade e o aumento da resistência à corrosão. As peças de alumínio e as suas ligas são muito utilizadas para fins arquitetônicos. A sequência típica de tratamentos de superfície numa linha de anodização compreende: acabamento mecânico, lavagem com emulsão, limpeza alcalina inibida, imersão numa solução de ácido nítrico, polimento químico ou eletrolítico, *desmutting*, anodização e, por fim, colmatagem [38].

Na Leica - Aparelhos óticos de Precisão S.A., uma elevada gama de produtos é utilizada para fins arquitetónicos. A sequência das etapas do processo encontra-se esquematizada na figura 2.4.



*Figura 2.4. Sequência de tratamentos de superfície mecânicos e químicos utilizados no processo de anodização da Leica (imagem adaptada de [38]).*

A anodização é um tratamento de superfície maioritariamente utilizada em alumínio e nas suas ligas. A reação básica do processo é a conversão da superfície do alumínio num óxido poroso, uniforme e regular. O nome deste processo parte do facto do alumínio ser o ânodo da célula eletrolítica [4,38,40]. O resultado da oxidação anódica depende de vários fatores, particularmente a natureza, concentração e temperatura do eletrólito e as condições da operação, como corrente e voltagem [4]. Ao utilizar este processo, o alumínio pode ser utilizado em muitas aplicações para as quais não era adequado anteriormente [41]. A superfície do alumínio é anodizada por várias razões, tais como [4]:

- Aumentar a resistência à corrosão;
- Melhorar a adesão à pintura;
- Melhorar esteticamente a peça;
- Providenciar isolamento elétrico;
- Aumentar a resistência à abrasão.

Existem 3 principais tipos de processos de anodização, nomeadamente a anodização crómica em que o agente eletrolítico é o crómio, anodização sulfúrica onde o agente eletrólito ativo é o  $H_2SO_4$  e, por fim, a anodização dura em que o agente eletrolítico é o  $H_2SO_4$ , acompanhando ou não por aditivos, mas realizada a baixas temperaturas

[4,38]. O processo mais utilizado industrialmente é o de  $H_2SO_4$  pois oferece um excelente compromisso entre custo e desempenho. Permitem a obtenção de filmes anódicos transparentes muito absorventes e suficientemente duros e compactos. Geralmente o processo é realizado à temperatura ambiente ( $\approx 20^\circ C$ ), com voltagens entre 12 e 20 V e densidade de corrente de 1,8 a 2 A/dm<sup>2</sup>, o que permite a obtenção de espessuras de 2,5 a 25  $\mu m$  [42].

No que diz respeito à célula eletrolítica, figura 2.5, esta é composta por uma tina onde é colocado o eletrólito, um cátodo, ligado ao polo negativo da fonte de alimentação de corrente contínua, um ânodo, material a ser anodizado, ligado ao polo positivo e, por fim, um sistema de refrigeração. A tina para oxidação anódica é normalmente construída em aço macio revestido com materiais resistentes a ácidos, tal como PP, PVC ou borrachas [4]. No que concerne o cátodo, este é, geralmente, similar à liga a ser anodizada [4], [38].

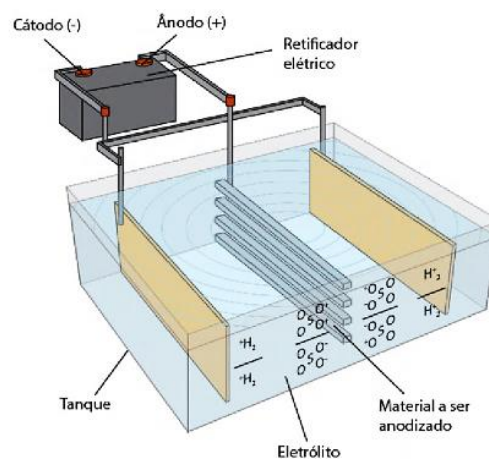


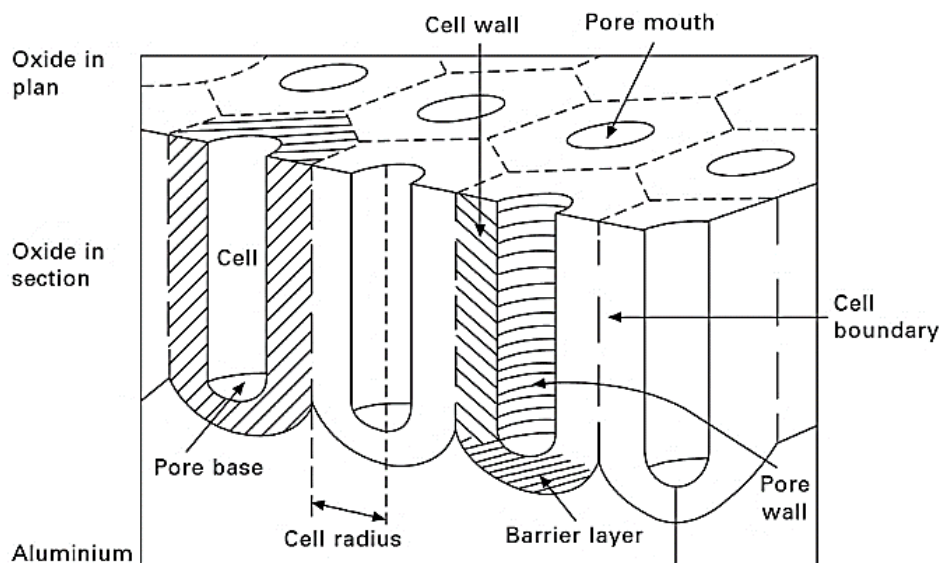
Figura 2.5. Esquema de uma célula eletrolítica [42].

#### 2.4.2.1.1. Filme de óxido

Quando o alumínio é polarizado anodicamente num eletrólito, os aniões carregados negativamente em solução migram para o ânodo, onde vão ser descarregados com a perda de um ou mais elétrons. O resultado da oxidação anódica depende de vários fatores como a natureza, concentração e temperatura do eletrólito e as condições de operação eletrolíticas como a corrente e tensão [4].

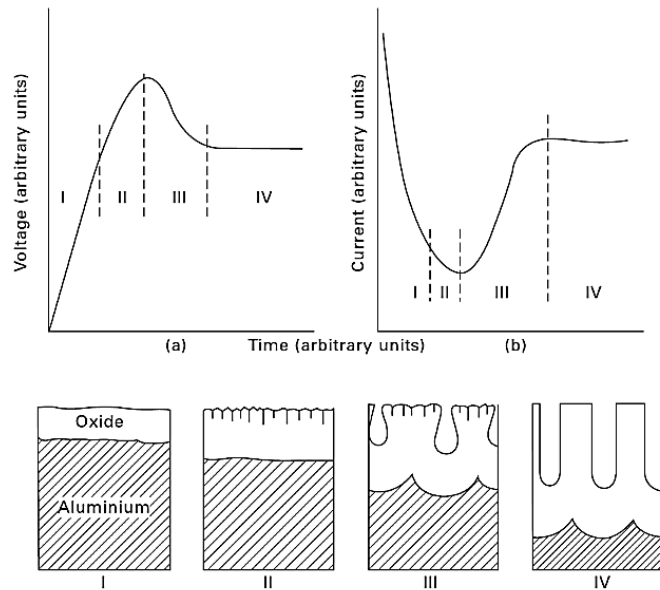
A estrutura de um filme anódico poroso está representada na figura 2.6. É possível observar colunas hexagonais, cada uma com um poro central cilíndrico que se

estende até à camada-barreira, que é amorfa, fina e compacta. Esta é formada de modo contínuo e transforma-se numa camada porosa durante o processo [43]. O diâmetro e espessura da camada-barreira para um determinado eletrólito e uma dada temperatura são proporcionais à tensão aplicada. No entanto, podem existir algumas variações consoante a natureza do eletrólito [4,43,44]. Assim, é possível alterar propriedades físicas do filme anódico, como a dureza, resistência à abrasão e densidade, fazendo variar as condições do processo [43].



*Figura 2.6. Representação esquemática de um filme anódico poroso com as principais características morfológicas [45].*

O desenvolvimento do filme anódico poroso verifica-se ao monitorizar a variação de tensão quando se anodiza com correntes constantes ou ao monitorizar a variação de corrente quando são aplicadas tensões constantes (figura 2.7) [4]. A camada-barreira compacta aumenta de espessura durante o estágio I e os poros incipientes são formados na camada durante o estágio II. O estágio III é caracterizado pelo início da formação da morfologia clássica de um filme poroso. Por fim, o crescimento e propagação dos poros ocorrem durante o estágio IV [4].



**Figura 2.7.** Diagrama esquemático que mostra o desenvolvimento do filme poroso anódico em alumínio, em condições de a) corrente constante e b) tensão constante [45].

A porosidade do filme anódico, isto é, o tamanho dos poros e das células, depende da composição e temperatura do banho, tempo e composição do metal base [4].

#### 2.4.2.1.2. Variáveis do processo

Existem diferentes fatores que influenciam de forma direta e etapa de oxidação anódica. É assim imperativo que estes sejam controlados de forma exímia para garantir que a peça final tem o aspeto pretendido.

##### i) Liga de alumínio

Uma análise à liga de alumínio é imprescindível de forma a evitar problemas após o processo. [4]. O processo de fabrico também influencia a qualidade final da peça. Nas ligas fundidas é complicada a obtenção de peças isentas de porosidade e segregações, mas, caso a sua composição esteja dentro dos limites descritos, o processo pode ser realizado [46]. As ligas de Al-Mg-Si (máximo 2,5 % de Si), Al-Mg e Al-Zn-Mg são adequadas para anodização decorativa [4].

##### ii) Concentração do eletrólito

O eletrólito é o responsável pela dissolução do óxido de alumínio [47]. Concentrações elevadas aumentam o ataque ao filme anódico, particularmente quando a

temperatura do mesmo também é elevada. Processos de anodização que utilizem como eletrólito o ácido sulfúrico apresentam filmes anódicos com melhor resistência à corrosão, principalmente corrosão atmosférica, quando comparados com outros [4].

### **iii) Temperatura**

A temperatura é um dos fatores mais importantes que influencia as propriedades do filme anódico, devendo ser controlado ao máximo [41]. Este controle é imperativo pois remove o calor das peças que estão a ser submetidas ao processo de anodização, previne a dissolução parcial das peças e reduz a variabilidade das características do óxido de alumínio [47]. A temperatura deve estar compreendida entre 14 e 24° C, preferencialmente 18° C, e o desvio não deve exceder  $\pm 1^\circ \text{C}$  [4].

### **iv) Tempo**

Como está diretamente relacionado com a espessura do filme anódico, isto é, quanto maior o tempo de anodização maior será a espessura do óxido de alumínio, é importante encontrar o tempo necessário para que seja atingida a espessura desejada [4,38]. Tempos superiores ao necessário vão provocar uma exposição excessiva do filme anódico ao eletrólito, aumentando a probabilidade do agente ácido dissolver o óxido de alumínio, tornando-o mais poroso e irregular [47].

### **v) Agitação do banho e impurezas**

A agitação é essencial de forma a retirar da superfície das peças o calor provocado pela passagem de corrente e pela reação exotérmica de dissolução do alumínio. Deve ser uniforme e suficiente para que a temperatura seja distribuída uniformemente pelo eletrólito [4]. Já as impurezas têm influência na condutividade elétrica do banho e na composição química do filme anódico [40].

### **vi) Intensidade da corrente**

A intensidade da corrente vai afetar a espessura do filme anódico e as suas propriedades [40]. A utilização de baixas densidades de corrente origina um óxido e alumínio mais poroso, macio e claro, quando comparado com a utilização de altas densidades que promove a formação óxidos de alumínio mais densos, duros e escuros

[47]. É assim imprescindível que se estude e escolha uma densidade de corrente que promova a formação de um filme anódico duro e menos poroso [4,40].

#### 2.4.2.2. Coloração

A coloração de filmes anódicos é conseguida através de vários processos como absorção de pigmentos inorgânicos ou orgânicos, coloração eletrolítica, coloração integral ou uma combinação entre coloração eletrolítica e corantes orgânicos. Após a oxidação anódica, as peças são simplesmente imersas num banho com o corante desejado [4,45,48]. Para fins arquitetônicos, a coloração do alumínio é geralmente orgânica, realizada através de corantes de complexos metálicos solúveis em água. Estes são suficientemente pequenos para penetrarem nos poros do filme anódico e possuem uma elevada afinidade com o óxido de alumínio [4,42]. A profundidade de adsorção do corante vai depender da espessura e porosidade do filme anódico [4,45]. Para uma coloração satisfatória, o filme deve ter uma boa capacidade absorvente e ser uniforme em aparência. Por estas razões, oxidações anódicas com recurso a  $H_2SO_4$  são as mais utilizadas. Para fins arquitetônicos, colorações de excelente qualidade são obtidas através de corantes da *Sanodal*® [49].

#### 2.4.2.3. Colmatagem

Este processo tem como objetivo fechar os poros presentes no óxido de alumínio, permitindo aumentar a durabilidade do filme anódico, a sua resistência elétrica e, por fim, impede a penetração de humidade e/ou elementos corrosivos até ao metal base [4,40]. Caso a peça tenha sido sujeita a um processo de coloração, evita que a tonalidade se degrade ao longo do tempo. Este processo pode ser realizado de diferentes formas, sendo as principais a colmatagem a quente, a frio e a combinação das duas anteriores [40]. Na colmatagem a quente, o filme de óxido de alumínio, anidro e rugoso, é parcialmente convertido em hidrato de alumínio. Os poros fecham devido a um aumento do volume específico de alumina, originado uma película impermeável [4,47]. Já a colmatagem a frio utiliza soluções com base em fluoretos de níquel, não ocorrendo a transformação da alumina da camada anódica, tal como na anterior. Este processo origina camadas mais duras e com maior resistência à corrosão [4,45,47]. O processo de colmatagem não será eficiente caso o filme anódico não seja aderente, uniforme em aparência e livre de contaminantes. [45].

## 3. Processo produtivo

### 3.1. Sistema de produção

O departamento de mecânica, tal como já foi mencionado, é responsável por todo o trabalho mecânico realizado sobre a peça, desde a sua chegada como matéria-prima, quer como varão quer como bloco, até à peça final, incluindo tratamento de superfícies e pintura. A figura 3.1 mostra algumas das áreas do departamento de mecânica:



*Figura 3.1. Setor da "Mecânica": 1) torneamento, 2) ferramentaria, 3) fresagem 4) tratamentos mecânicos e químicos de superfície.*

Existem assim vários sectores dentro deste sistema de produção. Todos os projetos se iniciam no gabinete de engenharia, definindo-se inicialmente as ordens de trabalho, designadas internamente por Au's (*Arbeitsauftrag*). Estas descrevem o percurso da peça em questão por todos os setores do departamento até estar finalizada e pronta para expedição. De uma forma geral as peças iniciam o seu percurso no setor da fresagem ou torneamento. Em determinados casos, o torneamento fino é necessário. Posteriormente as peças passam para o tratamento de superfícies que inclui os setores de "polimento", "galvânica", "KTL" (aplicado apenas a peças em magnésio), "pintura" e, por fim, "controlo do produto final". O abastecimento de grande parte dos setores é feito através do armazém, enquanto a

ferramentaria produz todas as ferramentas necessárias ao sistema de produção. Por fim, o gabinete de qualidade faz um acompanhamento ao processo produtivo, de forma a garantir que a qualidade do produto está de acordo com as especificações do cliente e com a qualidade exigida.

### 3.2. Setor de Polimento

O setor do polimento foi alvo de uma análise mais cuidada visto ser o setor onde grande parte do trabalho foi desenvolvido. Foi assim necessária a total compreensão e aprendizagem de todos os procedimentos internos com o intuito de sugerir melhorias.

#### 3.2.1. Layout

No setor de polimento é realizado o polimento mecânico e a esmerilagem das mais variadas peças produzidas dentro e fora do departamento de mecânica. Este setor apresenta um papel fundamental em todo o processo produtivo, dispondo não só de equipamentos como também de colaboradores capazes de garantir que a produção exigida é alcançada e apresenta a qualidade pela qual a Leica é conhecida mundialmente. O setor está dividido em duas áreas diferentes: polimento e esmerilagem. A figura 3.2 seguinte mostra o setor em questão.



*Figura 3.2. Setor de polimento, onde A é a área de polimento manual e B é a área de esmerilagem.*

#### 3.2.2. Colaboradores e postos de trabalho

O setor conta com 19 colaboradores, 16 dos quais trabalham na área do polimento e 3 na área da esmerilagem. As bancadas de trabalho estão dispostas de modo a que

cada colaborador execute o menor número de movimentações possíveis. Na bancada de trabalho, representada na figura 3.4, podem ser observadas as diferentes lixas de trabalho, organizadas de acordo com a sua granulometria, assim como as ferramentas utilizadas durante o processo. As lixas de polimento utilizadas são cortadas em duas geometrias diferentes: as da máquina em forma retangular e as do ferro em forma quadrangular, sendo as primeiras maiores do que as segundas.



*Figura 3.3. Bancada de trabalho de um colaborador, com as luvas de proteção, ferro, máquina e as lixas de diferentes geometrias e granulometrias.*

O abastecimento dos postos de trabalho é realizado, sensivelmente, 2 ou 3 vezes por semana. É importante salientar que as lixas estão dispostas sempre da mesma forma no armário, o que significa que cada colaborador sabe onde cada lixa se encontra mesmo sem estarem devidamente etiquetados. A figura 3.5 mostra o armário com as diferentes lixas de polimento.



*Figura 3.4. Armários com as diferentes lixas de polimento.*

## 4. Análise e diagnóstico da situação inicial e desenvolvimento de ações de melhoria

### 4.1. *Front Case* do Projeto *Maximiliam*

O projeto *Maximiliam* engloba vários componentes externos de uma máquina fotográfica, a Leica SL, uma das mais recentes adições da empresa ao mundo da fotografia, observada na figura 4.1. Este projeto teve o seu início em julho de 2015 e abrange a *Front* e *Rear Cases*, constituinte frontal e traseiro, respetivamente.



Figura 4.1. Mais recente adição ao conjunto de produtos da empresa, a Leica SL.

#### 4.1.1. Fluxo de polimento

A figura 4.2 apresenta as zonas em que o polimento é exigido. Não existia uma sequência de polimento definida para a *Front Case*. Por outras palavras, apesar de todas as zonas requeridas da peça sofrerem polimento, não se encontrava propriamente definido quais as lixas a utilizar em cada uma delas, ficando ao critério do operador designado. Esta situação provoca variações significativas nas operações, o que não é desejado. Por exemplo, um colaborador poderia utilizar uma sequência de lixas de 320, 400 e 500 *mesh* na zona 3, ao contrário de outro que apenas utilizava as lixas de 320 e 400 *mesh*, provocando uma diferença significativa não só no ciclo de tempo como também na taxa de rejeição de cada colaborador e, portanto, na taxa de rejeição geral. No anexo A é possível ver a instrução de trabalho com a tolerância para defeitos (f2 e f3) exigida para o componente em questão.

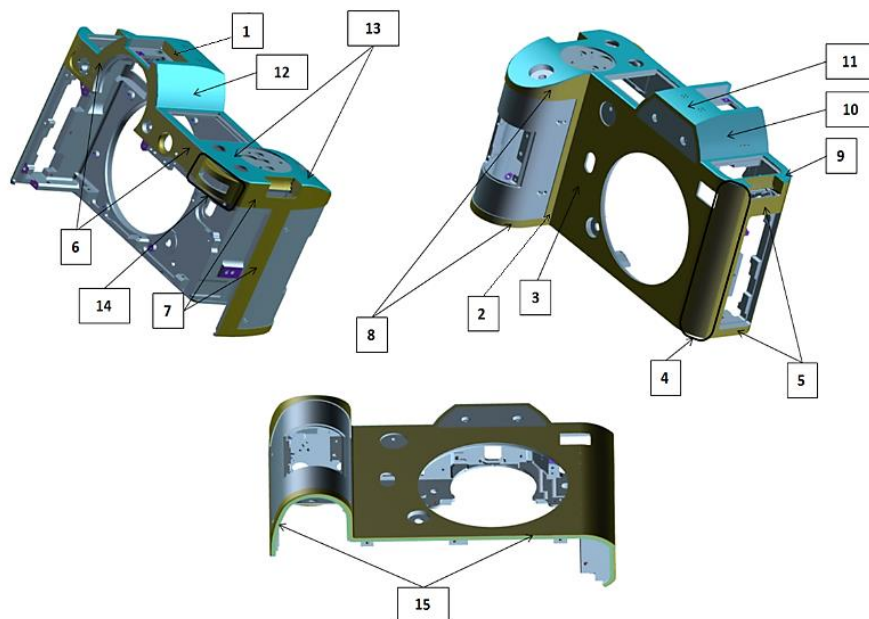


Figura 4.2. Modelo 3D da Front Case com as respetivas zonas de polimento.

Tal como já referido, não se encontrava definida uma sequência de operações. Foi então desenvolvida uma nova sequência visando uma redução dos ciclos de tempo e das taxas de rejeição. Este novo fluxo, descrito na tabela 4.1, foi desenvolvido tendo em consideração os colaboradores que apresentavam melhor *performance* no processo, isto é, que apresentavam os melhores ciclos de tempo tendo em conta a percentagem de peças produzidas semanalmente e a respetiva taxa de rejeição. Foram estudados todos os seus movimentos, analisando operações que pudessem ser alteradas ou até mesmo eliminadas de forma a desenvolver uma sequência lógica.

Tabela 4.1. Fluxo de polimento desenvolvido e adotado para a Front Case com lixas adequadas para o alumínio, em mesh.

Zonas	Ferramenta	Lixa (mesh)	Zonas	Ferramenta	Lixa (mesh)
2	Máquina	400	3, 4	Máquina	400
9, 13	Máquina	400	15	Máquina	400
10, 12	Máquina	400	1	Ferro	500
11	Máquina	400	16	Ferro	500
6	Máquina	400	10, 12	Ferro	800
14	Máquina	400	14	Ferro	800
5	Máquina	400	2	Ferro	800
7, 8	Máquina	400	10, 12	Microfina	1200
3, 4	Máquina	320	14	Microfina	1200

A lixa de 400 *mesh* passou a ser a única utilizada por todas as zonas que exigem o polimento com a máquina, com exceção das zonas 3 e 4. Estas zonas apresentam marcas do processo de maquinação e, por isso, é exigido um polimento mais acentuado e cuidadoso de forma a garantir a qualidade pretendida.

#### 4.1.2. Rugosidade superficial

A superfície de uma peça apresenta irregularidades provocadas pela ferramenta que atuou sobre ela. A rugosidade superficial é extremamente importante devido à precisão de ajuste entre as peças que serão acopladas. Assim, foi realizada uma análise à rugosidade após todo o processo produtivo, isto é, após o tratamento químico de superfícies. Esta análise é importante de forma a perceber se o novo fluxo de polimento respeita os valores mínimo e máximo definidos pelo cliente: 0,85 - 0,95  $\mu\text{m}$ . A tabela 4.2 mostra os valores de rugosidade medidos em 5 peças, em 5 pontos diferentes (n).

*Tabela 4.2. Rugosidade superficial, em  $\mu\text{m}$ , de várias Front Case.*

Rugosidade superficial					
Amostra	n	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
1	5	0,899	0,922	0,912	0,008
2		0,889	0,932	0,909	0,014
3		0,914	0,935	0,923	0,010
4		0,866	0,9	0,889	0,013
5		0,915	0,93	0,921	0,011

Através da tabela é possível concluir que a rugosidade superficial se manteve dentro dos limites de rugosidade especificados pelo cliente, apesar da mudança de granulometrias e do menor tempo despendido no processo.

#### 4.1.3. Ciclos de tempo

A cronometragem dos tempos foi realizada com recurso a um cronómetro calibrado, tendo sido medidos os ciclos de tempo em duas fases. Na primeira foram cronometrados os tempos por ferramenta, isto é, o tempo que cada colaborador demora a polir uma peça com recurso à máquina e ferro. Na segunda fase foram cronometrados os tempos por operação. Para tal, todo o processo foi dividido em

operações que incluem as zonas que exigem polimento e a substituição de lixas ou mudança de ferramenta.

### i) Por ferramenta

A figura 4.3 apresenta as médias dos tempos de ciclo por colaborador, tendo para o efeito sido feita uma amostragem de 5 peças.

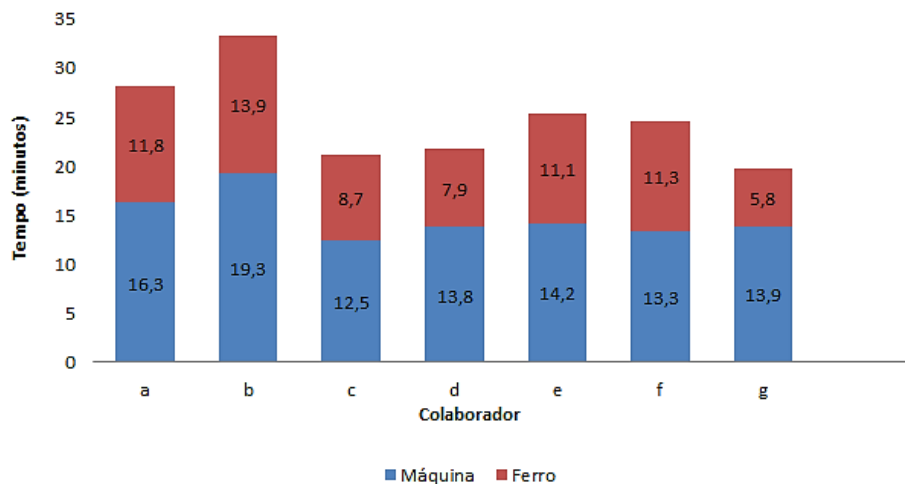


Figura 4.3. Média do ciclo de tempo dos colaboradores (a) a (g), por ferramenta.

Através da figura é possível concluir que existe uma discrepância considerável entre os tempos de alguns colaboradores. Tome-se como exemplo o colaborador (b) e (c), para os quais o polimento com máquina é executado em cerca de 19 e 12 minutos, respetivamente. A sensibilidade de cada colaborador tem um papel importante, mas situações como esta levam a diferenças de produção entre cada um e, por isso, devem ser minimizadas tanto quanto possível. Esta foi uma análise preliminar e, por isso, não foi realizada após implementação das ações pois foi realizado um estudo mais detalhado, explicado de seguida. No anexo B é possível observar os ciclos de tempo de cada colaborador por cada amostra.

### ii) Por operação

Uma cronometragem por operação é fundamental pois permite uma avaliação dos movimentos realizados por cada colaborador. Isto possibilita a identificação de operações de maior dificuldade, assim como operações e movimentos que não acrescentam valor, podendo ser otimizados ou até mesmo eliminados.

Com o objetivo de cronometrar cada operação de polimento foram utilizados um cronómetro calibrado e os formulários para cronometragem interna da Leica. Estes incluem uma percentagem relativa a rendimentos (10 %) e outra para paragens normais do dia-a-dia (8 %), como idas à casa de banho. Com estas percentagens, o tempo de polimento é aumentado. Um exemplo do formulário de cronometragem para o colaborador (g) pode ser consultado no anexo C.

A sensibilidade é um fator determinante, sendo necessário entender que nem todos os colaboradores serão capazes de fazer ciclos de tempo iguais. O objetivo passa por implementar um fluxo igual para todos e ajustar os tempos de cada um, tendo a certeza que cada colaborador está a executar o polimento no menor tempo que ele consegue. Após a implementação do novo fluxo de polimento era esperado que o ciclo de tempo por peça diminuísse. A tabela 4.3 mostra as médias dos tempos de polimento por colaborador, antes e após implementação. Para o estudo cronometraram-se 3 amostras por colaborador.

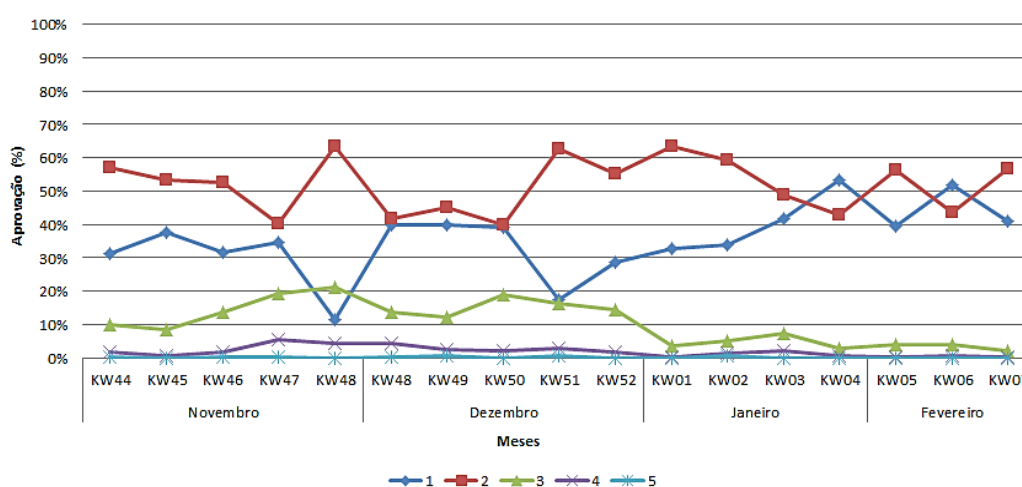
*Tabela 4.3. Média dos tempos para cada colaborador antes e depois da implementação do novo fluxo de polimento.*

Colaborador	Pré-implementação		Pós-implementação	
	Tempo com 18% (minutos)	Tempo real (minutos)	Tempo com 18% (minutos)	Tempo real (minutos)
a	30	24	26	21
b	32	26	30	24
c	27	22	25	21
d	27	22	24	20
e	31	25	29	24
f	29	24	26	21
g	24	19	22	18

Como é possível concluir, os tempos de ciclo por colaborador diminuíram de forma significativa, uma média de 2 minutos. Com esta diminuição, a produção de cada colaborador aumentará em, pelo menos, uma peça por dia. Numa análise semanal, isto resulta num aumento de 5 peças por colaborador e 35 peças globalmente. Assim, com a aplicação de um novo fluxo de polimento, foi possível o aumento da produtividade utilizando os mesmos recursos.

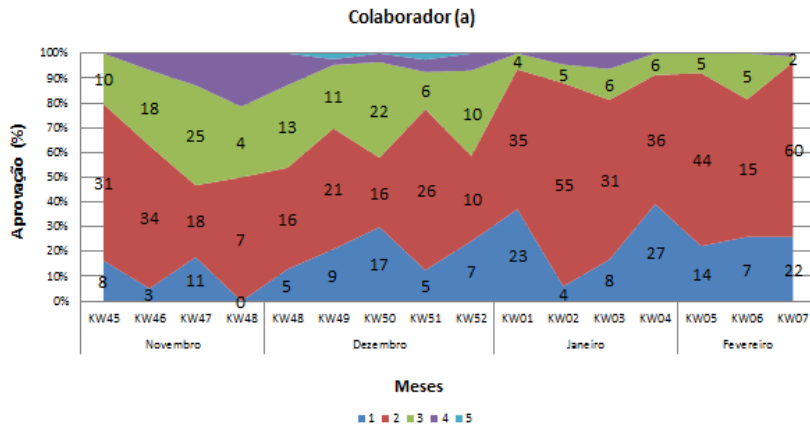
#### 4.1.4. Taxas de rejeição

As peças são submetidas a um controlo após areamento, ou seja, antes do tratamento químico de superfície. Desenvolvendo e implementando um sistema de controlo de cada uma das peças através da ferramenta *Excel®*, fruto da existência de códigos de barra em cada uma delas, foi possível realizar uma análise contínua e detalhada. Cada movimento de entrada e saída das peças é registado por um leitor de códigos de barra, assim como o colaborador que realizou o polimento. Parte da base de dados pode ser observada no anexo D. Devido à complexidade da peça em questão, as taxas de rejeição na fase inicial foram bastante elevadas, sendo que nas primeiras 4 semanas apenas 5 % das peças estavam a passar apenas com um polimento o que não era, de todo, favorável (ver anexo E). Após implementação de melhorias como a mudança de alguns colaboradores e a colocação de um colaborador responsável exclusivamente pelas reparações, as taxas de rejeição diminuíram, sendo que pela semana 7 (KW07) cerca de 57 % das peças passaram com um polimento e 41 % com dois polimentos, como pode ser observado pela figura 4.4.

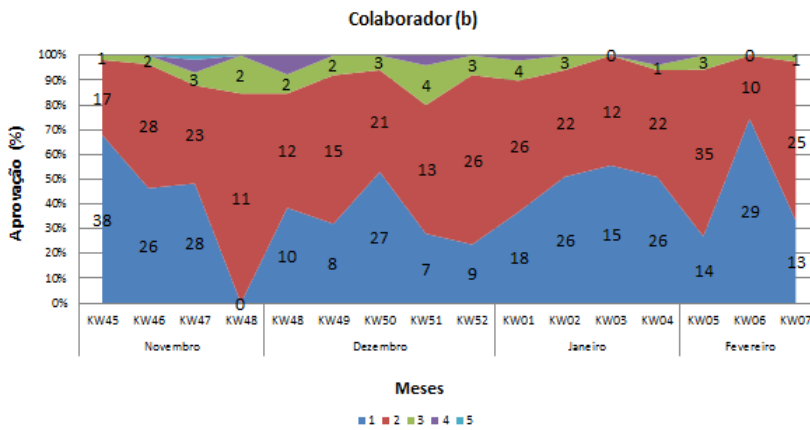


**Figura 4.4.** Percentagem de Front Cases aprovadas de acordo com o número de polimentos de novembro de 2015 a fevereiro de 2016.

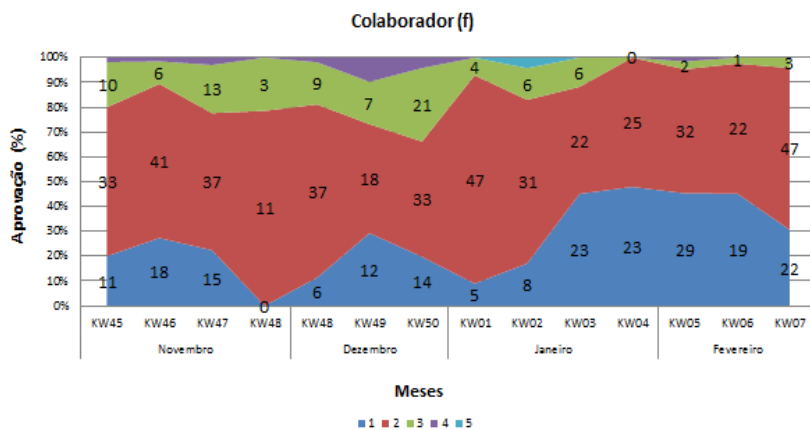
Partindo da mesma base de dados foi possível a construção de gráficos para cada colaborador com as taxas de primeiro e subsequentes polimentos de cada um por semana/mês. As figuras seguintes mostram alguns exemplos.



*Figura 4.5. Percentagem de aprovação de acordo com o número de polimentos do colaborador a, antes da implementação.*



*Figura 4.6. Percentagem de aprovação de acordo com o número de polimentos do colaborador b, antes da implementação.*



*Figura 4.7. Percentagem de aprovação de acordo com o número de polimentos do colaborador f, antes da implementação.*

Após a análise às figuras apresentadas é possível concluir que existe uma grande variação nas taxas de rejeição, para além de serem elevadas. Existe assim a consciência de que é possível uma estabilização e aumento da percentagem de peças a passarem no primeiro polimento. Para tal, tornar cada colaborador responsável pelas suas próprias reparações é uma alteração que afeta diretamente as taxas de rejeição pois cada colaborador vai perceber as zonas onde apresenta maior dificuldade. Além disso, o novo fluxo de polimento apresentará também um papel fundamental. Foi realizada uma análise durante 15 semanas e a percentagem de aprovação de acordo com o número de polimentos pode ser observada na figura 4.8.

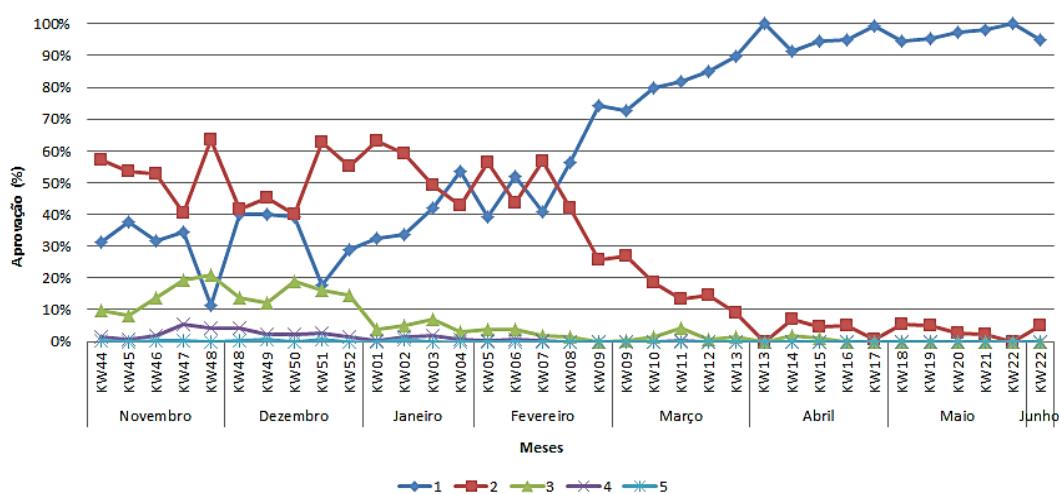
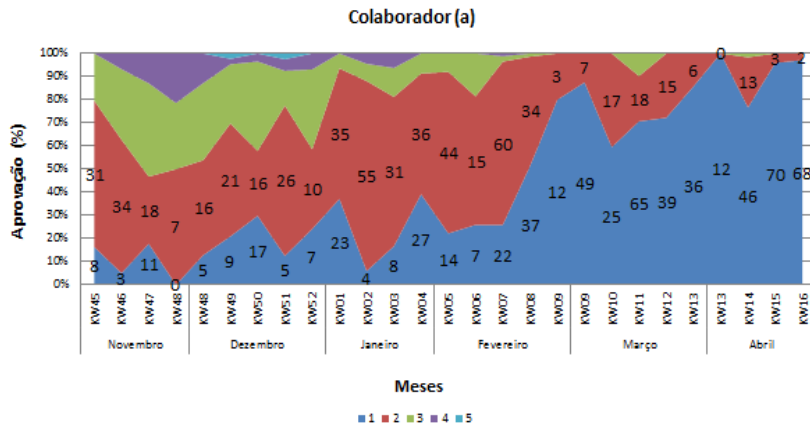
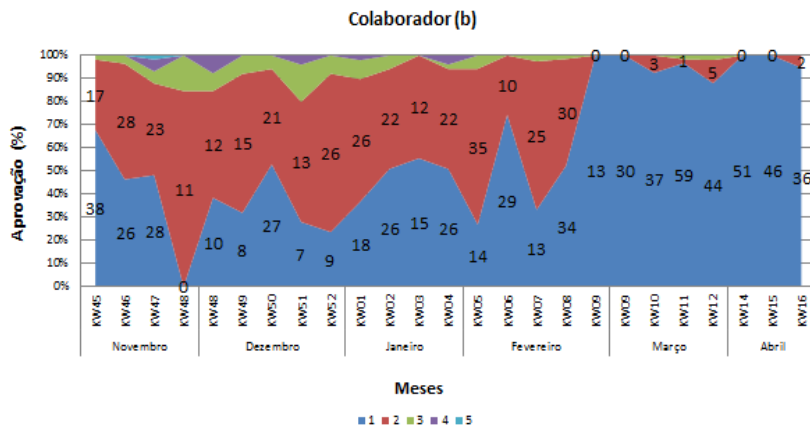


Figura 4.8. Percentagem de Front Case aprovadas de acordo com o número de polimentos de novembro de 2015 a junho de 2016.

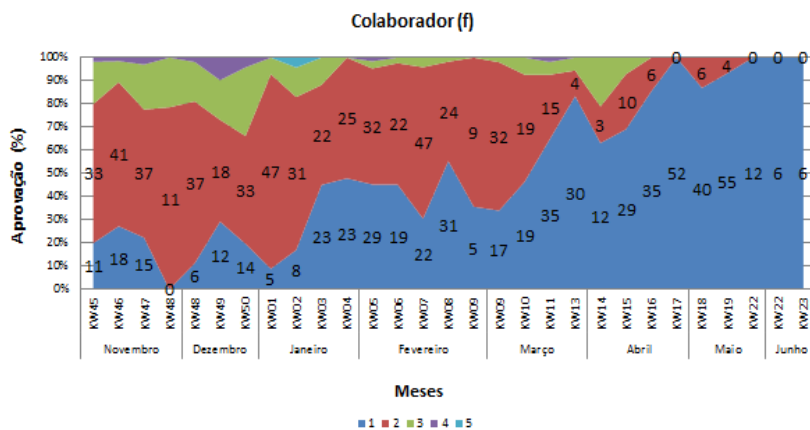
É possível observar que as taxas de aprovação de primeiro polimento aumentaram gradualmente desde a implementação das ações de melhoria na semana 7. Pela semana 22, a taxa de aprovação estava a rondar os 95 %. É bastante importante salientar que na semana 6 foi realizada uma reunião de forma a sensibilizar os colaboradores sobre a necessidade de produzir mais e melhor. Foi decidido que se realizariam reuniões semelhantes no final de cada semana. As figuras seguintes mostram a produção de cada colaborador, sendo possível concluir que cada um se adaptou bem às ações implementadas. As figuras seguintes mostram os gráficos de aprovação de acordo com o número de polimentos após a implementação.



**Figura 4.9.** Percentagem de aprovação de acordo com o número de polimentos do colaborador a, depois da implementação.



**Figura 4.10.** Percentagem de aprovação de acordo com o número de polimentos do colaborador b, depois da implementação.



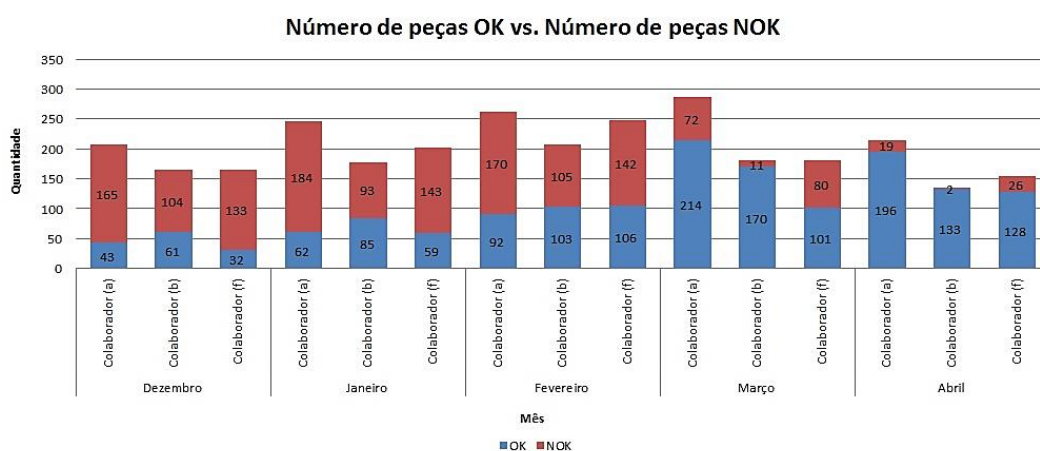
**Figura 4.11.** Percentagem de aprovação de acordo com o número de polimentos do colaborador f, depois da implementação.

No anexo N é possível ver um exemplo do documento desenvolvido onde está presente uma análise ao número de polimentos geral e outra referente a cada colaborador. Foi decidido que uma versão deste documento, contendo a análise geral, sem discriminação dos colaboradores, passaria a ser impressa e afixada no setor de forma a sensibilizar ainda mais, como pode ser observado pela figura 4.12.

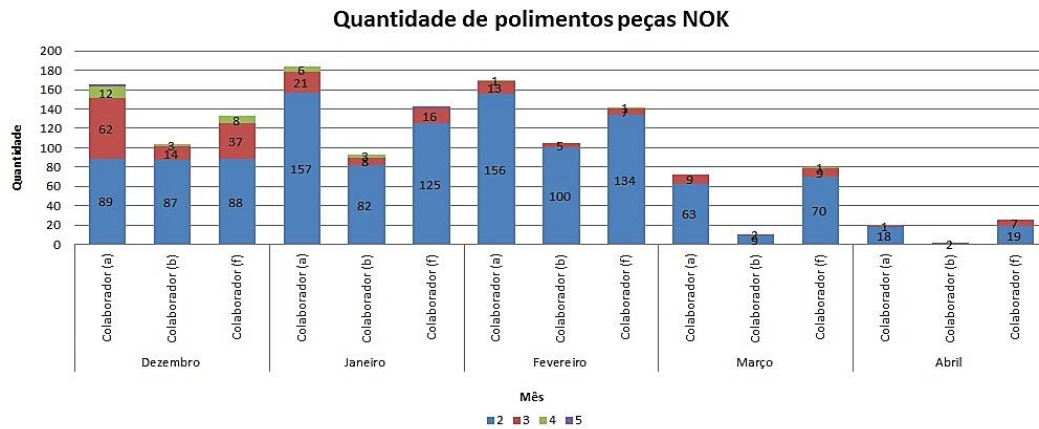


**Figura 4.12.** Documento da Qualidade do Departamento da Mecânica relativo ao Projeto Maximilian afixado no setor de polimento.

Partindo da informação sobre as taxas de rejeição de cada colaborador foi realizada uma análise aos retoques das peças NOK de forma a perceber quantos polimentos eram necessários após ter sido rejeitada pelo controlo. Com esta análise é possível estudar o desempenho de cada colaborador e perceber aqueles que contribuem de uma forma negativa, tomando as medidas necessárias para contornar a situação. As figuras seguintes mostram essa análise para 3 colaboradores.



**Figura 4.13.** Número de peças OK e número de peças NOK de dezembro de 2015 a abril de 2016.



**Figura 4.14.** Polimentos que cada peça NOK precisou até ficar OK desde dezembro de 2015 a abril de 2016.

É importante salientar que a quantidade de polimentos começa em dois porque já engloba o primeiro polimento que a peça sofreu. Tome-se como exemplo o colaborador (f) que, no mês de dezembro, produziu 133 peças onde 45 necessitaram de mais do que um polimento. Dessas 45 peças, 37 necessitaram apenas de mais um polimento, ficando com 2 no total, e as restantes 8 precisaram de mais 2, totalizando 3 polimentos.

#### 4.1.5. Análise a defeitos de polimento e eliminação do controlo

Existem diferentes tipos de defeitos que podem aparecer na *Front Case*, provenientes das diferentes etapas pela qual a peça foi submetida, desde do processamento da matéria-prima até ao tratamento químico de superfícies. É imperativo caracterizar esses defeitos e identificar a sua possível causa, tornando-se assim a procura da sua resolução muito mais objetiva. No que concerne ao polimento, os defeitos passam por riscos, produzidos pelo ferro ou pela máquina, e facetas nas arestas da peça.

Foi decidido que as peças começariam a passar para a etapa de anodização sem qualquer tipo de controlo após areamento, eliminando assim uma etapa no processo produtivo, o que se traduz numa redução significativa de tempo. Esta medida foi implementada na semana 16, abrangendo apenas os colaboradores que estavam mais à vontade com o processo. Foi realizada uma análise à quantidade de defeitos após anodização com o intuito de perceber se o controlo após areamento pode ou não ser

eliminado definitivamente do processo produtivo. A figura 4.15 mostra a quantidade dos diferentes defeitos até junho de 2016.

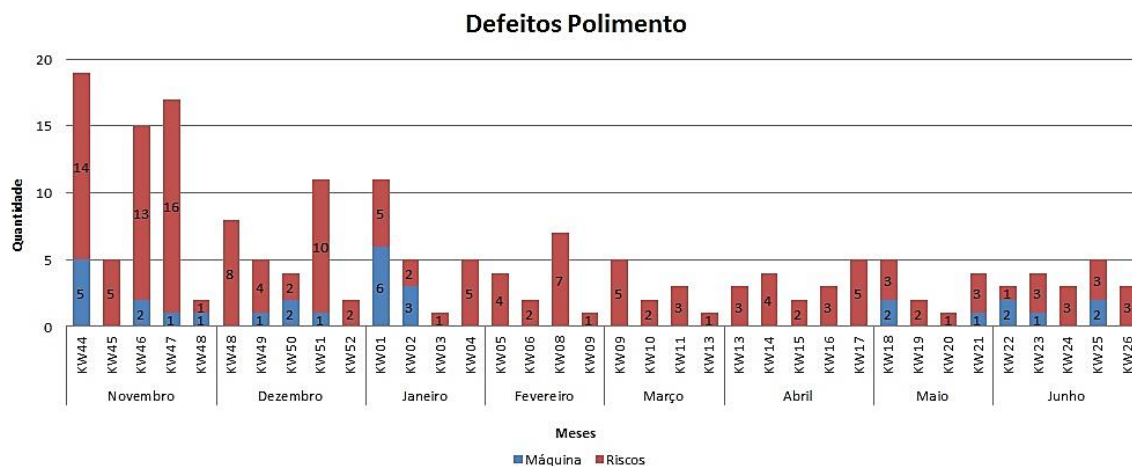


Figura 4.15. Quantidade de defeitos de polimento desde novembro de 2015 até junho de 2016.

Como pode ser observado pela figura, os riscos causados pelo ferro são os predominantes. Estes são causados, principalmente, por passagens excessivas da ferramenta em determinadas zonas da peça. O processo de maquinação é um fator importante pois determinados lotes apresentam marcas do processo mais evidentes, exigindo um maior trabalho na sua eliminação. Isto pode levar a uma passagem excessiva da ferramenta, provocando, por vezes, o defeito referido. As arestas brancas derivam de um mau uso da ferramenta nessas zonas. É preciso ter bastante atenção para que o ferro não crie outra superfície.

Era assim importante perceber se com a eliminação do controlo das peças de alguns colaboradores, o número de defeitos após a anodização aumentava. A eliminação de uma etapa durante um processo produtivo exige um estudo detalhado de forma a perceber se essa eliminação compensa. Observando a figura é possível concluir que o número de defeitos se manteve sensivelmente o mesmo, não havendo um aumento ou diminuição significativas. Isto deve-se ao novo fluxo de polimento estabelecido que permitiu a obtenção de uma sequência de operações para todos os colaboradores, assim como cada um ser responsável pelas suas próprias peças NOK, havendo dessa forma uma aprendizagem que até então não existia. Assim, uma etapa no processo produtivo foi eliminada, o que se traduz principalmente em redução de tempo, influenciando de forma direta a produção. No anexo O é possível ver um

exemplo do documento desenvolvido, contendo uma análise às peças OK e NOK e aos defeitos de polimento.

#### 4.1.6. Análise de um defeito superficial

O defeito em causa corresponde ao aparecimento de pontos brancos na superfície da peça. Estes aparecem após o processo de anodização, não sendo visíveis em qualquer um dos processos que o antecedem, nomeadamente a maquinação, lavagem, polimento manual e areamento.

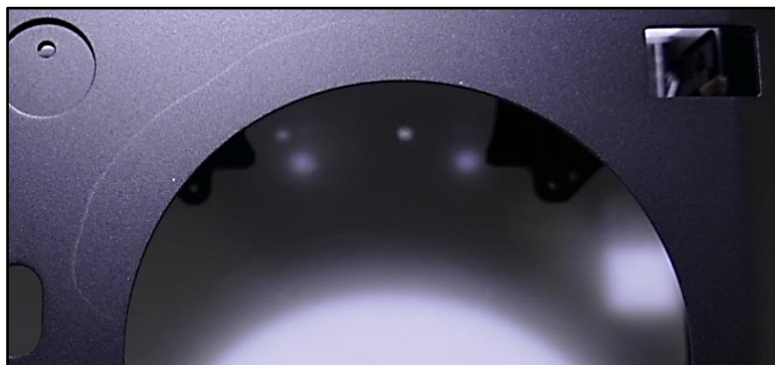


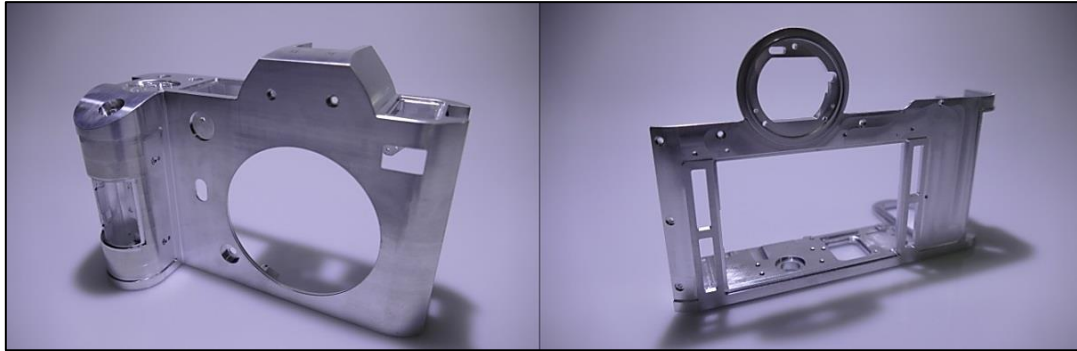
Figura 4.16. Exemplo do defeito em causa numa Front Case.

##### 4.1.6.1. Materiais e procedimento experimental

No sentido de proceder a uma análise do defeito em questão foi necessária a seleção e posterior corte dos componentes de forma a obter amostras suscetíveis a análise.

###### a. Preparação das amostras

Foram selecionados 6 componentes diferentes da mesma máquina e do mesmo lote, ambas após maquinação: 2 *Front* e 2 *Rear Cases*. A *Rear Case* é maquinada na Leica enquanto a *Front Case* é maquinada externamente. Como a liga de alumínio é a mesma, nomeadamente AlMg<sub>5</sub>, uma comparação vai permitir identificar diferenças a nível de composição na superfície dos materiais. Para além disso, duas *Front Cases* que sofreram tratamentos de superfície mecânicos e químicos e apresentaram o defeito em questão também foram recolhidas. Os componentes, antes do corte, podem ser visualizados nas figuras 4.17 e 4.18.



*Figura 4.17. Componentes do Projeto Maximiliam. À esquerda: Front Case e à direita: Rear Case, ambos sem lavagem e sem tratamentos de superfície mecânicos e químicos.*



*Figura 4.18. Front Case do Projeto Maximiliam, após maquinação, com lavagem e tratamentos de superfície mecânicos e químicos (anodização).*

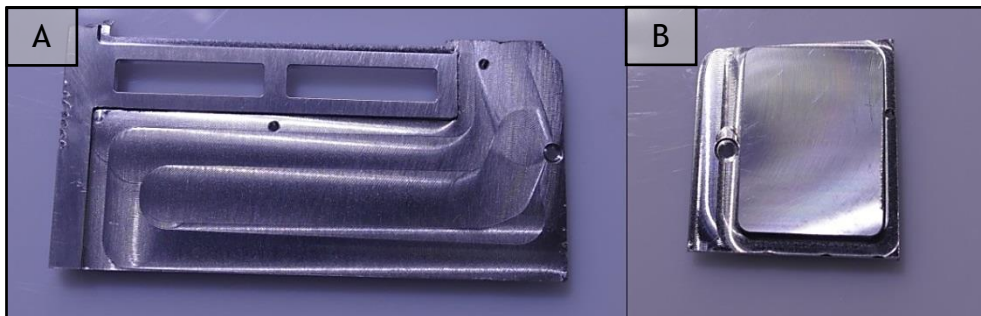
Após a recolha dos componentes foi necessário proceder ao seu corte, sendo realizado na própria empresa com recurso a uma serra de corte manual. A dimensão das amostras exigida pelo CEMUP (Centro de Materiais da Universidade do Porto) está limitada a 100 mm de comprimento e 50 mm de altura.



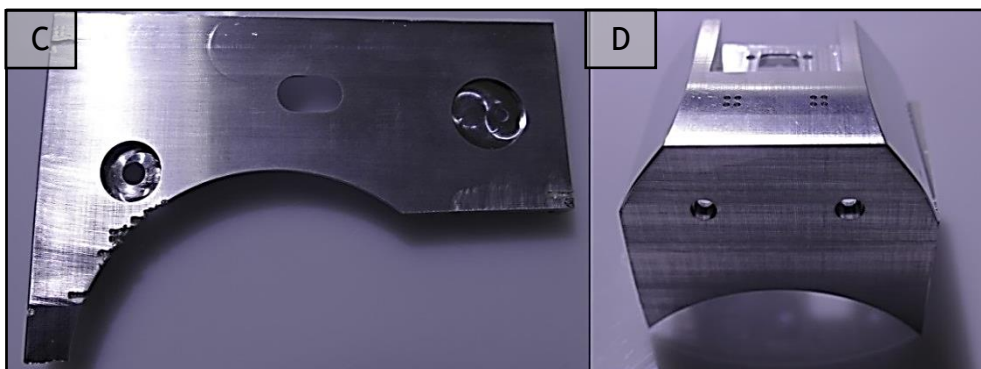
*Figura 4.19. Exemplo do corte de um dos componentes utilizando a serra de corte manual.*

As zonas de corte apresentam marcas características deixadas pelo processo de corte, assim como rebarba. Como tal, foi utilizado um disco de corte para a sua remoção.

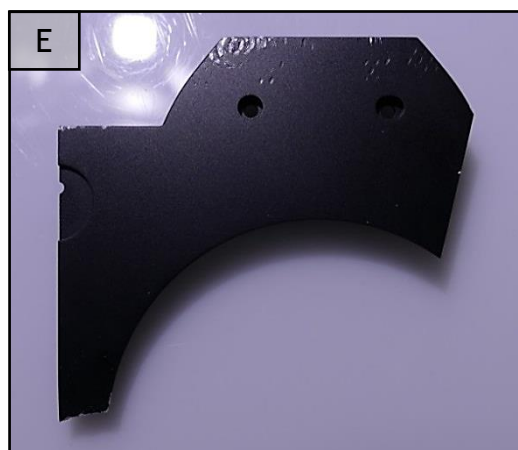
As amostras da *Rear Case* foram identificadas de A e B, as da *Front Case* como C e D e, por fim, as da *Front Case* anodizada como E e F. Saliente-se que a amostra F é exatamente igual à amostra E.



*Figura 4.20. Amostras da Rear Case sem lavagem e sem tratamentos de superfície mecânicos e químicos.*



*Figura 4.21. Amostras da Front Case sem lavagem e sem tratamentos de superfície mecânicos e químicos.*



*Figura 4.22. Amostra da Front Case com tratamentos de superfície mecânicos e químicos.*

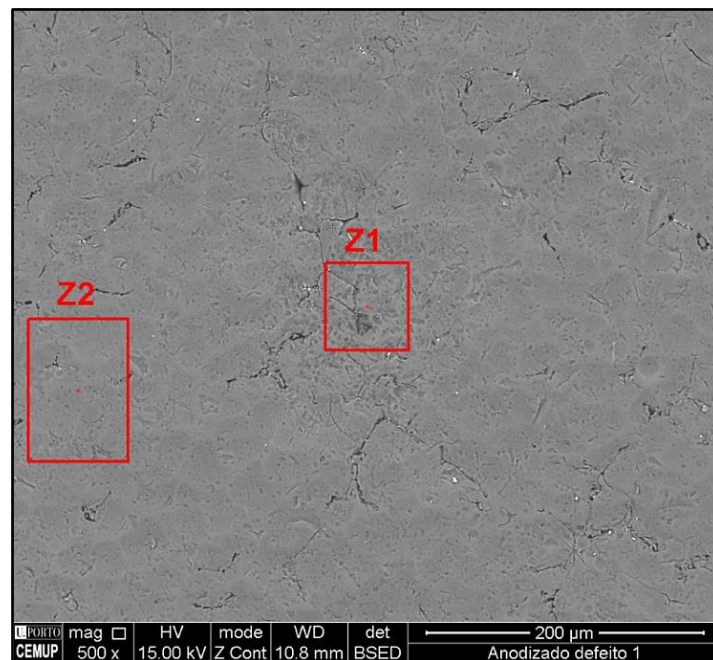
## b. Microscopia eletrônica de varrimento (SEM) e microanálise por Espectrometria de dispersão de energia (EDS)

Foram realizadas análises de microscopia eletrônica de varrimento, SEM, com a finalidade de obter imagens de alta resolução da superfície das amostras. Posteriormente foi realizada uma microanálise por espectrometria de dispersão de energia, EDS, cujo propósito parte de uma análise elementar ou caracterização química das amostras.

### 4.1.6.2. Análise e discussão dos resultados

#### a. SEM e EDS

A análise conduzida através de SEM permitiu o registo de imagens da superfície das amostras em alta resolução. As amostras que foram submetidas à etapa de anodização foram analisadas de forma a perceber se ocorreu a formação de filme anódico na zona onde surgiu o defeito. A figura 4.25 identifica duas zonas distintas da amostra E: Z1 corresponde à zona com defeito e Z2 à zona sem defeito.



*Figura 4.23. Imagem obtida através do SEM da amostra E. Z1 corresponde a zona com defeito e Z2 corresponde a uma zona sem defeito.*

A zona Z1, região do defeito, apresenta os elementos principais da liga, o Al e Mg, assim como O, presente devido à formação do filme anódico. Apresenta ainda

quantidades pequenas de Cr e S. O primeiro pode aparecer na forma de contaminante ou como elemento de liga. No primeiro caso, o facto da bomba de sucção utilizada para despejar os tanques da linha de cromagem ser a mesma que é utilizada na manufatura e manutenção dos banhos eletrolíticos da linha de anodização pode explicar o seu aparecimento. Já o enxofre provém do processo de oxidação anódica sulfúrica, no qual é utilizado o  $H_2SO_4$ . A zona Z2, região sem o defeito, apresenta uma composição praticamente idêntica, com o filme de alumina devidamente formado devido ao processo de oxidação anódica. A figura 4.26 mostra as análises realizadas em EDS.

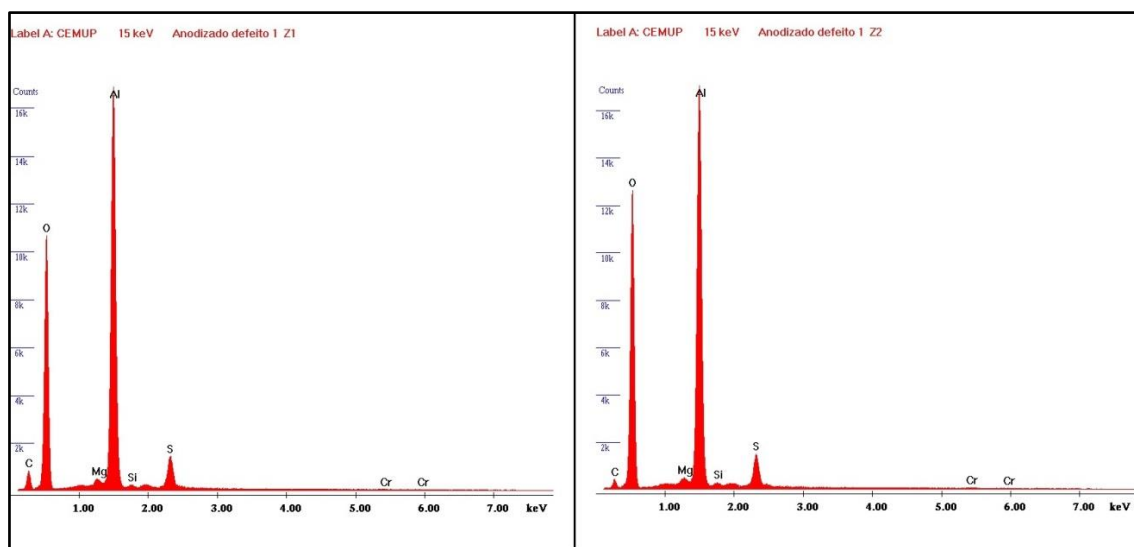


Figura 4.24. Gráficos de análise EDS das zonas assinaladas na figura 4.27.

A figura seguinte mostra a zona Z1 registada em SEM no modo de eletrões secundários (SE) com duas ampliações diferentes.

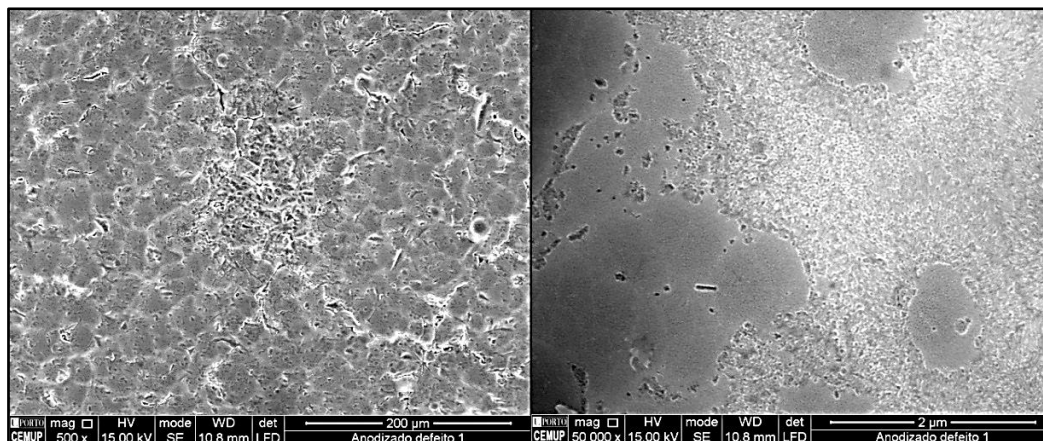
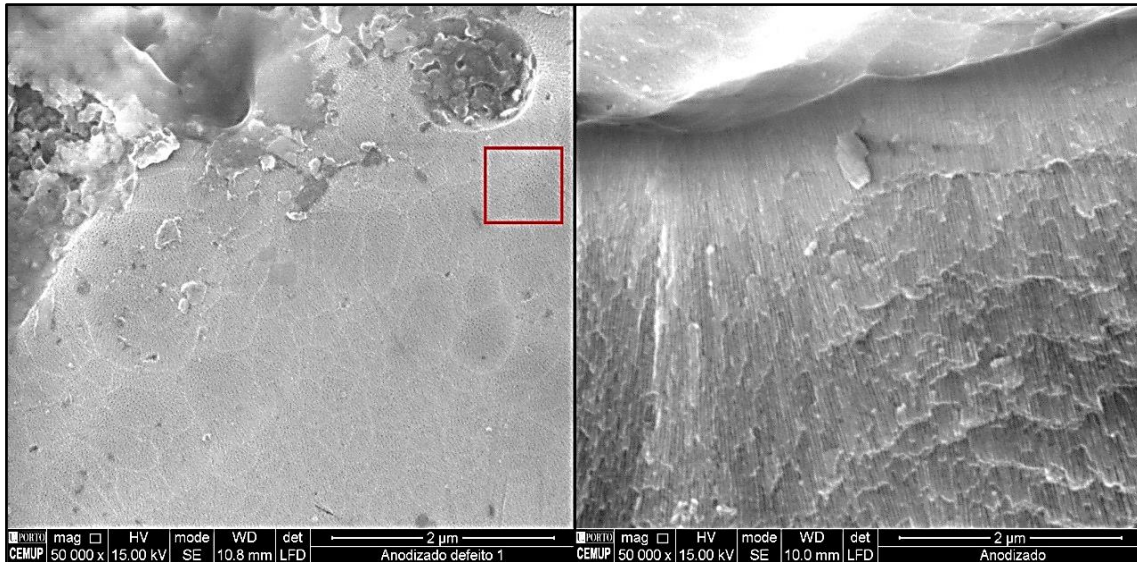


Figura 4.25. Imagem obtida em SEM da zona Z1 com diferentes ampliações.

Analisando a figura é possível observar que a superfície da peça apresenta uma rugosidade acentuada. Como os poros do filme anódico crescem perpendicularmente ao substrato metálico, esta rugosidade promove um crescimento dos poros com orientações diferentes. A figura 4.28 compara o crescimento do filme anódico na zona Z1 e Z2 em secções diferentes.



*Figura 4.26. À esquerda: imagem SEM da zona Z1 obtida perpendicularmente à superfície da amostra; à direita: imagem SEM da zona Z2 obtida transversalmente à superfície.*

A partir da figura é possível observar que existem diferenças no crescimento dos poros do filme anódico, tal como mencionado anteriormente. A zona Z2, comparativamente com a zona Z1, apresenta um filme poroso com orientação mais homogénea, fruto de um substrato mais uniforme. A mesma análise foi realizada para a amostra F, tendo sido obtidos os mesmos resultados.

No sentido de analisar mais detalhadamente a zona defeituosa da amostra F, designada por Z3, a amostra foi seccionada no defeito. Para tal, utilizando um marcador, foi feito um círculo à volta do defeito de forma a facilitar o procedimento. Nas figuras seguintes é possível visualizar a amostra após corte, assim como a sua análise SEM.

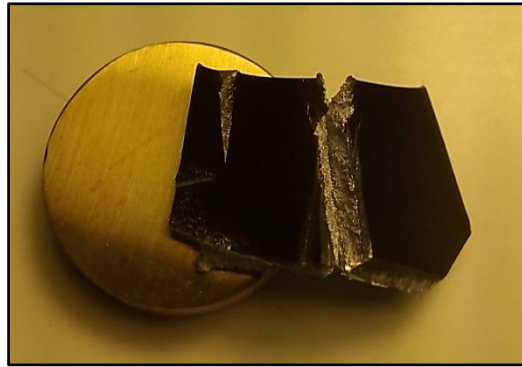


Figura 4.27. Amostra F após o corte manual.

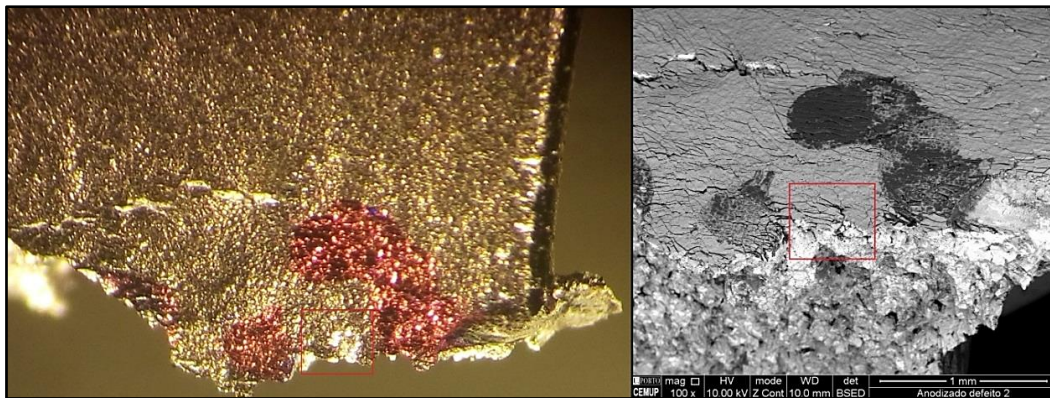


Figura 4.28. À esquerda: zona de corte observada na lupa. À direita: zona de corte observada em SEM. Ambas têm identificado a vermelho a zona do defeito e em ambas é possível observar a zona marcada com tinta.

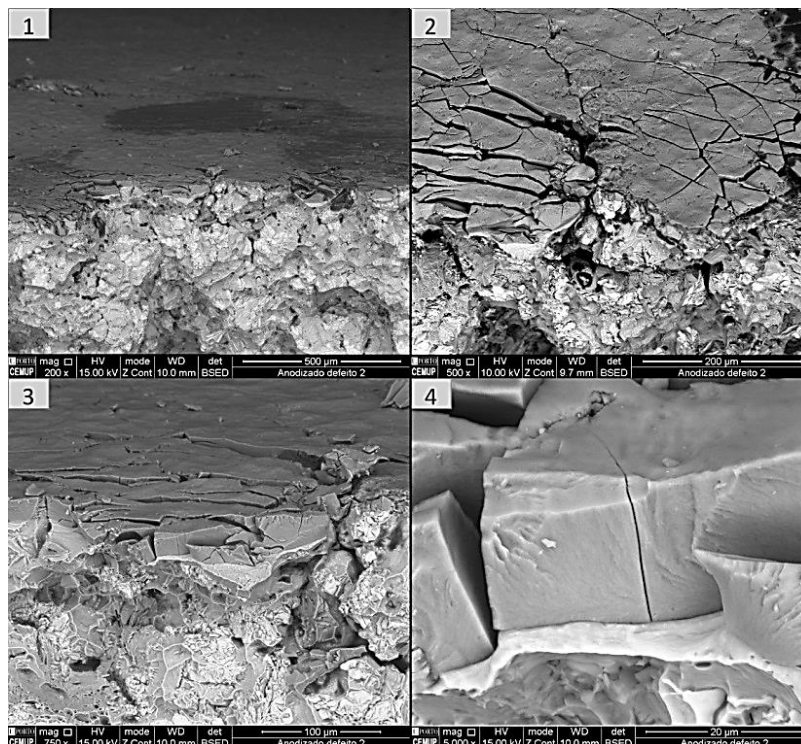


Figura 4.29. Observação em SEM na zona defeituosa, com diferentes ampliações.

A partir das figuras apresentadas é possível observar, através de um corte transversal, o filme anódico formado na superfície do material. De forma a analisar o substrato metálico, foi realizada uma análise EDS. Os resultados mostraram a composição base da liga de alumínio.

Apesar do filme anódico ter sido formado, como comprovam as análises em SEM e EDS, o corante não foi capaz de penetrar nos poros. Segundo a bibliografia, este fenómeno pode ser explicado por uma diminuição da capilaridade do filme anódico, isto é, do seu poder absorvente. Isto pode resultar numa impregnação deficiente do corante, fruto de uma morfologia não homogénea.

Os pontos brancos, para além da possível causa explicada anteriormente, podem aparecer por várias razões. Uma delas é o  $H_2SO_4$  utilizado no banho eletrolítico ficar retido nos poros, impedindo a penetração do corante. Existem várias formas de diminuir ou solucionar este problema. Uma passa por, logo após o banho eletrolítico, fazer lavagens em água quente e fria, alternadamente, o que provoca a dilatação e contração dos poros, o que pode resultar na libertação do  $H_2SO_4$ . Outra ação que pode ser tomada parte da introdução de um novo banho entre as etapas de anodização e coloração. Para este efeito existem duas abordagens distintas. A primeira recorre à utilização de  $HNO_3$  com o objetivo de expulsar o  $H_2SO_4$  dos poros devido à sua menor tensão superficial em comparação com o ácido sulfúrico. No entanto, este banho precisa de ser bem controlado de forma a não destruir o filme anódico criado. Segundo a bibliografia, deve ser utilizado um banho com uma concentração de 5-10 % de  $HNO_3$ . A segunda utiliza o  $NaHCO_3$  com o objetivo de neutralizar o  $H_2SO_4$ , eliminando-o da película anódica. Dessa forma, é expectável uma melhor adsorção do corante por parte do filme anódico.

Outra razão para o aparecimento deste defeito podem ser as condições de maquinação e/ou de armazenamento das peças. De forma a perceber se o problema pode ser externo foram realizadas análises EDS em vários pontos das amostras da *Rear Case*, A e B, e da *Front Case*, C e D.

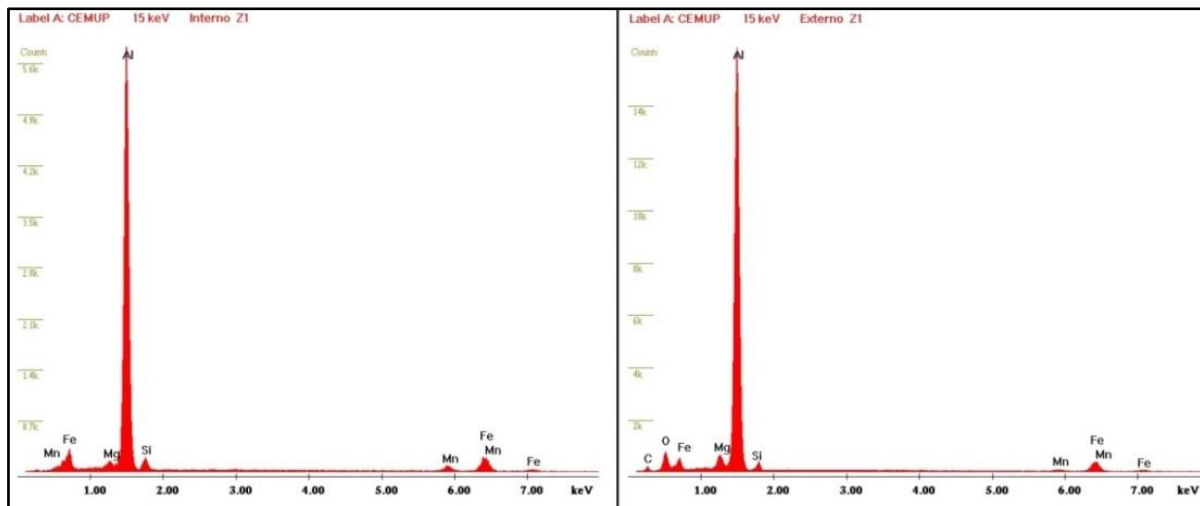


Figura 4.30. À esquerda, análise EDS da amostra A e à direita análise EDS da amostra C.

A *Front Case* apresentou oxigénio na sua composição, o que indica que a peça sofreu oxidação. Nas outras duas peças analisadas, o resultado foi semelhante, apresentando pequenos picos de oxigénio. Dependendo do espaço temporal entre o término da maquinação e o envio para a Leica, as peças podem permanecer armazenadas no fornecedor durante um tempo significativo. Caso não sejam protegidas devidamente, pode ocorrer oxidação atmosférica, havendo formação de  $Al_2O_3$ , um óxido extremamente duro, amorfo e não-poroso. Durante a oxidação anódica, o filme não será formado na zona onde já existe e, conseqüentemente, o corante não vai conseguir penetrar devido às propriedades que o filme apresenta.

Outro aspeto importante são os fluídos de corte utilizados na maquinação pois, caso apresentem problemas, podem originar microcorrosão superficial. A concentração do fluido, medida através da quantidade de óleo presente na emulsão, deve ser controlada. Caso fique demasiado baixa, o seu desempenho lubrificante e anticorrosivo pode desaparecer, provocando danos na superfície da peça. É ainda importante referir que é necessário um controlo das fontes de contaminação nas emulsões, sendo normalmente utilizados biocidas para combater bactérias e fungos que são resistentes ao calor.

## 4.2. “Chapéu” do Projeto *Willi*

O Projeto *Willi* engloba vários componentes da nova Leica M10, observada na figura 4.33. Este projeto teve o seu início em outubro de 2016. Um dos componentes é a parte superior da câmara, conhecido internamente como “chapéu”.



Figura 4.31. Nova câmara Leica M10.

### 4.2.1. Processo de polimento e documentação

Sendo esta uma peça que será produzida em massa durante vários meses, é imprescindível que o seu polimento seja analisado de forma contínua, procurando sempre formas de o melhorar e tornar mais fluido. O latão é uma liga de cobre onde o principal elemento de liga é o zinco e as suas propriedades vão depender da percentagem desse elemento [50]. As zonas que exigem polimento neste componente estão descritas na figura 4.34.

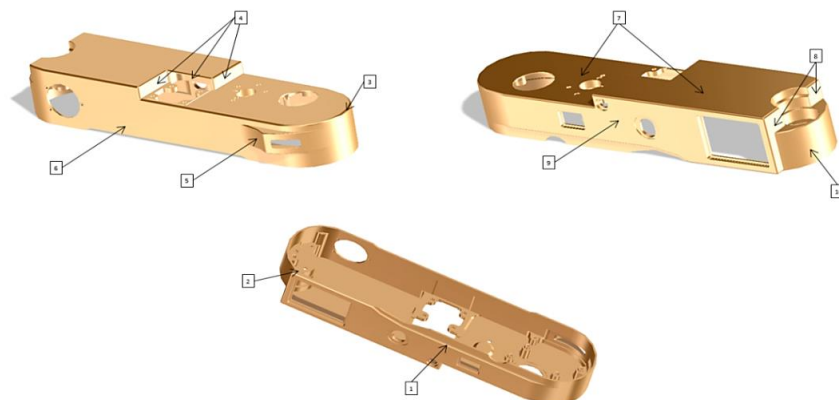


Figura 4.32. Modelo 3D do “chapéu” do Projeto *Willi* com as respetivas zonas de polimento.

Foi então desenvolvido um fluxo de polimento capaz de garantir o acabamento superficial e a qualidade exigida no menor tempo possível. Este componente e o seu material não são novidade para a empresa, mas, como será produzido em massa, torna-se necessário o seu acompanhamento de forma a perceber se o fluxo de polimento desenvolvido é o mais correto. Para além disso, pretende-se não só evitar problemas que já ocorreram no passado como também corresponder à produção exigida por parte do cliente. A tabela 4.4 mostra o fluxo de polimento desenvolvido para o componente em questão.

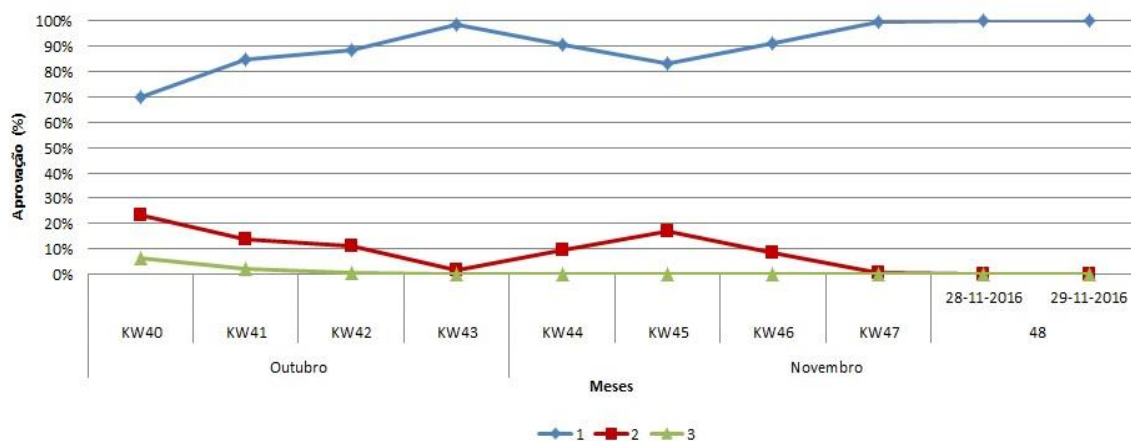
*Tabela 4.4. Fluxo de polimento desenvolvido, utilizando as lixas adequadas.*

Zonas	Máquina	Ferro
1	-	500
2	500	-
3	-	500
4	320	500
5	-	400, 500
6	320, 400*, 500	-
7	320, 400*, 500	-
8	320	500
9	320, 400*, 500	-
10	320, 500	-
*caso necessário, mediante o estado inicial da peça.		

Por fim, foi desenvolvido um documento com toda a informação relativo ao processo de polimento, observado no anexo P.

#### 4.2.2. Rastreabilidade

Com a necessidade de produção em massa, o método de rastreabilidade desenvolvido para o Projeto *Maximiliam* apresenta um papel fundamental. Após o desenvolvimento do novo fluxo de polimento torna-se necessária uma análise contínua para perceber a sua eficiência, procurando sempre formas de o melhorar. A figura seguinte mostra a percentagem de aprovação de acordo com o número de polimentos, onde o controlo é feito após o areamento.

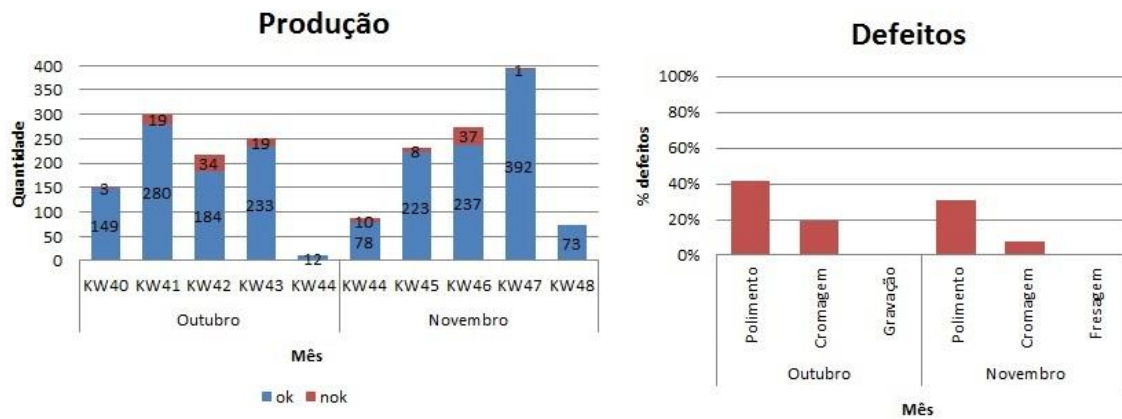


**Figura 4.33.** Percentagem de chapéus Willi aprovados de acordo com o número de polimentos de outubro a novembro de 2016.

Como pode ser observado pela figura, as taxas de aprovação de primeiro polimento nunca foram inferiores a 70 %, valor atingido na primeira semana de outubro. Após a aprendizagem inicial, a taxa de aprovação subiu gradualmente, havendo apenas uma pequena queda na semana 45. Como os resultados foram bastantes positivos, o fluxo de polimento definido foi implementado de forma definitiva.

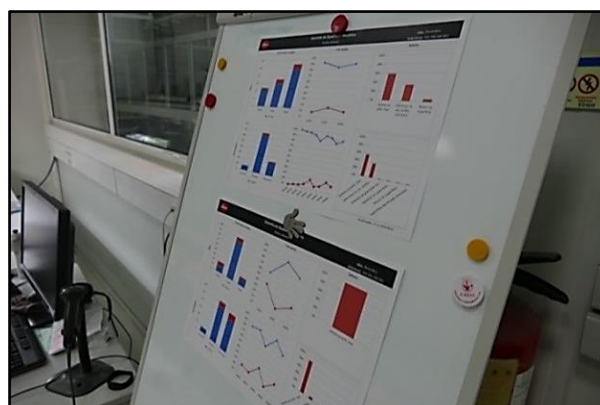
De forma a realizar uma análise detalhada, fez-se um cruzamento entre a base de dados da cromagem e a ferramenta *Excel*® desenvolvida para o polimento. O responsável do setor da cromagem regista a data em que o controlo é feito e são calculados a semana, mês e o ano fiscal. Através de um leitor de código de barras, o código da peça é registado e a referência da peça é calculada. Por fim é validado se a peça ficou OK ou NOK, sendo registado o código do defeito através documento IMP-O-30/01 (anexo Q). O anexo R mostra parte da base de dados do setor da cromagem.

Existem várias fontes para a rejeição de um componente deste tipo, provenientes das diversas fases pelas quais a peça passou: fresagem, gravação, polimento ou cromagem. Uma análise deste tipo é imperativa para perceber a percentagem de rejeição proveniente do setor de polimento. A figura seguinte mostra a produção no setor da cromagem e a percentagem de defeitos associada.



**Figura 4.34.** À esquerda quantidade de peças cromadas e à direita porcentagem de defeitos e a sua origem. Dados relativos aos meses de outubro e novembro.

Como é possível inferir pela figura da direita, o polimento é responsável por grande parte dos defeitos que aparecem após cromagem. No entanto, estes defeitos são de reparação rápida e, como se pode ver pela figura da esquerda, a quantidade de peças NOK não é muito significativa quando comparada com a quantidade de peças OK. A quantidade de defeitos diminuiu no mês de novembro apesar do aumento da produção, como era espectável. Como o componente é cromado em preto ou cinza, foram desenvolvidos documentos para cada um, sendo afixados no setor de polimento, como é possível observar na figura 4.37. Os colaboradores não foram discriminados, estando presente uma análise mensal e uma acumulada. Em cada uma estão detalhadas as quantidades e porcentagens de peças OK e NOK, assim como a origem dos defeitos. No anexo S e T é possível ver os documentos referidos.



**Figura 4.35.** Documento da Qualidade do Departamento da Mecânica do chapéu do Projeto Willi afixado no setor de polimento.

### 4.3. “Chapéu” do Projeto *Titan*

O projeto *Titan* engloba vários componentes externos de um novo modelo da Leica M-P, observada na figura 4.38. Este projeto faz parte de uma série limitada e teve o seu início em setembro de 2016 onde serão apenas produzidos 333 exemplares. Um dos componentes é a parte superior da câmara, o “chapéu”, em titânio.



Figura 4.36. Câmera Leica M-P Typ 240 Titan.

#### 4.3.1. Processo de polimento e documentação

Sendo esta uma série limitada, era importante que a empresa conseguisse responder da melhor forma ao cliente, produzindo as quantidades necessárias no tempo exigido. O titânio e as suas ligas apresentam propriedades mecânicas bastante atrativas como a sua elevada eficiência estrutural, baixa densidade, resistência à corrosão e erosão, excelentes propriedades a altas temperaturas, entre outras [51]. As zonas que exigem polimento neste componente estão descritas na figura 4.39.

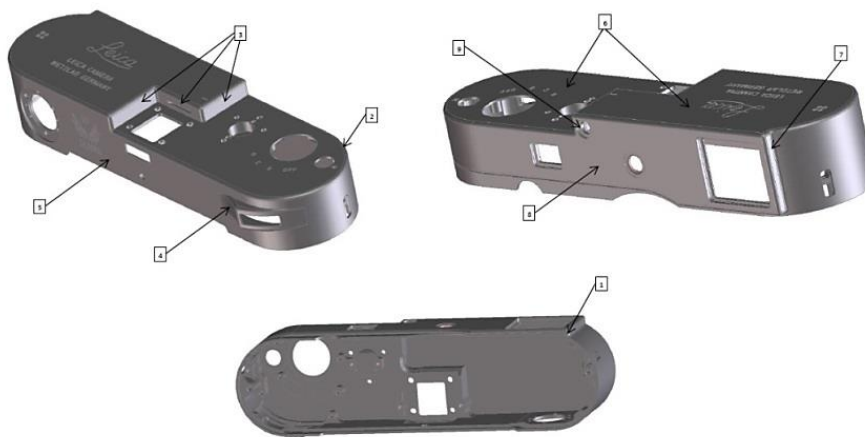


Figura 4.37. Modelo 3D do “chapéu” de Projeto *Titan* com as respetivas zonas de polimento.

Como foi a primeira vez que a empresa teve que polir um componente deste tipo em titânio, não existiam lixas adequadas para este material, sendo que o processo estava a ser realizado com lixas normalmente utilizadas para o alumínio e aço. O titânio e suas ligas, assim como todos os metais refratários, são mais difíceis de polir do que os aços. O principal problema era o desbaste inicial onde cada polidor estava a demorar cerca de uma hora. A tabela 4.5 mostra as lixas utilizadas de acordo com as zonas de polimento.

*Tabela 4.5. Fluxo de polimento inicial que utiliza lixas adequadas para aço e alumínio, em mesh.*

Zonas	Ferramenta			
	Máquina		Ferro	
	Lixa Aço	Lixa Alumínio	Lixa Aço	Lixa Alumínio
1	-	-	220	320
2	-	-		400
3	-	-	220	400
4	120, 220	-	-	320, 400
5	120, 220	320	-	-
6	120, 220	320	-	-
7	-	-	220	600
8	120, 220	320		
9	Rebarba			

O primeiro passo foi encomendar amostras da lixa de polimento *GX 533 JF* de diferentes granulometrias (180, 240, 320, 400 e 600 *mesh*) da *Klingspor*, uma empresa alemã conhecida pela qualidade dos seus abrasivos. Foram realizados alguns testes para perceber quais as granulometrias realmente necessárias. Foi então decidido encomendar as granulometrias de 240 e 600 *mesh*. A primeira para o desbaste inicial, utilizando a máquina, e a segunda para acabamentos e pormenores em zonas mais críticas, como a 3, 4 e 7, utilizando o ferro. É importante salientar que, devido à qualidade das peças provenientes do processo de maquinação, foi decidido que a lixa de 220 *mesh* utilizada em componentes de aço continuaria a ser utilizada na zona 4. O número de lixas com diferentes granulometrias foi então reduzido de forma significativa, o que se traduz numa redução não só de tempo como também de custos. A tabela 4.6 mostra o novo processo de polimento com as lixas

adequadas onde o primeiro desbaste passou a demorar cerca de 25 minutos, sensivelmente metade do tempo inicial.

*Tabela 4.6. Fluxo de polimento adotado com as lixas adequadas, em mesh.*

Zonas	Ferramenta		
	Máquina		Ferro
	Lixa Aço	Lixa Titânio	Lixa Titânio
1	-	-	240
2	-	-	600
3	-	-	240
4	220	240	600
5	220	240	-
6	220	240	600*
7	220	240	600
8	220	240	-
9	Rebarba		
*caso necessário, mediante o estado inicial da peça			

Como forma de reduzir os tempos, mas principalmente garantir a qualidade das peças à saída do setor, foi decidido que cada colaborador ficaria responsável pelo polimento da zona da peça onde o seu desempenho era mais satisfatório.

Com a informação sobre as zonas de polimento e o novo fluxo utilizando as lixas adequadas, toda a informação foi devidamente documentada. Este passo é fulcral de forma a garantir que, no futuro, problemas deste cariz sejam reduzidos ou até mesmo evitados. O documento pode ser observado no anexo U.

#### 4.3.2. Rastreabilidade

Foi criada uma base de dados a partir do modelo criado para o Projeto *Maximiliam*, tal como no “chapéu” do Projeto *Willi*. Devido à complexidade do processo de polimento, não foi possível efetuar uma análise ao trabalho de cada colaborador visto que uma das medidas implementadas, excecionalmente, foi que cada colaborador ficaria responsável por trabalhar uma determinada zona da peça, definindo-se assim o fluxo de produção. No entanto, a base de dados permitiu

analisar, diariamente, a produção de peças novas e o número de reparações, assim como a quantidade de polimentos que uma peça necessitou até ser dada como boa pelo controlo de qualidade.

Como as peças não estavam devidamente identificadas e como não havia um código específico para o “chapéu” em titânio, a primeira fase consistiu na criação de um código de barras específico. Partindo dos códigos de barra já existentes para outros “chapéus”, foi criado um novo número para a referência correspondente. A figura 4.40 mostra o código de barras e o significado de cada um dos seus números.

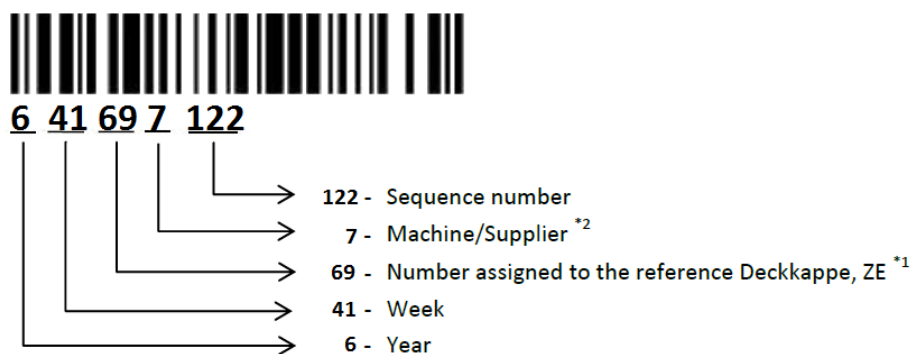


Figura 4.38. Exemplo do código de barras interno utilizado para os diferentes “chapéus”.

No anexo V é possível visualizar o documento oficial da empresa com as especificações do código de barras.

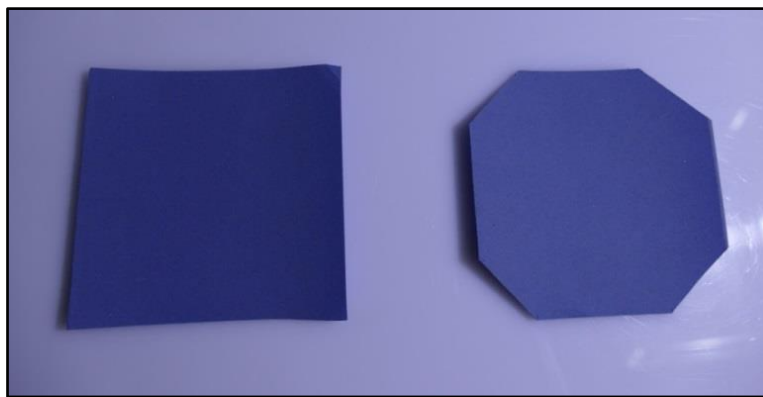
No caso do “chapéu” de titânio, foi criado o número 69 para a sua designação. Com a presença do código de barras em todos os componentes torna-se possível rastrear cada uma das peças. Após a criação deste código, o mesmo controlo feito para os Projetos *Maximilian* e *Willi* foi aplicado.

#### 4.4. Design da lixa de polimento

É necessário que seja aplicada uma metodologia científica para identificar, eliminar e/ou reduzir perdas dentro da rede formada pelos processos e operações.

Tal como já foi mencionado, as lixas utilizadas possuem duas geometrias distintas: retangular e quadrangular. Nas lixas utilizadas na máquina, cortadas retangularmente, toda a superfície da lixa é utilizada, visto a máquina ser utilizada

para a passagem em zonas com maior área superficial. No entanto, nas lixas utilizadas no ferro, 500 e 800 *mesh*, cortadas em quadrados de 70 x 70 mm, uma grande superfície da lixa não é utilizada, sendo desta forma um desperdício. Foi então pensado num *design* que pudesse aumentar a superfície de utilização da lixa, sendo feitos 4 cortes junto aos seus vértices, obtendo assim mais quatro localizações para o ferro. Com a implementação deste novo *design* a utilização destas lixas pode ser reduzida para sensivelmente metade, o que leva a uma redução de custos significativa. A figura 4.41 mostra o formato da lixa atualmente utilizado e o formato proposto.



*Figura 4.39. À esquerda, formato da lixa utilizado para o ferro atual e, à direita, formato proposto.*

No anexo W está presente a folha de requisição de material ao setor do ferramentaria. Este setor foi responsável por fazer um molde para facilitar o corte das lixas. Normalmente moldes deste tipo são feitos em cloreto de polivinilo (PVC) mas, como o corte nos vértices será feito com um x-ato, o desgaste do molde será acentuado. De forma a contornar esta situação, foi decidido que o molde será feito em latão, mais resistente.

## 5. Conclusões

O presente trabalho foi desenvolvido no setor do polimento, existindo para tal um envolvimento com todas as variáveis inerentes ao processo de polimento específicas da empresa. Houve assim uma interação, aprendizagem e trabalho de equipa com todos os colaboradores do setor, que em muito contribuíram para um bom desempenho na presente dissertação. Por fim, no decurso do trabalho desenvolvido, foi possível uma aprendizagem única sobre os desafios diários de uma empresa como a Leica - Aparelhos Ópticos e de Precisão S.A.

Na presente dissertação, foi desenvolvido um fluxo de polimento para a *Front Case*, capaz de dar resposta aos padrões de exigência da empresa, garantido assim um resultado final de excelência, que representa o padrão de qualidade da Leica. A rastreabilidade durante a fase produtiva é de extrema importância, motivo pelo qual foi desenvolvida uma ferramenta que oferece rastreabilidade total, evitando erros sistemáticos e que, em simultâneo, é capaz de simplificar a resolução de problemas. Os resultados obtidos após implementação foram uma redução significativa do tempo de polimento, uma média de 2 minutos por peça, traduzindo-se num aumento de produção de 35 peças por semana. As taxas de aprovação de primeiro polimento aumentaram gradualmente graças a um conjunto de medidas aplicadas, passando de cerca de 50% para 95%. Foi ainda possível planear, implementar e controlar a eliminação de uma etapa no processo produtivo, nomeadamente a fase de inspeção visual que antecede o processo de anodização, culminando assim, à semelhança do que foi anteriormente mencionado, numa redução de tempo e custos, sem comprometer os índices de aceitação após anodização das peças.

Os “chapéus” dos Projetos *Willi* e *Titan* também foram alvo de uma análise detalhada, fruto da implementação da mesma ferramenta. Para além disso, foi desenvolvido um fluxo de polimento para cada um de forma a garantir a qualidade pretendida no menor tempo possível. Os resultados mostraram que a implementação desta ferramenta é importante em qualquer componente.

A identificação e análise do defeito em peças anodizadas permitiu verificar que a não-conformidade não é consequência de problemas intrínsecos à linha de anodização, uma vez que existe formação do filme anódico e por sua vez este

apresentar uma estrutura concordante com a bibliografia. Foi realizada uma análise comparativa entre peças cuja maquinação é realizada por um fornecedor subcontratado e outras maquinadas internamente, com o objetivo encontrar uma justificação para o aparecimento do defeito de forma muito mais sistemática nas primeiras do que nas segundas. A partir desta análise verifica-se que as peças maquinadas externamente apresentam pontos de oxidação no substrato metálico não verificado nas maquinadas internamente, sendo por isso possível que más condições de armazenamento e/ou a má utilização dos fluidos de corte durante o processo de maquinação sejam responsáveis.

## **6. Trabalho futuro**

O trabalho a realizar no futuro consiste em aplicar o método de rastreabilidade a todos os componentes cujo polimento seja mais delicado de forma a garantir a produção necessária com os parâmetros de qualidade pretendidos. O aspeto mais importante é, sem dúvida, garantir que os componentes são polidos no menor tempo possível e com a melhor taxa de aprovação possível. Para tal, é necessária a criação de mais códigos de barra para diferentes componentes e o cruzamento de dados com mais seções do departamento de mecânica.

No que concerne o defeito que aparece nas ligas de alumínio que sofrem oxidação anódica, é necessário fazer uma amostragem maior para garantir que o problema é fruto de mau armazenamento e/ou dos fluídos de corte no processo de maquinação. É necessária a realização de análises aos fluídos de corte utilizados pelo fornecedor subcontratado e às condições de armazenamento da peça, assim como ao tempo em que cada lote de componentes fica armazenado até ser transportado para a Leica. A partir dos resultados, poderão ser tomadas medidas, por forma a garantir que as peças maquinadas externamente são armazenadas nas condições apropriadas e que todas as variáveis associadas aos fluídos de corte são controladas. Segundo os resultados obtidos na dissertação, é expectável que o problema seja realmente externo.

## 7. Bibliografia

- [1] F. Ferreira, *Manual de Acolhimento*. Leica, 2014.
- [2] L. Adams and D. Aliya, “Properties and Selection: Nonferrous alloys and special-purpose materials,” *ASM Met. Handb. ASM Int.*, vol. 210, pp. 1770-1782, 1990.
- [3] W. F. Smith, “Principles of Materials Science and Engineering”, McGraw-Hill, 1986.
- [4] P. G. Sheasby and R. Pinner, *The surface Treatment and Finishing of Aluminum and its Alloys*, vol. 2. ASM international, 2001.
- [5] E. T. George and D. S. MacKenzie, “Handbook of Aluminum: Volume 2: Alloy Production and Materials Manufacturing,” 2003.
- [6] FEUP - F. Viana, “Apontamentos Materiais Metálicos - Ligas de Alumínio,” p. 50, 2014.
- [7] W. Martienssen and H. Warlimont, *Springer Handbook of Condensed Matter and Materials Data*. Springer Science & Business Media, 2006.
- [8] T. Zidel, *A Lean Guide to Transforming Healthcare: How to Implement Lean Principles in Hospitals, Medical Offices, Clinics, and Other Healthcare Organizations*. Taylor & Francis, 2006.
- [9] J. K. Liker, *The Toyota Way: 14 Management Principles From the World’s Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill Education, 2003.
- [10] M. Ochoa, *The Toyota Production System*. Productivity Press, 1997.
- [11] J. P. Womack, D. T. Jones, D. Roos, and M. I. of Technology, *Machine that Changed the World*. Scribner, 1990.
- [12] S. Shingo and A. P. Dillon, *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Taylor & Francis, 1989.
- [13] G. Alukal and A. Manos, *Lean Kaizen: A Simplified Approach to Process*

- Improvements*. ASQ Quality Press, 2006.
- [14] A. Chiarini, *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*. Springer Milan, 2012.
- [15] B. Zhou, “Lean Principles, Practices and Impacts: a study on small and medium-sized enterprises (SMEs),” *Ann. Oper. Res.*, vol. 241, no. 1-2, pp. 457-474, 2016.
- [16] M. R. Hamel and S. of M. Engineers, *Kaizen Event Fieldbook: Foundation, Framework, and Standard Work for Effective Events*. Society Of Manufacturing Engineers, 2010.
- [17] M. Imai, *Kaizen: Key to Japan’s Competitive Success*, McGraw-Hill, 1991.
- [18] M. Imai, *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy, Second Edition*. McGraw-Hill Education, 2012.
- [19] R. Basu, *Implementing Quality: A Practical Guide to Tools and Techniques : Enabling the Power of Operational Excellence*. Thomson Learning, 2004.
- [20] M. Sokovic, D. Pavletic, and K. Pipan, “Quality Improvement Methodologies- PDCA Cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS,” *J. Achiev. Mater. Manuf. Eng.*, vol. 43, no. 1, pp. 476-483, 2010.
- [21] J. N. Kelada, *Integrating Reengineering with Total Quality*. ASQC Quality Press, 1996.
- [22] A. Graham, S. Shiba, and D. Walden, *Four Practical Revolutions in Management: Systems for Creating Unique Organizational Capability*. Taylor & Francis, 2001.
- [23] A. Smalley, “TPS versus Lean: Additional Perspectives,” pp. 1-9, 2006.
- [24] T. D. Martin and J. T. Bell, *New Horizons in Standardized Work: Techniques for Manufacturing and Business Process Improvement*. CRC Press, 2016.
- [25] AEP, *Métodos e Tempos*. 2003.

- [26] R. K. Singal and M. Singal, *Fundamentals of Machining and Machine Tools*. I.K. International Publishing House Pvt. Limited, 2010.
- [27] W. A. Knight and G. Boothroyd, *Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools, Third Edition*. Taylor & Francis, 2005.
- [28] S. Henriques, “A Importância dos Fluidos de Corte no Alumínio e as suas Ligas.” p. 11, 2014.
- [29] G. B. Brook, *Smithells Light Metals Handbook*. Butterworth-Heinemann, 1998.
- [30] L. V. Neto, “Análise do Efeito da Metodologia de Interpolação da Trajetória da Ferramenta de Usinagem na Etapa de Polimento de Moldes e Matrizes,” 2012.
- [31] Ramada, “Polimento: Informações Gerais,” p. 7, 2003.
- [32] PFERD, “Fine Grinding and Polishing Tools.”
- [33] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials Processes, and Systems*. John Wiley & Sons, 2007.
- [34] J. E. Kogel and M. Society for Mining and Exploration (U.S.), *Industrial Minerals & Rocks: Commodities, Markets, and Uses*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 2006.
- [35] F. Woodworking, *Fine Woodworking Best Finishing Techniques*. Taunton Press, Incorporated, 2011.
- [36] M. Schwartz, *Encyclopedia of Materials, Parts and Finishes*. CRC Press, 2002.
- [37] F. Woodworking, *Traditional Finishing Techniques*. Taunton Press, 2004.
- [38] A. S. M. Handbook, “Vol. 5: Surface Engineering,” *ASM Int. Mater. Park. OH*, pp. 345-347, 1994.
- [39] Potash Corp, *Bright Dipping Aluminium Technical Information Bulletin*. 2015.
- [40] T. Araújo, D. Fernando, J. Monteiro, E. Sta, E. Cristina, and D. Faculdade, “Controlo Estatístico do Processo de Anodização , na Empresa STA - Sociedade

Transformadora de,” 2012.

- [41] C. A. Grubbs, “Anodizing of Aluminum,” *Met. Finish*, vol. 105, no. 10, 2007.
- [42] L. G. Reis, *Tecnologia Aplicada a Processos Galvânicos*. SENAI-SP Editora, 2015.
- [43] V. F. Henley, *Anodic Oxidation of Aluminium and Its Alloys: The Pergamon Materials Engineering Practice Series*. Elsevier Science, 2013.
- [44] J. L. Gazapo and J. Gea, “Anodizing of Aluminium,” *TALAT Lect.*, vol. 5203, pp. 1-27, 1994.
- [45] H. Dong, *Surface Engineering of Light Alloys: Aluminium, Magnesium and Titanium Alloys*. Elsevier Science, 2010.
- [46] J. R. Davis, J. R. D. Associates, and A. S. M. I. H. Committee, *Aluminum and Aluminum Alloys*. ASM International, 1993.
- [47] S. Henriques, “Manual de Solução de Problemas - OAS.” p. 33, 2016.
- [48] L. Martins, “Anodização e Coloração de Peças de Alumínio,” pp. 1-14.
- [49] NPCS Board of Consultants & Engineers, *Electroplating, Anodizing & Metal Treatment Hand Book*. NIIR Project Consultancy Services, 2003.
- [50] Copper Development Association, “Types of Brass,” pp. 35-44, 2012.
- [51] RTI, “Titanium Alloy Guide,” pp. 43-74, 2013.

## 8. Anexos

Anexo A. Instrução de trabalho (AU) para a Front Case do Projeto Maximiliam.

Arbeitsunterweisung				LEICA			Benennung Designação		Blatt 1																										
INSTRUÇÃO ESPECÍFICA DE TRABALHO				LEICA			Front case		von 1 Bl. de 1 Fl.																										
Werkstoff/Rohmaterial Matéria prima				Datum Data		Name Nome		AV PT		Tel. Tel.																									
AlMg5				17.03.16		L.Tavares		IE		411																									
Text des Arbeitsvorganges Texto da fase de trabalho				And-Z. Alteração		Arbeitsplatz Lugar trabalho		Ausgabedatum Data de distrib.																											
Polir Manual				800		165MAN10																													
Agt Fase		Lgr		tr		te 100		Skizze Esboço		Einzelteile/Gruppen-Nr. No de peças/Grupos																									
30										Betriebsmittel Meio de produção																									
Agt Passo																																			
<p>Formblatt Nr.2066/09.97/LCS</p> <p> <span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Superficie f3  <span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background: repeating-linear-gradient(-45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Superficie f2         </p>																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">...</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">...</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Au</td> <td style="text-align: center;">...</td> <td style="text-align: center;">Anderung Alteração</td> <td style="text-align: center;">Datum/Name Data/Name</td> <td style="text-align: center;">Au</td> <td style="text-align: center;">...</td> <td style="text-align: center;">Anderung Alteração</td> <td style="text-align: center;">Datum/Name Data/Name</td> <td style="text-align: center;">Au</td> <td style="text-align: center;">...</td> <td style="text-align: center;">Anderung Alteração</td> <td style="text-align: center;">Datum/Name Data/Name</td> </tr> </table>												...	...											Au	...	Anderung Alteração	Datum/Name Data/Name	Au	...	Anderung Alteração	Datum/Name Data/Name	Au	...	Anderung Alteração	Datum/Name Data/Name
...	...																																		
Au	...	Anderung Alteração	Datum/Name Data/Name	Au	...	Anderung Alteração	Datum/Name Data/Name	Au	...	Anderung Alteração	Datum/Name Data/Name																								

*Anexo B. Ciclo de tempo de cada colaborador de acordo com a ferramenta.*

<b>Amostra</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>	
<b>Ferramenta</b>	Máquina	Ferro	Máquina	Ferro	Máquina	Ferro	Máquina	Ferro	Máquina	Ferro
<b>Colaborador (a)</b>	15,8	11,9	16,1	11,6	15,3	12,3	16,5	10,4	17,8	12,7
<b>Colaborador (b)</b>	20,3	14,4	18,3	15,3	19,5	12,9	21	14	17,2	13,1
<b>Colaborador (c)</b>	12,9	6,8	11,7	9,1	12,5	10	11,4	8,9	13,8	8,5
<b>Colaborador (d)</b>	13,9	9,5	15,2	6,3	14,6	8	13,4	7,7	12	8
<b>Colaborador (e)</b>	14,1	11,5	14,7	10,9	15,3	9,3	13,9	12,6	12,8	11,4
<b>Colaborador (f)</b>	15	11	13,5	12,2	12,7	12,6	11,2	9,8	14,1	10,8
<b>Colaborador (g)</b>	14,4	5,3	15,4	6,1	13,3	6,6	12,5	6,2	14	4,9



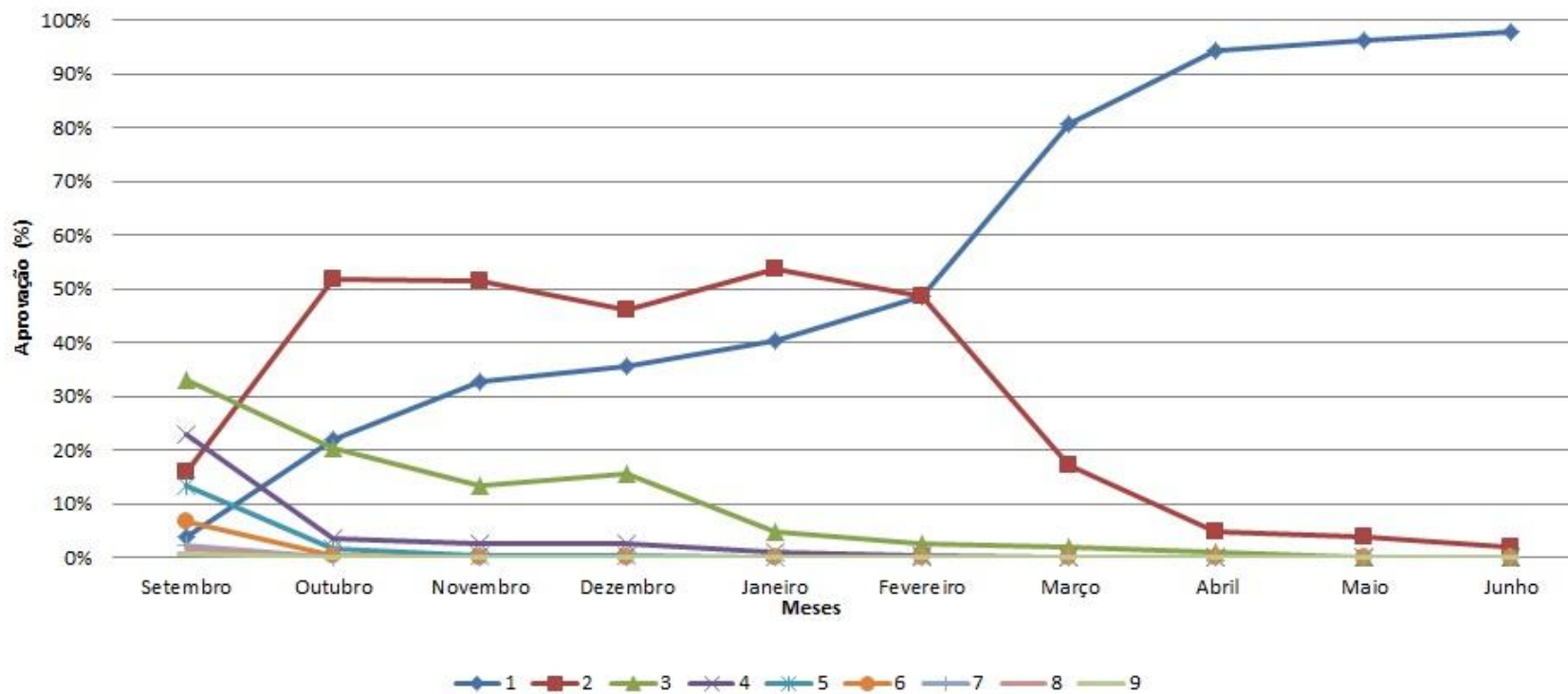
Sach-Nr.: Nº de Ident.		Colaborador (g)	Benennung Designação		Ag.	Arbeitsaufgabe Tarefa		Polimento Front Case			Blatt 2/3							
Nr. Nº	Unterteilung Fases	Q. ref. Bez.-Menge											S L/n	$\bar{L}$	$1 = \frac{\bar{L}}{100 - \bar{L}}$	te <sub>1</sub>		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	S ti/n	$\bar{v}$				
1	Máquina 2	1	110	110	110								330 / 3	110	50,6	54,65		
			60	40	38								138 / 3	46				
2	Máquina 9 e 13	1	110	110	110								330 / 3	110	69,7	75,24		
			55	77	58								190 / 3	63,3333				
3	Máquina 9 e 13	1	110	110	110								330 / 3	110	99,7	107,7		
			104	91	77								272 / 3	90,6667				
4	Máquina 10 e 12	1	110	110	110								330 / 3	110	87,6	94,64		
			80	86	73								239 / 3	79,6667				
5	Máquina 11	1	110	110	110								330 / 3	110	81,0	87,52		
			74	70	77								221 / 3	73,6667				
6	Máquina 6	1	110	110	110								330 / 3	110	115,9	125,1		
			120	89	107								316 / 3	105,333				
7	Máquina 14	1	110	110	110								330 / 3	110	75,9	81,97		
			78	60	69								207 / 3	69				
8	Máquina 5	1	110	110	110								330 / 3	110	120,6	130,3		
			99	117	113								329 / 3	109,667				
9	Máquina 7 e 8	1	110	110	110								330 / 3	110	82,5	89,1		
			69	75	81								225 / 3	75				
10	Máquina 3 e 4	1	110	110	110								330 / 3	110	227,7	245,9		
			215	221	185								621 / 3	207				
		k =	$\sum tz$										tg Grundzeit Tempo-base		1011			
		$\bar{tz} = \frac{\sum tz}{n} =$											v ( B )% von tg		81			
		$Rz = \sum Rz/k =$											Z = ( Rz / $\bar{tz}$ ) 100% = ( / ) 100% =	% E =	% E' =	%	te <sub>1</sub>	1092
													te <sub>100</sub>		11,00			
													erstellt von:		erstellt am:	19-05-2016		

Sach-Nr.: Nº de Ident.		Colaborador (g)	Benennung Designação		Ag.	Arbeitsaufgabe Tarefa		Polimento Front Case			Blatt 3/3							
Nr. Nº	Unterteilung Fases	Q. ref. Bez.-Menge											S L/n	$\bar{L}$	$1 = \frac{\bar{L}}{100 - \bar{L}}$	te <sub>1</sub>		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	S ti/n	$\bar{v}$				
11	Máquina 3 e 4	1	110	110	110								330 / 3	110,00	116,2	125,5		
			99	104	114								317 / 3	105,67				
12	Máquina 15	1	110	110	110								330 / 3	110	70,8	76,43		
			76	54	63								193 / 3	64,3333				
13	Ferro 1	1	110	110	110								330 / 3	110	101,6	109,7		
			84	101	92								277 / 3	92,3333				
14	Ferro 15	1	110	110	110								330 / 3	110	46,9	50,69		
			45	50	33								128 / 3	42,6667				
15	Ferro 10 e 12	1	110	110	110								330 / 3	110	96,1	103,8		
			84	102	76								262 / 3	87,3333				
16	Ferro 14	1	110	110	110								330 / 3	110	124,7	134,6		
			118	102	120								340 / 3	113,333				
17	Ferro 2	1	110	110	110								330 / 3	110	53,5	57,82		
			50	48	48								146 / 3	48,6667				
18	Microfina 10 e 12	1	110	110	110								330 / 3	110	70,4	76,03		
			74	65	53								192 / 3	64				
19	Microfina 14	1	110	110	110								330 / 3	110	33,4	36,04		
			28	21	42								91 / 3	30,3333				
20	Microfina 4	1	110	110	110								330 / 3	110	92,8	100,2		
			80	85	88								253 / 3	84,3333				
21	Lixas	1	110	110	110								330 / 3	110	257,8	278,4		
			291	231	181								703 / 3	234,333				
		k =	$\sum tz$										tg Grundzeit Tempo-base		2075			
		$\bar{tz} = \frac{\sum tz}{n} =$											v ( B )% von tg		166			
		$Rz = \sum Rz/k =$											Z = ( Rz / $\bar{tz}$ ) 100% = ( / ) 100% =	% E =	% E' =	%	te <sub>1</sub>	2241
													te <sub>100</sub>		24,0			
													erstellt von:		erstellt am:	19-05-2016		

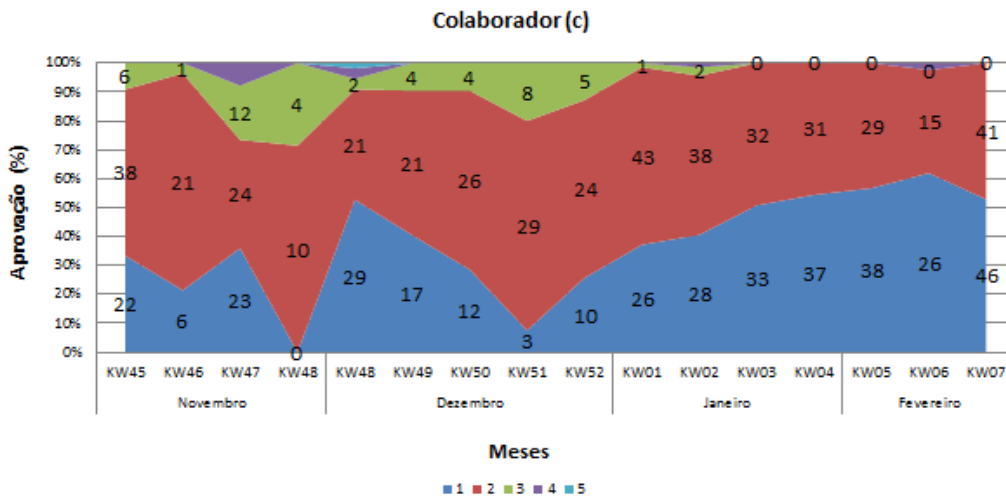
Anexo D. Parte da base de dados desenvolvida para o setor de polimento para o Projeto Maximiliam..

Núm_resp	Nome_resp	Código	Estado da peça no dia	Polidor	Polimentos	Nome_Código	Peça	OK/NOK
6966	João Ferreira	61315174	1	João Ferreira	1	6966_61315174	Front Case	OK
6966	João Ferreira	61419841	1	João Ferreira	1	6966_61419841	Front Case	OK
6966	João Ferreira	61515208	1	João Ferreira	1	6966_61515208	Front Case	OK
6966	João Ferreira	61315259	1	João Ferreira	1	6966_61315259	Front Case	OK
6966	João Ferreira	61519541	1	João Ferreira	1	6966_61519541	Front Case	OK
6966	João Ferreira	61419650	1	João Ferreira	1	6966_61419650	Front Case	OK
6966	João Ferreira	61511163	1	João Ferreira	1	6966_61511163	Front Case	OK
6871	José Leal	61315495	1	José Leal	1	6871_61315495	Front Case	OK
6871	José Leal	61311558	1	José Leal	1	6871_61311558	Front Case	OK
6871	José Leal	61311435	1	José Leal	1	6871_61311435	Front Case	OK
6871	José Leal	61311565	1	José Leal	1	6871_61311565	Front Case	OK
6871	José Leal	61311442	1	José Leal	1	6871_61311442	Front Case	OK
1812	Miguel Silva	61311718	2	Miguel Silva	2	1812_61311718	Front Case	NOK
1812	Miguel Silva	61315235	3	Miguel Silva	3	1812_61315235	Front Case	NOK
1812	Miguel Silva	61315587	2	Miguel Silva	2	1812_61315587	Front Case	NOK
1812	Miguel Silva	61419292	2	Miguel Silva	2	1812_61419292	Front Case	NOK
1812	Miguel Silva	61319387	2	Miguel Silva	2	1812_61319387	Front Case	NOK
1812	Miguel Silva	61419919	3	Miguel Silva	3	1812_61419919	Front Case	NOK
1812	Miguel Silva	61415317	3	Miguel Silva	3	1812_61415317	Front Case	NOK
1812	Miguel Silva	61519299	2	Miguel Silva	2	1812_61519299	Front Case	NOK
1812	Miguel Silva	61519015	2	Miguel Silva	2	1812_61519015	Front Case	NOK
1812	Miguel Silva	61311626	2	Miguel Silva	2	1812_61311626	Front Case	NOK
1812	Miguel Silva	61511071	1	Miguel Silva	1	1812_61511071	Front Case	OK
1812	Miguel Silva	61519053	1	Miguel Silva	1	1812_61519053	Front Case	OK
1812	Miguel Silva	61519046	1	Miguel Silva	1	1812_61519046	Front Case	OK
1812	Miguel Silva	61511033	1	Miguel Silva	1	1812_61511033	Front Case	OK
1812	Miguel Silva	61515024	1	Miguel Silva	1	1812_61515024	Front Case	OK
1812	Miguel Silva	61511026	1	Miguel Silva	1	1812_61511026	Front Case	OK
1812	Miguel Silva	61311510	1	Miguel Silva	1	1812_61311510	Front Case	OK
1812	Miguel Silva	61315488	1	Miguel Silva	1	1812_61315488	Front Case	OK
1812	Miguel Silva	61319318	1	Miguel Silva	1	1812_61319318	Front Case	OK
1812	Miguel Silva	61319356	1	Miguel Silva	1	1812_61319356	Front Case	OK
1812	Miguel Silva	61315501	1	Miguel Silva	1	1812_61315501	Front Case	OK
1812	Miguel Silva	61311596	1	Miguel Silva	1	1812_61311596	Front Case	OK
6998	Diogo Carvalho	61319035	1	Diogo Carvalho	1	6998_61319035	Front Case	OK
6998	Diogo Carvalho	61519275	1	Diogo Carvalho	1	6998_61519275	Front Case	OK
6998	Diogo Carvalho	61311053	1	Diogo Carvalho	1	6998_61311053	Front Case	OK
6998	Diogo Carvalho	61315013	1	Diogo Carvalho	1	6998_61315013	Front Case	OK
6998	Diogo Carvalho	61511279	1	Diogo Carvalho	1	6998_61511279	Front Case	OK
6998	Diogo Carvalho	61515093	1	Diogo Carvalho	1	6998_61515093	Front Case	OK
6998	Diogo Carvalho	61311572	1	Diogo Carvalho	1	6998_61311572	Front Case	OK
6998	Diogo Carvalho	61215993	1	Diogo Carvalho	1	6998_61215993	Front Case	OK
6998	Diogo Carvalho	61519381	1	Diogo Carvalho	1	6998_61519381	Front Case	OK
6998	Diogo Carvalho	61315570	1	Diogo Carvalho	1	6998_61315570	Front Case	OK
1812	Miguel Silva	61519374	1	Miguel Silva	1	1812_61519374	Front Case	OK
1812	Miguel Silva	61519398	1	Miguel Silva	1	1812_61519398	Front Case	OK
6923	Hugo Carneiro	61519169	1	Hugo Carneiro	1	6923_61519169	Front Case	OK

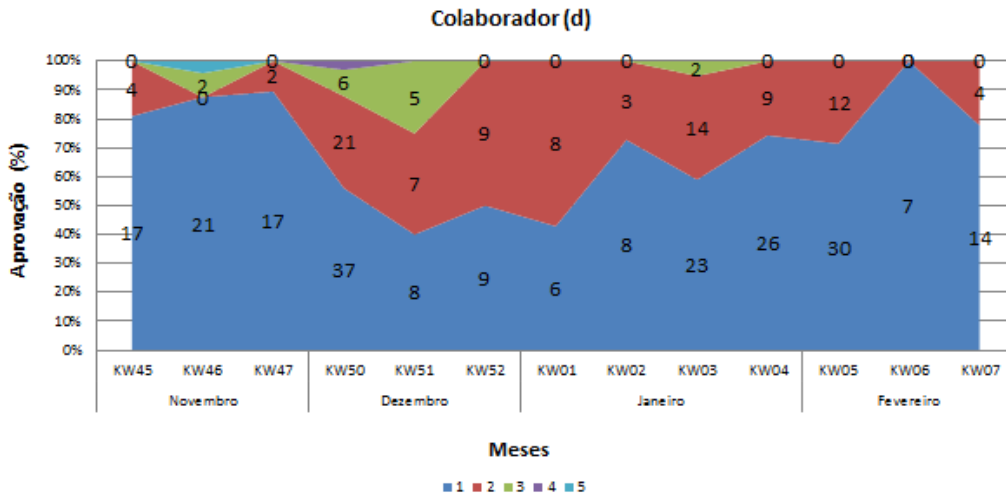
Anexo E. Percentagem de peças Front Case aprovadas de setembro de 2015 a junho de 2016.



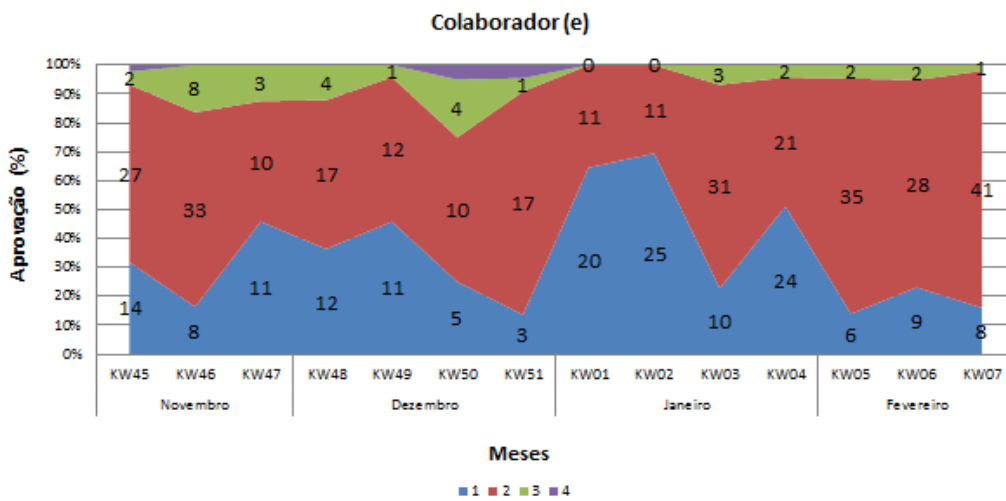
Anexo F. Percentagem de peças aprovadas do colaborador c, antes da implementação.



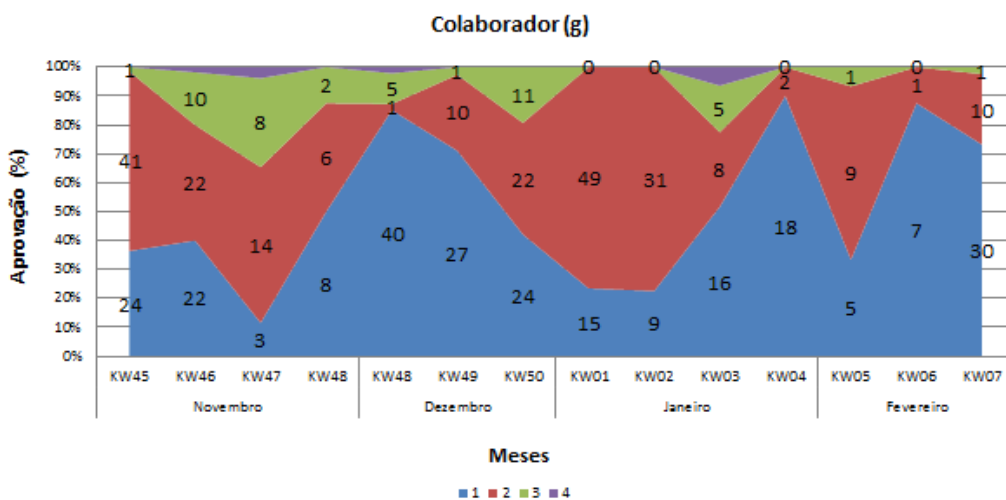
Anexo G. Percentagem de peças aprovadas do colaborador d, antes da implementação.



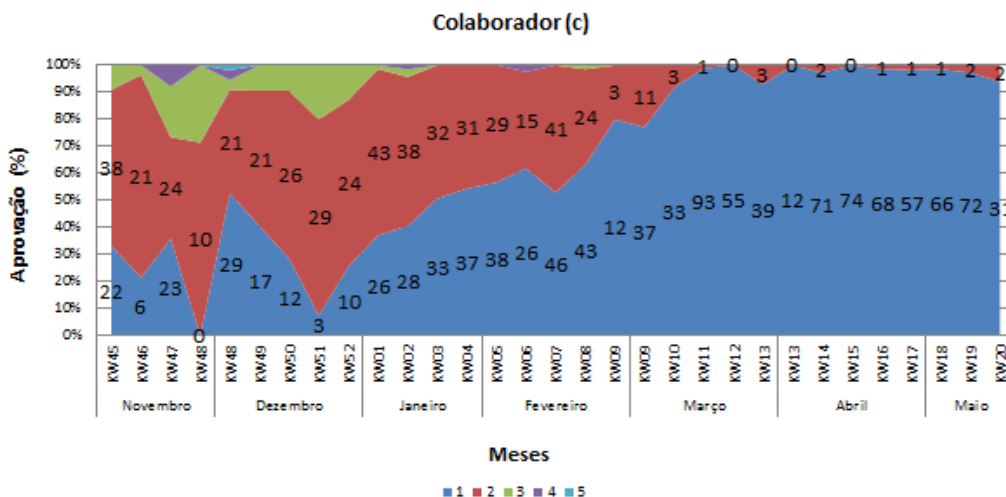
Anexo H. Percentagem de peças aprovadas do colaborador e, antes da implementação.



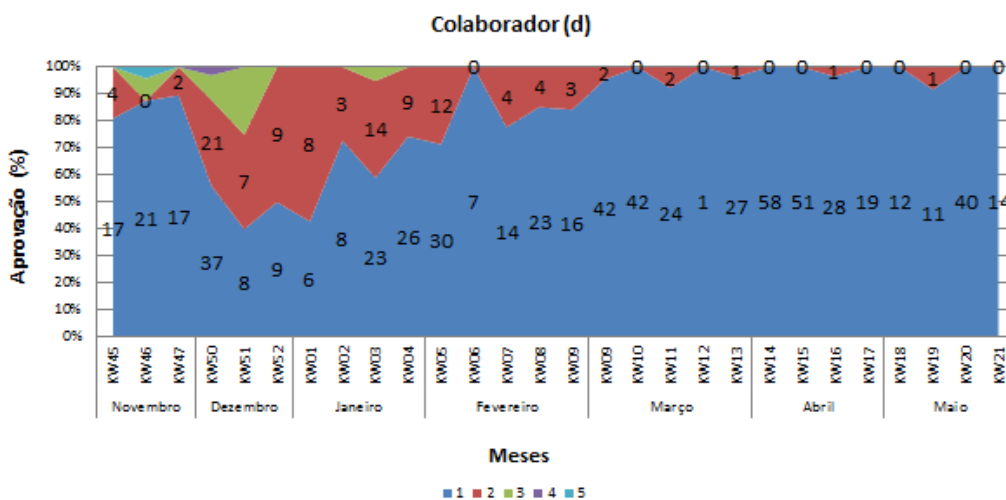
Anexo I. Percentagem de peças aprovadas do colaborador g, antes da implementação.



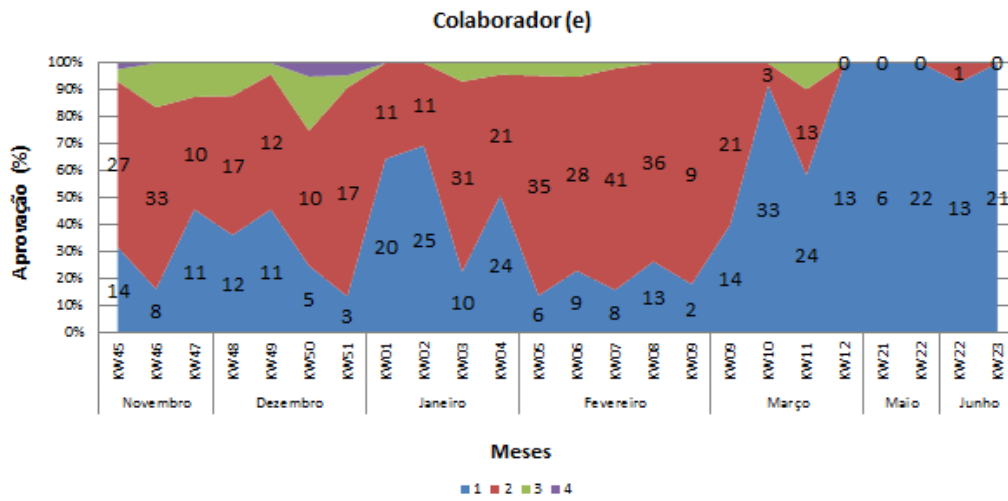
Anexo J. Percentagem de peças aprovadas do colaborador c, depois da implementação.



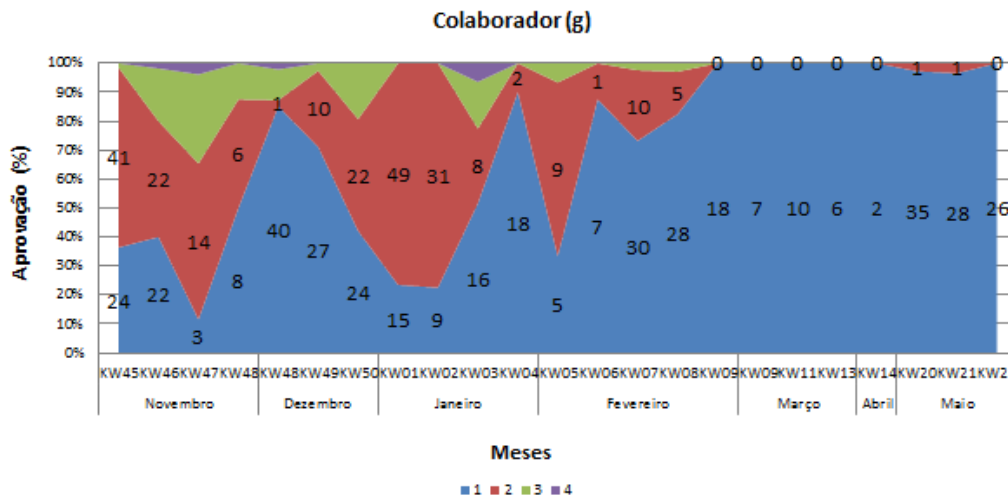
Anexo K. Percentagem de peças aprovadas do colaborador d, depois da implementação.



Anexo L. Percentagem de peças aprovadas do colaborador e, depois da implementação.



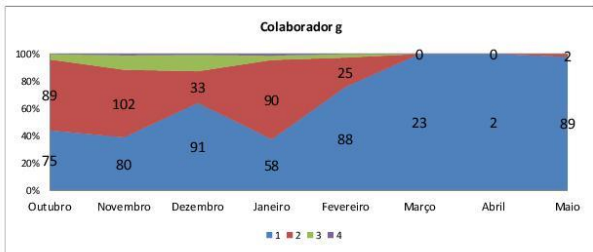
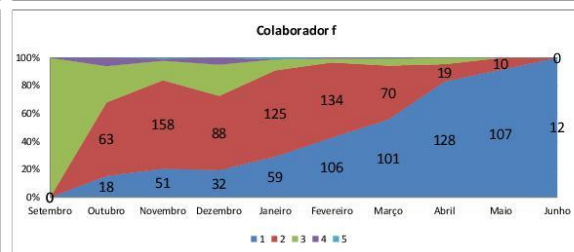
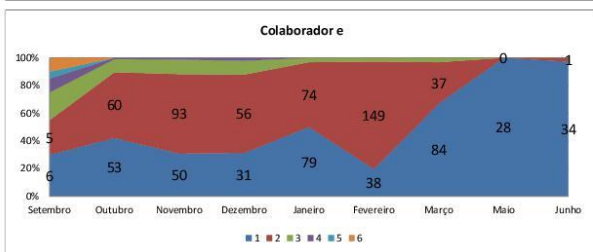
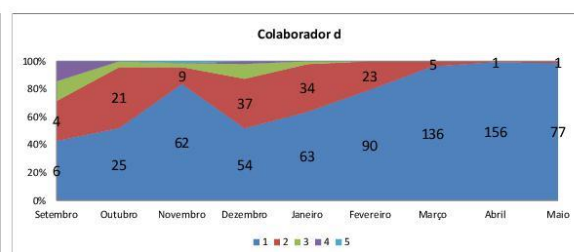
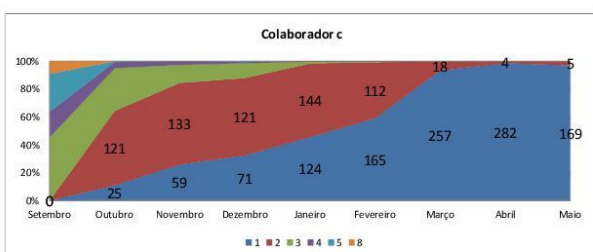
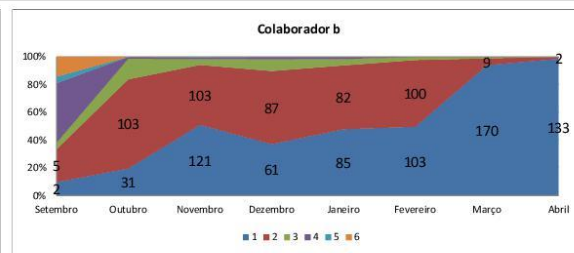
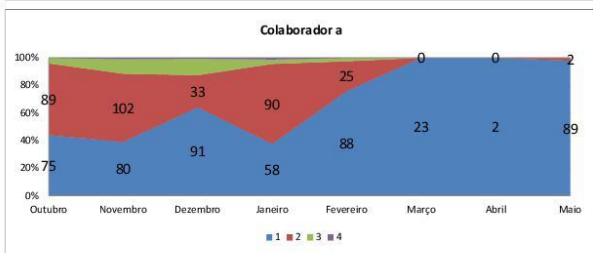
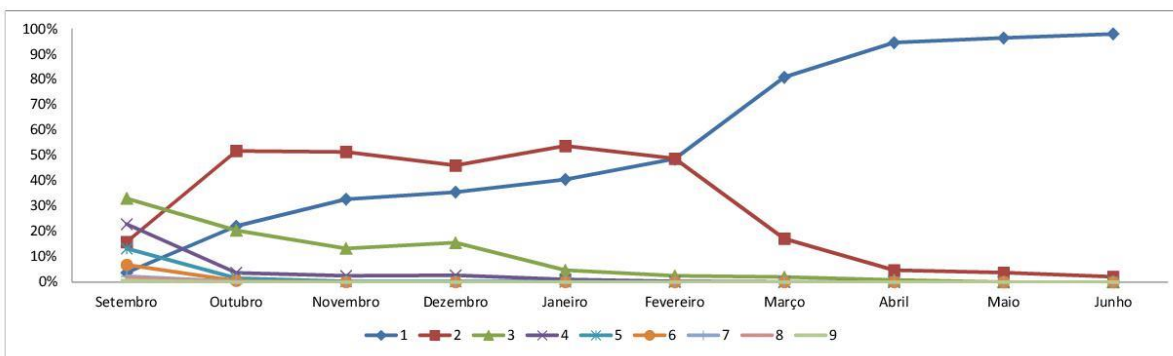
Anexo M. Percentagem de peças aprovadas do colaborador g, depois da implementação.



Anexo N. Documento da Qualidade do Departamento de Mecânica onde estão discriminados o número de polimentos geral e o número de polimentos por colaborador.

**Leica** **Garantia da Qualidade Mecânica**  
Processo do polimento

**Front Case**  
474-601.001-006



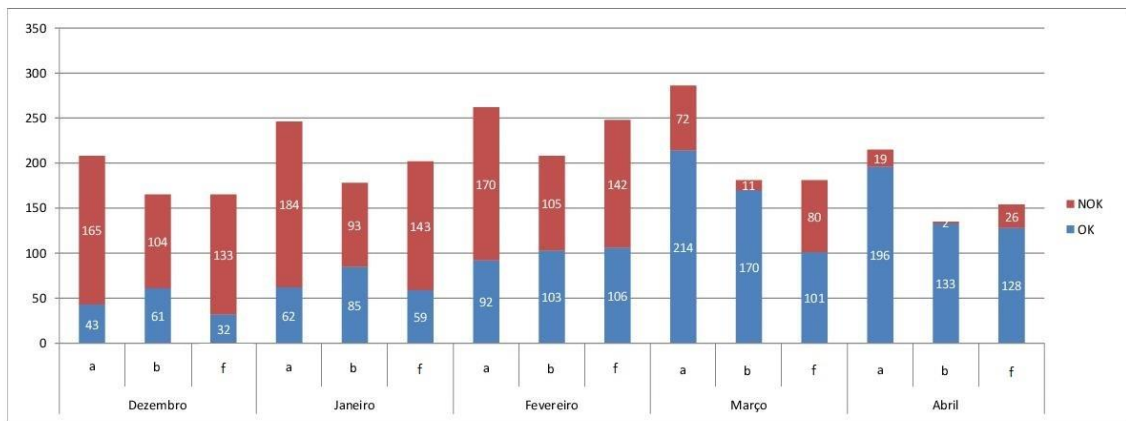
Atualização: 12-06-2016

Anexo O. Documento da Qualidade do Departamento de Mecânica onde estão discriminados as quantidades de Peças OK vs. Peças NOK, a quantidade de polimentos que as peças NOK necessitaram e os defeitos de polimento após a etapa de anodização.

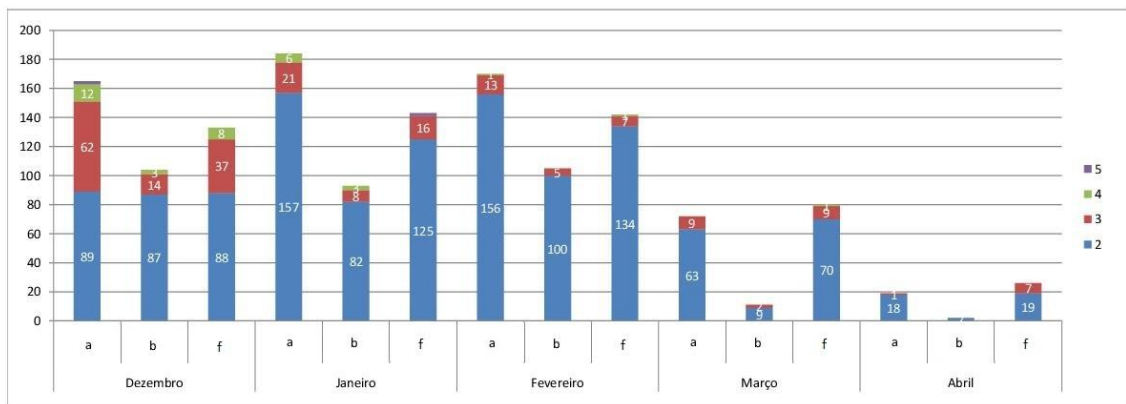
 **Garantia da Qualidade Mecânica**  
Análise de peças OK vs. NOK Ano: 2015 - 2016

 **Front Case**  
474-601.001-006

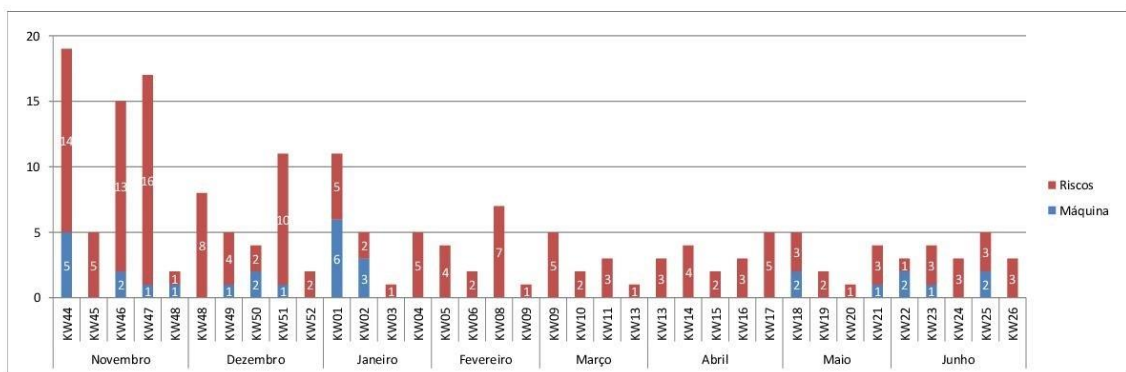
Número de peças OK vs. Número de peças NOK




Quantidade polimentos peças NOK

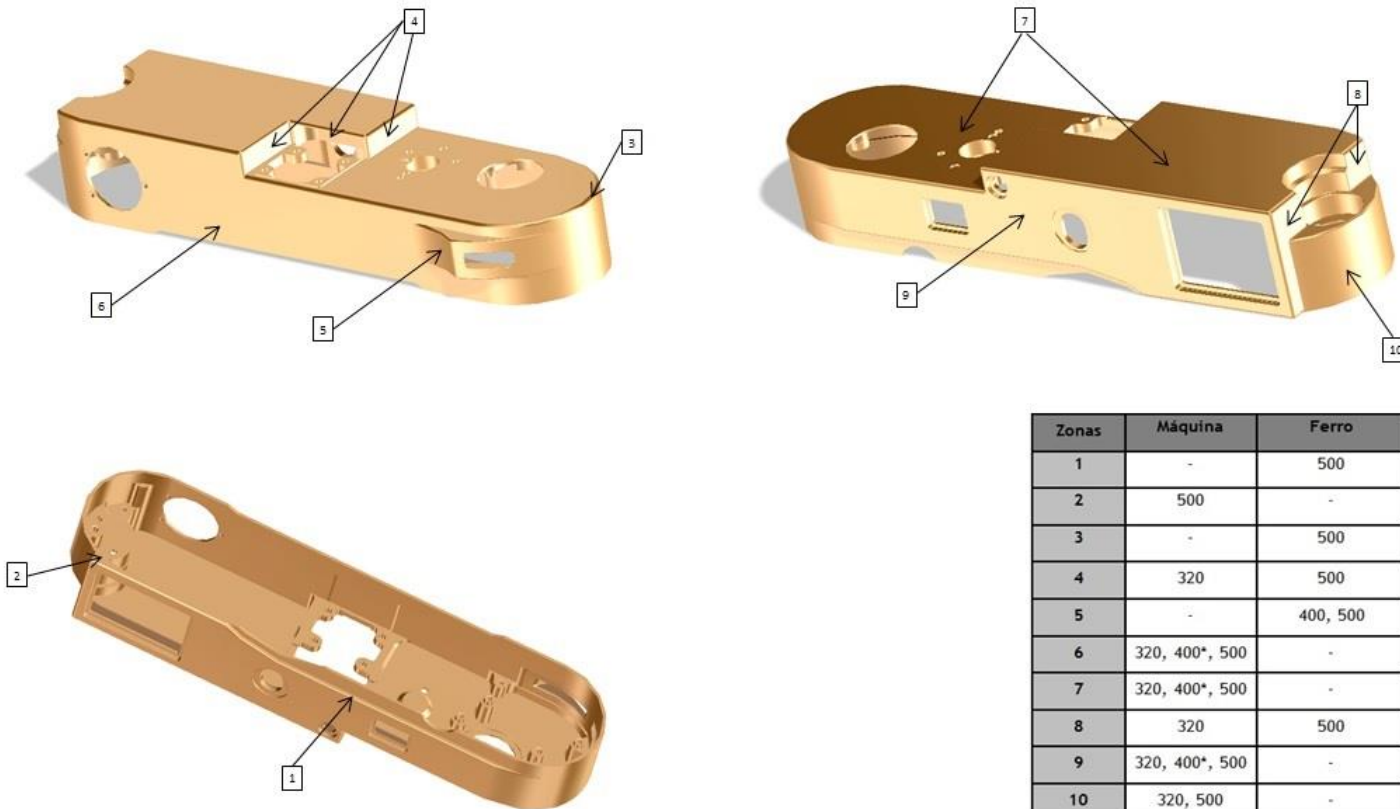


Defeitos polimento



Atualização: 29-06-2016

 Polimento – 420-300.200-006 (Chapéu Projeto Willi)



Zonas	Máquina	Ferro
1	-	500
2	500	-
3	-	500
4	320	500
5	-	400, 500
6	320, 400*, 500	-
7	320, 400*, 500	-
8	320	500
9	320, 400*, 500	-
10	320, 500	-

\*caso necessário, mediante o estado da peça

EI Mecânica

Anexo Q. Documento oficial da Leica “Código de Defeitos” (internamente designado por IMP-O-30/01).




## Código de Defeitos

Alt. 00 - Tradução do documento Fehlercode - Tabelle Elektronik/Mechanik/Optik (EMO) enviado pela Leica Camera AG  
Alt. 01 - Melhoramento das descrições técnicas dos defeitos (0201; 0214; 0301; 0303; 0309; 0310; 0314 e 0315)

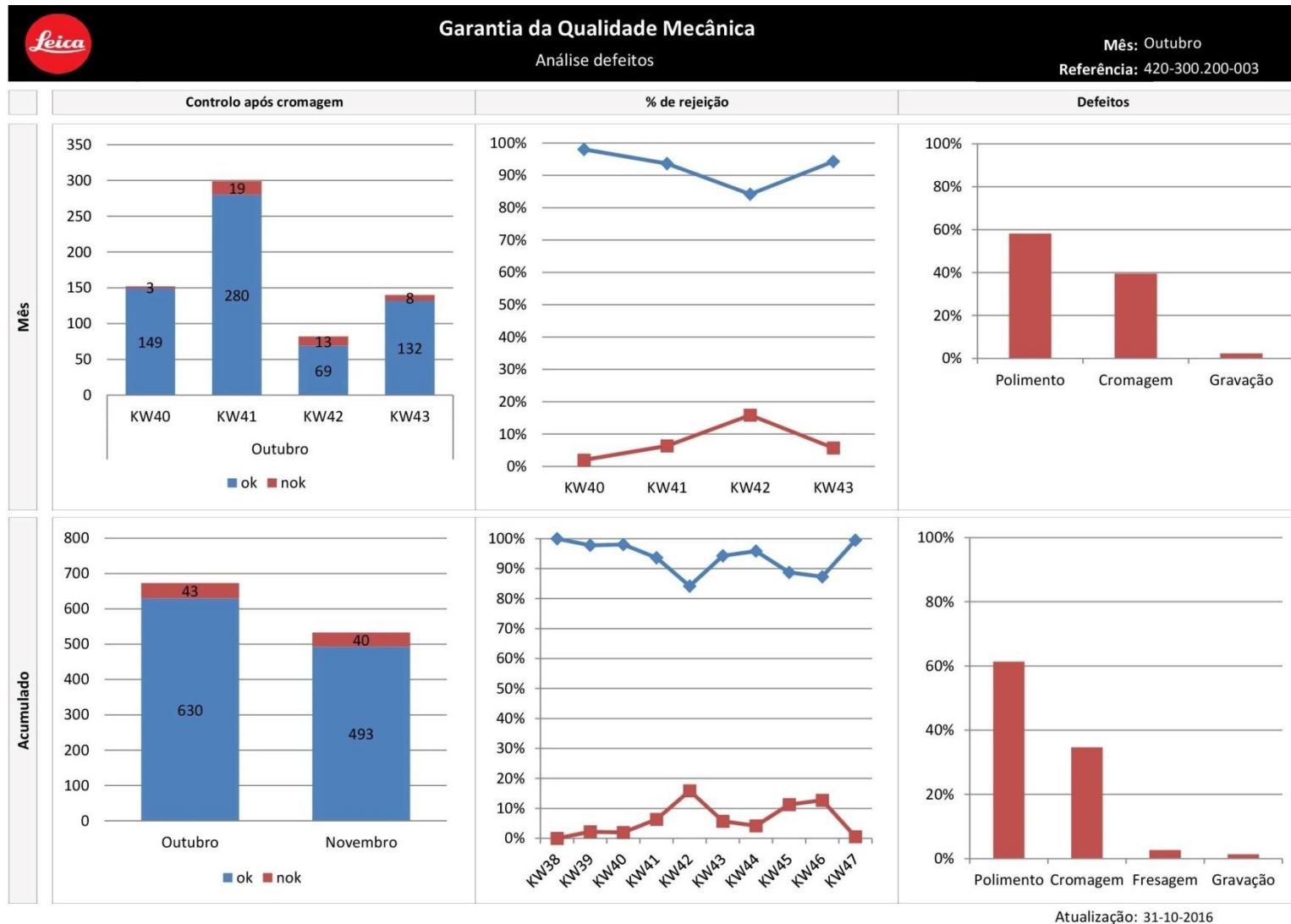
		00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	
E M Q	00	Erro de concepção, organização, logística	Peça não corresponde à encomenda	Desenho falso	AU falso	Processo de produção	Mecanismo Ferramenta	N.º de alteração falso ou ultrapassado	Danificado no processo de inspeção	Dano devido ao processo de inspeção	Alteração na construção	Outros defeitos (ver lista anexa)	Quantidade incorrecta (faltam peças)	Retrabalho em peças (Dekotec/Injecta)	Documentação de inspeção não enviada	Documentação de inspeção incorrecta	Documentação de inspeção não fiável	Embalagem de transporte suja	Falta de fase de trabalho
M	01	Erro de processamento e defeito do material	Poros	Impurezas	Matéria prima, falas	Devido da forma	Devido da dureza	Deficiência no tratamento/MP após obtenção	Empenado, torcido, destruído	Bolhas	Estrias	Superfícies amolgadas, marcas	Rupturas/ Fissuras	Devido da função/inspeção	Adeção do cromo	Mancha de água	Crateras	Devido do material	Mau preenchimento das gravações
E M Q	02	Devido da mecanização	Superfície defeituosa por corte ou estampagem (arestas, cantos)	Devido da gravação ou estampagem	Devido ao rebarbar	Devido nos furos e na roscas	Devido da medida	Devido de ângulos	Força da mola/força da tolerância	Devido ao polir, lixar	Sulcos polimentos	Sulco do trabalho na superfície ainda visível	Sulcos da mecanização defeituosa	Pino aanger a peça	Devido na forma/inspeção	Preparação	Devido da superfície		
M Q	03	Devido da superfície	Superfície porosa	Adeção do tratamento de superfície	Medidas alteradas pela anodização	Espessura do tratamento de superfície	Devido da galvanização/inspeção	Limpeza insuficiente	Falta a superfície/inspeção errada	Corrosão, oxidação, ferrugem, fungo	Diferença na cor, brilho, estrutura	Manchas na superfície	Riscos na superfície	Superfície muito áspera/ muito fina	Formação de bolhas	Ficou na superfície	Escorrimto de tinta	Superfície danificada (moessa)	Zonas brilhantes
M Q	04	Devido da montagem	Ajuste, regulação e acerto defeituoso	Mal vedado	Mau funcionamento no grupo	Movimentos presos	Ovalização, oscilação	Corrosão por solda ou colagem defeituosa	Corrosão por rebitas/parafusos defeituosa	Folga entre as peças	Lubrificação defeituosa	Sujidade no sistema de deslize	Peças soltas	Falta de peças no subgrupo	Altura da curva de medição fora da tolerância	Engate do anel do diafragma com ruído	Engate do anel do diafragma muito preso		
Q	05	Devido ópticos	Devido nos raios/inspeção na superfície (interferência)	Eixo óptico	Espessura	Diâmetro	Colagem	Devido do revestimento	Emilhado	Lacagem defeituosa	Polarização, tensões	Bolhas, estrias	Caminho da luz/distribuição focal	Riscos, danos, mau polimento					
M Q	06	Devido ópticos	Sujidade	Falta a faceta ou defeituosa	Embaçamento	Engate do diafragma demasiado preso/lave	Diâmetro do diafragma defeituoso	Percurso do diafragma, tempo e resaltes	Curva (came) de comando defeituosa	Engate (R) demasiado/inspeção	Medida dos conectores da balizeta incorrecta	Outros defeitos ópticos	Protecção da lente descolada	Rendimento óptico mau	Outros defeitos mecânicos				
E	07	Devido eléctricos	Teste de resistência ao isolamento a alta tensão não superado	Funcionamento eléctrico defeituoso	Segurança eléctrica defeituosa	Consumo de corrente demasiado elevado	Contactos defeituosos	Corrosão incorrecta	Caminho/Saida da descarga deficiente	Camada de isolamento defeituosa	Soldadura defeituosa	Embalagem de protecção (ESD/Inauficiente)							
E	08	Devido eléctricos	Valores eléctricos errados	Função eléctrica avariada	Componentes fora das especificações	Componentes mecânicos danificados	Componentes electrónicos danificados	Força do contacto, fora da tolerância				Outros defeitos eléctricos							
E	09	Devido na placa electrónica (Flexível, rígida)	Curto circuito, interrupção	Dourado defeituoso: fissuras descaças, demasiado estrangulada	Zonas soldadas demasiado estranguladas	Falta de condução danificada, cortada, torcida	Resíduos de cobre entre ou em cima das pistas	Devido na furação, na película protectora, nos contornos	Passagem de corrente por contacto defeituosa	Processo defeituoso ou anular excedente (da pista)	Película protectora danificada, cortada ou inexistente	Outros defeitos na placa electrónica	Falta a placa de reforço	Medidas da placa de reforço, fora da tolerância	Resíduos de solda na superfície dos contactos dourados				
	10																		
	11																		
	12																		
	13																		
	14																		Não consta na lista

IMP-O-30/01

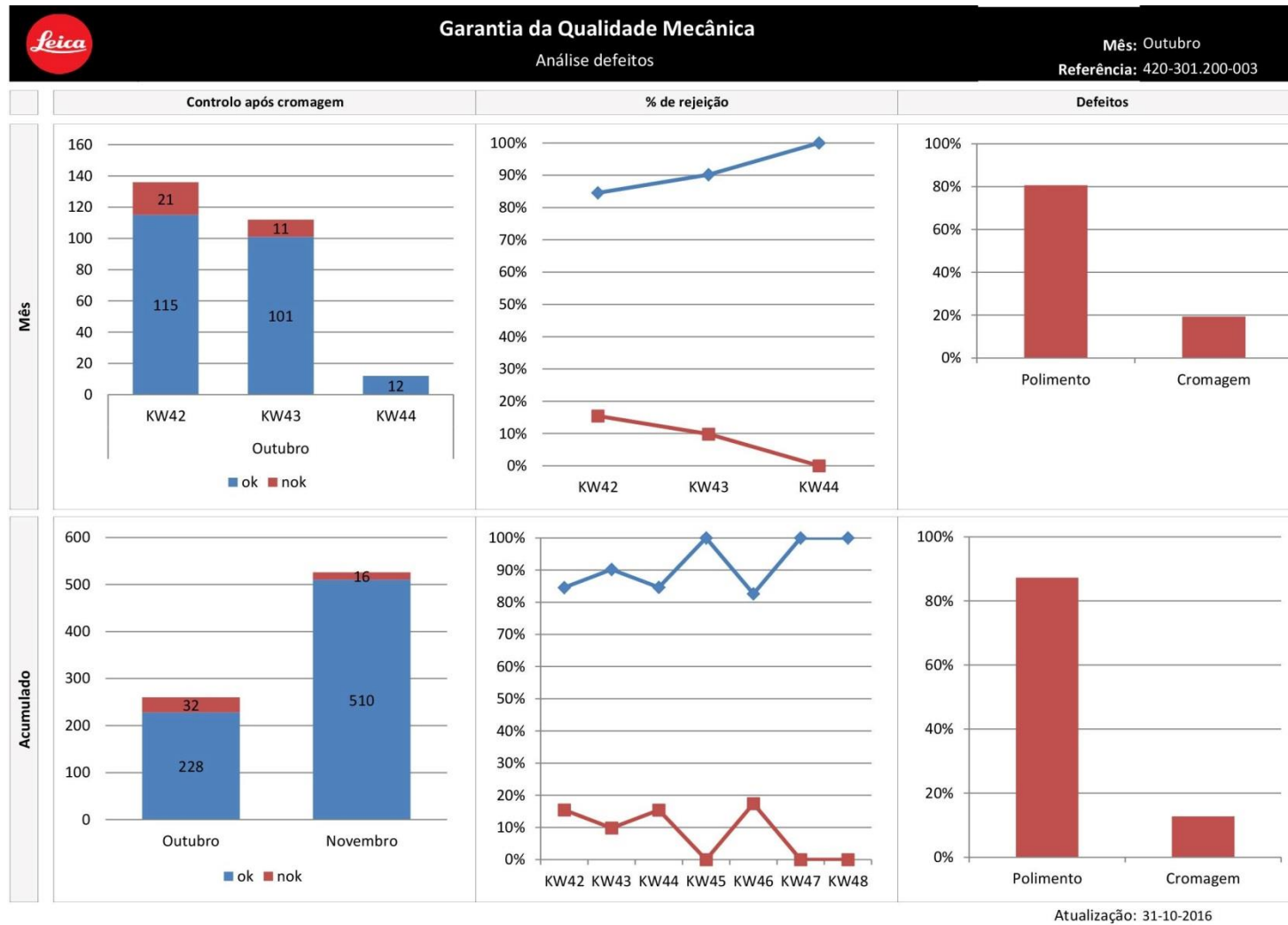
Anexo R. Parte da base de dados existente no setor da cromagem para o chapéu do Projeto Willi.

 <span style="float: right;">Garantia da Qualidade Mecânica Base de Dados Deckkappe</span>										
Responsável	Data	Semana	Mês	Ano fiscal	Código	Nº de Artigo	Validaç	Código do defeit	Descrição	
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644686021	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644686048	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	642686044	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643686108	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643687096	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643687125	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644687031	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643686035	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644686041	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644686036	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644686031	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643687056	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643686053	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643687063	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643687054	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643686119	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643686140	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643687161	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644687012	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643686129	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643687137	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643687069	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644687038	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644687014	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643686135	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643686125	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643687152	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644686009	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644687013	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644686002	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644687023	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644686006	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643687175	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644687011	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644686010	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	642686117	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644687019	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644686008	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644687020	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643686038	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	642687127	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	642686116	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644686026	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644686005	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	642686113	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643687177	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643686056	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644686032	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643686113	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643686114	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644686007	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643687128	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643686191	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643687131	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643686112	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644687039	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644686027	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644687050	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644686042	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	643686111	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644687044	420-301.200-003	ok			
	25-11-2016	47	Novembro	FY17	644687055	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	643687058	420-301.200-003	nok	0208	Defeito ao polir, lixar	
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	643687132	420-301.200-003	nok	0208	Defeito ao polir, lixar	
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	644687021	420-301.200-003	nok	0208	Defeito ao polir, lixar	
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	644687022	420-301.200-003	nok	0208	Defeito ao polir, lixar	
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	642686046	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	644686018	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	642687013	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	642687015	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	644686037	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	644687005	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	644687007	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	644687004	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	643687065	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	644687002	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	643687060	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	644687006	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	644687008	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	643686045	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	642687016	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	644687059	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	643686063	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	643687028	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	644687058	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	644687009	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	643686061	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	643687100	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	644687010	420-301.200-003	ok			
	28-11-2016	48	Novembro	FY17	643687086	420-301.200-003	ok			

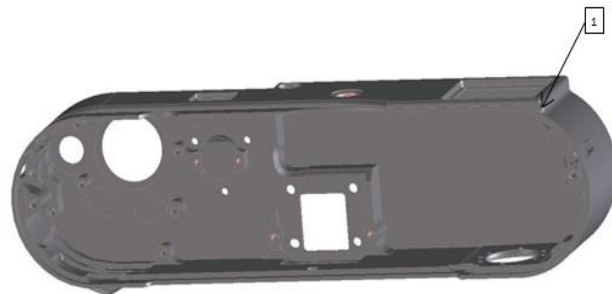
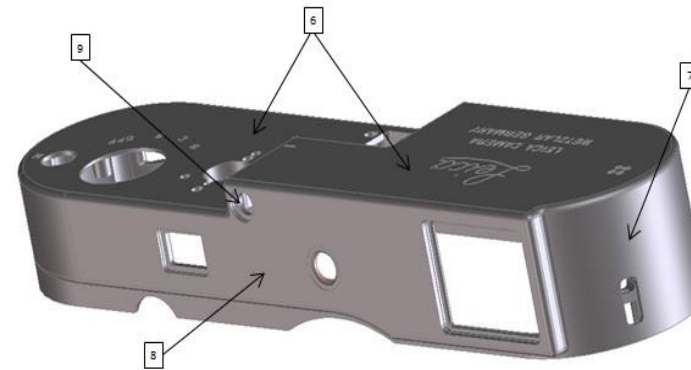
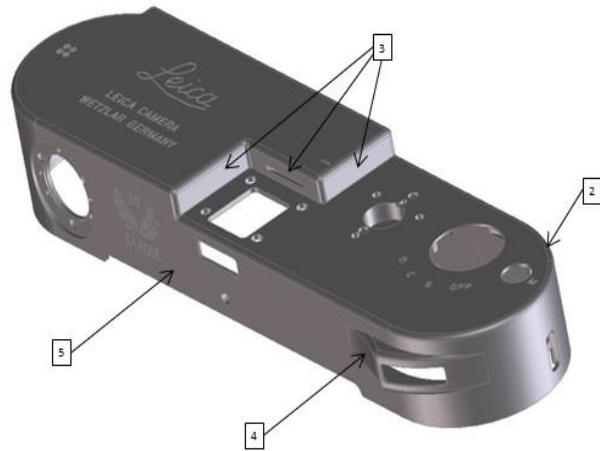
Anexo S. Documento da Qualidade do Departamento de Mecânica onde estão discriminados a quantidade de peças produzidas pela cromagem, a percentagem de peças OK e NOK e a percentagem de defeitos de acordo com a sua origem para o chapéu Willi cromado em preto.



Anexo T. Documento da Qualidade do Departamento de Mecânica onde estão discriminados a quantidade de peças produzidas pela cromagem, a percentagem de peças OK e NOK e a percentagem de defeitos de acordo com a sua origem para o chapéu Willi cromado em cinza.




	<p>Polimento - 420-276.200-004 (Chapéu Projeto Titan)</p>
---	---



Zonas	Máquina		Ferro
	Aço	Titânio	Titânio
1	-	-	240
2	-	-	600
3	-	-	240
4	220	240	600
5	220	240	-
6	220	240	600*
7	220	240	600
8	220	240	-
9	Rebarba		


\*caso necessário, mediante o estado da peça


Quality Assurance

Bar Code - Deckkappe, ZE


**Specifications barcode:**

Location:



Protocol: GS1-128 (UCC/EAN-128)      Dimensions: 24mmX9mm

Coding:



549010199

199 - Sequence number

0 - Machine/Supplier \*2

01 - Number assigned to the reference Deckkappe, ZE \*1

49 - Week

5 - Year

**\*1 - Reference Deckkappe, ZE**

0-59 - External supplier

- 0 - 420-262.200-006
- 1 - 420-246.200-006
- 2 - 420-242.200-006
- 3 - 420-261.200-006
- X - xxx-xxx.xxx-xxx

60-99 -Internal supplier

- 60 - 420-070.072-015
- 61 - 420-200.210-009
- 62 - 420-220.210-009
- 63 - 420-097.071-015
- 64 - 420-245.200-008

**\*2 - Machine/Supplier**

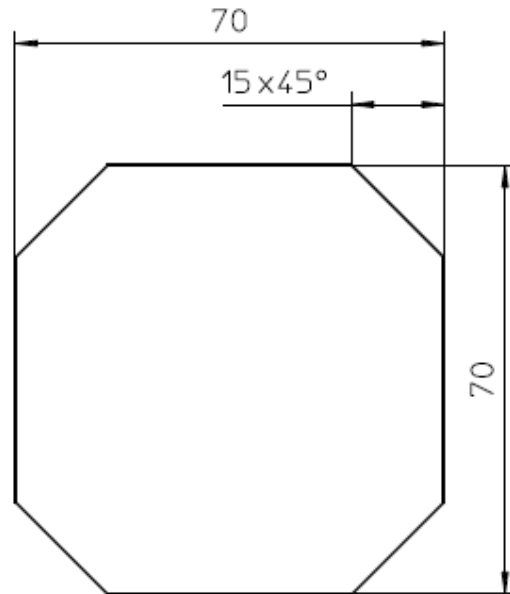
0-5 - External supplier

6-9 - Internal supplier

- 6 FRS13 Palette 1
- 7 FRS13 Palette 2

Atualização: 14-10-2016

Anexo W. Design do molde de corte para o formato das lixas proposto.



Copyright by Leica Camera AG, Solms, Germany, 2001	Längentoleranzen						Winkeltoleranzen									
	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	0.1	0.2	0.3	0.5		±1°	±30'	±20'	±10'	±5'
	Nennmaßbereich						Nennmaßbereich					Länge des kurzen Schenkels				
≤ 6	> 6 ≤ 30	> 30 ≤ 120	> 120 ≤ 400	> 400 ≤ 1000	> 1000 ≤ 2000	≤ 120	> 120	≤ 120	> 120	≤ 10	> 10 ≤ 50	> 50 ≤ 120	> 120 ≤ 400	> 400		
Obfl.-Beschaffenheit			Oberflächen			Bes.: Mechanikrahmen A3										
1.6 (✓)						Maßstab		Zwischenerzeugnis								
Werkstückkanten						1:1		Werkstoff								
						Materialkurztext										
						<b>Molde para corte</b>										
			Erstellt	12.02.16	J.Brochado	Zeichnungs-Nr.			Kurzzeichen	Änd.Z.	Bl.					
			Konstr.			Sem número				00	1					
			Geprüft			ME10			Änd.M.							
			Freigeq.							van	BL					