



## Otimização da performance qualitativa do processo de montagem dos binóculos com medição laser

**ANA MARGARIDA FORTUNA MEIRELES DE PINHO**

Junho de 2019

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

# Otimização da performance qualitativa do processo de montagem dos binóculos com medição laser

Ana Margarida Fortuna Meireles de Pinho

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Área de Especialização em Telecomunicações

Departamento de Engenharia Eletrotécnica

2019



Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Unidade Curricular de Tese/Dissertação, do 2.º ano do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.

Candidato: Ana Margarida Fortuna Meireles de Pinho, [1140591@isep.ipp.pt](mailto:1140591@isep.ipp.pt)

Orientação científica: Professor Doutor Manuel Carlos Felgueiras, [mcf@isep.ipp.pt](mailto:mcf@isep.ipp.pt)

Empresa: Leica-Aparelhos Ópticos de Precisão, S.A.

Supervisão: Engenheiro Nuno Barros, [nbarros@leica.com](mailto:nbarros@leica.com)



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
Área de Especialização em Telecomunicações  
Departamento de Engenharia Eletrotécnica  
Instituto Superior de Engenharia do Porto

25 de junho de 2019



# Agradecimentos

Na realização da presente dissertação há diferentes contributos que não podem deixar de ser realçados. Desta forma, gostaria de proferir os mais sinceros agradecimentos às diversas pessoas e entidades que partilharam um papel importante na elaboração deste projeto.

Ao corpo docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto que me acompanhou ao longo destes cinco anos, e que me fez crescer enquanto pessoa e futura profissional.

Ao meu orientador do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Eng.º Carlos Felgueiras, por toda a ajuda, tempo e disponibilidade demonstrada tanto no processo de estágio bem como no processo de elaboração da dissertação.

À Leica Portugal, na pessoa do meu orientador, Eng.º Nuno Barros, e a todo o corpo integrante da empresa pelo excelente acolhimento que me proporcionaram e por toda a ajuda prestada ao longo da realização deste estágio salientando o Eng.º Guilherme Carvalho, Eng.º Ricardo Costa e o Eng.º Fernando Pontes.

À minha família, em especial aos meus pais, irmão, avós e padrinhos pelo esforço, carinho e amor que me dedicaram desde sempre.

Aos meus colegas de curso pois fizeram com que esta caminhada académica de cinco anos fizesse sentido e por todo o apoio e carinho demonstrado ao longo destes anos. Não podia deixar de agradecer, em especial, ao João Araújo que me acompanhou nos dois últimos anos e que sempre me apoiou em tudo o que precisei.

Ao Roberto, pelo apoio incondicional que demonstrou sempre.

Margarida



# Resumo

A presente dissertação foi desenvolvida em contexto prático industrial na empresa Leica – Aparelhos Óticos de Precisão, S.A. pertencente ao grupo Leica Camera AG, com o título Otimização da performance qualitativa do processo de montagem dos binóculos com medição laser teve dois principais objetivos: o desenvolvimento de uma ferramenta que auxilie o processo de rastreabilidade do binóculo *Geovid III* e a análise e desenvolvimento de métodos e procedimentos que se apliquem na linha de montagem do *Geovid III*, com o objetivo de diminuir a sua taxa de rejeição e, consequentemente, aumentar a qualidade final do produto.

Aliando-se uma análise crítica inicial do problema a uma revisão de literatura incidente na temática a desenvolver, foram definidos os principais planos de ação.

O projeto resultou, numa fase inicial, pela identificação de uma necessidade por parte da Engenharia de Montagem em que visava a criação de uma solução/metodologia que permitisse o tratamento e o armazenamento das informações fulcrais de cada binóculo. De prontamente, a solução foi desenvolvida aspirando uma solução capaz de permitir o armazenamento da informação e aceder às bases de dados SQL de uma forma simples e segura, possibilitando a sua atualização e manutenção. Esta solução permite uma consulta mais eficaz e rápida por parte dos diversos elementos da empresa responsáveis pelo produto e fomenta uma rastreabilidade mais dinâmica aos responsáveis da montagem do *Geovid III*.

Em relação ao segundo objetivo, o conhecimento da linha de montagem viabilizou a identificação das categorias de defeitos que afetavam a performance de medição de distância dos binóculos e que conduziu à realização vários testes que visaram a implementação de soluções. Esta categoria é uma das mais afetadas, originando uma taxa de rejeição elevada no controlo de qualidade, e uma das mais importantes visto que influencia diretamente a funcionalidade de um produto Leica. A diminuição da variabilidade dos processos em questão bem como a implementação de uma análise crítica do teste eletrónico realizado em linha permite, de uma forma atempada, que binóculos com uma má performance ao nível de medição de distância sejam identificados e, de uma forma mais célere, permitir as suas correções. Os resultados finais mostraram uma melhoria considerável uma vez que permitiu um aumento, em mais de 50%, dos binóculos aprovados no Controlo de Qualidade.

**Palavras-Chave:** Binóculos, Performance, Qualidade, Rastreabilidade, Rejeição



# Abstract

The current dissertation, developed within the practical context of the Leica company- Precision Optical Equipments SA, belonging to the AG Leica Camera Group, with the title “Optimization of the qualitative performance of laser guided binoculars assembly” presents two main objectives: the creation of a tool that helps the traceability process of the *Geovid III* and the analysis of the development of methods and procedures that apply on the assembly line of the *Geovid III*, with the aim of diminishing their rejection rate and, in consequence, increase the final product quality.

Allying to a critical analysis of the initial problem and a revision of the incident literature of the thematic to develop, principal plans of action were defined.

The project resulted, on an initial phase, by the identification of the Assembly Engineer’s need to create a solution methodology that could permit the treatment and the storage of crucial informations of each binocular. The solution was developed aspiring a solution capable of allowing the information storage and access to the SQL data base in a simple and secure way, enabling its updating and maintenance. This solution allows a more efficient and fast consult by the several elements of the company in charge by the product and encourages a more dynamic trackability to the responsables of the mounting of the *Geovid III*.

With regards to the second objective, the knowing of the assembly line made viable the identification of categories of defects that affected the performance of distance measure of the binoculars that led to the accomplishment of several tests that targeted the implementation of solutions. This category is one of the most affected, originating an high rejection tax on the quality control and one of the most important, since it influences directly the operation of the Leica product. The diminishing of the process variability in question as well as the implementation of a critical analysis of the electronic test accomplished on the line enables, in a timely way, that binoculars with a bad performance on the level of distance measures were identified and, in a faster way, enabling corrections. The final results show a considerable improvement, since it allowed an increasement, in more than 50%, of binoculars approved on the Quality Control.

**Keywords:** Binoculars, Performance, Quality, Trackability, Rejection



# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Contextualização . . . . .	1
1.2	Motivações . . . . .	2
1.3	Estrutura da dissertação . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Revisão Bibliográfica</b>	<b>5</b>
2.1	Instrumentos óticos de observação à distância . . . . .	5
2.2	Caracterização de um binóculo . . . . .	7
2.2.1	Componentes óticos . . . . .	8
2.2.2	Características funcionais . . . . .	12
2.3	Eletrônica para <i>rangefinder</i> . . . . .	17
2.3.1	Classificação dos métodos de medição de distância . . . . .	18
2.3.2	Método <i>Time-of-Flight</i> . . . . .	18
2.3.3	Estrutura de um TOF <i>laser rangefinder</i> . . . . .	21
2.3.4	Definição dos parâmetros de performance de um <i>rangefinder</i> . . . . .	23
2.3.5	Fatores de erros e de limitação da performance de um <i>laser rangefinder</i> . . . . .	24
2.3.6	Características funcionais de um APD . . . . .	25
2.4	Tecnologias <i>Web</i> . . . . .	27
<b>3</b>	<b>Caracterização do Contexto de Estudo</b>	<b>31</b>
3.1	Processo produtivo geral . . . . .	31
3.2	Processos para a concepção do binóculo <i>Geovid III</i> . . . . .	33
3.2.1	Secção da mecânica . . . . .	35
3.2.2	Secção da ótica . . . . .	35
3.2.3	Secção da eletrônica . . . . .	38
<b>4</b>	<b>Aplicação Industrial</b>	<b>39</b>
4.1	Características gerais do binóculo <i>Geovid III</i> . . . . .	39
4.2	Linha de montagem do binóculo <i>Geovid III</i> . . . . .	41
4.2.1	Montagem do <i>deckel</i> . . . . .	43
4.2.2	Montagem dos subgrupos mecânicos . . . . .	46
4.2.3	Montagem do <i>träger</i> . . . . .	46
4.2.4	Montagem do <i>kurventräger</i> . . . . .	49
4.2.5	Montagem dos subgrupos óticos . . . . .	50
4.2.6	Montagem dos oculares . . . . .	50
4.2.7	Montagem do casquilho do ocular no <i>kurventräger</i> . . . . .	51
4.2.8	Montagem da manga de focagem . . . . .	52
4.2.9	Montagem da objetiva . . . . .	52

4.2.10	Preparação do sistema de prismas . . . . .	54
4.2.11	Montagem de eletrónica no sistema de prismas . . . . .	56
4.2.12	Ajustagem da placa dos LEDs e da placa recetora . . . . .	57
4.2.13	União dos corpos . . . . .	59
4.2.14	Teste de estanquicidade . . . . .	60
4.2.15	Sistema de focagem . . . . .	60
4.2.16	Montagem dos oculares no corpo do binóculo . . . . .	61
4.2.17	Ajustagem binocular . . . . .	61
4.2.18	Ajustagem laser/APD e laser/alvo . . . . .	62
4.2.19	Capacidade do laser . . . . .	63
4.2.20	OFFSET . . . . .	64
4.2.21	Simulação . . . . .	64
4.2.22	Ajuste de dioptrias e colocação de escala . . . . .	64
4.2.23	Programação do modelo . . . . .	65
4.2.24	Controlo de Qualidade . . . . .	65
4.2.25	Enchimento com nitrogénio . . . . .	67
4.2.26	Revestimento externo do binóculo . . . . .	67
<b>5</b>	<b>Apresentação do Problema e Análise do Estado Inicial</b>	<b>69</b>
5.1	Problemática existente . . . . .	69
5.2	Rastreabilidade do produto . . . . .	70
5.3	Rejeição do produto final . . . . .	71
<b>6</b>	<b>Desenvolvimento da Aplicação Web</b>	<b>75</b>
6.1	Descrição . . . . .	75
6.2	Diagrama <i>use case</i> . . . . .	78
6.3	Página de autenticação . . . . .	79
6.4	Página de entrada . . . . .	80
6.5	Página de inserção de dados . . . . .	80
6.6	Página de consulta de dados . . . . .	84
<b>7</b>	<b>Procedimento Experimental</b>	<b>87</b>
7.1	Sistema de medição laser do <i>Geovid III</i> . . . . .	87
7.2	Análise dos dados obtidos pela <i>Simulação</i> . . . . .	88
7.3	Potenciais fontes que influenciam a performance dos sistemas laser . . . . .	90
7.3.1	Análise da ajustagem do <i>deckel</i> . . . . .	92
7.3.2	Análise da ajustagem da placa dos LEDs . . . . .	93
7.3.3	Análise da ajustagem laser/APD e laser/alvo . . . . .	96
7.4	Averiguação dos dados obtidos no <i>Simulador</i> e a sua relação com as ajustagens realizadas . . . . .	96
7.5	Oportunidades de melhorias no processo de montagem . . . . .	103
7.6	Parametriação do processo na linha de montagem - ajustagem do <i>deckel</i> . . . . .	104
7.7	Parametriação do processo na linha de montagem - ajustagem da placa dos LEDs . . . . .	105
7.8	Parametriação do processo de montagem - ajustagem laser/alvo e laser/APD . . . . .	108
7.9	Parametriação do processo de montagem - <i>Simulação</i> . . . . .	110
7.10	Validação final . . . . .	112

<b>8</b>	<b>Considerações Finais</b>	<b>117</b>
8.1	Conclusões . . . . .	117
8.2	Propostas de trabalho futuro . . . . .	120
	<b>Referências</b>	<b>123</b>
<b>A</b>	<b>Árvore de produto simplificada</b>	<b>129</b>
<b>B</b>	<b>Grupos principais do binóculo <i>Geovid III</i></b>	<b>133</b>
<b>C</b>	<b>Informações técnicas do binóculo <i>Geovid III</i></b>	<b>135</b>
<b>D</b>	<b>Linha de montagem (<i>layout</i>) do binóculo <i>Geovid III</i></b>	<b>137</b>



# Lista de Figuras

1.1	Fábrica Leica Portugal em Lousado, Vila Nova de Famalicão (SOPSEC, 2018)	2
2.1	Classificação dos instrumentos óticos de observação à distância	6
2.2	Portefólio de produtos Leica da área da <i>Sport Optics</i> . (Adotado e adaptado de (Leica, 2019b))	6
2.3	Caracterização de um binóculo.(Adotado e adaptado de (Nikon, 2013))	7
2.4	À esquerda: binóculo com prisma <i>Porro</i> ; à direita: binóculo com primas <i>Roof</i> (Adotado e adaptado de (Bouton, s.d.))	8
2.5	Sistema prismática de <i>Porro</i> . A linha amarela representa o caminho de um raio luminoso axial. (Almeida, 2004)	9
2.6	Sistema prismática de <i>Roof</i> . A linha amarela representa o caminho de um raio luminoso axial. (Almeida, 2004)	10
2.7	Sistema prismática de <i>Perger-Porro</i> . (Adotado e adaptado de (PrecisionRifle, 2013))	10
2.8	Representação da trajetória de um feixe de luz a) paralelo, b) proveniente de uma fonte pontual ao atravessar uma lente convergente. Ilustração do conceito de distância focal. (Almeida, 2004)	11
2.9	Representação da trajetória de um feixe luminoso paralelo ao atravessar uma lente divergente com indicação da sua distância focal (Almeida, 2004)	12
2.10	Transformação da imagem real em imagem virtual num binóculo. (Adotado e adaptado de (Canon, 2000))	13
2.11	Comparação da ampliação de um binóculo com uma ampliação de 7x e de 10x (Witt, 2019)	13
2.12	Diâmetro útil da objetiva (Leica, 2019b)	14
2.13	Campo visual aparente e campo visual real. (Nikon, 2016)	14
2.14	Pupila de saída nas oculares de um binóculo. (Adotado e adaptado de (BBR, 2019))	15
2.15	Sistema de focagem central (Nikon, 2013)	16
2.16	Sistema de ajustagem de dioptrias do ocular direito (Adotado e adaptado de (Leica, 2019b))	17
2.17	Método <i>Time-of-Flight</i> direto (Hamamatsu, s.d.)	19
2.18	Método <i>Time-of-Flight</i> indireto (Hamamatsu, s.d.)	20
2.19	Método por triangulação (Hamamatsu, s.d.)	20
2.20	Representação esquemática de um laser <i>rangefinder</i> baseado no método TOF direto (Adotado e adaptado de (Lopez, 2012))	21
2.21	Representação do efeito produzido pelas lentes colimadoras (Adotado e adaptado de (Thorlabs, s.d.))	22
2.22	Representação do efeito produzido pela lente convexa na receção do sinal (Adotado e adaptado de (Lopez, 2012))	23

2.23	Representação do processo de avalanche num APD (Adotado e adaptado de (Hamamatsu, 2004)) . . . . .	25
2.24	Representação da corrente negra num APD (Adotado e adaptado de (Hamamatsu, 2004)) . . . . .	27
2.25	Representação de uma tecnologia <i>web</i> . . . . .	27
3.1	Processo produtivo geral . . . . .	32
3.2	Esquema das etapas necessárias para a obtenção do binóculo completo . . . . .	33
3.3	Diferentes categorias dos grupos de montagem do binóculo . . . . .	33
3.4	Esquema representativo dos diferentes modelos do binóculo <i>Geovid III</i> . . . . .	34
3.5	Luz incidente em lentes com diferentes camadas de revestimento anti reflexo (Nikon, 2014) . . . . .	37
3.6	Diferenças de lentes com e sem revestimento (Nikon, 2014) . . . . .	38
4.1	Leica <i>Geovid III</i> (Leica, s.d.) . . . . .	39
4.2	Vista em corte do binóculo <i>Geovid III</i> (Adotado e adaptado de (Leica, s.d.)) . . . . .	40
4.3	Ajustagem de dioptrias no sistema de focagem central (Zent, 2013) . . . . .	41
4.4	Fluxo de montagem do binóculo <i>Geovid III</i> . . . . .	43
4.5	Colocação da <i>placa S</i> . . . . .	44
4.6	Colocação do primeiro espelho emissor . . . . .	44
4.7	Colocação do segundo espelho emissor . . . . .	45
4.8	Exemplo de uma ajustagem do espelho emissor . . . . .	45
4.9	Colocação da lente emissora no <i>Deckel</i> . . . . .	46
4.10	Preparação do suporte do <i>träger</i> . . . . .	47
4.11	Colocação do espelho LED no <i>träger</i> . . . . .	48
4.12	Colocação do lente colimadora no <i>träger</i> . . . . .	48
4.13	Montagem do eixo de focagem e da alavanca . . . . .	49
4.14	Fases da montagem do <i>kurventräger</i> . . . . .	49
4.15	Montagem do ocular . . . . .	50
4.16	Colocação do ocular no <i>kurventräger</i> . . . . .	51
4.17	Montagem do ocular no <i>kurventräger</i> . . . . .	51
4.18	Montagem da manga de focagem com lente de focagem . . . . .	52
4.19	Colocação das lentes no casquilho da objetiva . . . . .	53
4.20	Montagem da manga de focagem no casquilho da objetiva . . . . .	53
4.21	À esquerda: lentes "casadas"; à direita: lentes "não casadas" . . . . .	54
4.22	Cadeira prismática . . . . .	54
4.23	Cadeira prismática com sistema de focagem . . . . .	55
4.24	Colocação do diafragma na cadeira ótica . . . . .	55
4.25	Colocação da lente na cadeira ótica . . . . .	56
4.26	Conjunto eletrónico . . . . .	56
4.27	Cadeira ótica com eletrónica . . . . .	57
4.28	Exemplo de uma imagem obtida da ajustagem da placa dos LEDs . . . . .	58
4.29	Exemplo de uma imagem obtida da ajustagem da placa dos LEDs . . . . .	58
4.30	Fases da montagem do corpo direito . . . . .	59
4.31	Aparelho de realização do teste de estanquicidade . . . . .	60
4.32	Colocação do sistema de focagem - <i>mitteltrieb</i> . . . . .	61
4.33	Ajustagem binocular . . . . .	62
4.34	Exemplo de uma ajustagem do laser/APD . . . . .	63
4.35	Exemplo de uma ajustagem do laser/alvo . . . . .	63

4.36	Ajuste de dioptrias . . . . .	65
4.37	Colocação das fitas de revestimento . . . . .	68
4.38	Colocação da tampa no botão de focagem . . . . .	68
5.1	Cartão de rastreabilidade do <i>Geovid III</i> . . . . .	70
5.2	Percentagens de binóculos detetados na QS em função do resultado da <i>Simulação</i>	72
6.1	Diagrama <i>use case</i> . . . . .	78
6.2	Página de autenticação . . . . .	79
6.3	Página de entrada . . . . .	80
6.4	Página de inserção de dados . . . . .	81
6.5	Aviso, a vermelho, de um dado obrigatório em falta . . . . .	81
6.6	Página de consulta de dados . . . . .	84
6.7	Página de consulta de dados com a introdução da opção de pesquisa . . . . .	85
7.1	Exemplo de um resultado obtido na <i>Simulação</i> . . . . .	88
7.2	Resultados obtidos na QS da primeira amostragem . . . . .	91
7.3	Classificação do tipo de binóculos NOK segundo os erros de medição . . . . .	91
7.4	Exemplo do tipo de imagem obtida. À direita imagem nítida; À esquerda imagem desfocada. . . . .	92
7.5	Definição dos pontos fulcrais do símbolo alvo . . . . .	93
7.6	Reduzida alteração na placa dos LEDs . . . . .	94
7.7	Elevada alteração na placa dos LEDs . . . . .	95
7.8	Resultados da análise do tipo de alterações ocorridas na placa dos LEDs comparativamente com a capacidade de realizar a ajustagem seguinte . . . . .	95
7.9	Resultado exemplificativo de um binóculo em que o sinal não atingiu o zero . . . . .	97
7.10	Resultado exemplificativo de um binóculo com um resultado NOK na QS . . . . .	98
7.11	Resultado exemplificativo de um binóculo com um resultado OK na QS . . . . .	99
7.12	Resultado exemplificativo de um binóculo com o comportamento descrito em 1. . . . .	101
7.13	Resultado exemplificativo de um binóculo com o comportamento descrito em 2. . . . .	102
7.14	Pontos de cola aplicados . . . . .	105
7.15	Alteração sofrida após aumento de 20 s na pré-secagem . . . . .	107
7.16	Alteração sofrida após aumento de 20 s na pré-secagem . . . . .	107
7.17	Assinatura do laser dispersa e irregular . . . . .	109
7.18	Assinatura do laser alongada (acompanha a área útil do APD) . . . . .	109
7.19	Assinatura do laser espessa e compacta . . . . .	110
7.20	Dados obtidos com a alteração dos tempos de secagem . . . . .	113
7.21	Dados obtidos com a alteração dos tempos de secagem - registo de alterações que influenciam a ajustagem seguinte . . . . .	113
7.22	Dados obtidos com a alteração dos tempos de secagem - registo de alterações que não influenciam a ajustagem seguinte . . . . .	114
7.23	Comparação dos resultados antes e após as alterações ao processo . . . . .	115
7.24	Comparação dos dados recolhidos após otimização do processo em comparação com os dados recolhidos da primeira amostra . . . . .	116



# Lista de Tabelas

4.1	Resumo da informação técnica dos binóculos Leica <i>Geovid III</i> . . . . .	41
6.1	Estrutura da tabela <code>DB_informacoes</code> . . . . .	77
6.2	Estrutura da tabela <code>UTILIZADORES</code> . . . . .	77
7.1	Resultado de dois binóculos com o comportamento descrito em 1. . . . .	100
7.2	Resultado de dois binóculos com o comportamento descrito em 2. . . . .	102
7.3	Resultado de dois binóculos com o comportamento descrito em 3. . . . .	103
7.4	Teste com diferentes tempos de secagem . . . . .	106



# Acrónimos

<b>ADC</b>	<i>Analog to Digital Converter</i> (Conversor analógico digital)
<b>APD</b>	<i>Avalanche Photodiode</i> (Fotodíodo de Avalanche)
<b>AU</b>	<i>Arbeitsunterweisung</i> (Instrução de Trabalho)
<b>CSS</b>	<i>Cascading Style Sheets</i>
<b>FDA</b>	<i>Food and Drug Administration</i>
<b>HDC</b>	<i>High Durability Coated</i> (Revestimento de alta durabilidade)
<b>HTML</b>	<i>HyperText Markup Language</i>
<b>HTTP</b>	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
<b>IEC</b>	<i>International Electrotechnical Commission</i>
<b>ISEP</b>	Instituto Superior de Engenharia do Porto
<b>KTL</b>	<i>Kathodische Tauch Lackierung</i> (Pintura por Imersão Catódica)
<b>LADAR</b>	<i>Laser Detection and Ranging</i> (Detecção Laser e Alcance)
<b>LCW</b>	Leica Camera Wetzlar
<b>LIDAR</b>	<i>Light Detection and Ranging</i> (Detecção de Luz e Alcance)
<b>MEEC</b>	Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
<b>MP</b>	Matérias Primas
<b>MRP</b>	<i>Material Requirement Planning</i>
<b>PCB</b>	<i>Printed Circuit Board</i> (Placa de Circuito Impresso)
<b>PF</b>	Produtos Finais
<b>PHP</b>	<i>Hypertext Preprocessor</i>
<b>PLD</b>	<i>Pulsed Laser Diode</i> (Díodo Laser Pulsado)
<b>PVD</b>	<i>Physical Vapor Deposition</i> (Deposição Física de Vapor)
<b>QS</b>	Qualidade e Segurança

<b>SNR</b>	<i>Signal-to-Noise Ratio</i> (Relação Sinal Ruído)
<b>SQL</b>	<i>Structured Query Language</i>
<b>TOF</b>	<i>Time-of-Flight</i> (Tempo de voo)
<b>WWW</b>	<i>World Wide Web</i>

# Capítulo 1

## Introdução

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito da unidade curricular de Tese/Dissertação, integrada no 2º ciclo de estudos do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. O projeto de estudo/aplicação aqui apresentado foi desenvolvido em contexto prático empresarial na Leica- Aparelhos óticos de precisão, S.A., uma multinacional com sede na Alemanha, que se dedica à produção de materiais óticos de luxo, como máquinas fotográficas, objetivas, binóculos e miras.

Neste capítulo será desenvolvida a introdução do trabalho, iniciando-se por um enquadramento contextual, seguindo-se para a definição dos objetivos/motivações do projeto, terminando com a apresentação da estrutura da dissertação.

### 1.1 Contextualização

Na pequena cidade de Wetzlar, na Alemanha, é fundada em 1849 a organização que, entregando-se inicialmente à produção de microscópios, veio a ser palco do nascimento da primeira câmara fotográfica de 35 mm e que, com isso, revolucionou o mundo da fotografia. Responsável por um conjunto alargado de desenvolvimentos e inovações, deu origem à marca Leica que se impôs, de maneira incontornável, pela sua qualidade, granjeando um prestígio que a tornou, até aos nossos dias, bastante reconhecida. A atestar a alta qualidade dos artigos fotográficos e de observação que o grupo Leica produz, contam-se os muitos galardões provenientes das mais reputadas entidades.

A Leica-Aparelhos Óticos de Precisão, S.A, foi fundada em 1973 em Vila Nova de Famalicão, por deliberação do Conselho de Administração da empresa alemã, como uma extensão da Ernst Leitz Wetzlar GmbH. A Leica-Aparelhos Óticos de Precisão, S.A, em Famalicão, contava já com 84 trabalhadores ao fim do seu primeiro ano de laboração. Um ano mais tarde, a Leica Portugal mudou as suas instalações para o local onde se manteria durante 40 anos, sempre em Vila Nova de Famalicão. Em março de 2013, ano da comemoração dos 40 anos em Portugal, foram inauguradas as novas instalações industriais situadas na freguesia de Lousado.



Figura 1.1: Fábrica Leica Portugal em Lousado, Vila Nova de Famalicão (SOPSEC, 2018)

Atualmente, a Leica em Famalicão emprega mais de 800 trabalhadores, com elevado grau de experiência e competência. O crescimento da empresa teve lugar na sequência do alargamento programado da gama de produtos: de uma produção inicial de peças mecânicas e óticas, foi-se evoluindo até à montagem de três famílias de produtos distintos, as máquinas fotográficas, as objetivas e os produtos de observação (binóculos e miras) produzidos nos três principais sectores da empresa, a Mecânica a Ótica e a Montagem. A empresa possui ainda a Secção do Desenvolvimento e Gestão dos Projetos, a Secção da Qualidade, da Manutenção e a Administrativa. (Leica, 2017)

Desde sempre e com uma grande preocupação pela Qualidade, a Leica S.A., é uma empresa certificada desde março de 1997, cumprindo atualmente os requisitos da Norma NP EN ISSO 9001:2008 e NP EN 14001:2012.

A título informativo, no dia 1 de dezembro de 2016, nasceu no Porto a primeira *Leica Store* da Península Ibérica, que pretende ser um pólo aglutinador de formação em produtos Leica, com visitas de convidados à produção de Vila Nova de Famalicão, organizando *workshops* na *Leica Akademie* e mostras de fotógrafos convidados na *Leica Gallery*. (S.A. Leica, 2017)

## 1.2 Motivações

A qualidade de um produto requer que este esteja em conformidade com os requisitos, isto é, que o produto acabado não possua defeitos identificados. A qualidade de um produto aumenta a cada dia que passa, tanto por exigências do consumidor final, bem como pelas empresas através de medidas que convergem para a produção de um produto de excelência. A Leica, de forma a satisfazer as necessidades e exigências dos seus clientes, foca e enaltece a excelência produtiva para, desta forma, obter um produto final com qualidade e em conformidade com os requisitos técnicos. Neste sentido, há a necessidade de atuar na linha de fabrico e de montagem dos seus

produtos, onde há uma quantidade razoavelmente elevada de processos complexos que, aliados a tecnologias inovadoras, permitem a obtenção do produto final como resultado.

Uma das variadas gamas de produtos desenvolvidos e fabricados na Leica são os produtos da linha *Sport Optics*. Nestes, está incluído o binóculo *Geovid III*, produto que será alvo do presente estágio, binóculo este que integra, a nível eletrónico e ótico, mecanismo de medição de distância, através da tecnologia laser. Assim, devido há complexidade deste binóculo é necessário um conjunto de etapas, na linha de montagem, que permita que este, de facto, chegue ao cliente final nas perfeitas condições técnicas bem como conseguir aliar aos níveis de qualidade exigidos pela marca. Uma das maiores taxas de rejeição deste produto está relacionada com medições de distância incorretas. Torna-se assim necessário, entender a eletrónica existente neste produto, as variáveis do processo produtivo bem como interpretar os testes eletrónicos do forma a compreender de que modo estes influenciam a sua performance com o objetivo de subir a taxa de aprovação à primeira. Este facto deve-se há inexistência, ainda, de um conhecimento profundo na Leica Portugal do funcionamento deste sistema que permita a otimização do seu processo para que não exista problemas como medição incorreta de distâncias. Assim, o foco do trabalho irá incidir na interpretação dos testes eletrónicos realizados e na forma de se obter o máximo de informação útil para que, com estes mesmos dados, o processo de produção do binóculo se torne mais estável. Isto irá permitir dotar a equipa de Engenharia de Montagem com maior conhecimento, que atualmente é ainda bastante limitado, sobre o teste eletrónico realizado ao binóculo permitindo assim que a equipa de Engenharia consiga decidir, de uma forma mais ativa e assertiva, quais os binóculos que são, provavelmente, mais seguros de fornecer ao cliente final e quais podem ser fonte de problemas no futuro.

Um dos outros problemas está relacionado com a rastreabilidade do produto na linha que ainda carece de algumas necessidades sendo este outro ponto de trabalho que foi proposto há aluna. Com base neste pressuposto foi solicitado o desenvolvimento de uma aplicação que permita o armazenamento dos dados fulcrais de cada binóculo *Geovid III*, de modo a dotar a equipa de Engenharia de um conhecimento mais aprofundado daquilo que são os seus produtos mantendo os registos disponíveis a nível informático.

### 1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação foi estruturada de forma lógica e sequencial de acordo com o progresso do trabalho desenvolvido durante o estágio. De uma forma geral esta dissertação é composta por 9 capítulos: (1) Introdução, (2) Revisão Bibliográfica, (3) Caracterização do Contexto de Estudo, (4) Aplicação Industrial, (5) Apresentação do problema e análise do estado inicial, (6) Desenvolvimento da aplicação *web*, (7) Procedimento Experimental e (8) Considerações Finais.

O capítulo 1 é dedicado à introdução ao tema, contextualização da empresa Leica, S.A. e pelas motivações do trabalho a desenvolver.

No capítulo 2 é realizada uma revisão bibliográfica com base nos objetivos propostos a desenvolver ao longo do estágio. Este capítulo é iniciado pelo estado da arte dos instrumentos óticos

de observação à distância, pela caracterização sucinta de um binóculo e pela apresentação dos componentes óticos que o integram bem como as suas principais características. De seguida é realizada a revisão bibliográfica da eletrónica para *rangefinder* sendo exposto o método *time-of-flight*, a sua estrutura, os parâmetros que definem a sua performance bem como os fatores de erros e de limitação e as características funcionais de um APD. Para finalizar este capítulo, é realizado uma pesquisa sobre as tecnologias *web* a usar no desenvolvimento da aplicação.

O capítulo 3 é destinado aos processos de conceção do binóculo *Geovid III* realizados na secção da mecânica, na secção da ótica e na secção da eletrónica antes de migrarem para a secção da montagem final.

A aplicação industrial do produto é explicada no capítulo 4, onde são abordadas as características gerais do *Geovid III*. De seguida, é feita uma descrição minuciosa da sua linha de montagem e dos requisitos de conformidade do produto final verificados no controlo de qualidade.

Posteriormente, no quinto capítulo, abordam-se os problemas existentes que levaram à necessidade de um estudo de soluções, efetuando-se uma análise ao estado encontrado no período inicial do projeto.

A proposta de soluções com vista à resolução dos problemas encontrados encontra-se nos capítulos 6 e 7, onde, respetivamente, se desenvolve uma aplicação *web* para auxiliar o processo de rastreabilidade da linha descrevendo as funcionalidades e características da mesma e, no capítulo seguinte, é apresentado o procedimento experimental realizado para a resolução dos problemas que afetam a performance dos binóculos e a implementação de novas soluções e métodos na linha de montagem que permitam diminuir a taxa de rejeição.

Conclui-se a presente dissertação com o capítulo 8, onde são apresentadas as principais conclusões do trabalho realizado para cada um dos temas abordados assim como apresentadas propostas de trabalho futuro.

## Capítulo 2

# Revisão Bibliográfica

A aplicação prática do conhecimento só é possível quando existe uma ou mais fontes do saber que servem de base para que a execução de uma determinada abordagem a um problema seja a mais orientada e eficiente possível. Face a este princípio, torna-se imperativo em qualquer projeto de investigação, levar a cabo uma análise de literatura completa que sirva de apoio científico às diferentes tomadas de decisão durante o processo de investigação. Assim, este capítulo irá abordar as temáticas inerentes à caracterização de um binóculo, nomeadamente as suas características técnicas, funcionais e óticas, o funcionamento dos sistemas eletrónicos de medição de distância e, finalmente, a pesquisa da melhor tecnologia para a elaboração da aplicação desejada.

### 2.1 Instrumentos óticos de observação à distância

Os instrumentos de observação à distância evoluíram rapidamente desde a invenção do telescópio refrator em 1608 por Hans Lipperhay na Holanda. Embora o desenvolvimento dos binóculos tenha começado quase em simultâneo, só passados 300 anos apareceram os binóculos com prisma – como são conhecidos atualmente (Greivenkamp e Steed, 2011). Os instrumentos de observação à distância classificam-se de acordo com a sua utilização, configuração ótica e mecânica, desde o telescópio até ao binóculo com prisma. Os telescópios podem ser utilizados para observações terrestres ou astronómicas. Johannes Kepler em 1611 inventou o telescópio astronómico cuja forma convexa das lentes das oculares e objetivas proporcionam um campo de visão bastante amplo. No entanto, a não utilização de prisma no trajeto ótico resulta numa imagem invertida para o observador. O telescópio terrestre difere do anterior precisamente pela incorporação de prisma entre as lentes das oculares e das objetivas, com o intuito obter imagens eretas - não invertidas.(Greivenkamp e Steed, 2011) Em 1609, aparece a ótica Galileana (desenvolvida por Galileu Galilei) que utiliza uma lente convexa na objetiva e uma côncava na ocular, pelo que, com esta conjugação, não necessita da utilização de prisma para corrigir a imagem. Contudo, o campo de visão não é muito amplo e a sua ampliação é aproximadamente 3 a 4 vezes, pelo que, são utilizados, geralmente, em alguns monóculos e binóculos de ópera e teatro.(Greivenkamp e Steed, 2011) Os binóculos com prisma permitem a correção da imagem invertida e, ao mesmo tempo,

a redução do caminho ótico, tornando o binóculo mais compacto. Por conseguinte, a utilização de lentes convexas na objetiva permite um campo de visão com maior ampliação para diferentes tamanhos de objetivas. O primeiro binóculo desta categoria foi inventado em 1854 por Ignatio Porro, atribuindo o mesmo nome ao binóculo. Mais tarde, em 1897, uma nova configuração de prismas com forma de telhado foi incorporada nos binóculos, tendo a sua origem em Wetzlar na Alemanha.(Greivenkamp e Steed, 2011) Na figura 2.1 apresenta-se um breve resumo da classificação dos instrumentos óticos de observação à distância.

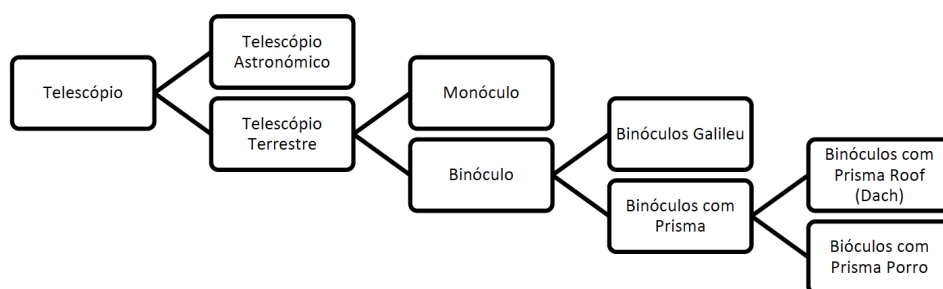


Figura 2.1: Classificação dos instrumentos óticos de observação à distância

A Leica tem no seu portefólio uma vasta categoria de produtos na área da *Sport Optics*, i.e., instrumentos óticos de observação que se destinam à prática de atividades relacionadas com a natureza, o meio ambiente e as atividades desportivas. No seu catálogo destacam-se os binóculos, para observação e exploração da natureza; as miras, utilizadas para caça desportiva; os *rangefinders*, binóculos e monóculos tecnologicamente evoluídos com capacidade de medição de distâncias e cálculo balístico; as *Spotting Scopes*, que são pequenos telescópios portáteis que permitem observar objetos terrestres com maior pormenor (ampliação na ordem dos 50 vezes). Existem ainda edições especiais de produtos com cores e revestimentos personalizados, ou com materiais diferentes de acordo com as especificidades do cliente.(Leica, 2019b) Na Figura 3 encontra-se um apanhado dos produtos da área da *Sport Optics*.



Figura 2.2: Portefólio de produtos Leica da área da *Sport Optics*. (Adotado e adaptado de (Leica, 2019b))

Como já foi referido, o presente trabalho é desenvolvido num produto específico, designado por *Geovid III*, que está situado na área de *Hunting*. Esta área consiste na observação de alvos por profissionais com o objetivo de praticar atividade de caça.

## 2.2 Caracterização de um binóculo

O binóculo, como o da Figura 2.3, é um instrumento ótico de observação ímpar. É constituído essencialmente por dois pequenos telescópios refratores<sup>1</sup> unidos por um sistema articulado que permite regular a distância entre eles de acordo com as características anatómicas de cada observador. A distância entre as pupilas, chamada distância interpupilar, varia de pessoa para pessoa. Considera-se que esta está bem ajustada quando as imagens vistas pelos dois olhos, através do binóculo, se fundem numa só, sem esforço visual. As lentes frontais que ficam voltadas para o objeto que se pretende observar são as objetivas. As lentes que ficam próximas dos olhos (lado oposto) são as oculares. Para uma melhor qualidade ótica, cada objetiva é constituída por duas lentes, pelo menos, e cada ocular é formada por três a cinco lentes, consoante os modelos e preços.(Almeida, 2004)



Figura 2.3: Caracterização de um binóculo.(Adotado e adaptado de (Nikon, 2013))

Nos espaços compreendidos entre os extremos de cada telescópio refletor encontram-se um conjunto de prismas, que apresentam como finalidades tornar a imagem ereta e invertida e reduzir o comprimento aparente dos telescópios do binóculo. Compõe também o binóculo um dispositivo de focagem e outro de compensação da diferença de dioptrias que pode existir entre cada olho. (Benez, 2014)

Um binóculo reúne associadamente diversas vantagens, das quais se destacam as seguintes (Almeida, 2004):

- Campo visual razoavelmente extenso, muito maior que o de um telescópio;
- Fácil de utilizar e de apontar para o objeto pretendido, devido à extensão do seu campo;

<sup>1</sup>O telescópio refrator trabalha com o fenómeno físico de refração em que a luz passa através uma lente para formar a imagem. Este instrumento possui uma lente objetiva que capta a luz dos objetos e forma a imagem no foco. Host (2018)

- Poder de captação de luz, originando imagens bastante luminosas;
- Possibilidade de utilizar simultaneamente os dois olhos, o que permite maior conforto e a sensação de uma imagem tridimensional;
- Pequenas dimensões e pouco peso;
- Não necessita de tempo de instalação e alinhamentos prévios.

### 2.2.1 Componentes óticos

O sistema ótico dos binóculos é constituído essencialmente por dois tipos de componentes: lentes, que se destacam na constituição das objetivas e das oculares; e os sistemas prisma. Na conceção e fabrico destes componentes existem fatores que interferem diretamente na qualidade ótica, nomeadamente o alinhamento e qualidade das lentes; a qualidade dos prismas; o tratamento dado às superfícies dos óticos; a estabilidade mecânica do corpo e a estabilidade dos mecanismos de focagem. (Benez, 2014)

#### 2.2.1.1 Prismas

Os prismas são elementos óticos geométricos que podem assumir um grande número de funções diferentes em ótica. A mais frequente função de um prisma é o controlo da orientação de uma imagem ou da direção de propagação de um feixe de luz. (Hecht, 2002)

Os prismas aparecem incorporados nos binóculos com o objetivo de corrigir a imagem invertida e reduzir o volume do binóculo. Se o sistema ótico do binóculo só tivesse a objetiva e a ocular, ver-se-ia a imagem invertida, i.e., com a parte de cima dos objetos visível do lado de baixo e a esquerda trocada com a direita. (Almeida, 2004)

Em ótica, os prismas são elementos transparentes com superfícies retas e polidas cujo funcionamento assenta no conceito de reflexão interna total. Os ângulos exatos entre as superfícies dependem da aplicação e são tipicamente feitos em vidro, embora também podem ser fabricados em plástico, dependendo do tipo de utilização. (CELESTRON, 2013)

A maior parte dos binóculos com sistemas de prisma existentes são, essencialmente, de dois tipos: *Porro* e *Roof*. A figura 2.4 ilustra as diferenças entre os dois tipos.



Figura 2.4: À esquerda: binóculo com prisma *Porro*; à direita: binóculo com primas *Roof* (Adotado e adaptado de (Bouton, s.d.))

O sistema eretor de prismas de Porro foi patenteado em 1854 pelo ótico italiano Paolo Ignazio Porro (1801-1875). (Almeida, 2004) O sistema representado na figura 2.5 é caracterizado internamente pela combinação de dois prismas de *Porro* desfasados num ângulo de  $90^\circ$ , e externamente pelo não alinhamento entre o eixo da objetiva e a ocular do binóculo. Neste sentido os binóculos com este sistema apresentam maiores dimensões que os do sistema de prismas *Roof* devido ao caminho ótico se assemelhar a uma letra Z. (Steiner, 2009)

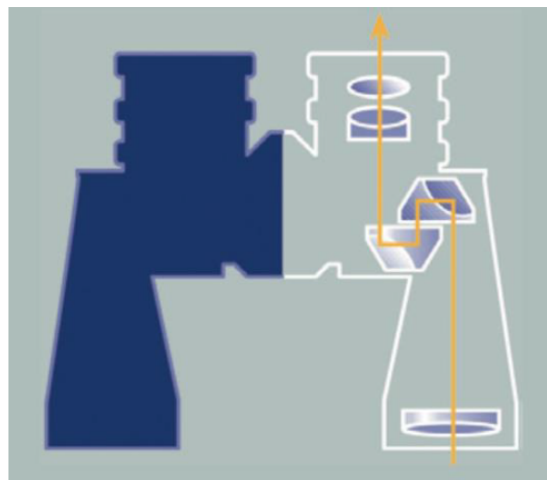


Figura 2.5: Sistema prismática de *Porro*. A linha amarela representa o caminho de um raio luminoso axial. (Almeida, 2004)

Este permite uma máxima luminosidade da imagem, pois todas as superfícies são refletoras e, dessa forma, não existe perda de luz no percurso do caminho ótico. (Steiner, 2009)

O prisma *Roof* ou prisma de telhado (devido à sua forma), foi inventado em 1897 pelo ótico alemão Moritz Hensoldt. Estes prismas são mais compactos que os de *Porro*, embora geralmente as imagens sejam menos luminosas e o campo visual mais estreito. Os binóculos deste tipo, representado na figura 2.6, reconhecem-se pelo facto de terem cada ocular no prolongamento do eixo da objetiva. A luz incidente num prisma de telhado sofre seis reflexões (em comparação com as quatro num binóculo com prisma de *Porro*). Em consequência da reflexão extra provocada pelo primeiro prisma do sistema de prismas *Roof* (que não dispõem de reflexão interna total), e da lente extra, resulta uma maior perda luz em relação aos prismas *Porro*. Para obter a qualidade de imagem semelhante, é necessário aplicar um revestimento de superfície para aumentar a reflexão. Por outro lado, no fabrico da superfície do segundo prisma é necessária tecnologia avançada para o seu processamento com precisão, de forma a atingir imagens nítidas e com qualidade- (Tonkin, 2006)

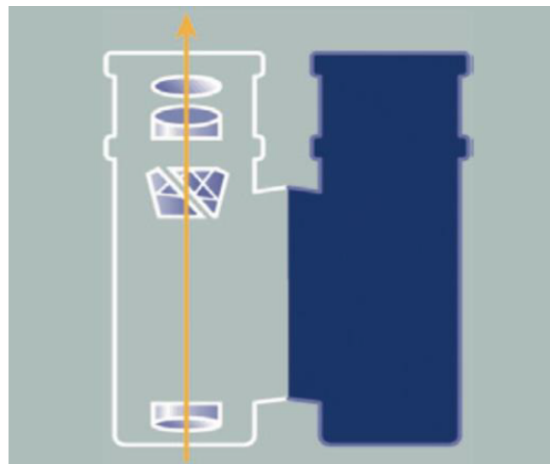


Figura 2.6: Sistema prismática de *Roof*. A linha amarela representa o caminho de um raio luminoso axial. (Almeida, 2004)

O binóculo *Geovid III* da Leica, objeto de estudo durante o estágio, utiliza um modelo de prismas inovador, designado de *Perger-Porro*. Este foi dimensionado por Andreas Perger, em 2011.

Este é constituído por dois prismas de inversão e interligados, em que cada um deles fornece duas superfícies inclinadas reflexivas para o feixe de luz entre a superfície de entrada e a superfície de saída. A superfície de saída de um prisma e superfície de entrada do outro prisma forma a respetiva superfície de contacto. Essa superfície de conexão é oblíqua relativamente ao feixe ótico. Como é possível verificar, a sua invenção é baseado no prisma *Porro* contudo, a diferença, está no deslocamento do feixe durante a passagem pelo prisma e, em que esta passagem, é reduzida em comparação com os primas *Porro* convencionais. (Perger, 2011)



Figura 2.7: Sistema prismática de *Perger-Porro*. (Adotado e adaptado de (PrecisionRifle, 2013))

### 2.2.1.2 Lentes

A maior parte dos instrumentos óticos, como é o caso dos binóculos, são constituídos por mais de uma lente e quase todos têm estes componentes centrados num único eixo – o eixo ótico. Uma lente é um elemento que baseia o seu princípio de atuação por refração, introduzindo discontinuidades no meio em que a luz se propaga inicialmente, e que reconfigura a distribuição da energia transmitida, independentemente da frequência da luz. (Pereira, 2008)

A forma da lente depende do tipo de reformatação da onda luminosa que se pretende. A refração nestes elementos óticos pode ocorrer em dois tipos de superfícies: esféricas e esféricas. As lentes esféricas têm dioptrias<sup>2</sup> que não são planos nem esféricas e apresentam ausência de aberrações, embora sejam difíceis de produzir com precisão. Pelo contrário, as lentes com superfícies esféricas têm boa qualidade e são utilizadas na maior parte das aplicações, pois permitem a formação de imagens de objetos extensos com luz não necessariamente monocromática. Contudo, os erros de formação da imagem e as aberrações, são inevitáveis e estão sempre presentes. (Hecht, 2002)

As superfícies das lentes são na sua maioria segmentos esféricos frequentemente revestidos com filmes dielétrico finos para controlar as suas propriedades de transmissão. (Pereira, 2008)

Existem, essencialmente, dois tipos de lentes: as convergentes e as divergentes. Relativamente às convergentes (figura 2.8), estas são convexas uma vez que são mais espessas no eixo do que no bordo. Neste tipo de lentes, quando um feixe de raios paralelos atravessa a lente, convergem num único ponto – o ponto focal do objeto da lente.

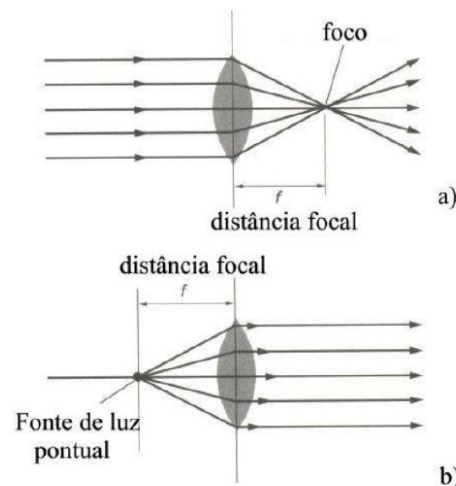


Figura 2.8: Representação da trajetória de um feixe de luz a) paralelo, b) proveniente de uma fonte pontual ao atravessar uma lente convergente. Ilustração do conceito de distância focal. (Almeida, 2004)

<sup>2</sup>Considera-se diopetro todo sistema ótico constituído por dois meios transparentes, homogêneos. (Pereira, 2008)

Por seu lado, as lentes divergentes (Figura 2.9) são mais finas no eixo do que nos bordos e, desta forma, quando iluminadas por feixes colimados dão origem a feixes divergentes. (Silva, 2007)

Uma lente que consista só de um elemento (duas superfícies de refração) é uma lente simples; a presença de mais de um elemento torna a lente composta, como é o caso do duplete (duas lentes), e do tripleto (três lentes). Por outro lado, também é classificada como fina ou espessa, dependendo se a sua espessura pode ser ou não desprezada, respetivamente. (Tipler e Mosca, 2009)

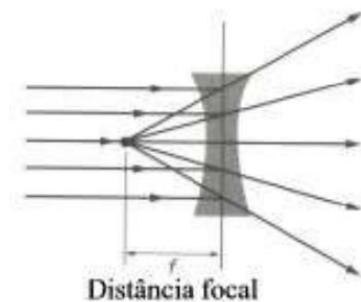


Figura 2.9: Representação da trajetória de um feixe luminoso paralelo ao atravessar uma lente divergente com indicação da sua distância focal (Almeida, 2004)

Num binóculo, as lentes são elementos fundamentais para a constituição das objetivas, oculares e da lente de focagem estando agrupadas de forma simples ou composta, consoante os efeitos óticos pretendidos.

## 2.2.2 Características funcionais

Os binóculos são especificados por um conjunto de características que os definem e distinguem dentro das diferentes variedades. As principais características a destacar são ampliação e abertura, campo visual, pupila de saída, focagem e ajuste de dioptrias.

### 2.2.2.1 Ampliação e abertura

Os binóculos são caracterizados pela sua ampliação e abertura, sendo que esta aparece indicada na forma de uma multiplicação, como, por exemplo, 8x42. O primeiro número representa a ampliação do binóculo; já o segundo indica o diâmetro de cada uma das objetivas em milímetros. A medida do diâmetro das objetivas é designada por abertura. (Canon, 2000)

A ampliação resulta da imagem real (imagem b na Figura 2.10) de um objeto formada pelas lentes da objetiva e que depois de invertida pelo sistema de prisma é amplificada pelo conjunto de lentes que constituem a ocular formando uma imagem virtual (imagem a da Figura 2.10)

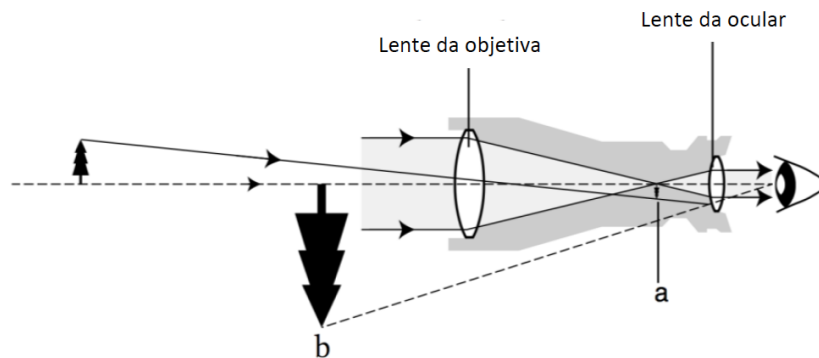


Figura 2.10: Transformação da imagem real em imagem virtual num binóculo. (Adotado e adaptado de (Canon, 2000))

De uma forma prática, um binóculo que amplifica 10x faz com que os objetos observados sejam aproximados 10 vezes, isto é, os objetos passam a ser vistos como se estivessem a  $1/10$  da distância a que realmente se encontram.



Figura 2.11: Comparação da ampliação de um binóculo com uma ampliação de 7x e de 10x (Witt, 2019)

Desta forma, um animal como o da figura 2.11, que se encontre a uma distância de, por exemplo, 400 metros, vê-se como se estivesse a  $400 \text{ m}/10 = 40 \text{ m}$ . (Witt, 2019)

No que se refere à abertura (figura 2.12), o diâmetro útil da lente da objetiva influencia a capacidade de captação de luz do binóculo. Quanto maior for o diâmetro útil da objetiva, mais luz entra no binóculo e, conseqüentemente, mais luminosa será a imagem do objeto observado, para uma dada ampliação. (Thompson e Thompson, 2005)



Figura 2.12: Diâmetro útil da objetiva (Leica, 2019b)

Os binóculos são agrupados de acordo com o diâmetro das suas objetivas. Neste sentido existem três principais grupos: os *compact*, com diâmetro da objetiva inferior a 25 mm; os de tamanho padrão (ou *standard*), para diâmetros numa gama entre 25 mm e 50 mm; e os de observação astronómica, que apresentam um diâmetro de objetiva igual ou superior a 56 mm até 80 mm ou mais. (Thompson e Thompson, 2005)

### 2.2.2.2 Campo visual

Em alguns casos, os binóculos para além das especificações de ampliação e abertura, incluem também a indicação do diâmetro ou ângulo do seu campo visual real. Na figura 2.13 está representado a extensão, linear ou angular, perpendicular à linha de visão, de uma paisagem observada à distância de 1000 metros medido a partir do ponto central das lentes da objetiva. (Nikon, 2016) Por outro lado, quando se observa através das oculares, vê-se um círculo de contorno nítido que emoldura a imagem observada. O diâmetro desse círculo é visível pelo olho segundo um ângulo considerável, denominado por campo aparente. (Almeida, 2004)

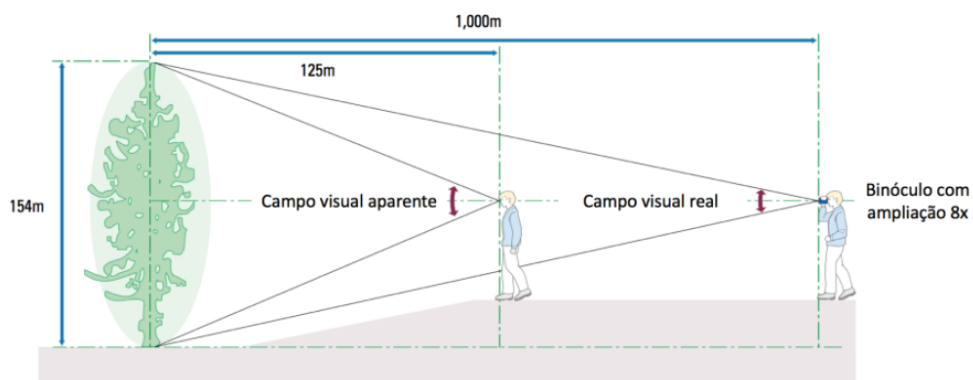


Figura 2.13: Campo visual aparente e campo visual real. (Nikon, 2016)

O campo aparente é praticamente igual ao campo real multiplicado pela ampliação do binóculo. De um modo geral, quanto maior a ampliação do binóculo, menos extenso será o campo visual. (Canon, 2000)

### 2.2.2.3 Pupila de saída

A pupila de saída de um binóculo é um círculo luminoso no centro de cada ocular (figura 2.14) que é possível observar quando o instrumento ótico permite a entrada de luz pelas objetivas. (Thompson e Thompson, 2005)



Figura 2.14: Pupila de saída nas oculares de um binóculo. (Adotado e adaptado de (BBR, 2019))

A pupila de saída obtém-se dividindo a abertura pela ampliação do binóculo, e representa o diâmetro de luz que chega ao olho do observador, depois de esta atravessar todo o sistema ótico do binóculo, desde a objetiva até à ocular. Por exemplo, num binóculo 10x42 a pupila de saída será  $42 \text{ mm}/10 = 4,2 \text{ mm}$ . A pupila de saída deve ser menor ou igual à da pupila de olho humano. Caso esta seja maior, muita da luz captada pelo binóculo está a ser desperdiçada. No entanto, quanto maior a pupila maior o campo de visão observado pelo utilizador. (Canon, 2000)

Os utilizadores que usam óculos, a lente dos óculos bate no rebordo do tubo da ocular, ficando o olho mais afastado da ocular, e assim, não usufrui de todo o campo visual. Para colmatar este problema, os utilizadores de óculos deverão ter uma pupila de saída bem afastada, idealmente com um afastamento de 17 mm (*eye relief*). No entanto, um não utilizador de óculos teria de manter os olhos mais afastados e também não iria usufruir de todo o campo visual. Desta forma, existe nos binóculos um rebordo de borracha retráctil nas extremidades do tubo de cada ocular para ajustagem a cada situação. (BBR, 2019)

### 2.2.2.4 Focagem

Um binóculo tem a capacidade de focar a diferentes distâncias permitindo a visualização de imagens nítidas. Para tal, o sistema comumente usado é o sistema de focagem central, embora também existam binóculos com focagem individual. (Witt, 2019)

O sistema de focagem central (figura 2.15) é caracterizado por uma roda de focagem (ou botão de focagem) que se localiza no eixo da articulação entre as duas metades do binóculo. O seu

mecanismo permite acionar os dois eixos inseridos nas duas metades do binóculo e, consequentemente, movimentam axialmente as mangas de focagem permitindo a focagem simultânea para os dois olhos. Este sistema é vantajoso para uma observação em que o ponto de focagem esteja constantemente a mudar. (Reel, 2005)



Figura 2.15: Sistema de focagem central (Nikon, 2013)

Por sua vez, nos binóculos de focagem individual, cada uma das oculares tem a sua própria focagem, ou seja, é necessário realizar a focagem para cada olho individualmente antes de iniciar a observação, pelo que exige maior tempo despendido no ajuste. (Witt, 2019) (Reel, 2005)

A distância de focagem mínima do objeto é mencionada nas especificações técnicas do binóculo, que na língua inglesa é designada por *lose focus*.

#### 2.2.2.5 Ajuste de dioptrias

Os olhos humanos são, normalmente, assimétricos, pelo que focam a diferentes distâncias. (Almeida, 2004)

Para tomar em consideração este efeito do olho humano, existe um sistema auxiliar de ajuste (compensação) apenas para o olho direito localizado na ocular direita (figura 2.16), em ambas as oculares ou, em outros casos, no botão de acionamento da focagem central. Neste caso, é efetuado primeiro uma focagem para o olho esquerdo (fechando o olho direito) através do sistema de focagem central. Inversamente, com o olho esquerdo fechado, e com o sistema de focagem só para o olho direito, faz-se então a focagem. (Almeida, 2004) (Lizdas, 2013)

De forma a facilitar o ajustamento da focagem é incorporada uma escala à volta do tubo da ocular direita ou na roda de focagem com uma amplitude de 10 dioptrias, que, normalmente, varia entre - 5 até + 5, sendo o valor 0 atribuído para uma pessoa que tivesse os dois olhos exatamente iguais. (Birdwatcher, s.d.)



Figura 2.16: Sistema de ajustagem de dioptrias do ocular direito (Adotado e adaptado de (Leica, 2019b))

A Dioptria,  $D$ , é a unidade de medida do poder de refração de um sistema ótico e representa a capacidade de convergir ou divergir os raios à entrada de lente esférica, sendo igual ao inverso da distância focal,  $f$ . (Monoyer, 1872)

### 2.3 Eletrónica para rangefinder

O modelo *Geovid III* da Leica incorpora, nas suas funcionalidades, eletrónica para medição de distância. O termo usado para definir este tipo de tecnologia, sendo este derivado da língua inglesa, é *rangefinder*. Este tipo de sistema é composto por um *pulsed laser rangefinder* usado para medir a distância a um determinado alvo, que tem uma escala que varia entre as centenas de metros às dezenas de quilómetros. (Lopez, 2012) A medição da distância é baseada no princípio *Time-of-Flight* (TOF). A estrutura básica de um sistema TOF é composta por um laser semiconductor, sendo este responsável pela transmissão do sinal, e uma secção de receção composta por um elemento recetor. (Nejad e Olyaees, 2008) As técnicas de TOF são usadas para definir posições, dimensões, bem como o próprio movimento de um determinado alvo. (Kilpela, 2004) Estas apresentam uma variedade de possíveis aplicações como: (Kilpela, 2004) (Lopez, 2012)

- Controlo de qualidade de dimensões na indústria;
- Medir velocidade ou aceleração;
- Controlar a segurança de uma determinada área;
- Sensores de segurança para medir a distância de uma pessoa a um determinado perigo;
- Aplicações militares para medições de satélites ou de aviões;
- Sensores visuais para *robots* ou para veículos autónomos;

### 2.3.1 Classificação dos métodos de medição de distância

Os sistemas de medição de distância são, de forma geral, designados sob três formas:

- Detecção laser e alcance, em inglês *laser detection and ranging*;
- Detecção de luz e alcance, em inglês *light detection and ranging* (LIDAR);
- Laser *rangefinder*.

Os métodos de medição de distância podem ser agrupados segundo várias classificações. Uma destas classificações divide estes em métodos passivos e ativos. (Kilpela, 2004)

No primeiro caso, nos métodos passivos, não é necessário o uso da sua fonte própria de luz. Assim, é necessário fazer uso da luz ambiente como meio para obter a informação necessária da distância do alvo. No segundo caso, os métodos ativos usam a sua própria fonte de luz para obter a informação necessária do alvo. Na categoria dos métodos ativos destaca-se, como mais importantes, os métodos interferométricos, métodos geométricos (triangulação) e, por ultimo, método TOF. (Bosch et al., 1996)

Uma outra classificação divide estes em métodos diretos ou métodos baseados em imagens. Os métodos diretos fornecem uma medição inequívoca ao alvo. Na segunda classificação, a distância é calculada com o uso de algoritmos baseados em tons ou através de diferentes posições relativas do alvo. (Kilpela, 2004)

O terceiro tipo de classificação divide estes em métodos de medição monocular e em métodos de múltiplas visualizações. (Jarvis, 1983) Os métodos de medição monocular são normalmente baseados no cálculo da forma do sombreamento, textura, movimento ou foco de uma determinada imagem. Os métodos de múltiplas visualizações podem ser também classificados como métodos de triangulação ou métodos de visão estéreo. Os métodos de triangulação são os mais comuns porque são simples e apresentam alta fiabilidade principalmente em ambientes industriais com níveis de exigência elevados. (Kilpela, 2004)

### 2.3.2 Método *Time-of-Flight*

No método TOF é medida a distância a um determinado alvo, através da medição de tempo (também designado por tempo de voo), necessário para que o feixe emitido alcance o alvo e retorne até ao sensor que deu o impulso de início. (Nejad e Olyaees, 2008)

Através da medição do TOF a distância a que o alvo se encontra pode ser determinado, segundo a equação 2.1, em que  $c$  é a velocidade da luz,  $r$  a distância a que se encontra o alvo e  $t_{TOF}$  o tempo de voo. (Nemecek et al., 2006)

$$r = \frac{c \cdot t_{TOF}}{2} \quad (2.1)$$

Em  $t_{TOF}$  é contabilizado o tempo de ida e volta até ao alvo, ou seja, o feixe de laser percorre uma distância de  $2r$ , pelo que é necessário a divisão por dois na equação 2.1 de modo a obter a distância real e não o dobro da mesma. Na emissão do feixe de laser (figura 2.17) ao alvo há que

considerar que o sinal recebido no recetor chega com perdas, como um outro qualquer fenómeno físico, pelo que apenas uma parte do sinal que é refletido no alvo chega realmente ao recetor. (Nemecek et al., 2005)

Habitualmente, este método é designado de método direto TOF, como representado na figura 2.17.

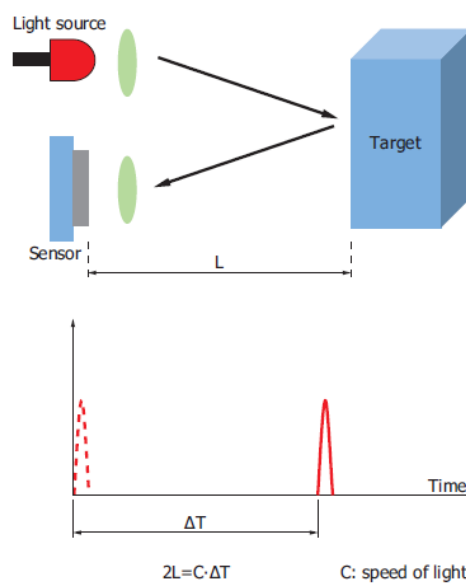


Figura 2.17: Método *Time-of-Flight* direto (Hamamatsu, s.d.)

A vantagem deste método é o extenso alcance de medição e a possibilidade de um sistema ótico de transmissão mais compacto. Uma desvantagem decorre na complexidade que é exigida na *design* e na configuração do circuito para conseguir interpretar velocidades elevadas do feixe de laser quando transmitido. (Hamamatsu, s.d.)

Apesar do método mais relevante ser o método direto TOF, é de salientar a existência do método indireto TOF e do método por triangulação.

O cálculo da distância a um determinado alvo no método indireto TOF, ilustrado na figura 2.18, é realizado através da diferença de fase entre o feixe transmitido e o recebido. (Payne, 1973)

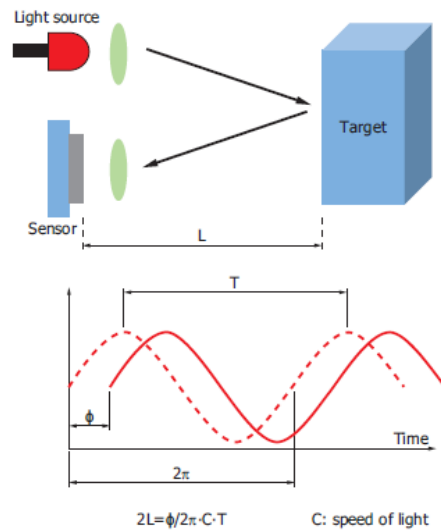


Figura 2.18: Método *Time-of-Flight* indireto (Hamamatsu, s.d.)

Comparado com o método direto TOF, o método representado na figura 2.18 expressa uma melhor precisão para distâncias mais curtas. Assim, como não é necessário um circuito para medição do tempo, o circuito pode ser realizado de uma forma mais compacta. Uma das grandes vantagens deste método não está apenas na medição da distância mas sim, na capacidade que este tem de calcular a velocidade, através do efeito de Doppler, uma vez que a informação contida na fase do sinal do recetor é preservada. (Halmos e Wang, 1992) Contudo, este método apresenta graves lacunas para quando é pretendido medir distâncias relativamente longas, já que não pode realizar mais que um ciclo de medição de distância. (Hamamatsu, s.d.) (Halmos e Wang, 1992)

Por fim, o método por triangulação calcula a distância a um alvo através da medição de ( $X$ ), representado na figura 2.19, na qual a luz refletida pelo alvo retorna.

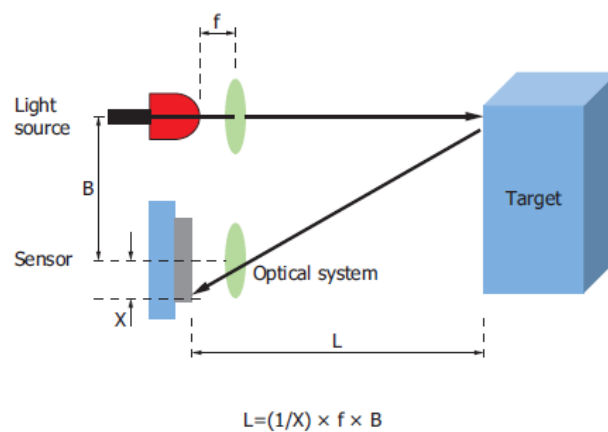


Figura 2.19: Método por triangulação (Hamamatsu, s.d.)

Este método proporciona uma alta precisão para pequenas distâncias mas, tem a desvantagem na dificuldade de minimização do circuito e na afetação da luz ambiente para a medição.

### 2.3.3 Estrutura de um TOF *laser rangefinder*

A estrutura de um laser *rangefinder* consiste num elemento transmissor, num elemento receptor, numa unidade de medida de tempo e por um microprocessador. (Nejad e Olyaees, 2008) O circuito de transmissão do sinal é composto por um díodo laser pulsado, em inglês *pulsed laser diode* (PLD), como fonte de luz e por um circuito de condução para o PLD. No circuito de recepção analógica do sinal faz parte constituinte um fotodíodo de avalanche, em inglês *avalanche photodiode* (APD), para deteção do sinal, um elemento conversor para converter a luz recebida num sinal elétrico, um amplificador para amplificar o sinal que foi foto eletricamente convertido e a secção de recepção ótica. O circuito de interface, de isolamento e de processamento encontram-se na secção de recepção digital do sinal. É também utilizado uma unidade de medida de tempo, composta por um conversor digital de tempo que é usado para medir o tempo de voo. (Nejad e Olyaees, 2008) (Lopez, 2012)

Na figura 2.20 é demonstrado o funcionamento, como descrito anteriormente, de um laser *rangefinder* baseado no método TOF direto.

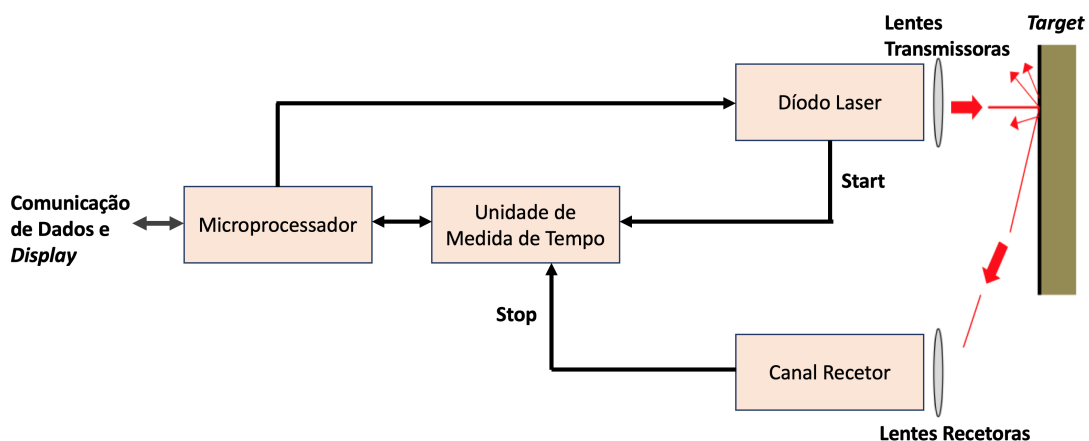


Figura 2.20: Representação esquemática de um laser *rangefinder* baseado no método TOF direto (Adotado e adaptado de (Lopez, 2012))

Como ilustrado na figura 2.20, o feixe de saída da secção de transmissão é enviado diretamente para o alvo, funcionando como um sinal de START para o conversor digital de tempo, e a sua reflexão é recebida nas lentes óticas do canal de recepção, que irá agir como sinal de STOP

para a medição do intervalo de tempo. Dado que o feixe de luz percorre uma distância de  $2r$  a potência de receção no APD apresenta, normalmente, valores numa ordem de grandeza mais baixa, comparando com a potência do sinal na emissão.

De acordo com razões de segurança, também designada por *eye safety reasons*, a potência de emissão está limitada aos mW. (Glynn e Walsh, 1992)

Segundo Nejad e Olyaees (2008) a relação entre a potência de receção,  $P_i$ , e a distância ao alvo  $r$  é definida por:

$$P_i = \frac{\tau \cdot A \cdot \exp(-2 \cdot \alpha \cdot r)}{\pi \cdot r^2} \cdot \rho \cdot P_o \quad (2.2)$$

Em que  $\tau$  é o coeficiente de transmissão,  $\alpha$  o coeficiente de absorção e  $\rho$  o coeficiente de reflexão do alvo. Na mesma equação  $P_o$  é a potência de saída do laser e  $A$  a área de receção ótica.

Com base na figura 2.20 é possível descrever, de uma forma mais aprofundada, a finalidade de cada uma dos elementos constituintes de um laser *rangefinder*. Começando pela secção de transmissão, como já foi referido, esta é constituída por um PLD cuja principal função é produzir um pulso relativamente forte num curto período de tempo, ajustar a taxa de repetição do sinal e produzir o sinal de START. Tendo em conta o facto de ser possível maximizar a potência produzida pelo laser são utilizadas lentes colimadoras (ilustradas na figura 2.21), que são usadas para minimizar a divergência do feixe produzido pelo laser, para que o feixe não disperse com o aumento da distância. (Lopez, 2012) (Nejad e Olyaees, 2008)

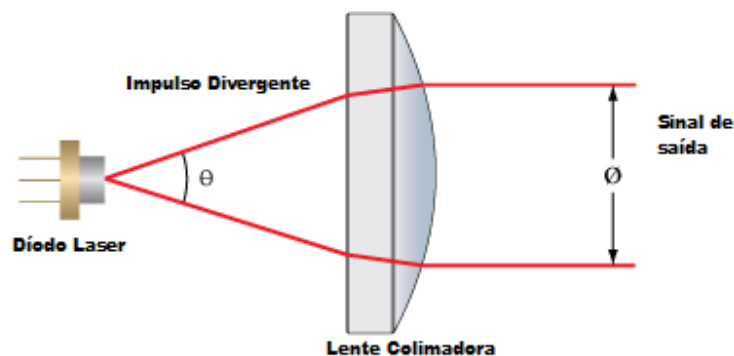


Figura 2.21: Representação do efeito produzido pelas lentes colimadoras (Adotado e adaptado de (Thorlabs, s.d.))

A principal função da unidade de processamento é guardar a informação da medida de tempo sendo esta usada, posteriormente, para o cálculo da distância do alvo. A medida de tempo é realizada através de um conversor digital, que se baseia na contagem dos impulsos do relógio. Após este cálculo a distância é transmitida para um *display*. (Kilpela, 2004)

Passando agora, para a secção de receção, é de salientar que apenas uma parte do feixe transmitido é realmente recebido na superfície recetora (APD), no qual este irá converter o sinal ótico

de luz num sinal elétrico que possa ser interpretado pelo circuito. O sinal de saída do APD é amplificado por um amplificador de baixo ruído e de banda larga. A saída do amplificador está implícita num comparador para permitir o aumento do sinal para o nível desejado. Isto, por sua vez, irá reduzir os efeitos de ruído do sistema. A largura de impulso do sinal é aumentada e, subsequentemente, o sinal de STOP é transmitido e a transmissão de informação de tempo é terminada. (Nemecek et al., 2006) (Ruotsalainen et al., 1997)

Na figura 2.22 é ilustrada a lente convexa, usada na secção de receção, usada para focar o feixe de luz refletido pelo alvo no APD aumento assim a eficiência do mesmo.

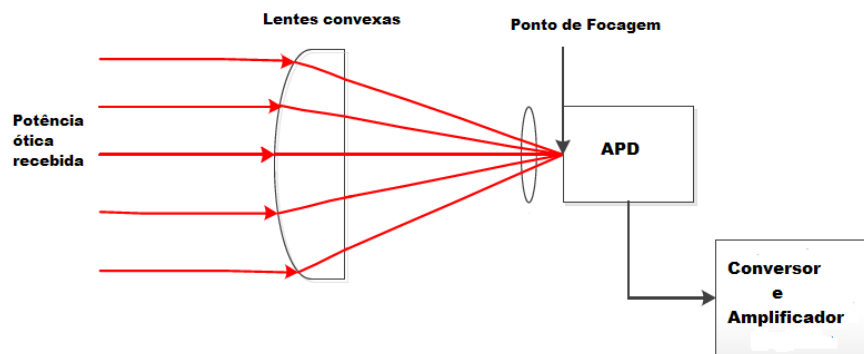


Figura 2.22: Representação do efeito produzido pela lente convexa na receção do sinal (Adotado e adaptado de (Lopez, 2012))

### 2.3.4 Definição dos parâmetros de performance de um rangefinder

A performance de um laser rangefinder é definida há custa de vários termos, tais como resolução/precisão, *walk error*, linearidade, estabilidade e repetibilidade. (Radatz, 1996)

*Walk error*<sup>3</sup>, não linearidade<sup>4</sup> e não estabilidade<sup>5</sup> são considerados erros sistemáticos e, por essa razão podem ser repetidos, em condições previamente definidas, ou serem minimizados/eliminados através de compensações na calibração. Em contrapartida, os termos precisão e repetibilidade<sup>6</sup> são usados para descrever processos aleatórios e, em função disso, estes não são repetíveis e não podem ser minimizados/eliminados por efeitos de calibração. (Kilpela, 2004)

O termo resolução do sistema quer-se referir há mais pequena variação da distância que pode ser determinada e, por isso, a relação sinal ruído (SNR), em inglês *signal-to-noise ratio*, é um dos principais fatores que determina essa mesma resolução. Nejad e Olyaees (2008) Posto isto, é

<sup>3</sup> *Walk error* expressa as variações resultantes das medições de distância como função da forma e/ou da potência do sinal refletido e recebido proveniente do alvo. (Ylitalo et al., s.d.)

<sup>4</sup> Linearidade expressas as medições que seguem uma determinada sequência. (Ylitalo et al., s.d.)

<sup>5</sup> Estabilidade representa a solidez e a congruência nas medições de distância. (Ylitalo et al., s.d.)

<sup>6</sup> Repetibilidade representa a capacidade de se verificar, nas mesmas condições, o mesmo resultado de medição. (Ylitalo et al., s.d.)

possível definir uma relação entre a resolução do sistema e o SNR, que se encontra representada na equação 2.3. (Ruotsalainen et al., 1997)

$$\sigma_r = \frac{0.35 \cdot c}{2 \cdot BW \cdot SNR} \quad (2.3)$$

Em que  $c$  representa a velocidade da luz,  $BW$  a largura de banda do impulso e  $SNR$  a relação sinal ruído do sistema. A largura de banda do sinal, com uma determinada largura de impulso  $T$ , pode ser calculada através da equação 2.4. (Ruotsalainen et al., 1997)

$$BW = \frac{1}{2 \cdot T} \quad (2.4)$$

O termo *single-shot* resolução,  $\sigma_r$ , descreve a incerteza limitada por erros aleatórios durante a medição. Esta é estabelecida como uma variação estatística da distribuição quando é mantida constante a distância de medição. Se se repete  $n$  vezes um *single-shot*, em estes são independentes uns dos outros, a precisão da média dos resultados é beneficiada por um fator  $\sqrt{n}$  comparada com apenas um único *single-shot*. (Kilpela, 2004) (Wojtanowski et al., 2014)

Neste caso, a resolução  $\sigma_r'$  passa a ser: (Ruotsalainen et al., 1997)

$$\sigma_r' = \frac{\sigma_r}{\sqrt{n}} \quad (2.5)$$

No que diz respeito há repetibilidade esta inclui todos os erros aleatórios, quando uma distância fixa é medida, em condições estipuladas. A diferença entre repetibilidade e resolução é que a primeira é um parâmetro para todo o processo de medição enquanto que resolução está definida apenas para as diferenças sucessivas e independentes das medidas dos *singles shots*.

Em seguida, o termo linearidade define os desvios dos resultados das medidas, através de uma regressão linear, entre a coordenada da distância menor e a coordenada da distância maior.

O termo estabilidade define as alterações dos resultados das medições durante um longo período de tempo.

Por último, o termo precisão diz respeito ao maior erro total, num certo alcance de medida estabelecido bem como num determinado intervalo de tempo. Este pode ser melhorado através da calibração de testes para condições variáveis tais como temperatura ou humidade. (Kilpela, 2004)

### 2.3.5 Fatores de erros e de limitação da performance de um laser *rangefinder*

Os erros nas medições estão, geralmente, relacionados com o ruído, alterações na forma e amplitude do impulso, entre outros. Considerando um longo período de tempo e grandes variações de temperatura é verificado uma instabilidade na medida de tempo, o que implica erros no cálculo da distância. O ruído presente nos laser *rangefinder* é composto pelo ruído do amplificador, pela corrente negra (na literatura esta vem designada por *dark current*), pela influência da luz ambiente, pelo próprio ruído do sinal enviado, pelo efeito de multiplicação por avalanche do APD e, também, por efeitos relacionados com a interferência eletromagnética. (Kilpela, 2004)

As modificações no nível de sinal de medida são usualmente provocadas por alterações no coeficiente de reflexão do alvo, na distância de medida e pela temperatura. (Cho et al., 2014)

A detecção da potência mínima de recepção está relacionada com a quantidade de ruído presente no recetor. (Nejad e Olyaees, 2008) Para que não exista nenhuma sobreposições de sinais, a amplitude do sinal a transmitir deve ser dez vezes superior do que o valor do sinal de ruído. (Zimmer e Tranter, 1976)

### 2.3.6 Características funcionais de um APD

Os avalanche fotodíodos são amplamente usados como elementos recetores de alta sensibilidade para aplicações *rangefinder*, isto porque estes têm a capacidade de amplificar o sinal através de um processo designado de *ionização de impacto*. Comparando um APD com um PIN fotodíodo, a maior diferença relaciona-se com o ganho interno que o recetor APD possui e que, como consequência, permite a amplificação do sinal. Assim, um APD ideal deveria comportar-se como um PIN mas possuindo este um ganho associado. Este ganho é projetado para que seja possível verificar-se um determinado campo elétrico que consiga promover esse mesmo ganho interno, através da efeito de ionização de impacto. Contudo, é necessário considerar que, a amplificação do sinal estimula o aparecimento de ruído criado pelo processo de avalanche. (Wegrzecka et al., 2004) Na figura 2.23 está ilustrado, de forma esquemática, o processo de avalanche num APD.

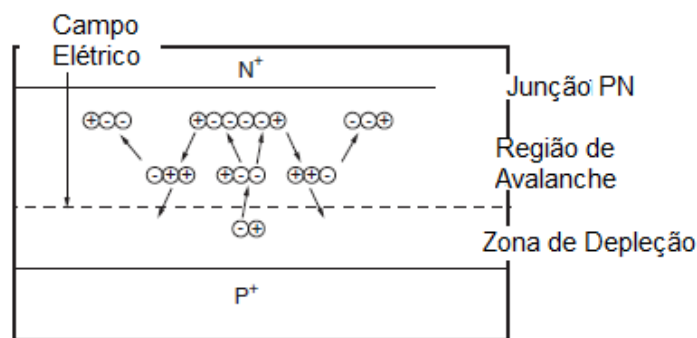


Figura 2.23: Representação do processo de avalanche num APD (Adotado e adaptado de (Hamamatsu, 2004))

O impacto de ionização é um processo estocástico<sup>7</sup> e, em resultado disso, a ampliação do sinal não é realizada de forma uniforme. Como resultado é verificado um ruído adicional, ruído de avalanche, que é produzido durante o fenómeno de multiplicação. (Marsland, s.d.) (Tan et al., 2003)

<sup>7</sup>Processo estocástico é caracterizado por um conjunto de variáveis aleatórias em função do tempo no qual é considerado inúmeras maneiras para a sua evolução tornando difícil a previsão do seu resultado. (Aguiar, 2013)

O ruído adicional, designado de *excess noise*, pode ser calculado segundo o modelo representado na equação 2.6 em que é considerado o processo estatístico natural da multiplicação por avalanche. (McIntyre, 1966)

$$F(M) = kM + (1 - k)\left(2 - \frac{1}{M}\right) \quad (2.6)$$

Onde  $K$  é o coeficiente que caracteriza o efeito da ionização de impacto, que pode ser considerado como o número médio de pares eletrões-lacunas criados por uma portadora durante a passagem no campo elétrico, e  $M$  o ganho interno do APD. (Wegrzecka et al., 2004) O impacto de ionização,  $K$ , pode também ser definido como o quociente entre o coeficiente de ionização das lacunas,  $\beta$ , pelo coeficiente de ionização dos eletrões,  $\alpha$ . Contudo, a portadora só pode iniciar a ionização se possuir uma energia cinética suficiente superior a um determinado valor limite. (Marsland, s.d.) Assim, a performance de um APD é degradada pelo *excess noise* comparada com a performance de um PIN.

Pela expressão é possível verificar que, quanto mais baixo for o valor de  $k$ , mais baixo é o valor de  $F(M)$  e  $F(M)$  aumenta com o aumento do  $M$

Além disto, o *shot noise* está presente em todos os detetores devido ao processo aleatório de chegada de fótons do emissor. (Rashed et al., 2013) Este, *shot noise*, é considerado como a principal contribuição para o ruído nos componentes eletrónicos e deve-se ao carácter discreto dos portadores de corrente nos semicondutores. (Galhano, s.d.) Este ruído é a principal limitação da performance do detetor APD pois está relacionado com a potência mínima de deteção no APD. (Rashed et al., 2013)

Também é de salientar, uma outra limitação do ganho do detetor APD, que se relaciona com uma dependência das variações de temperaturas. Devido ao aumento da temperatura, existe uma maior possibilidade das portadoras colidirem com a junção antes de atingirem uma energia suficientemente elevada, originando dificuldades no processo de ionização. Por isso, o ganho a uma determinada tensão reversa de funcionamento é mais pequeno há medida que a temperatura aumenta. (Rashed et al., 2013) (Lee et al., 2007)

Num APD, existe uma associação entre a corrente negra<sup>8</sup>, *dark current*, e a tensão reversa de funcionamento. As principais contribuições da corrente negra no APD, e representadas na figura 2.24, deve-se ao facto da ocorrência de uma corrente de superfície de fuga,  $I_{ds}$ , gerada perto da área da junção, bem como a corrente interna,  $I_{dg}$ , gerada dentro da região de junção. (Rashed et al., 2013)

---

<sup>8</sup>Entende-se como corrente negra uma corrente de fuga indesejada numa junção pn a uma determinada tensão quando não é exposta a nenhuma fonte de luz (McPherson et al., 1998)

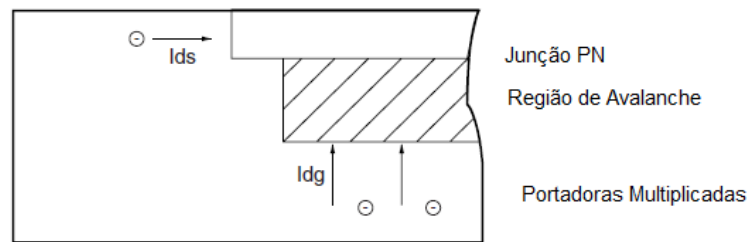


Figura 2.24: Representação da corrente negra num APD (Adotado e adaptado de (Hamamatsu, 2004))

A corrente  $I_{ds}$  não flui na região de avalanche e, como consequência, esta não é multiplicada pelo ganho do APD. Em contrapartida, a corrente  $I_{dg}$  flui na região de avalanche e, por essa razão, num APD esta sofre multiplicação. (Rashed et al., 2013)

## 2.4 Tecnologias Web

Tecnologias Web (figura 2.25) é um termo geral que se refere aos vários pacotes de idiomas e multimédia que são usados em conjunto, para produzir *sites* dinâmicos, isto é, o conjunto de linguagens de marcação e pacotes multimédia que os computadores usam para comunicarem entre si. (Timotic, 2018)

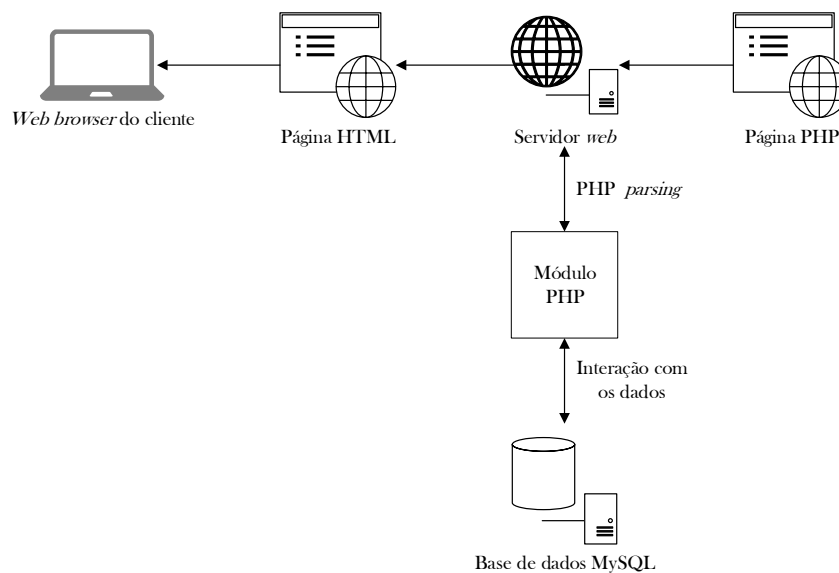


Figura 2.25: Representação de uma tecnologia web

As linguagens de anotação destinam-se, por si só, à criação de páginas estáticas. Estas páginas são servidas pelos servidores *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) aos navegadores cliente onde serão interpretadas e apresentadas ao utilizador. No entanto, à medida que os computadores

ligados à *World Wide Web* (WWW) se começaram a vulgarizar, surgiu a necessidade de incluir mais funcionalidades a este tipo de serviço. Apareceram, assim, as tecnologias que permitem criar páginas de conteúdo dinâmico.

A *HyperText Markup Language* (HTML) é sem dúvida a linguagem mais popular da WWW. Apareceu juntamente com a *World Wide Web* em 1990 e, desde então, pouco se alterou na sua essência. É aqui que o conceito de *tag*, (etiqueta/anotação) se tornou popular. A utilização de etiquetas ou anotações permite especificar a formatação de secções, subsecções, parágrafos, listas ou tabelas de um modo que, quando uma página é interpretada pelo navegador, o conteúdo é apresentado ao utilizador final com a formatação especificada. Esta linguagem, é o formato de saída de uma grande variedade de tecnologias de geração de páginas de conteúdo dinâmico. (Anderson, 2007) Adicionalmente ao uso do HTML está inerente o *Cascading Style Sheets* (CSS) que descreve como irão ser apresentados os elementos HTML através de cores, fontes de texto, animações, transições e entre outros. (Anderson, 2007)

O *Hypertext Preprocessor* (PHP) é uma linguagem baseada em guiões desenhada para incluir conteúdo dinâmico nas páginas *web*. A sua interpretação e execução é feita no servidor. Esta tecnologia aparece em regime de *open source*, tornando-a bastante atrativa e utilizada. Está embebida diretamente no código HTML e as versões mais recentes são mais orientadas a objetos. Uma das vantagens do uso de PHP e que diferencia-o do HTML, linguagem esta caracterizada por estar do lado do cliente, é que os códigos PHP são executados no servidor, enquanto os códigos HTML são endereçados diretamente no navegador. Deste modo, os códigos PHP são executados primeiro no servidor e, em seguida, o resultado é retornado ao navegador *web*. A única informação que o cliente ou navegador conhece é o resultado retornado após a execução do *script* PHP no servidor e não os códigos PHP atuais presentes no arquivo PHP. Além disso, os arquivos PHP podem suportar outras linguagens de *script* do lado do cliente, como CSS e JavaScript. (GeeksforGeeks, s.d.) As vantagens do uso do PHP como linguagem de programação são:

- Possibilidade de executar qualquer funcionalidade do lado do servidor funcionando como *backend* da página *web*;
- Consegue receber dados de formulários, gerar conteúdos de uma página dinâmica, trabalhar com bancos de dados, criar sessões, enviar e receber *cookies*, enviar e-mails e entre outros;
- Permite criptografar dados do usuário que tornam o PHP seguro e confiável para ser usado como uma linguagem de *script* do lado do servidor.

Para finalizar, o PHP é perfeitamente compatível com vários sistemas operativos, trabalha nos servidores HTTP da Apache e da Microsoft e suporta um grande número de bases de dados (MySQL, Oracle, Generic ODBC, etc.).

Os servidores de bases de dados são essenciais à criação de aplicações *web*. Estas necessitam de, rapidamente, aceder à informação necessária para o correto funcionamento da lógica de negócio. A utilização destes servidores tornou-se bastante comum, sendo ferramentas capazes de gerir grandes quantidades de informação. (Oracle, 2019)

A *Structured Query Language* (SQL) é a linguagem utilizada para interagir com os servidores de bases de dados mais comuns e populares, tornando estes servidores bastante eficazes e versáteis. No desenvolvimento da aplicação irá ser usado MySQL que é um sistema de gestão de bases de dados relacional baseado na linguagem SQL. A *Structured Query Language* é uma linguagem utilizada para armazenar, consultar e atualizar informação numa base de dados relacional<sup>9</sup>

Apresenta a grande vantagem de se apresentar em código aberto e ser suportado na maioria dos sistemas operativos bem como ser compatível com várias linguagens de programação como é o caso do Java, C/C++, PHP e entre outras linguagens. O MySQL é baseado num modelo cliente-servidor, sendo que no seu núcleo encontra-se o servidor MySQL, que lida com todas as instruções (ou comandos) do banco de dados. O servidor MySQL está disponível como um programa separado para uso num ambiente cliente-servidor e como uma biblioteca que pode ser incorporada (ou vinculada) a aplicações separadas. O MySQL foi originalmente desenvolvido para trabalhar com grandes bases de dados de uma forma rápida e eficaz. Embora o MySQL seja tipicamente instalado apenas numa máquina, ele é capaz de enviar a base de dados para múltiplos locais, já que os usuários podem ter acesso através de diferentes interfaces clientes MySQL, que enviam instruções SQL para o servidor e exibem, posteriormente, os resultados. (Rouse, 2013)

---

<sup>9</sup>Uma base de dados relacional é uma coleção de dados persistentes armazenados numa ou mais tabelas, a partir das quais se encontram acessíveis de diferentes maneiras, sem ser necessário a sua reorganização. (David, s.d.)



## Capítulo 3

# Caracterização do Contexto de Estudo

O desenvolvimento prático deste trabalho tomou lugar num ambiente empresarial que é caracterizado por um conjunto complexo de processos produtivos. Neste capítulo prece-der-se-á à apresentação do processo produtivo geral da empresa e das fases do processo de concepção do binóculo *Geovid III*.

### 3.1 Processo produtivo geral

A Leica- Aparelhos Óticos de Precisão, S.A., sendo uma filial da Leica Camera, sediada em Wetzlar, na Alemanha, desde os seus tempos primórdios que endereça a totalidade de artigos fabricados à casa mãe. No entanto, nos últimos anos, fruto das modernas infraestruturas e equipamentos e das ótimas condições de trabalho, a empresa conseguiu ter capacidade para se tornar uma organização prestadora de serviços a outras empresas externas ao grupo Leica. Essas organizações, designadas internamente por *terceiros*, são, regra geral, também eles produtores mundialmente reconhecidos de aparelhos de alta precisão, embora de outros mercados e áreas de atuação como a indústria aeronáutica e militar, que confiam à Leica a produção de alguns dos seus artigos de elevado valor acrescentado. A estrutura produtiva da Leica é composta por três departamentos, designados secções, que devido às diferentes características do processo presente em cada uma delas, são separadas fisicamente e cada uma é gerida de uma forma praticamente independente em relação às restantes. É nestas unidades onde acontecem todas as atividades diretas de transformação sobre o produto. Essas secções são:

- Mecânica - Produção de peças metalomecânicas: trabalha essencialmente com alumínio, magnésio e latão;
- Ótica - Produção de peças óticas: opera essencialmente lentes de vidro;
- Montagem - Processo de montagem com fim há materialização do produto final. As peças são provenientes, em grande parte, da Mecânica, da Ótica e de uma sub-secção que faz parte integrante da secção de Montagem, designada por sub-secção da Eletrónica. Esta sub-secção esta incorporada na secção de Montagem, devido ao facto de esta fornecer toda a sua

produção (componentes eletrónicos e placas eletrónicas) diretamente há linha de montagem final tornando, deste modo, mais eficiente toda a logística envolvente com fim há produção do produto final.

Além destes três, existem outros setores que têm um papel igualmente relevante no sucesso produtivo da organização, cooperando diretamente com os departamentos produtivos. Entre eles estão a Logística, que é responsável por elaborar o Plano Diretor de Produção em conjunto com a casa mãe na Alemanha, assim como pela compra de matérias-primas e relacionamento com fornecedores; A Qualidade Entrada/Saída que efetua todo o controlo dos exigentes parâmetros de qualidade quer das matérias-primas como dos produtos finais antes de seguirem para a Alemanha ou Terceiros; a Ferramentaria, setor também ele de transformação, mas com o objetivo de criar ferramentas necessárias à produção; e o Desenvolvimento, responsável pela conceção de novos produtos Leica.

Como é natural numa organização desta dimensão organizacional, existem outros departamentos que, embora importantes ao funcionamento e sustentabilidade da empresa não estão tão diretamente relacionados com o processo produtivo e, por isso, não é concedida distinção.

A representação do processo geral encontra-se, de uma forma simplista, no diagrama da figura 3.1.

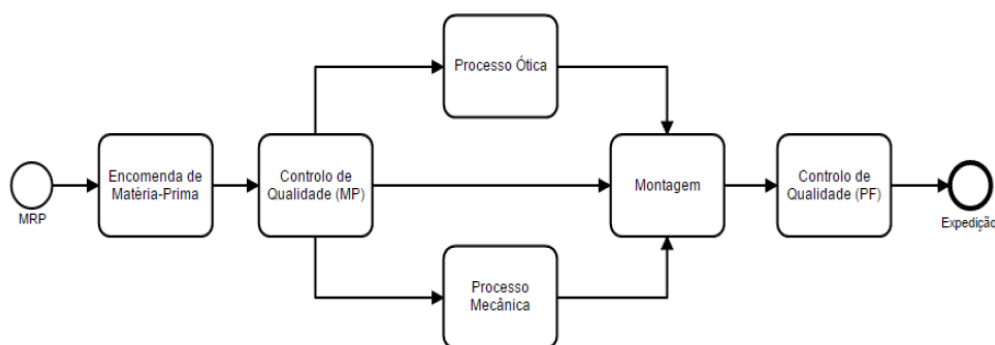


Figura 3.1: Processo produtivo geral

O *material requirement planning* (MCP) despoleta as necessidades de compra de materiais por parte da logística que entram diretamente nas três secções produtivas após ser verificada a conformidade dos produtos no controlo de qualidade de entrada às matérias-primas (MP). À medida que se vão concluindo produtos, procede-se ao controlo de qualidade de saída aos produtos finais (PF) que serão posteriormente armazenados até ao momento da expedição. Geralmente a exportação ocorre todas as sextas-feiras ao fim do dia e, a maior parte dos PF, são enviados para a Leica Camera Wetzlar (LCW). Os produtos da *Sport Optics*, nos quais se inclui o binóculo *Geovidd III*, excluem-se da vasta gamas de produtos designada por produtos semiacabados, isto porque são expedidos diretamente para o cliente final e não para a casa mãe na Alemanha, sendo estes últimos designados por produtos acabados.

Embora a interação com elementos de outros setores seja um fator crítico para a homogeneidade da empresa no contexto das suas operações, o desenvolvimento do projeto desta Dissertação teve como foco os procedimentos internos da secção Montagem.

### 3.2 Processos para a conceção do binóculo Geovid III

Como foi referido na figura 3.1 a produção de um qualquer produto origina a necessidade de entrada de matéria-prima e/ou de componentes. Há semelhança com outros produtos Leica é, deste modo, iniciado o processo de fabrico do binóculo *Geovid III* que se prolonga até à obtenção do produto acabado na secção de Montagem. Na figura 3.2 é possível visualizar um possível esquema das etapas necessárias a percorrer que irão conduzir até ao produto acabado.

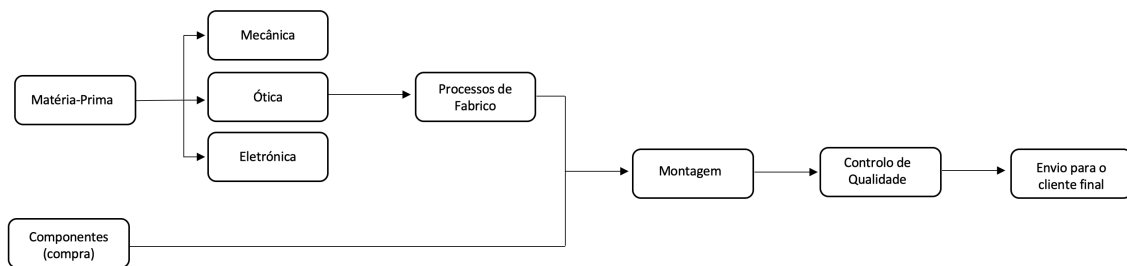


Figura 3.2: Esquema das etapas necessárias para a obtenção do binóculo completo

Na secção da montagem, onde é dado como finalizado o processo, o binóculo é constituído entre 19 a 21 grupos principais. Todas estas peças que fazem parte da constituição final do binóculo provêm de quatro grandes secções: mecânica, ótica, eletrónica e da logística (responsável por uma compra de um componente e/ou peça a entidades externas). Às secções produtivas, como a ótica e a mecânica, chegam componentes semiacabados denominados por matéria-prima (*rohstoff*, em alemão), pois necessitam ainda de várias etapas de maquinagem ou revestimentos/tratamento de superfícies antes do processo de montagem. A figura 3.3 mostra as seis categorias da árvore do produto (*Anexo A - Árvore simplificada do produto*).

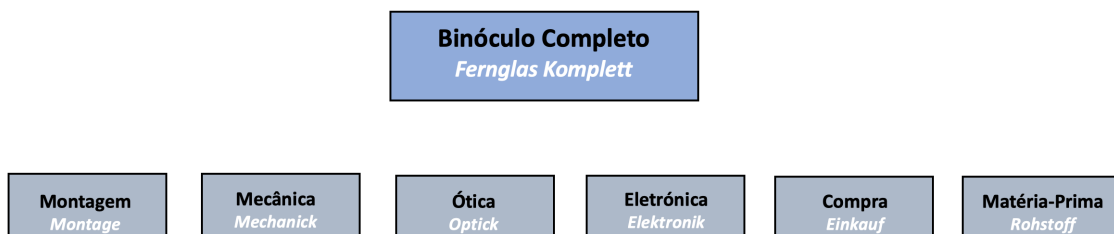


Figura 3.3: Diferentes categorias dos grupos de montagem do binóculo

Os diferentes retângulos da figura 3.3 ilustram como são agrupados as peças do binóculo consoante a sua origem.

Como mencionado, a constituição do produto final varia entre 19 a 21 grupos principais (*Anexo B - grupos principais do binóculo Geovid III*), isto porque existem seis modelos respeitantes ao binóculo *Geovid III* e, para cada tipo de modelo, existe pequenas variações na montagem que se traduzem nestas variações de grupos (19 e 21). Os diferentes modelos podem ser consultados na figura 3.4.

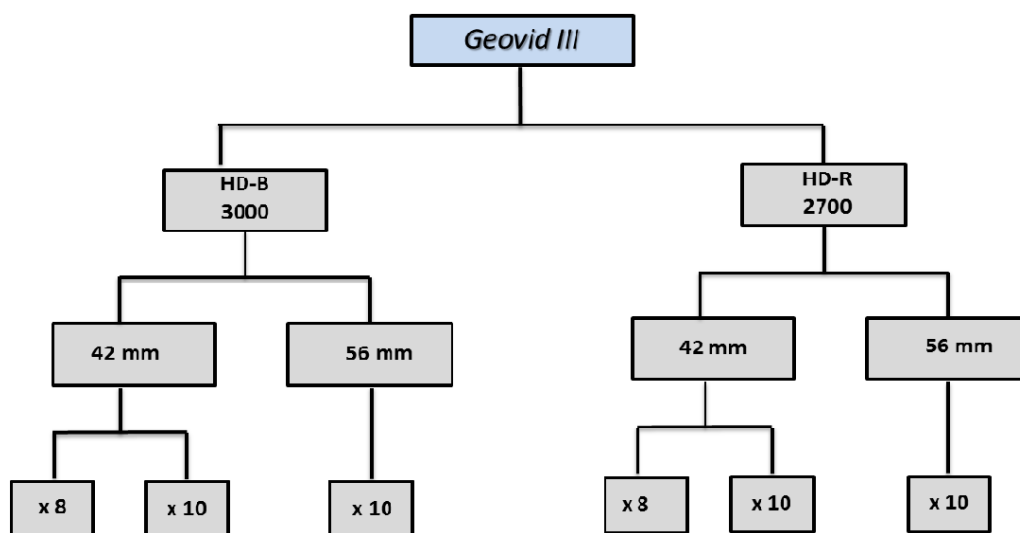


Figura 3.4: Esquema representativo dos diferentes modelos do binóculo *Geovid III*

Como se pode verificar pela análise da figura 3.4 o binóculo *Geovid III* divide-se, inicialmente, em dois grandes grupos: HD-B 3000 e HD-R 2700. O primeiro refere-se a modelos em que o alcance máximo do binóculo é de 3000 yd (2750 m) enquanto que o segundo refere-se a um alcance máximo de 2700 yd (2500 m). A diferença entre o modelo B e o modelo R deve-se ao facto de que o binóculo *Geovid III HD-B* oferece a possibilidade de cálculo balístico através do *software ABC*.<sup>1</sup> O modelo HD-B possui uma entrada para um cartão microSD para que possa ser realizado o *download* dos dados balísticos. Por outro lado, o modelo HD-R não possui essa funcionalidade específica pelo que não é possível colocar nenhum cartão microSD para a realização do cálculo balístico.

Em cada um dos grandes grupos de modelos, HD-B 3000 e HD-R 2700, estes são classificados segundo o tamanho da objetiva: 42 mm e 56 mm. Por fim, o último patamar diz respeito à ampliação da lente do ocular. Se se considerar um tamanho da objetiva de 42 mm a ampliação do ocular pode ser de oito vezes ou de dez vezes. Por outro lado, considerando um tamanho da objetiva de 56 mm, apenas existe uma ampliação de dez vezes no ocular.

<sup>1</sup>O *software ABC* permite calcular o caminho da trajetória para quase todo o tipo de munições de fábrica e para cargas personalizadas individuais. (Leica, 2019a)

### 3.2.1 Secção da mecânica

Os principais componentes da estrutura do binóculo *Geovid III* têm como matéria-prima as ligas de magnésio e alumínio. Contudo, existe uma quantidade mais reduzida de componentes cujas matérias-primas divergem das mencionadas, como é o caso do latão, ligas de aço e ligas de aço inoxidável. A sua utilização prende-se com a sua massa específica baixa, cerca de  $2.70 \text{ g/cm}^3$ , que, em conjugação com a sua resistência à corrosão, a sua alta condutividade térmica e elétrica, a sua fácil maquinagem, ductilidade<sup>2</sup> e durabilidade, o enquadram entre os materiais mais versáteis do ponto de vista do fabrico. (Smith, 1990)

A seleção destas matérias-primas está relacionada com a redução da massa total do binóculo, permitindo uma maior leveza, conforto e manuseamento do produto pelo utilizador. As suas ótimas propriedades mecânicas aliadas à aplicação de tratamentos de superfícies adequado, permitem um bom funcionamento e estabilidade do conjunto em diferentes tipos de ambientes.

A maioria dos componentes metálicos do binóculo são peças de revolução, sendo os processos de maquinagem utilizados, essencialmente, o torneamento e a fresagem. Dentro destes elementos, podem-se destacar as objetivas, as oculares e a manga de focagem. A peça que faz parte constituinte do corpo do binóculo é aquela que apresenta maiores dimensões e, por essa razão, os corpos são fabricados por fundição injetada com vazamento de uma liga de magnésio. Posteriormente, estes sofrem um processo de polimento fino na zona visível pelo utilizador, com o intuito de eliminar relevos excessivos, definir arestas e proporcionar uma superfície com rugosidade totalmente homogénea. Um dos grupos mais importantes no binóculo é o grupo de acionamento da focagem, constituído pelo caracol grande (em alemão *schnecke*), pelo botão e pela guia de focagem. Estas são peças que irão permitir a realização da focagem e do ajuste de dioptrias.

O tratamento de superfícies e revestimentos, dado ao corpo do binóculo, são empregues nesta secção com vista ao melhoramento da aparência, à diminuição da reflexão e permitir o fortalecimento à adesão e a resistência à corrosão. Os processos utilizados são a anodização ou galvânica e a pintura Kathodische Tauch Lackierung (KTL). No entanto, existem processos de preparação das superfícies – processos primários – como é o caso do areamento e da passivação metálica.

### 3.2.2 Secção da ótica

O vidro é o material utilizado para o fabrico dos componentes óticos, nomeadamente o vidro ótico. Existem numerosas variedades de vidro ótico que diferem pelas suas propriedades óticas. As principais propriedades que permitem tal heterogeneidade são o índice de refração e a geometria pretendida na aplicação. No caso das lentes, destacam-se os vidros óticos N-SF57, S-FL51, S-NBH8, entre as demais. No que concerne aos prismas, o binóculo *Geovid III* possui prismas com vidro ótico BaK-4 que proporciona imagens mais brilhantes, consequência da melhor qualidade do material ótico.

---

<sup>2</sup>Ductilidade é a propriedade que representa o grau de deformação que um material suporta até o momento de sua fratura.

Os componentes óticos, como as lentes e os prismas, são fabricados na secção da ótica. Chegam a esta como matéria-prima, e conseqüentemente, são sujeitas a uma sequênciade processos, tais como:

- Fresagem: a matéria é desbastada com auxílio de ferramentas compostas por um grão diamante chamadas calotes, conduzindo a peça à forma dimensional e geométrica próxima do pretendido;
- Esmerilagem: é um processo idêntico ao anterior, onde há uma uniformização da superfície, uma vez que as ferramentas de diamante têm um grão mais fino. Nesta fase, os componentes já apresentam uma rugosidade inferior relativamente à fase anterior e cotas próximas da tolerância pretendida;
- Polimento: através de uma solução de partículas finas é proporcionado aos componentes óticos dimensões dentro das cotas especificadas pelo desenho técnico e um aspeto transparente e isento de riscos.

Conforme a sua função as peças óticas são encaminhadas para outras subsecções da ótica para realizarem outras etapas do processo, que se revelam cruciais para o bom desempenho ótico dos componentes, como são o caso da centragem, da lacagem e da colagem. As funções desempenhada por cada uma destas etapas são as seguintes:

- Centragem: é um processo aplicado apenas às lentes, que permite ajustar o eixo mecânico com o eixo ótico, caso estes não coincidam. Uma correta centragem é exigida uma vez que conduz a bom um alinhamento dos componentes, não permitindo que o caminho percorrido pela luz sofra desvios que não estejam de acordo com o caminho previamente dimensionado;
- Lacagem: permite controlar a luminosidade e evitar a luz parasita;
- Colagem: é colado dois componentes óticos conjugados, originando um novo componente ótico, ou em alguns casos, é colado o componente ótico a uma estrutura metálica, como é o caso dos prismas. Neste caso, são colados os prismas na estrutura metálica de suporte, designado de cadeira prismática. Após a colagem com auxílio do mecanismo de suporte, procede-se ao posicionamento da cadeira prismática com o auxílio do mecanismo *Autokollimationsfernrohr* (AKF), que permite garantir o paralelismo entre as faces dos dois componentes óticos do sistema prisma. O ajuste do paralelismo é efetuada com auxílio de parafusos de transmissão de movimento do mecanismo, sendo que, quando se encontram na posição especificada, a etapa é finalizada com a colocação de uma cola de elevada aderência.

Após esta sequênciade processos é realizado o revestimento de superfícies. Este passo é de extrema importância devido à característica do fluxo luminoso. Este fluxo luminoso, que incide nas superfícies das objetivas do binóculo, é superior ao fluxo que sai das oculares em direção ao olho do observador. Este fenómeno físico deve-se ao número elevado de superfícies óticas que a luz encontra (incluindo lentes e prismas) ao longo do trajeto, onde se reflete parcialmente (cerca

de 5% para feixes de luz incidentes na perpendicular). Isto significa que um binóculo não tem um fator de transmissão de luz de 100% e o efeito mais negativo que pode ocorrer é a redução do contraste da imagem produzida. (Almeida, 2004)

Para evitar estes inconvenientes, são aplicados revestimentos, por deposição física de filmes finos - Physical Vapor Deposition (PVD) -, às lentes e aos prismas que proporcionam características antirreflexo. O tratamento antirreflexo mais simples consiste numa só camada de filme e apenas tem máxima eficácia para a reflexão de luz de um dado comprimento de onda. Se todas as superfícies óticas receberem o tratamento simples antirreflexo, o binóculo recebe a designação *coated*, no que diz respeito ao revestimento dos componentes óticos. A indicação *fully coated* significa que todas as superfícies receberam tratamento simples antirreflexo. Por outro lado, é possível minimizar as reflexões para vários comprimentos de onda, aplicando sucessivas camadas antirreflexo de diferentes materiais nas superfícies dos componentes óticos. A designação *multicoated* significa que algumas superfícies receberam multitratamento antirreflexo. Se todas as superfícies foram assim tratadas, o binóculo passa a ser designado por *fully multicoated*. (Nikon, 2013)

Na figura 3.5 é possível verificar o comportamento da luz incidente em lentes simples, em lentes com uma camada de filme de revestimento e em lentes com várias camadas.

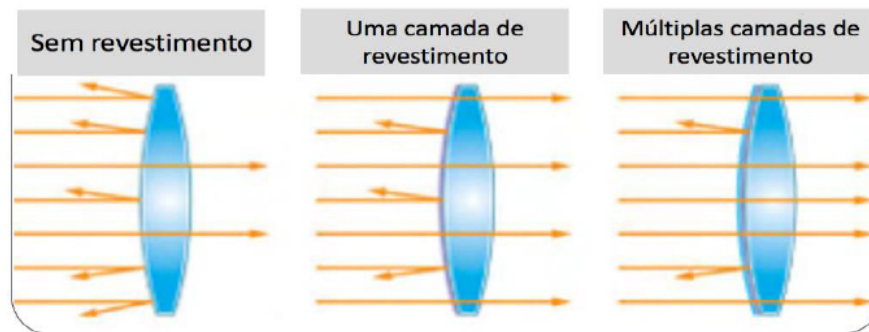


Figura 3.5: Luz incidente em lentes com diferentes camadas de revestimento anti reflexo (Nikon, 2014)

No entanto, a aplicação de tratamentos anti reflexo promove a variação de coloração nas lentes e prismas. Estas cores podem ser o azul claro, caso o tratamento anti reflexo seja simples; ou azul intenso e quase roxo, ou esverdeado, no caso do tratamento impregnado ser *multicoated*. Esta diferença pode ser observada na figura 3.6. (Almeida, 2004)

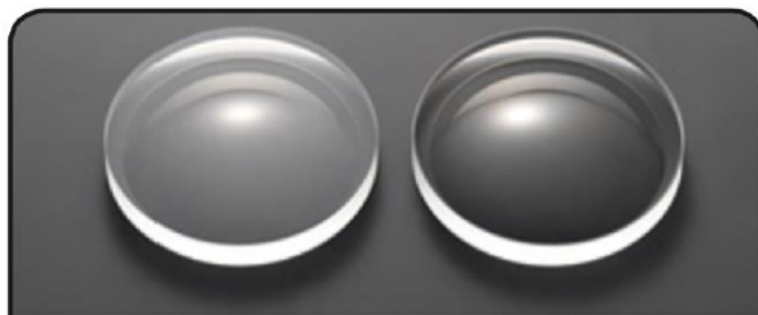


Figura 3.6: Diferenças de lentes com e sem revestimento (Nikon, 2014)

A lente da esquerda, como não possui qualquer tipo de revestimento, apresenta uma tonalidade clara devido à reflexão da luz. Em contra partida, a lente da direita é revestida com tratamentos anti reflexos.

Às lentes das oculares e das objetiva que se encontram em contacto com o exterior, são efetuados tratamentos de alta durabilidade, designados por *High Durability Coated* (HDC), e são, também, efetuados revestimentos de *AquaDura*, que tem a função de repelir a humidade das lentes e dos oculares evitando, deste modo, que a sujidade adira ao vidro. Isto permite ao observador uma visão sem perturbações nos ambientes mais adversos.

Após a conclusão de todos os processos supramencionados, é averiguada a qualidade geométrica e estética, de forma a certificar se todo o processo está a ir de encontro com os parâmetros exigidos.

### 3.2.3 Secção da eletrónica

Como o próprio nome indica é nesta secção que é realizado todo o fabrico das *Printed Circuit Board* (PCB) que irão fazer parte integrante dos produtos Leica.

Aqui, antes dos produtos seguirem para a linha efetiva de montagem, são realizados testes nos componentes detetando não só a presença dos mesmos mas, também, o seu valor, polaridade e funcionamento. Posteriormente, também são realizados testes de verificação de condições elétricas.

## Capítulo 4

# Aplicação Industrial

O produto final – binóculo *Geovid III* – é o resultado de uma série de processos produtivos, no qual se tem como últimas etapas a montagem e o controle de qualidade (também designado por Qualidade e Segurança (QS)). Relativamente à montagem, serão descritos, neste capítulo, a sequência e a organização inerentes ao processo. Por outro lado, a averiguação da conformidade do produto final é uma das etapas mais importantes na industrialização do produto, pois permite enquadrar-lo nas exigências da marca e do cliente. Será neste sentido um ponto de importante relevância a abordar neste capítulo.

### 4.1 Características gerais do binóculo *Geovid III*

O binóculo *Geovid III* enquadra-se na gama de produtos da *Sport Optics*, nomeadamente na área de *hunting*. O seu inovador sistema prismática (Perger-Porro) proporciona uma qualidade de imagem neutra, fidelidade de cores, contrastes ideais e uma alta transmissão de luz. Apesar de este ser usado maioritariamente para a atividade de caça (devido ao sistema de medição de distâncias), as suas características únicas de imagem torna-o um dos melhores binóculos do mercado para observação. (Leica, s.d.)



Figura 4.1: Leica *Geovid III* (Leica, s.d.)

Como referido no capítulo 3, este binóculo possui 6 modelos, sendo possível a integração de um sistema de cálculo balístico. Aliando esta funcionalidade a um conceito de ótica completamente redesenhado, é possível constatar que este produto supera todos os *benchmarks* anteriores no segmento *premium*, no qual este está enquadrado. (Leica, s.d.)

Comparativamente com outros produtos semelhantes Leica, o binóculo *Geovid III* apresenta um peso de 975 g, o que o torna um dos binóculos mais pesados. Contudo, devido à sua estrutura em magnésio e do seu *design* ergonómico, este produto consegue proporcionar ao utilizador um uso ausente de fadiga permitindo que este o consiga segurar com apenas uma das mãos, abrangendo toda a área superficial de contorno do binóculo. (HuntingForBinoculars, 2019) Aliado há eletrónica específica para medição de distâncias este possui sensores de pressão de ar e de temperatura o que permite aumentar a precisão.

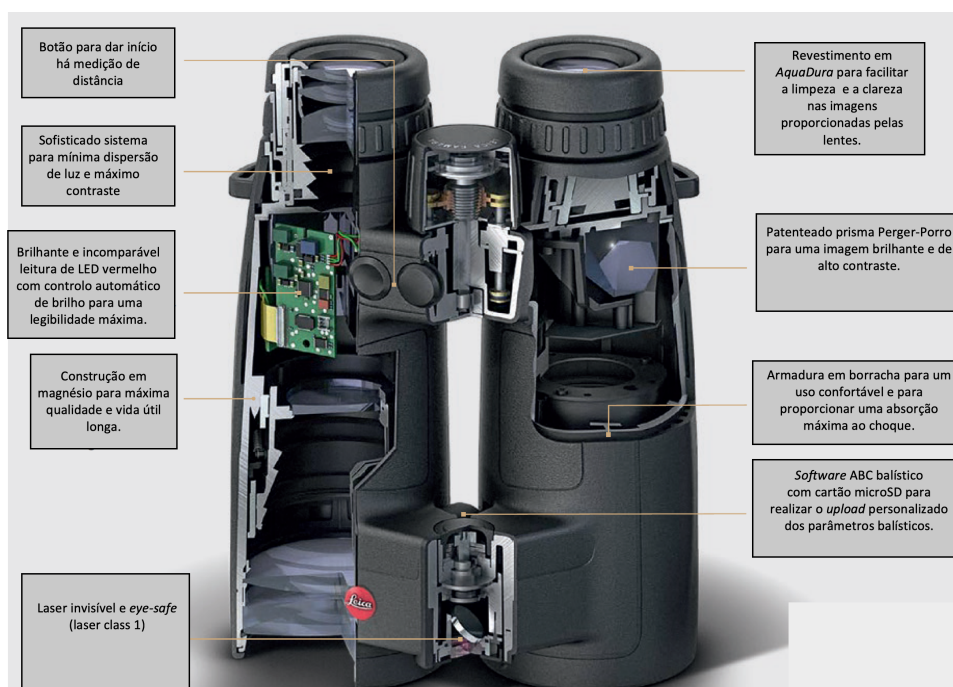


Figura 4.2: Vista em corte do binóculo *Geovid III* (Adotado e adaptado de (Leica, s.d.))

Por sua vez, em todas as lentes e prismas são aplicados revestimentos antirreflexo otimizados, o que confere uma neutralidade de cor praticamente perfeita. A incidência dos raios luminosos nas superfícies das lentes foi de tal forma projetada, que a nitidez na direção da periferia do campo de visão foi significativamente melhorada. O corpo do binóculo é preenchido com nitrogénio para que toda a ótica existente não embacice e, deste modo, não prejudique o desempenho do mesmo. A borracha antiderrapante que reveste toda a estrutura garante uma sensação confortável e de fácil manuseamento bem como, resistência máxima ao impacto. (Leica, s.d.)

As superfícies das lentes expostas são terminadas com revestimentos de Alta Durabilidade (HDC) patenteados e revestimentos *AquaDura*, que repelem a humidade e evitam a sujidade de aderir ao vidro. (Leica, s.d.)

Com uma distância de focagem mínima de 5 m para os modelos 8 x 42 HD-B, 10 x 42 HD-B, 8 x 42 HD-R e 10 x 42 HD-B, e de 5.8 m para os modelos 8 x 56 HD-B e 8 x 56 HD-R, a focagem realiza-se nos vários modelos de uma forma extremamente rápida e suave. A compensação de dioptrias realiza-se também no sistema de focagem central com o acionamento da roda na direção axial sendo possível visualizar, nesse local, a escala graduada, de mais e menos 4 dioptrias. (Leica, s.d.)



Figura 4.3: Ajustagem de dioptrias no sistema de focagem central (Zent, 2013)

Este binóculo é completamente resistente à água, em profundidades até 5 m e o seu laser integrado cumpre as normas *eye-safe* (Classe 1). (Leica, s.d.)

Na tabela 4.1 estão resumidas as principais características do binóculo *Geovid III*. Toda a informação técnica encontra-se no Anexo C - Informações técnicas do binóculo *Geovid III*.

Binóculos	<i>Geovid III 8x42</i>	<i>Geovid III 10x42</i>	<i>Geovid III 8x456</i>
<b>Amplificação</b>	8x	10x	8x
<b>Abertura</b>	42 mm	42 mm	56 mm
<b>Pupila de Saída</b>	5.2 mm	4.2 mm	6.9 mm
<b>Campo de visão a 1000 m</b>	130 m	114 m	118 m
<b>Ajuste dioptrias</b>	±4	±4	±4
<b>Dimensões (LxAxP)</b>	125x178x70 mm	125x174x70 mm	153x187x90 mm

Tabela 4.1: Resumo da informação técnica dos binóculos Leica *Geovid III*

## 4.2 Linha de montagem do binóculo *Geovid III*

A montagem do binóculo *Geovid III* é realizada na Secção da Montagem, onde se finalizam todos os produtos Leica. Esta secção está dividida em duas salas: a sala semi-limpa e a sala limpa. Da mesma maneira que existe esta divisão na secção de montagem, é possível considerar que a linha de montagem do binóculo *Geovid III* encontrasse dividida pelas duas salas de acordo com as necessidades dos subgrupos de montagem que o constituem.

Desta forma existe dois tipos de processos que são realizados na sala semi-limpa: preparação dos subgrupos mecânicos (englobam trabalhos com ferramentas mais volumosas, maior contacto de peças mecânicas e colagens) e das placas eletrônicas. Posteriormente, são enviados por uma janela de transmissão para a sala limpa onde procedesse à montagem de todos os subgrupos mecânicos, óticos e eletrônicos bem como à verificação da conformidade do produto final. A disposição da linha de montagem do binóculo *Geovid III* encontra-se no Anexo D – Linha de montagem (*layout*) do binóculo *Geovid III*.

A linha é organizada por uma sucessão de postos de trabalho individuais, orientada por produto, em que cada colaborador é responsável pela montagem de um ou mais subgrupos do binóculo. Os postos podem ser mesas simples ou sucessivas mesas em que há a continuação do mesmo tipo de trabalho, dependendo do cuidado do nível de partículas e da complexidade do mesmo, e estão equipadas com um conjunto de ferramentas, acessórios e equipamentos essenciais para a montagem do respetivo subgrupo. Como seria de previsto, cada posto de trabalho possui a sua respetiva instrução de trabalho AU (abreviação da palavra alemã *Arbeitsunterweisung*). Este indica, de uma forma detalhada, todas as etapas e sequências de montagem do grupo, acompanhado por imagens ilustrativas e devidamente identificadas com o número das peças, ferramentas auxiliares, produtos e equipamentos a usar para uma correta montagem. Quando finalizada a montagem de cada grupo, o produto prossegue para o posto de trabalho seguinte ou, então, são devidamente acondicionados em caixas limpas e armazenados em estantes próximas do local de trabalho. Nas linhas de montagem da Leica, cada colaborador está habilitado a exercer funções de montagem em diferentes produtos, precavendo a ausência ou a indisponibilidade de algum montador efetuar a sua função, havendo sempre mais do que um colaborador que exerça a mesma função. É desta maneira que todos os colaboradores têm um enorme conhecimento sobre o produto que montam, o que os torna capaz de reportar qualquer anomalia no processo de montagem ou defeito que possa existir nos componentes precedentes das outras secções da fábrica.

As funções de gestão e organização da linha estão ao encargo do responsável do grupo que, para além destas, é responsável pelo fornecimento de material à linha e pela resolução de problemas existentes. A Secção da Montagem é ainda composta por um Departamento de Engenharia, no qual a sua equipa auxilia na resolução de problemas da linha e projetam novas soluções para permitir uma linha de montagem o mais otimizada possível.

Os componentes mecânicos (provenientes da secção de mecânica), os componentes óticos (provenientes da secção da ótica), bem como alguns componentes comprados a entidades externas, são lavadas na máquina de lavagem por ultrassons antes de serem levadas para os respetivos postos onde será efetuada a montagem. Os componentes eletrônicos entram diretamente na linha de montagem através de janelas existentes na secção de montagem, como já foi referido. Estando todos estes componentes na sala limpa é realizada as montagens necessárias para a obtenção dos subgrupos que constituem o binóculo final. Finda esta etapa, os subgrupos estão preparados para se interligarem e dar início ao processo de montagem efetivo que conduz à obtenção do produto final. Uma das últimas etapas consiste na averiguação dos requisitos de qualidade do produto final que acontece antes do embalamento.

Após verificado e respetivamente embalado, os produtos finais são enviados diretamente para o cliente. Na figura 4.4 esta representado, de forma esquemática, o fluxo de montagem anteriormente explicado.

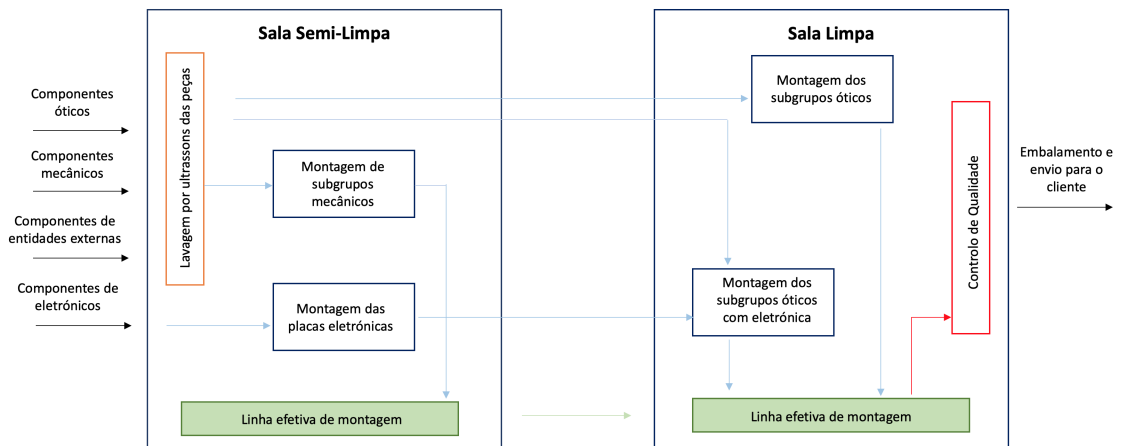


Figura 4.4: Fluxo de montagem do binóculo *Geovid III*

O processo de montagem, na sala limpa, até todos os subgrupos serem incorporados não segue uma ordem específica, pelo que se efetua a sua montagem para que o *stock* permita fornecer as quantidades necessárias à produção diária. Uma vez que o processo de montagem foi estudado e acompanhado, seguindo a ordem da posição dos postos de trabalho, será desta ordem que este irá ser descrito.

#### 4.2.1 Montagem do *deckel*

Com a montagem deste subgrupo é obtida a secção emissora do binóculo. Inicialmente é colocada a eletrónica, designada por *placa S*, onde se encontra o elemento emissor (fotodíodo). O local onde a *placa S* é colocada é específico pelo que esta é, primeiramente, aparafusada e, de seguida, é aplicada cola UV em dois pontos distintos.

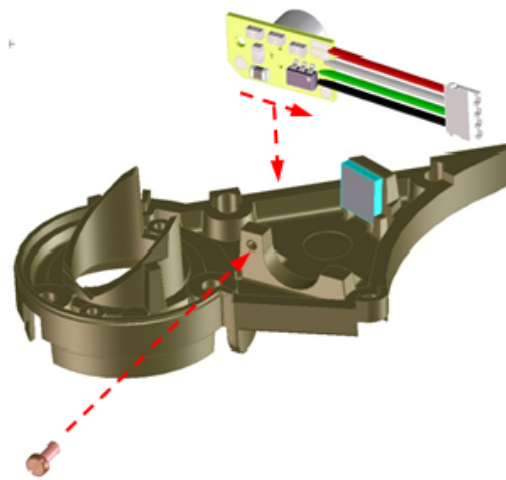


Figura 4.5: Colocação da *placa S*

No posto de trabalho, existe um mecanismo próprio para que a operadora consiga colocar, de forma correta, a *placa S* sendo que este sofre, posteriormente, uma pré-secagem em linha durante 50 s. De seguida, é realizada uma secagem na estufa UV com uma duração de 5 min.

Após esta primeira secagem é colado, indicado pelas setas da figura 4.6, o primeiro de dois espelhos emissores no seu respetivo lugar.

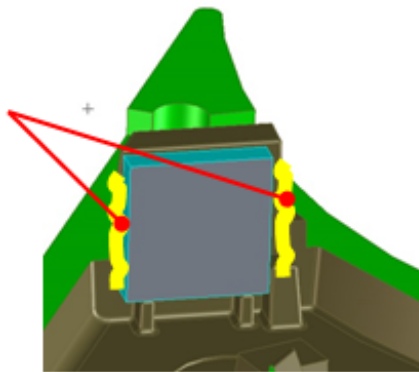


Figura 4.6: Colocação do primeiro espelho emissor

De igual forma ao que acontece no procedimento acima descrito, é realizado uma pré-secagem em linha durante 50 s e uma secagem de 5 min na estufa UV.

Logo depois é colado o segundo espelho emissor e é realizado, simultaneamente, a sua ajustagem.

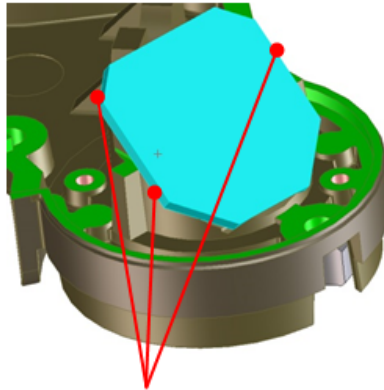


Figura 4.7: Colocação do segundo espelho emissor

Esta ajustagem, é realizada através de uma câmara que transmite a imagem para o computador, e consiste em encontrar a melhor posição deste espelho em relação ao componente emissor. Uma vez que o caminho de luz emitido pelo fotodíodo segue o percurso destes dois espelhos, através de sucessivas reflexões, é crucial que esse mesmo feixe de luz seja transmitido de forma correta. Para tal, é necessário que o espelho faça batente com a base da peça e, após isto, o espelho é movido até se encontrar a ajustagem correta. Na figura 4.8 encontra-se um exemplo de uma ajustagem.

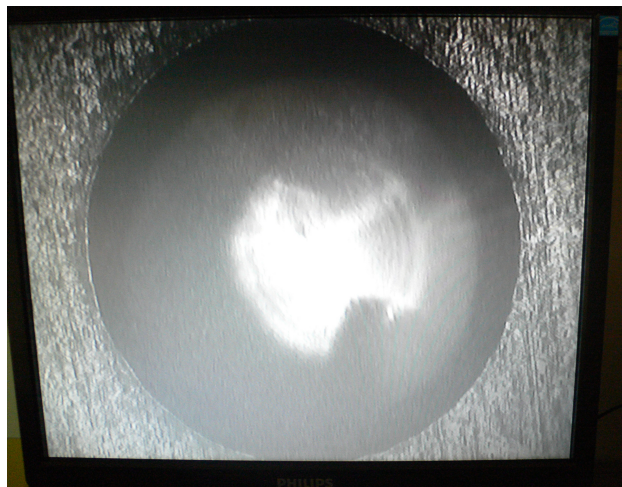


Figura 4.8: Exemplo de uma ajustagem do espelho emissor

A forma circular que se observa é relativa ao fotodíodo e é dada quando se coloca o espelho. A luz da câmara do sistema de ajustagem que passa mostra a abertura do fotodíodo. Para uma correta ajustagem é necessário verificar-se uma a centragem do círculo, ou seja, a distância do extremo direito ao círculo bem como a do extremo esquerdo têm de ser praticamente igual. Uma boa ajustagem significa que toda a área do fotodíodo é visível e, deste modo, existe uma transmissão do feixe de luz correta.

Após a realização da ajustagem é aplicado cola UV nos pontos indicados pelas setas da figura 4.7 pelo que é necessário uma pré-secagem de 50 s em linha sendo que depois é deixada na

estufa UV durante 5 min para endurecer essa mesma cola. Por fim, é aplicada a lente emissora, representada na figura 4.9.

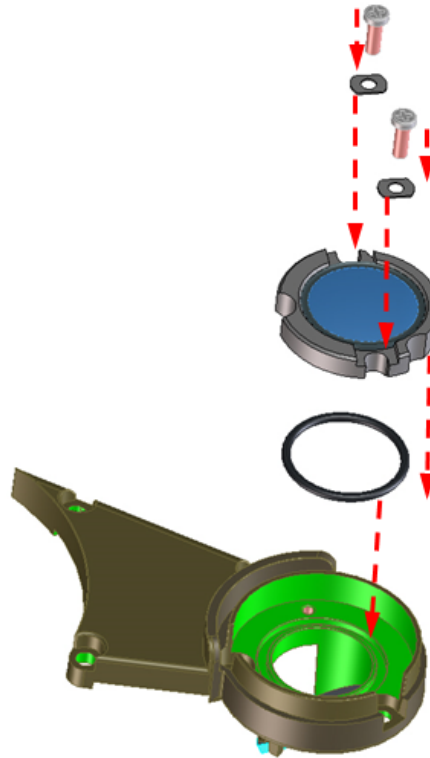


Figura 4.9: Colocação da lente emissora no *Deckel*

É aplicado massa no O-Ring (primeiro componente a ser colocado nesta fase no *Deckel*) e este é colocado no rasgo. De seguida, como ilustra a imagem 4.9, é colocada a lente emissora sendo esta aparafusada.

#### 4.2.2 Montagem dos subgrupos mecânicos

A montagem dos subgrupos mecânicos é realizada na sala semi-limpa, pois a junção dos vários grupos mecânicos é mais suscetível à libertação de partículas para a atmosfera da montagem e que se poderiam incorporar nos componentes óticos degradando a performance destes. Nesta fase todos os corpos binoculares são sujeitos a lavagem por ultrassom.

#### 4.2.3 Montagem do *träger*

Nesta fase é preparado tanto o *träger* que vai ser incorporado no corpo esquerdo como o que vai ser incorporado no corpo direito. A preparação de ambos é idêntica contudo apresenta algumas diferenças tanto na montagem como na parte funcional. Uma vez que toda o funcionamento eletrónico do binóculo apenas se encontra no lado direito do corpo, será este que apresenta uma

maior complexidade, uma vez que auxilia o processo de medição de distâncias bem como a função ótica de um binóculo de observação.

O *träger* é a peça responsável aquando da focagem do binóculo o movimento do sistema prismático resultar numa imagem ampliada com qualidade.

#### 4.2.3.1 *Träger* direito

Inicialmente é preparado o suporte do *träger*, através da aplicação de buchas e de pernos metálicos como ilustrado na figura 4.10.

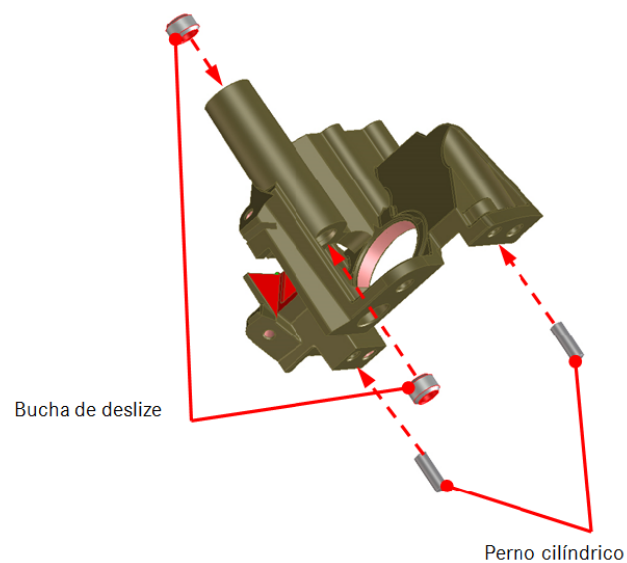


Figura 4.10: Preparação do suporte do *träger*

Em seguida, é colocado um espelho, designado por espelho LED, na superfície de apoio do suporte e aplicado cola, em quatro pontos distintos, e é deixado a endurecer durante 40 s em linha e durante 5 min na estufa UV . Este processo pode ser observado na figura 4.11.

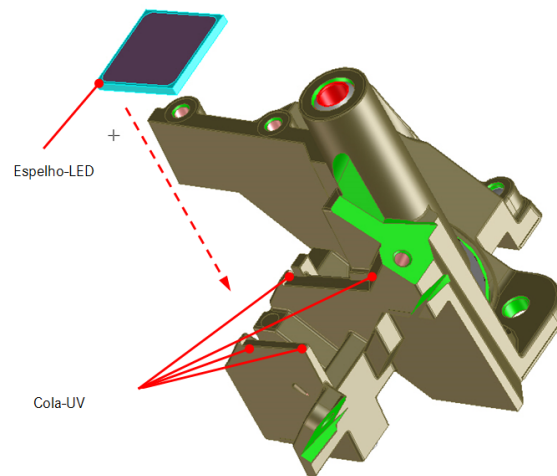


Figura 4.11: Colocação do espelho LED no *trãger*

Após a montagem do espelho LED é colada a lente colimadora <sup>1</sup> no casquilho e que, posteriormente, vai ser colocada na base do *trãger* (figura 4.12).

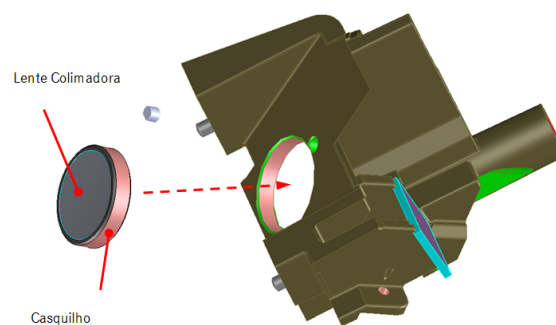


Figura 4.12: Colocação do lente colimadora no *trãger*

Após este processo o *trãger* é deixado a secar durante cerca de 1 h antes de sofrer o próximo processo de preparação, que consiste na aplicação do eixo de focagem bem como da alavanca que vai permitir o seu movimento ascendente e descendente (figura 4.13).

<sup>1</sup>O processo desencadeado pela lente colimadora tem como principal função o alinhamento de feixes divergentes num feixe paralelo e direcionado.

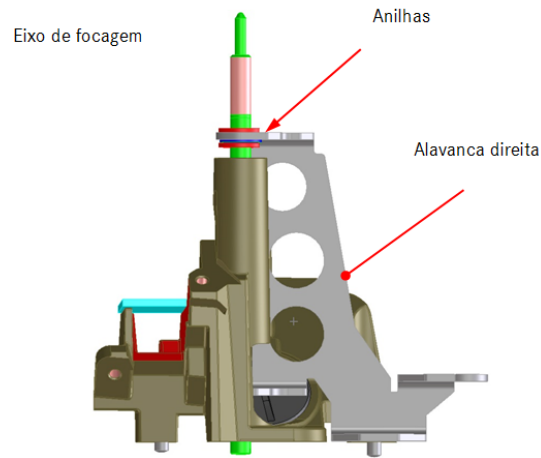


Figura 4.13: Montagem do eixo de focagem e da alavanca

#### 4.2.3.2 Träger esquerdo

O processo de montagem do *träger* esquerdo é em tudo idêntico com a exceção da montagem do espelho LED e da lente colimadora, uma vez que estes não existem no *träger* esquerdo, já acima mencionado. Por esse motivo, não irá ser explicado este mesmo processo.

#### 4.2.4 Montagem do *kurventräger*

Nesta fase é preparado o componente que servirá como base à colocação dos oculares dos binóculos. A imagem 4.14 ilustra a estrutura de como é preparada esta peça.

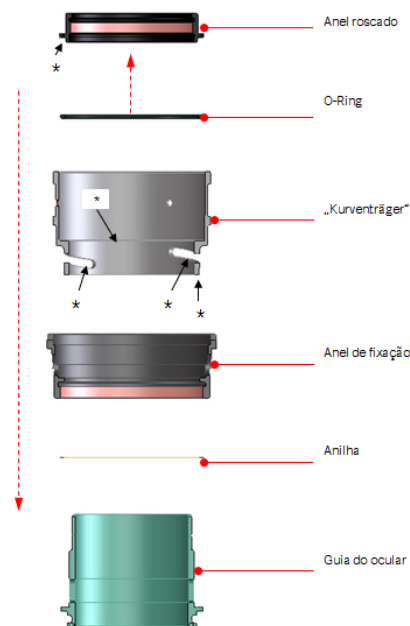


Figura 4.14: Fases da montagem do *kurventräger*

Antes de ser colocada a anilha é aplicado massa no seu local na guia do ocular e, em seguida, é colocado o anel de fixação. O O-Ring é colocado no anel de fixação roscado previamente aplicado com massa. Por fim, o anel roscado completo é montado no *kurventräger*.

#### 4.2.5 Montagem dos subgrupos óticos

A montagem dos grupos óticos é realizada na sala limpa da Montagem, dentro de compartimentos estanques, sendo dos grupos mais predisposto a cuidados de limpeza e acondicionamento de material. Qualquer partícula que adira a uma superfície ótica é, aquando da obtenção do produto final, vista e ampliada pelo sistema ótico do binóculo e, mais grave ainda, pode interferir na observação do utilizador. Neste sentido, cada bancada está equipada com um sistema de ar comprimido, espátulas, panos de limpeza, acetona, álcool, entre outros, com a finalidade de garantir a máxima limpeza dos componentes óticos.

#### 4.2.6 Montagem dos oculares

As lentes da ocular chegam a este local já limpas e guardadas em caixas apropriadas para o efeito. A primeira etapa é realizada fora do compartimento estanque, com a colagem da lente exterior no casquilho da ocular através de uma máquina de colagem automatizada. A lente exterior é a lente que fica em contacto com o exterior do ocular e que estará próxima do olho do utilizador. Mais tarde, e já localizados na cabine estanque, é colocada a lente côncava e um dubleto (lente dupla), seguida do anel distânciador. O conjunto formado anteriormente é empilhado no interior do casquilho da ocular e fixado por um anel roscado com cola, para garantir a estanquicidade dos mesmos.

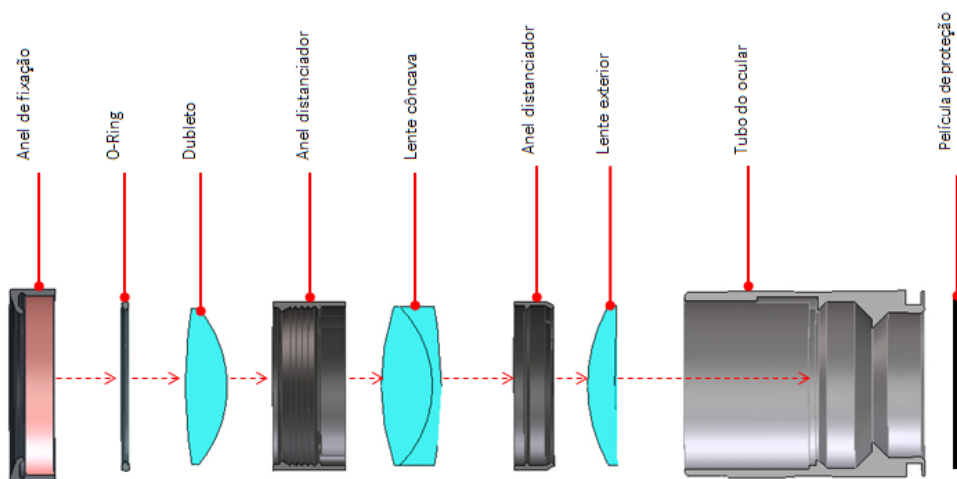


Figura 4.15: Montagem do ocular

Para finalizar, é colocada uma película protetora na lente exterior para a proteger contra agressões externas.

### 4.2.7 Montagem do casquilho do ocular no *kurventräger*

Após a preparação do ocular este irá fazer parte integrante do *kurventräger*. Assim, o ocular é colocado no *kurventräger* através da inserção de pernos metálicos.



Figura 4.16: Colocação do ocular no *kurventräger*

É colocado o casquilho de focagem, no elemento anteriormente montado, que irá permitir o movimento do ocular no binóculo.

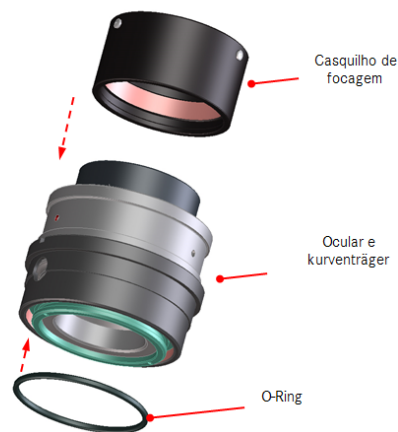


Figura 4.17: Montagem do ocular no *kurventräger*

O casquilho de focagem necessita, também, da inserção de pernos cilíndricos, o que irá permitir a sua fixação no interior do corpo do binóculo. O casquilho de focagem tem uma superfície interior com baixa rugosidade, para que a manga de focagem deslize de forma suave e sem qualquer interferência no seu movimento linear de focagem.

Nesta fase, os elementos (casquilho do ocular no *Kurventräger*) são agrupados aos pares, mediante a força que é exercida ao realizar o movimento no ocular. Uma vez que cada binóculo necessita de um destes elementos para o corpo esquerdo e outro para o corpo direito, é importante

que o movimento em ambos seja igual, uma vez que o movimento realizado em ambos os oculares (no mesmo binóculo), tem de ser igual para proporcionar ao utilizador a melhor experiência aquando deste movimento, que tem a finalidade de focar a imagem. Para finalizar este processo é verificada a estanquicidade dos mesmos para verificar se existem fugas de ar.

#### 4.2.8 Montagem da manga de focagem

A manga de focagem (figura 4.18) é montada na mesma cabine da ocular, sendo o processo iniciado com a montagem dos componentes mecânicos. Neste sentido, coloca-se o casquilho da manga de focagem numa ferramenta auxiliar de apoio e procede-se à aplicação das superfícies deslizantes que permitirão a manga deslizar no interior do casquilho de focagem.

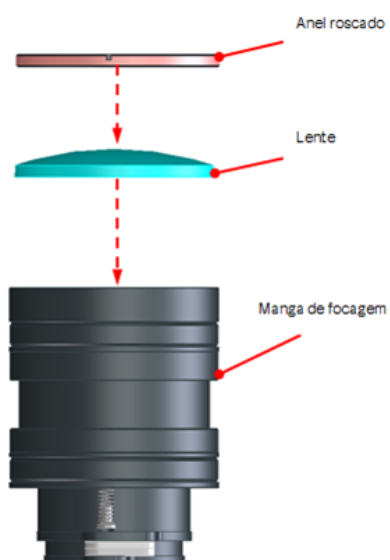


Figura 4.18: Montagem da manga de focagem com lente de focagem

O processo é concluído com a aplicação da lente de focagem bem como do anel roscado há volta da lente, sendo que a lente se diferencia consoante a ampliação do binóculo, 8x e 10x.

#### 4.2.9 Montagem da objetiva

A objetiva é constituída por duas lentes, coladas, que chegam a esta bancadas já limpas. Com uma ferramenta adequada à montagem, são colocadas as lentes no suporte da mesma. Um O-Ring é colocado para que a lente não faça contacto direto com o anel roscado.

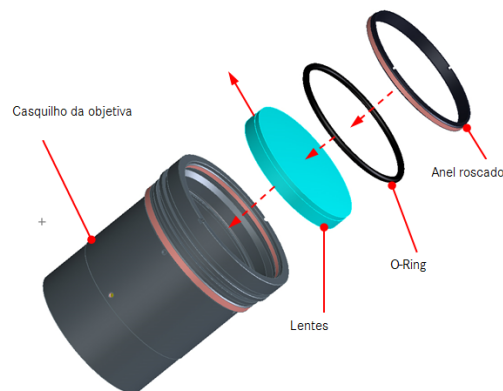


Figura 4.19: Colocação das lentes no casquilho da objetiva

Em seguida, é acoplado a peça da objetiva sobre o conjunto anteriormente preparado. Como se pode observar através da figura 4.20, são colocadas películas na manga de focagem para que quando esta for colocada dentro da objetiva não haja fricção entre ambas as peças. A finalização ocorre quando se aparafusa um perno metálico no casquilho da objetiva.

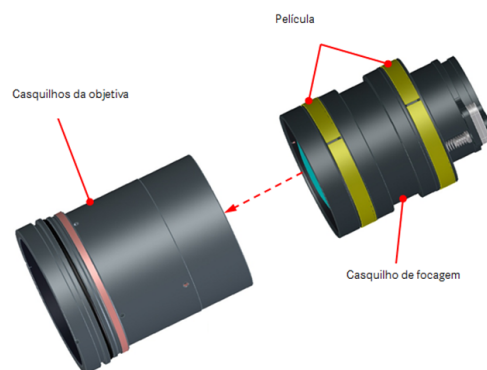


Figura 4.20: Montagem da manga de focagem no casquilho da objetiva

Um aspeto relevante na montagem das objetivas é o tratamento antirreflexo das lentes. Como visto no capítulo anterior, o tratamento *multicoated* confere às superfícies óticas uma tonalidade azul intensa, quase roxo, ou esverdeado. Neste propósito, todos os pares de lentes empregados no binóculo têm que ser *matched*, isto é, atribuir a uma lente de uma determinada tonalidade outra lente com uma tonalidade homologa (figura 4.21).

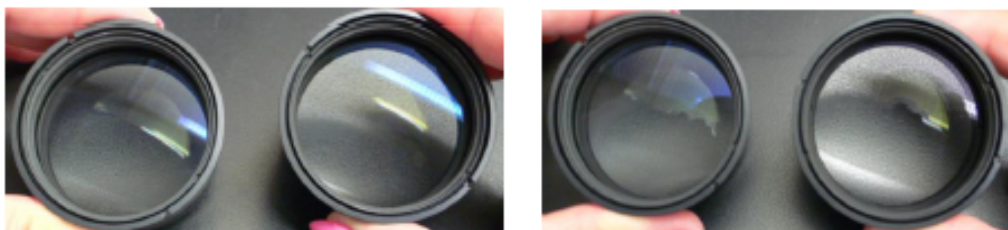


Figura 4.21: À esquerda: lentes "casadas"; à direita: lentes "não casadas"

Assim, após a montagem das objetivas, os grupos já “casados” são guardados em caixas, para que na próxima etapa do processo de montagem esse trabalho não seja efetuado.

#### 4.2.10 Preparação do sistema de prismas

Os prismas (figura 4.22) que chegam à montagem provêm da secção da ótica, onde são previamente limpos e colocados nas "cadeiras" prismáticas.

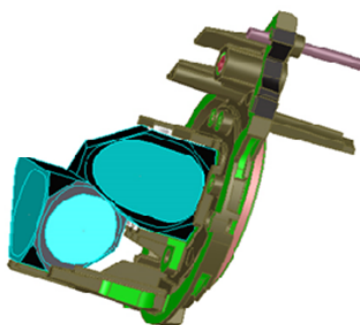


Figura 4.22: Cadeira prismática

É também realizada, em linha, a limpeza dos mesmos através de uma espátula com acetona para que não haja qualquer tipo de partículas e sujidades que possam afetar a qualidade do sistema de prismas. Para cada binóculo é necessário dois sistemas prismáticos, um no corpo direito e outro no corpo esquerdo do binóculo.

A preparação do prisma do lado direito inicia com a integração do *träger*, previamente já preparado e mencionado acima, na cadeira prismática através do aplique de parafusos nos devidos lugares. Em seguida, é montado um perno de focagem que irá servir para que as duas cadeiras óticas (direita e esquerda) fiquem conectadas (figura ), pois quando é realizado o processo de focagem da imagem, ambos os sistemas prismáticos têm de se movimentar ao mesmo tempo para que se obtenha uma imagem coerente.

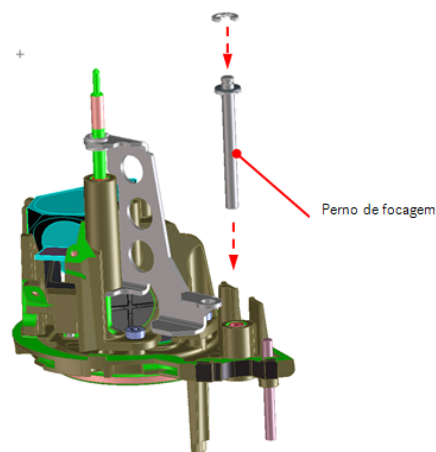


Figura 4.23: Cadeira prismática com sistema de focagem

A este subgrupo preparado é ainda adicionado o diafragma á cadeira ótica (figura 4.24, através do apliance de parafusos. O diafragma tem a função de definir e restringir o caminho de luz que atravessa o sistema prismático.

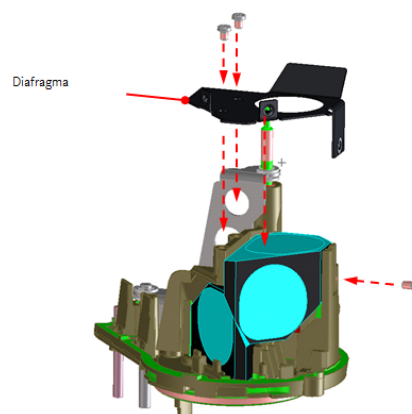


Figura 4.24: Colocação do diafragma na cadeira ótica

Para finalizar, é colocada uma lente na base da cadeira ótica, como ilustrada na figura 4.25, bem como um anel roscado para permitir a sua fixação.

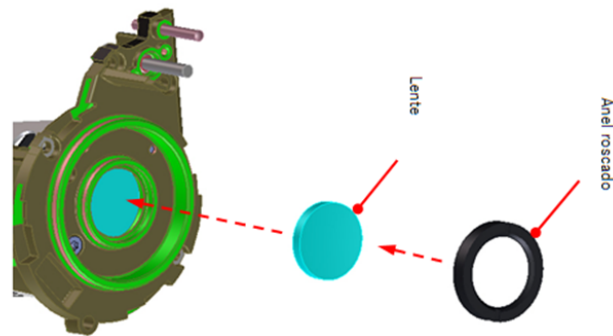


Figura 4.25: Colocação da lente na cadeira ótica

A preparação e montagem da cadeira prismática esquerda segue o mesmo processo acima descrito.

#### 4.2.11 Montagem de eletrónica no sistema de prismas

Nesta fase é montado o conjunto eletrónico, ilustrado na figura 4.26, na cadeira ótica que irá ser integrada no corpo direito do binóculo.

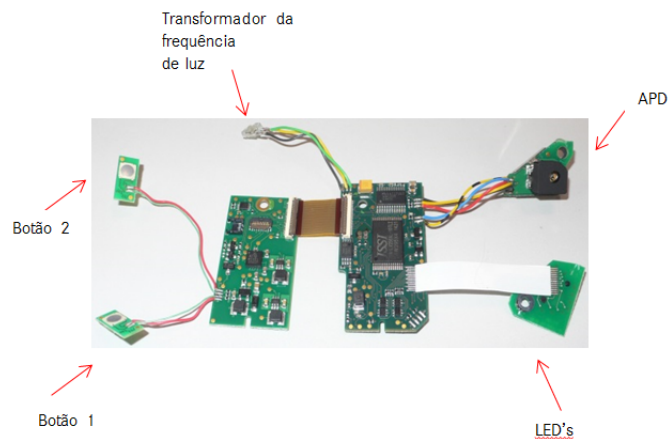


Figura 4.26: Conjunto eletrónico

Em primeiro lugar é colocado os cabos do sensor através de um rasgo que se encontra na cadeira prismática e depois é aparafusada a placa maior e a placa menor, simultaneamente. De seguida, é colado o transformador de luz e os botões. É também aparafusado a placa recetora bem como a placa dos LEDs.

O aspeto final da cadeira com a eletrónica é ilustrada na figura seguinte.

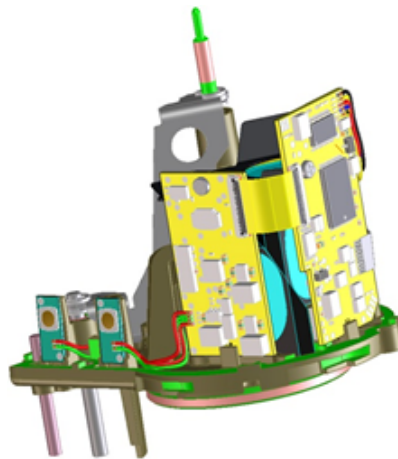


Figura 4.27: Cadeira ótica com eletrônica

Para finalizar este processo, é soldado o sensor de pressão com os fios do sensor que já se encontram no rasgo da cadeira prismática, sendo que depois este é colado na cadeira e é realizada a sua calibração (temperatura, pressão e ângulo).

#### 4.2.12 Ajustagem da placa dos LEDs e da placa recetora

A realização destas duas ajustagens é auxiliada com um sistema em computador em que é possível observar o símbolo do alvo bem como os dígitos que irão fornecer a indicação da distância, da pressão, da temperatura e do ângulo. Este processo inicia com a ajustagem da placa dos LEDs. Em primeiro lugar é imperativo obter uma imagem nítida e focada dos LEDs que aparecem no monitor e, para obter isto, é ajustado a lente colimadora através do seu aperto ou desaperto sendo que depois esta é colada em quatro pontos e seca, em linha, durante 40 s. Após esta secagem, a cadeira prismática segue para a estufa UV durante 2.5 min. A cadeira prismática volta novamente para a linha e a lente colimadora é reforçada com outros pontos de cola com os mesmos tempos de secagem anteriormente descritos.

Acabando este processo é possível realizar o ajuste da placa dos LEDs. Assim, a placa é movida até o símbolo do alvo e dos dígitos estarem alinhados com as marcas presentes no monitor. Um exemplo de uma ajustagem, que é observada no monitor, esta ilustrada na figura 4.28.

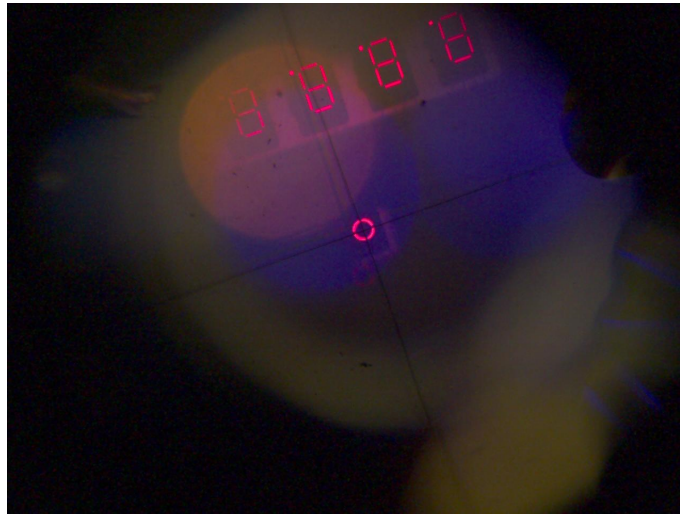


Figura 4.28: Exemplo de uma imagem obtida da ajustagem da placa dos LEDs

Para este ajuste é também usado uma objetiva, em que se observa o *display*, para que sirva também de limite de tolerância uma vez que apenas é permitido uma rotação de mais e menos 4 dioptrias. Terminado o ajuste a placa é aparafusada e colada sendo que é realizado uma pré secagem em linha de 40 s e, depois, uma secagem de 2.5 min na estufa UV. Uma boa ajustagem resulta num ótimo centramento do símbolo do alvo no campo de imagem visualizado pelo utilizador através dos oculares.

Para terminar esta etapa é realizada a ajustagem da placa recetora com o símbolo do alvo, previamente já ajustado. Nesta fase, a placa recetora é movida de modo a que o símbolo do alvo esteja conforme. Um exemplo desta ajustagem é dada na figura seguinte [4.29](#).



Figura 4.29: Exemplo de uma imagem obtida da ajustagem da placa dos LEDs

### 4.2.13 União dos corpos

Após a conclusão da montagem de todos os subgrupos, é então iniciada a montagem efetiva do binóculo *Geovid III*. Este conjunto de etapas é sequencial, sendo que cada uma representa um incremento funcional ao mesmo. No início da linha ocorre a montagem dos subgrupos nos corpos e a sua união, terminando com o controlo de qualidade do produto onde são aferidos todos os defeitos funcionais e materiais do mesmo.

Após a preparação prévia dos dois corpos, onde está incluído a montagem dos botões nos orifícios específicos e a aplicação do contacto da bateria e da platina SD no corpo direito do binóculo, e no corpo esquerdo a incorporação de uma tampa no topo da carcaça. Em ambos os binóculos é também colocado um eixo para permitir as suas junções e é colocado o casquilho de focagem, já com a objetiva, dentro da carcaça de cada um dos corpos através do uso de parafusos.

No lado direito é, primeiramente, colocada a cadeira ótica (figura 4.30a) ) sendo necessário especial atenção a que o eixo de focagem, previamente colocada na cadeira ótica, vá de encontro á ligação no casquilho de focagem permitindo que ambos se movam ao mesmo tempo. É também colocado uma peça que irá funcionar como base para a montagem dos oculares (figura 4.30b) ) e, de seguida, é aplicado no topo do corpo o *deckel* (figura 4.30c) ).

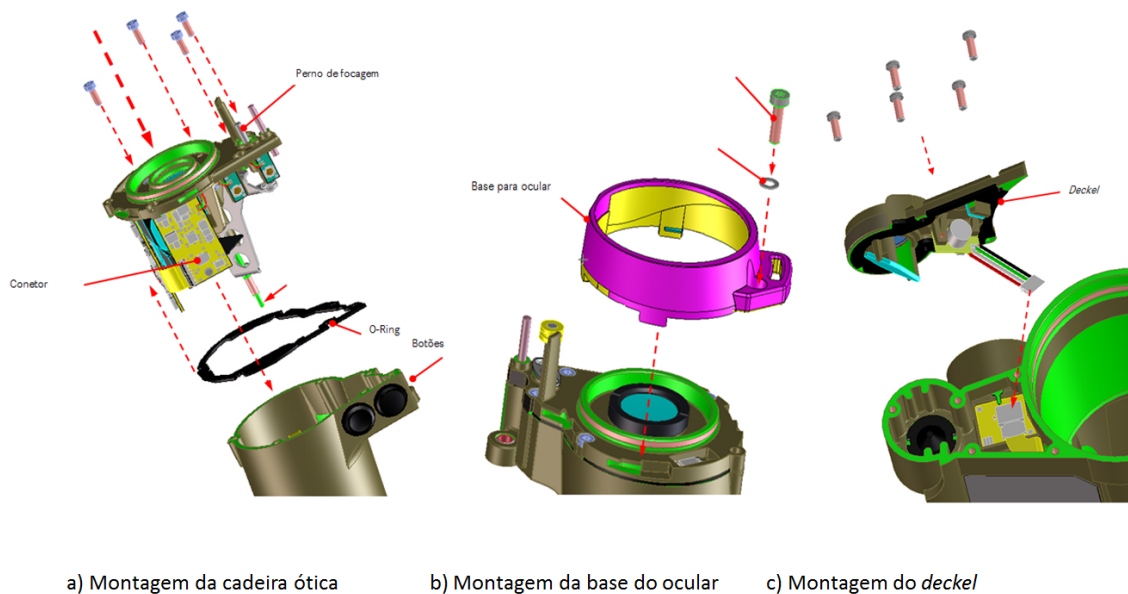


Figura 4.30: Fases da montagem do corpo direito

O corpo esquerdo apresenta as mesmas etapas que o corpo direito com a exceção da incorporação do *deckel*, uma vez que este é único no corpo direito. A união dá-se com a inserção do corpo esquerdo no corpo direito, através das duas pontes da articulação.

É nesta fase que a rastreabilidade da linha começa. A operadora desta fase está responsável pela colocação de um cartão no corpo do binóculo, que o irá acompanhar até este ser embalado. Aqui é colocado a data de início desta fase, o índice do APD e do *software*.

#### 4.2.14 Teste de estanquicidade

O teste de estanquicidade é realizado através de um equipamento de vácuo. É rosca a ponta do tubo do aparelho de vácuo ao corpo do binóculo (figura 4.31) e, através de um programa de teste pré-estabelecido, é verificado se o binóculo possui fugas através da sua estrutura. Este teste é fundamental, visto que uma das características do *Geovid III* é a resistência à entrada de água para o seu interior. Se o teste for negativo, procede-se à desmontagem total do binóculo e à respetiva reparação. Este teste é efetuado antes da ajustagem de dioptrias garantindo, assim, que esta é apenas efetuada uma vez durante o processo.

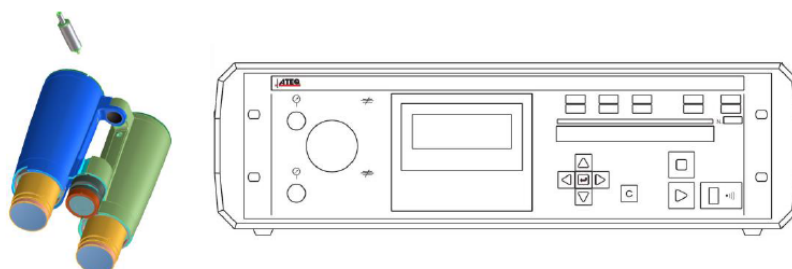


Figura 4.31: Aparelho de realização do teste de estanquicidade

#### 4.2.15 Sistema de focagem

Após a união dos corpos, estes seguem para a mesa adjacente onde são montados os sistemas de focagem do binóculo. A primeira etapa é a conexão dos eixos de focagem nos canais do corpo onde irão deslizar. Logo de seguida, é colocado o grupo de acionamento na ponte superior do binóculo, designado por *mitteltrieb* (figura 4.32) e faz-se a união dos eixos do binóculo aos dois braços transportadores do grupo, através de parafusos de ajustes.

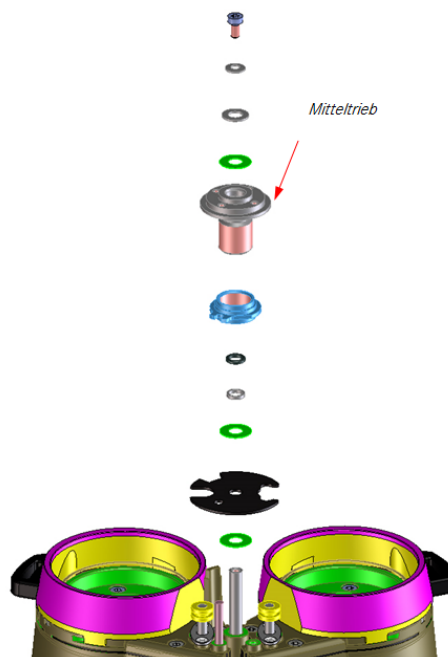


Figura 4.32: Colocação do sistema de focagem - *mitteltrieb*

Depois da fixação do grupo de acionamento ao corpo por intermédio de parafusos, são colocados peças para auxiliar o acionamento do ajuste de dioptrias aquando da colocação do botão e a guia híbrida. O botão de focagem tem ainda incorporado três peças de pressão que garantem o posicionamento correto nos dois modos de focagem. Quando o botão se encontra na sua posição inferior, permite ao utilizador através da sua rotação (cerca de 2 rotações de batente a batente), focar um objeto. No caso de necessitar de compensar a diferença de dioptrias entre os dois olhos, consegue-o puxando o botão na direção axial, que irá ativar a guia híbrida e esta, consequentemente, acionará o braço transportador do *mitteltrieb*, que por sua vez permite movimentar a manga de focagem direita, fazendo assim a compensação.

#### 4.2.16 Montagem dos oculares no corpo do binóculo

Os oculares, previamente montados, são colocados nos binóculos sendo que podem fornecer uma ampliação de 8x ou de 10x, dependendo do tipo de modelo a produzir. Na montagem, é fundamental verificar se os oculares não possui sujidades e partículas e, tal como as objetivas, é necessário "casar" os oculares segundo as cores visíveis nas lentes.

#### 4.2.17 Ajustagem binocular

A ajustagem binocular é o procedimento realizado após montagem dos oculares no corpo completo. Esta consiste em reajustar as oculares para o mesmo campo de visão, que será o mesmo campo de visão do olho do observador. Isto acontece, porque cada telescópio refrator do binóculo tem o seu eixo ótico que, após a montagem, não está centrado no mesmo campo ótico, tendo como

consequência a formação de imagens diferentes de uma ocular para a outra. Neste sentido, o objetivo é tornar a eixos óticos das oculares paralelos entre si através do aparelho colimador e de três anéis de ajuste que atuam diretamente no anel roscado, excêntrico e ocular. Estes três elementos permitem reposicionar a ocular em função do eixo ótico pretendido. No ecrã do aparelho, e como se pode observar na figura 4.33, aparece duas imagens distintas: uma cruz preta inserida num retângulo que representa o campo ótico do telescópio direito e uma cruz mais clara que representa o centro do caminho ótico do corpo esquerdo. O objetivo consiste em fazer inserir a imagem do colimador esquerdo no interior do retângulo do colimador direito, fazendo sobrepor a cruz do corpo esquerdo com a do direito. Caso não seja possível, coloca-se a cruz do corpo esquerdo o mais próxima possível da região central do retângulo, onde as suas linhas representam a tolerância máxima admissível.

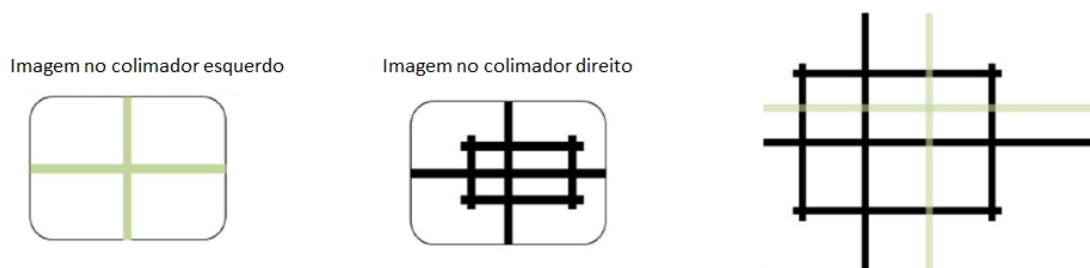


Figura 4.33: Ajustagem binocular

#### 4.2.18 Ajustagem laser/APD e laser/alvo

Nesta fase é ajustado o laser, em relação à placa recetora e ao símbolo do alvo. O binóculo é colocado num mecanismo que, através de um sistema computacional com dois monitores, permite a visualização do laser no APD e do laser no símbolo do alvo, em cada um dos monitores. A ajustagem do laser é realizada no *deckel*, através do movimento da lente emissora, que irá deslocar o feixe de laser até à posição pretendida. A ajustagem laser/APD e laser/alvo é realizada simultaneamente uma vez que se tem de garantir uma correta ajustagem em ambos. Inicialmente, é ajustado o laser em relação à placa recetora, sendo que a "assinatura"<sup>2</sup> do laser deve encontrar-se dentro da imagem visualizada no monitor, que corresponde ao elemento recetor. Na figura 4.34 encontra-se um exemplo desta ajustagem.

<sup>2</sup>"Assinatura" do laser será usado na presente dissertação uma vez que é o termo utilizado internamente, na empresa, para mencionar o feixe emitido pela placa emissora e que é recebido na placa recetora.

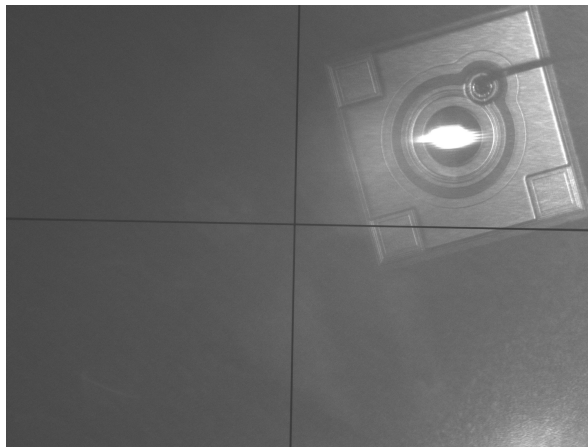


Figura 4.34: Exemplo de uma ajustagem do laser/APD

Logo de seguida, é realizada a ajustagem laser/alvo, que consiste em colocar a "assinatura" do laser no interior do símbolo do alvo - figura 4.35.

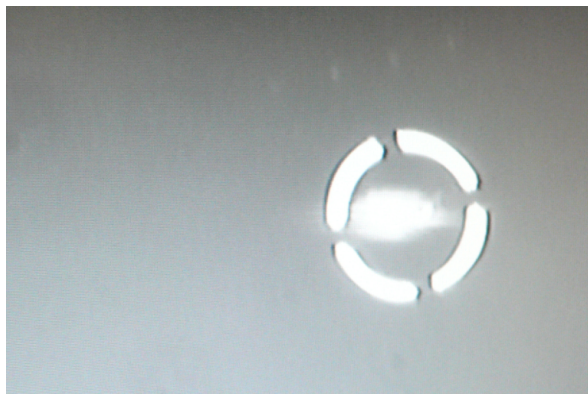


Figura 4.35: Exemplo de uma ajustagem do laser/alvo

Estas duas ajustagens têm de ser sempre realizadas em simultâneo, pois não se pode prescindir uma ajustagem em prol da outra, com a consequência de influenciar os próximos ajustes bem como a performance do binóculo.

No fim desta ajustagem é colado no cartão uma etiqueta com o número de série e é colado outra no corpo do binóculo.

#### 4.2.19 Capacidade do laser

Nesta fase, é ajustado a capacidade do laser para os intervalos de valores permitidos. O ajuste é realizado à custa de diversos disparos até ser atingido o valor desejado. É necessário que o valor máximo esteja entre  $7.2 \times 10^{-4}$  mJ e  $7.5 \times 10^{-4}$  mJ e que o valor mínimo esteja entre  $2.0 \times 10^{-4}$  mJ e  $3.0 \times 10^{-4}$  mJ.

#### 4.2.20 OFFSET

Este procedimento está diretamente relacionado com a necessidade de realizar compensações para diferentes distâncias. O binóculo é colocado num mecanismo específico, que se encontra previamente instalado, para permitir que a distância desde o binóculo ao alvo a medir, seja sempre a mesma. O mecanismo está de tal forma dimensionado que permite que a saída da lente emissora do *deckel* seja possível alternar para diferentes tipos de filtros. Estes filtros, que constituem um total de cinco, permite simular diferentes distâncias, para que o sistema de cada binóculo realize as compensações necessárias, para proporcionar o cálculo de distâncias o mais correta possível. Quando se inicia o procedimento, com um filtro pré definido, é possível verificar através do *display* o aparecimento de um de dois possíveis erros: SIGL ou SIGH, que representam, respetivamente, sinal baixo ou sinal alto. O aparecimento destes erros é de esperar uma vez que só nesta fase é que se realiza as calibrações necessárias. Mediante o tipo de erro que ocorre existe uma série de procedimentos, relativo às mudanças dos filtros, que devem ser realizadas. Isto permite que mediante a distância ao alvo, o sistema do binóculo consiga adapta-se para permitir medidas fiáveis, sem necessitar deste tipo de informação por parte do utilizador para que o seu sistema funcione corretamente.

#### 4.2.21 Simulação

Neste procedimento é visualizado os histogramas referentes a cinco medições realizadas, por cada binóculo. O binóculo é colocado num equipamento que o mantém direcionado para um alvo branco (o mesmo que foi usado no procedimento anterior) na sala de montagem. É necessário, para o sucesso deste processo, que se foque o alvo branco em questão, através do botão de focagem, bem como o símbolo LED alvo do binóculo, para que se obtenha sucesso neste procedimento. São, então, realizadas cinco medições sendo possível observar, através de um monitor, os histogramas referentes às cinco medições ocorridas. Este gráfico representa o sinal recebido no elemento receptor. No fim deste procedimento, é possível, também, observar no monitor três tipos de indicações: verde, amarelo ou vermelho. Se se obter verde trata-se de um binóculo OK e este segue o processo normal da linha; se se obter amarelo os binóculos passam para o processo seguinte contudo, no controle, seguem um procedimento distinto aos binóculos OK. Antes de ser realizado o processo normal no controle estes são colocados em caixas à parte para serem, primeiramente, levados ao exterior e realizar uma medição a longa distância. Se a medição estiver correta estes passam para o processo normal do controle e depois seguem para a linha de montagem; por fim, se se obter vermelho, os binóculos são reparados antes de voltarem a ser submetidos ao mesmo teste.

Uma vez que este procedimento, é objeto de estudo e de melhorias no decorrer do projeto, este será explicado com mais detalhe no capítulo 7, como enquadramento do trabalho realizado.

#### 4.2.22 Ajuste de dioptrias e colocação de escala

Nesta fase faz-se o ajuste de dioptrias do binóculo, isto é, regula-se a focagem dos dois corpos para a mesma imagem reticulada do monitor – figura 4.36, mesmo quando os eixos de focagem

se encontram desfasados devido à descompensação de dioptrias dos olhos humanos. Desta forma, com o binóculo na base do colimador afinam-se os eixos e, conseqüentemente, a lente de focagem do binóculo através da placa reticulada que aparece no monitor. Após este processo, conclui-se a montagem do botão de focagem com a aplicação da escala de dioptrias adequada, da anilha índice e da pequena “janela” que a permite observar. Por fim, são colocadas as borrachas em volta do ocular.



Figura 4.36: Ajuste de dioptrias

#### 4.2.23 Programação do modelo

Até este momento, o *software* que se encontra no binóculo *Geovid III* é um *software* de trabalho que permite registrar, atualizar informações, bem como proceder aos ajustes e testes realizados. Assim, é necessário proceder a atualização para o *software* do cliente, onde este não tem acesso ao que foi mencionado. Esta programação, com recurso à inserção de um cartão *micro SD*, define, também, qual o tipo de modelo o binóculo, isto é HD-R ou HD-B.

#### 4.2.24 Controlo de Qualidade

O Controlo de Qualidade, serve para atestar a conformidade do produto final a nível funcional e de defeitos mecânicos e óticos. Existe um conjunto de procedimentos a atestar, executados por um colaborador qualificado que regista e quantifica as não conformidades no cartão de identificação do binóculo. Se o binóculo estiver dentro das conformidades especificadas prossegue para os seguintes postos de trabalho da linha. Caso não se verifique a conformidade, retorna para o posto de trabalho correspondente para a respetiva reparação.

Os elementos sujeitos a avaliação de qualidade por parte do controlo de qualidade presente na linha de montagem do *Geovid III* são:

- Articulação;
- Qualidade mecânica e ótica;
- Sistema de focagem;

- Funções óticas;
- Ajustagem binocular;
- Reserva do infinito;
- Medição de distâncias;
- Verificação da posição do laser.

A articulação é verificada quanto à qualidade de movimento e à quantificação do momento de rotação (binário de aperto) da articulação. O momento de rotação deve estar entre 50 N.cm e 75 N.cm e a qualidade de movimento deve ser suave e uniforme, sem ressaltos nem inibições nos batentes.

As qualidades mecânicas e óticas servem para aferir o aspeto estético, estrutural e funcional dos componentes. A nível mecânico os componentes devem estar sem riscos, manchas ou danos nas suas superfícies, bem como, não devem apresentar pontos brancos, sujidades e excesso de cola. Devem, desta forma, estar perfeitamente colocados no tubo interior e apresentarem a devida tonalidade. A nível ótico, a Gestão da Qualidade define os defeitos óticos pela ISO 10110-7, sendo que as imperfeições de superfícies são classificadas pela mesma. Nas lentes e prismas do binóculo não podem existir impurezas, tais como, embaciamentos, humidade, pó, resíduos orgânicos, sujidades e partículas. Para além destes, os componentes óticos não podem apresentar riscos e danos que possam interferir na sua função ótica ou estética. Deve-se, também, averiguar as condições dos revestimentos das lentes, verificando que estão devidamente casadas e que não existem danos a nível do revestimento.

O sistema de focagem tem de ser especificado pela qualidade dos seus movimentos e no que diz respeito a folgas e forças exercidas para a sua função. O seu movimento deve ser suave, leve e sem interferência nos movimentos. O momento de rotação da roda de focagem tem de estar entre 1.0 e 4.0 N.cm. O movimento do botão de ajuste das dioptrias deve, de igual forma, ser suave, leve e sem interferências. O ângulo total de rotação pode ter no máximo 270° em ambas as direções, até ser alcançado o último traço da escala de dioptrias. É, também, necessário verificar o ponto morto do botão de focagem, o que significa verificar a existência de folgas radiais ou axiais do botão de focagem. As folgas são aferidas por comparação com as amostras limite para características válidas e aprovadas, a folga radial e de encaixe e desencaixe do botão de dioptrias.

As funções óticas do binóculo prendem-se com as capacidades óticas do mesmo. A manga de focagem não pode sofrer qualquer tipo de inclinação ou ficar presa durante todo o percurso de ajustagem. A nitidez da imagem deve ser verificada em toda a área de focagem. Por outro lado, os valores limites de contraste, franja de cores e reflexos devem ser aferidos e comparados com a amostra limite.

No aparelho de verificação universal realiza-se a verificação da ajustagem binocular dentro das tolerâncias divergente, convergente e de altura. No aparelho é possível observar duas cruzes, uma verde e outra amarela, correspondentes ao corpo direito e esquerdo do binóculo (semelhante

ao verificado no subcapítulo 4.2.17), respetivamente. Nesse sentido, é necessário verificar se estas estão centradas dentro do retângulo de tolerância e nítidas após a focagem através do botão.

Na compensação até ao infinito, o *Geovid III* tem de se deixar focar no mínimo -4 dioptrias da posição de infinito. A verificação é feita com o botão de dioptrias a zero e em seguida rodar o botão de focagem de batente a batente até ter o alvo focado.

A verificação da medição de distância é realizada apontando o binóculo para um alvo preto e branco que se situam ambos a uma distância de 44 m. A tolerância aprovada é de mais e menos dois metros. Assim, todos aquelas que não se enquadrarem neste intervalo, são sujeitos a uma série de medição a longas distâncias, fora da linha de montagem, sendo que para uma distância de 294 m a tolerância aprovada é de mais e menos 10 m, para uma distância de 522 m é de mais e menos 26 m e, finalmente, para uma distância de 2500 m é tolerado variações na distância de mais e menos 125 m. O binóculo é dado como OK se, no mínimo, verificar as condições para as distâncias de 294 m e de 522 m. Neste processo é também verificada a qualidade de imagem do *display*.

A verificação da posição do laser é realizada numa fase posterior a todos estes elementos mencionados. Assim, a verificação é realizada pelo controle após colocação do revestimento externo do binóculo. A operadora verifica a posição do laser/APD e laser/alvo e registando-as no cartão identificativo de cada binóculo.

Todas estas etapas do controlo são realizadas em binóculos que obtiveram *Verde* na simulação. Assim, todos os binóculos que tiverem obtido *amarelo* são, primeiramente, sujeitos á medição a longas distâncias. Só depois da verificação deste dado é que estes seguem o processo de controlo de qualidade acima mencionado. Após a validação de todos os procedimentos anteriormente referidos, é identificado o binóculo como produto conforme, com a atribuição de uma etiqueta que indica a qualidade do mesmo. Esta etiqueta deve acompanhar o produto até à embalagem final.

#### 4.2.25 Enchimento com nitrogénio

Após a verificação da conformidade do binóculo, este segue para uma câmara de vácuo para preencher o espaço interno com nitrogénio. A presença de uma mistura de ar no interior do binóculo poderá conter humidade, o que consequentemente poderia condensar ou corroer a estrutura metálica do binóculo. Desta forma, a estufa retira toda a atmosfera existente no sistema e no seu lugar coloca azoto gasoso, preenchendo por completo o interior do binóculo.

#### 4.2.26 Revestimento externo do binóculo

A borracha de proteção externa do binóculo não pode ser colada diretamente no corpo binocular, o que levaria à difícil remoção do revestimento exterior no caso de uma reparação. Assim, procede-se à colagem de umas fitas de revestimento (figura 4.37) em lugares específicos do binóculo onde irá ser fixada a borracha protetora exterior.

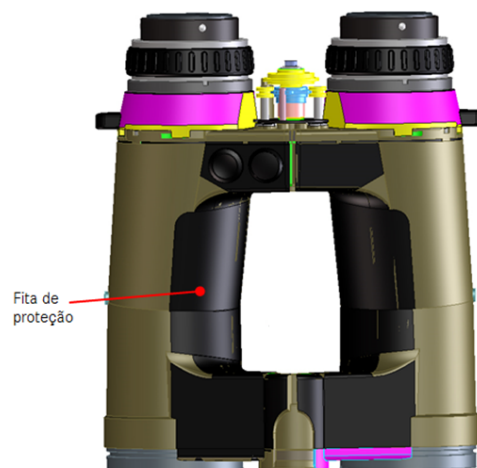


Figura 4.37: Colocação das fitas de revestimento

Colocadas as fitas protetoras já é possível aplicar o revestimento externo bem como as etiquetas identificadoras do tipo de modelo de binóculo bem como o símbolo da marca Leica. Para concluir, é colada a tampa no topo do botão de focagem, representada na figura 4.38, com a identificação do número de série do binóculo.



Figura 4.38: Colocação da tampa no botão de focagem

Antes de ser embalado, o binóculo volta ao Controlo de Qualidade onde se procede à verificação e ao registo da posição laser/APD e laser/alvo. Deste modo, é possível averiguar se a posição do laser sofreu alterações devido aos trabalhos exercidos ao longo da linha.

Após controlo o binóculo é limpo e é verificado, uma vez mais, ao nível estético. Estando em perfeitas condições o binóculo, que se encontra no fim da linha de montagem, é embalado e está pronto para se entregar ao cliente.

## Capítulo 5

# Apresentação do Problema e Análise do Estado Inicial

A problemática apresentada pela organização no âmbito deste projeto tem a particularidade de carecer de ações que têm um carácter transversal e que estão diretamente relacionados com grande parte das operações realizadas na linha de montagem do *Geovid III*.

Neste capítulo serão expostas e analisadas, ainda que de uma forma pouco aprofundada, as dificuldades e os problemas recorrentes que deram origem aos objetivos propostos neste projeto de forma a encontrarem-se soluções viáveis às perturbações existentes.

### 5.1 Problemática existente

Na apresentação do problema como alvo de investigação prática, é importante reconhecer duas visões distintas da secção da Montagem. A primeira, mais geral em termos organizacionais, é a função de fornecer os produtos acabados ao cliente final em perfeitas condições. A Montagem como fornecedor torna-se suscetível de ser avaliada quanto à sua eficiência geral, focada no seu desempenho de suprimento ao cliente, nomeadamente em relação à qualidade, rapidez e fiabilidade. A segunda visão a ter em conta é a de uma secção como entidade interessada em melhorar intrinsecamente os seus processos e organização com vista à sua melhoria contínua, o que, posteriormente se irá refletir na sua função dentro da organização.

A exposição destas duas perspetivas funcionais são importantes para se perceber que na verdade, são duas áreas que necessitam de intervenção mas que, se inter relacionam, o que sustenta o carácter integrado da presente dissertação. É, então, correto afirmar que o seu sucesso será tanto maior quanto o sucesso interno dos seus processos.

Os órgãos de gestão da Montagem tinham objetivos claros com a realização deste estágio: melhorar a rastreabilidade da linha para fins de tratamento de dados bem como manter o registo atualizado dos dados fulcrais de um determinado binóculo; estudar e propor melhorias ao processo de montagem relativo aos processos de ajustagem dos componentes eletrónicos, bem como fomentar a interpretação, uma vez que esta é praticamente inexistente, dos testes eletrónicos de

forma a compreender de que modo estes influenciam a performance de medição de distâncias do binóculo e em como podem ser usados, na tomada de decisão, para a identificação de um binóculo com problemas, ou não, permitindo, deste modo, aumentar a taxa de aprovação á primeira.

## 5.2 Rastreabilidade do produto

Até à data, a rastreabilidade da linha do produto *Geovid III*, limita-se ao uso de um cartão (ver figura 5.1), que é iniciado no momento da união dos corpos e o acompanha até ao seu embalagem.

N.º Série		Modelo		Reparação		
APD _____	Índice soft. _____	Data ____/____/____				
Mesa	Operação	Rubrica		Defeito		
1	Prisma/Deckel					
2	Estanquicidade					
3	Infinito					
4	Binocular					
5	Ajuste do laser					
6	Capacidade do laser					
7	Offset					
8	Simulador					
9	Dioptrias					
10	Programação					
11	Revestimento final					
					Causa	Rubrica

Figura 5.1: Cartão de rastreabilidade do *Geovid III*

Como se pode consultar, a organização do cartão segue a ordem específica dos processos adjacentes onde existe um espaço, à frente de cada um, para que o operador responsável por cada processo rubrique-o. A identificação do operador não só determina que o processo em questão já foi realizado, como reconhece quem foi responsável por cada um. Assim, a rubrica torna-se apenas essencial durante a linha de montagem, pois é possível identificar o responsável por cada etapa aquando de um problema verificado num processo adiante da linha. O espaço respetivo á rubrica apresenta três colunas pois quando existe algum problema detetado, numa determinada etapa, o operador regista o tipo de defeito encontrado, para que este possa ser reparado. Como a reparação é sempre realizada pelo operador que se encontra a realizar o processo do defeito encontrado, este tem de escrever qual a causa do defeito e rubricar. Colmatado este problema, o binóculo volta para o processo onde foi detetado o problema, sendo necessário voltar a ser realizado todo o processo após a reparação do defeito. Assim, o operador irá rubricar no espaço seguinte o que identifica que o binóculo passou uma segunda vez pelo processo, em resultado do defeito encontrado.

Contudo, também é possível verificar a existência de outros dados como o n<sup>o</sup> de série, o modelo, a data de início da união dos corpos, o índice do APD e de *software*. Tanto este tipo de dados como os defeitos encontrados ao longo do processo de montagem tornam-se fulcrais para identificar um determinado binóculo e todo o tipo de problemas encontrados.

Como mencionado, estes cartões acompanham o binóculo ao longo da linha de montagem sendo apenas retirados no momento de serem embalados e enviados para armazém para serem entregues ao cliente. Estes cartões são armazenados em caixas e, segundo as normas Leica, são armazenados durante três anos.

Durante os primeiros meses de estágio, foi possível verificar a enorme quantidade de cartões acumulados no fim da linha até serem armazenados em caixas. Uma vez que se produz em média, por semana, cerca de 80 a 100 *Geovid III*<sup>1</sup> e considerando um ano com 49 semanas de trabalho, facilmente se obtém um intervalo de valores bastante elevado: cerca de 3920 a 4000 cartões acumulados. Este elevado valor requer, acima de tudo, um espaço físico para serem guardados durante três anos, devido às normas Leica, o que induz um número ainda maior do que aquele que já foi calculado: cerca de 11760 a 12000 cartões estão armazenados a cada ano. Apesar de estes serem agrupados por semana, não é algo que facilite a sua procura, quando é necessário consultar um registo de um determinado produto, uma vez que estaremos sempre a procurar num universo elevado de cartões.

Este conjunto enorme de informação, que fica registado apenas nos cartões, levanta alguns problemas: Como consultar rapidamente a informação com base em critérios específicos? Como agilizar o tratamento de dados do produto ao longo da linha? Como verificar os problemas que surgem em maior escala de uma maneira rápida e fácil?

A possibilidade de procurar nos milhares cartões armazenados uma dada informação é incompatível e incomportável. Torna-se necessário guardar a informação numa base de dados e criar um meio de aceder aos dados de forma fácil e eficaz.

Para fazer face a este problema, tomou forma a ideia de desenvolver uma metodologia que torne a informação, registada ao longo da linha dos binóculos, acessível a todos os utilizadores autorizados, recorrendo a uma ferramenta existente em todos os computadores - o *browser* ou navegador - que permita processar a informação desejada.

### 5.3 Rejeição do produto final

A taxa de rejeição do produto final na linha de montagem do *Geovid III* é contabilizada semanalmente pelo controlo de qualidade através do rácio entre os defeitos encontrados nos binóculos e a quantidade de produtos verificados. As causas que conduzem à rejeição do produto final no controlo de qualidade são várias, pelo que podem estar relacionados com defeitos existentes nos diversos componentes, em métodos de montagem erradamente concebidos, ajustamentos fora de tolerância e más funções binoculares.

Um dos maiores problemas que o controlo de qualidade reporta à montagem deve-se ao facto de binóculos que não estão dentro das tolerâncias admissíveis, ao nível de medição de distância. Ora um produto que segue o seu percurso em linha, onde se considera que todos os seus processos

---

<sup>1</sup>De ressaltar que este número pode ser superior ou inferior ao intervalo mencionado, dependendo das ordens de produção para cada semana que oscilam com a procura do mercado. Contudo, foi usada a estimativa de uma produção normal em que são produzidos entre 80 a 100 produtos por semana.

foram realizados de uma forma positiva, mas que chega à fase em que é verificado a sua funcionalidade e é constatado mau funcionamento, levanta sérias questões sobre todo o processo que é realizado de antemão.

Como já foi referido, no capítulo 1, um dos principais objetivos deste estágio está relacionado com um dos testes que é realizado durante a linha, ao binóculo, que é designado por *Simulação* (no presente capítulo não se irá explicar o funcionamento deste mesmo teste uma vez que já foi apresentado no capítulo 4, mais concretamente no subcapítulo 4.2.21). O que se verificava, e era um problema mencionado pela Engenharia, é que binóculos que chegavam ao controle a medir incorretamente, eram dados como OK na *Simulação*. Portanto, um processo que à partida indicava que o binóculo estava em boas condições, na verdade não se verificava esse pressuposto. Facilmente se entende que estamos a falar de produtos que continuam o seu processo normal, mas a nível funcional estão mal, o que aumenta a cadeia de valor desse produto. Também foi possível verificar que muitos dos binóculos que obtinham *amarelo* na *Simulação*, e que após a verificação da medição a longas distâncias, encontravam-se em perfeitas condições.

Com os dados que foram recolhidos nos primeiros meses de estágio, aliando algumas informações dadas pela QS, foi possível constatar a frequência de binóculos que chegavam ao Controlo de Qualidade a medir bem e os que chegavam a realizar medições incorretas - figura 5.2 -, em função daquilo que era o resultado obtido no teste *Simulação*.

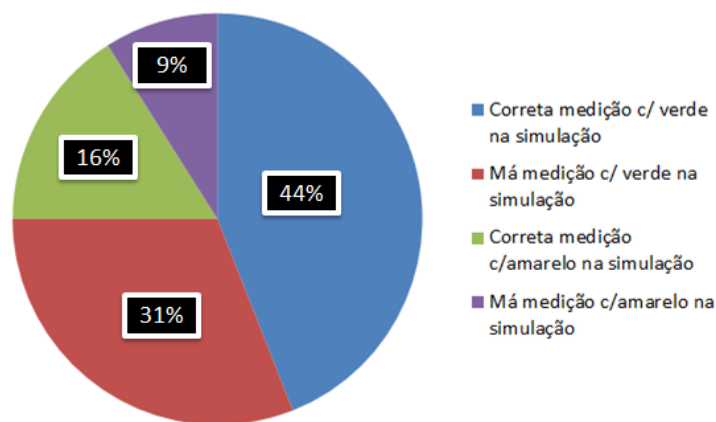


Figura 5.2: Percentagens de binóculos detetados na QS em função do resultado da *Simulação*

Através dos dados apresentados, é possível tirar algumas conclusões sobre a relação que os dados obtidos na *Simulação* apresentam quando comparado com a verificação de medição de distâncias na QS:

- Apenas 44% dos binóculos que chegam à QS e com sinal verde na *Simulação* obtiveram, realmente, uma verificação de medição OK;
- Em 31% dos binóculos controlados era esperado que se obtivesse uma correta medição, uma vez que apresentavam sinal verde na simulação. Contudo, na QS tal não foi verificado;

- Cerca de 25% dos binóculos, chegam à QS com sinal amarelo e, como se pode observar, tanto podem medir bem como mal;

Com a análise do gráfico da figura 5.2, constatou-se a importância de atuar rapidamente na linha de montagem, principalmente em como fazer uso da informação obtida pela *Simulação*, que era completamente ignorada e era algo, que a equipa de Engenharia não estava preparada nem especializada para tirar o máximo partido dessa mesma informação, de forma a melhorar todo o processo inerente ao *Geovid III*. Deste modo, têm-se, como principal objetivo, aumentar o número de binóculos aprovados na QS uma vez que é o reflexo de ótimos procedimentos realizados durante o processo de montagem.

Deste modo, o foco do trabalho incidiu, de uma forma direta, na interpretação dos testes eletrónicos que são realizados, de modo a permitir diminuir a taxa de rejeição verificada no controlo de qualidade.



## Capítulo 6

# Desenvolvimento da Aplicação Web

Uma vez definidos os pressupostos, as condicionantes e a problemática propostas para este projeto, é altura de se proceder ao desenvolvimento e aplicação prática do trabalho. Com esta abordagem pretendeu-se, numa fase inicial, criar condições de melhoria na linha de montagem através de uma aplicação *web* que potencie todo o trabalho que aqui é realizado, aprimorando a rastreabilidade da linha.

Neste capítulo será exposto de forma criteriosa a definição e estrutura da ferramenta desenvolvida, que faculta a inserção e a consulta dos elementos guardados na base de dados, a descrição dos processos do seu funcionamento bem como o seu desenvolvimento. Ao longo do capítulo é também ilustrada imagens da interface gráfica para permitir uma melhor compreensão daquilo que foi desenvolvido.

### 6.1 Descrição

A necessidade aliada à oportunidade potenciou o desenvolvimento de uma nova ferramenta que auxilia a ação de rastrear um determinado produto. Esta aplicação foi desenhada de raiz, ou seja, desenhada completamente de novo.

A aplicação *web* de processamento dos dados tem por objetivo permitir a inserção e a consulta da informação relacionada com os binóculos em linha. Toda a informação utilizada pela aplicação *web* está armazenada no servidor MySQL.

A aplicação a conceber destina-se aos elementos do Departamento de Engenharia de Montagem bem como os elementos do Serviço Técnico<sup>1</sup>, e tem por objetivo permitir o acesso à informação armazenada do processo de montagem de cada binóculo. A aplicação deverá ter um funcionamento simples e eficaz. As principais ações a disponibilizar aos utilizadores são:

- Autenticação de utilizadores autorizados;
- Inserção dos dados respetivos a cada número de série;

---

<sup>1</sup>O Serviço Técnico é um departamento da Leica Portugal que está responsável por dar apoio técnico aos produtos da gama *rangefinder*, provenientes de clientes de todo o mundo.

- Consulta de todos os dados inseridos;
- Seleção de um determinado produto a consultar;
- Edição de um determinado item dum respetivo produto já inserido;
- Possibilidade de apagar um registo de um produto;

Os requisitos para a implementação desta ferramenta são simples e não têm custos associados: passa pela utilização da rede de dados existente, de um servidor de aplicações HTTP e do estabelecimento de ligações ao servidor MySQL. A nível de *hardware*, apenas será necessário um PC para a configuração do servidor de aplicações HTTP. O servidor terá de ser registado num domínio da rede, sendo-lhe atribuído um nome, para assim estar acessível a qualquer utilizador autorizado.

Para alcançar este objetivo, foi desenvolvida uma aplicação *web* que possui 4 páginas de utilização geral. As páginas que formam esta aplicação são:

- Página de acesso - permite a autenticação dos utilizadores registados;
- Página de entrada - esta é a primeira página observada pelo utilizador após fazer *Entrar* e permite optar pelos diferentes tipos de consulta;
- Página de inserção de dados - nesta página existe a possibilidade de inserção dos dados de cada número de série do binóculo. Nesta página também existe a opção de alterar o tipo de consulta que quer visualizar;
- Página de consulta de dados - esta é a página reservada para a consulta da listagem dos binóculos registados ou para a consulta de um determinado produto, através de um filtro existente na página. Também é possível, nesta página, alterar o tipo de consulta.;

A base de dados que foi criada em MySQL, `DB_LinhaGeovid`, consiste em duas tabelas para o armazenamento de informação. A estrutura desta base de dados pode ser visualizada nas tabelas 6.1 e 6.2, sendo o objetivo de cada uma descrita a seguir:

- `UTILIZADORES` - Utilizadores autorizados;
- `DB_informacoes` - Dados e informações obtidas na linha.

#	Nome	Tipo	Nulo	Pré definido	Extra
1	<b>id_produto</b>	int(11)	Não	<i>None</i>	AUTO_INCREMENT
2	<b>num_serie</b>	varchar(50)	Não	<i>None</i>	-
3	<b>modelo</b>	char(1)	Não	<i>None</i>	-
4	<b>ind_softw</b>	varchar(10)	Não	<i>None</i>	-
5	<b>apd</b>	char(2))	Não	<i>None</i>	-
6	<b>estanq_dir</b>	varchar(10)	Não	<i>None</i>	-
7	<b>estanq_esq</b>	varchar(10)	Não	<i>None</i>	-
8	<b>max_laser</b>	varchar(10)	Não	<i>None</i>	-
9	<b>min_laser</b>	varchar(10)	Não	<i>None</i>	-
10	<b>inf_adicional</b>	text	Sim	<i>NULL</i>	-
11	<b>data_incio</b>	date	Não	<i>None</i>	-
12	<b>prob_softw</b>	char(4)	Sim	<i>NULL</i>	-
13	<b>offset</b>	char(4)	Sim	<i>NULL</i>	-
14	<b>nao_mede</b>	char(4)	Sim	<i>NULL</i>	-
15	<b>n_ajustagem</b>	char(4)	Sim	<i>NULL</i>	-
16	<b>snr</b>	char(4)	Sim	<i>NULL</i>	-
17	<b>sujeobjt</b>	char(4)	Sim	<i>NULL</i>	-

Tabela 6.1: Estrutura da tabela DB\_informacoes

#	Nome	Tipo	Nulo	Pré definido
1	<b>user_name_um</b>	varchar(10)	Não	<i>None</i>
2	<b>user_name_dois</b>	varchar(10)	Não	<i>None</i>
3	<b>user_name_tres</b>	varchar(10)	Não	<i>None</i>
4	<b>password_um</b>	varchar(10)	Não	<i>None</i>
5	<b>password_dois</b>	varchar(10)	Não	<i>None</i>
6	<b>password_tres</b>	varchar(10)	Não	<i>None</i>

Tabela 6.2: Estrutura da tabela UTILIZADORES

Todas as transações para a base de dados são efetuadas com pedidos (*queries*) nativos da linguagem.

Também são usadas um conjunto de ficheiros respeitantes ao aspeto das páginas a apresentar como o cabeçalho, o corpo e o rodapé, que são chamadas em cada página de utilização para permitir ao utilizador visualiza-las segundo um determinado estilo pré definido.

## 6.2 Diagrama *use case*

A primeira abordagem para se conseguir perceber a dinâmica de um qualquer *software* é entender qual ou quais os intervenientes e qual a sua função sobre ele. Regra geral, se existe mais do que um tipo de intervenientes, ou digamos, uma família de utilizadores, é porque a especificidade de funcionalidades são sensíveis a especialidades ou áreas de atuação.

Utilizando um diagrama de *Use Case* para representar o sistema de permissões, acessos e funções da aplicação, consegue-se estabelecer as fronteiras e os níveis de atuação de cada utilizador no programa.

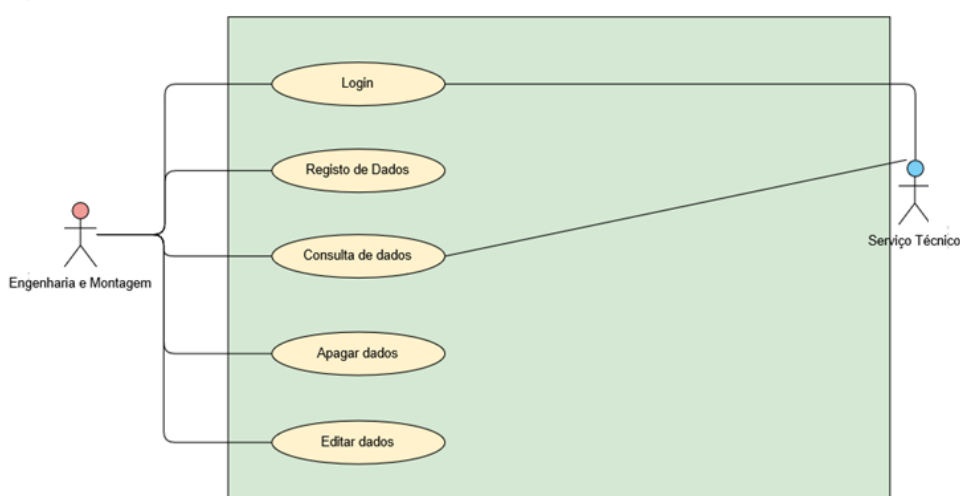


Figura 6.1: Diagrama *use case*

Observando então a figura 6.1, facilmente se percebe qual o raio de ação de cada protagonista. A Montagem, que será responsável pela inserção dos dados no fim da linha, além da ação de realizar a sua autenticação, terá de ter a principal ação de registo de dados. As operadores responsáveis pelo processo de fim de linha terão de inserir todos os dados fulcrais de cada produto fabricado. Desta maneira, e uma vez que têm de ter o acesso à edição dos dados, torna-se necessário o acesso à página de consulta dos dados, uma vez que é nesta que é realizada a edição ou a ação de apagar os dados, pode ser essencial que a Montagem seja obrigado a realizar algum deste tipo de ações. Um dos casos práticos que pode levar a que a Montagem necessite de realizar uma alteração num registo deve-se ao facto de, muitas vezes, devido a novas encomendas que surgem com limites de entrega muitos próximos de um determinado modelo (HD-B ou HD-R), os binóculos que já se encontram embalados ou mesmo no fim de linha, são reprogramados para obedecer ao tipo de modelo requerido cumprindo, deste modo, as datas de entrega. Neste caso, teria de ser editado os registos referentes a cada número de série, para ser atualizada o campo do modelo do binóculo. O segundo interveniente, o Serviço Técnico, após realizar o *Entrar*, apenas terá acesso à consulta de dados. Uma vez que não apresenta uma ação direta na linha de montagem, não necessita de ter acesso ao registo de novos dados. Por outro lado, o acesso á consulta de dados é indispensável

para que os elementos do Serviço Técnico tenham acesso às informações fulcrais de cada binóculo, agilizando e auxiliando o trabalho de reparação de cada produto. O Serviço Técnico passa a ter o acesso direto a esta informação, algo que na maior parte dos casos não acontecia, devido ou ao facto dos cartões do binóculo já não se encontrarem armazenados, ou devido ao facto de a procura de um determinado cartão ser uma ação bastante dispendiosa em termos de tempo. Por fim, foi dado acesso total á Engenharia de Montagem, apesar de que a ação mais comum a realizar será a consulta de dados.

### 6.3 Página de autenticação

Esta página permite controlar a acesso dos utilizadores à aplicação. Existem três campos de entrada: o campo de texto *Nome de utilizador*, o campo protegido de texto *Password* e um botão para submeter os dados inseridos. Foram também definidos dois elementos comuns a todas as páginas: o cabeçalho e rodapé das páginas. Estes elementos são conhecidos por *page fragments* e podem ser incluídos em qualquer local de qualquer página. Os dois campos de texto são obrigatórios, i.e., estes objetos são marcados como de preenchimento obrigatório.

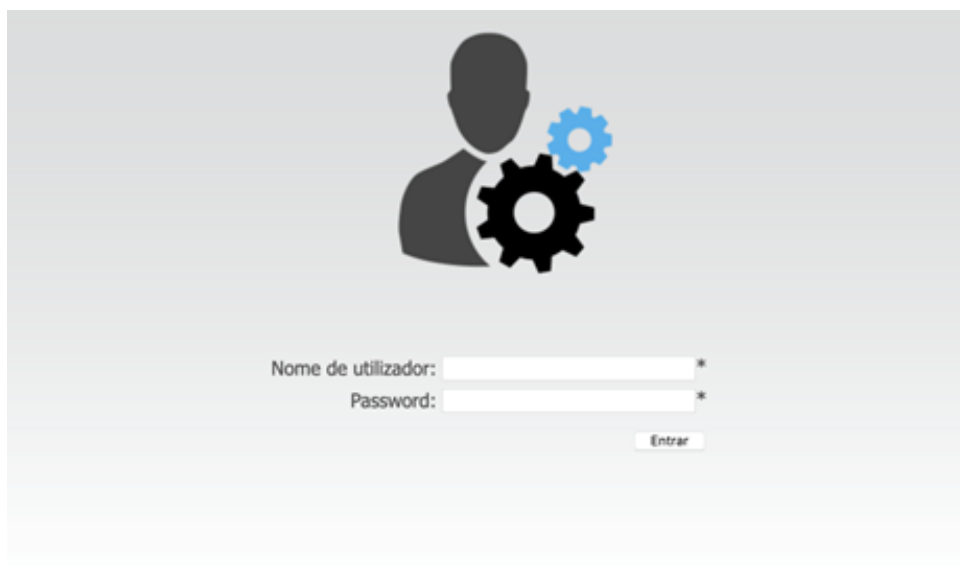
The image shows a login form on a light gray background. At the top center is a dark gray silhouette of a person's head and shoulders, with two gears (one black, one blue) positioned to its right. Below this icon are two input fields. The first is labeled 'Nome de utilizador:' and the second is labeled 'Password:'. Both labels are in a dark gray font. To the right of each input field is a small asterisk (\*). Below the 'Password:' field is a small button labeled 'Entrar' in a light gray font.

Figura 6.2: Página de autenticação

Ao inserir os dados de acesso, será necessário compará-los com os da tabela `UTILIZADORES` da base de dados. A tabela `UTILIZADORES` já contém a informação dos três tipos de utilizadores autorizados (Montagem, Engenharia e Serviço Técnico) bem como das palavras passes. Assim, se o *Nome de utilizador* e a *Password* resultarem numa consulta favorável da base de dado, e após o botão *Entrar* ter sido premido submetendo os dados, é criada uma nova sessão.

Se o utilizador estiver registado, é criada uma nova sessão e, e este é redirecionado para a página que se relaciona com o utilizador em questão, através da criação de uma função designada de `verifica_Entrar()`.

Foi também criada uma propriedade que identifica o tipo de utilizador para a aplicação saber, ao longo da navegação, quais os seus privilégios de acesso.

Para terminar a sessão o utilizador pode premir o botão de *Sair* que existe em todas as páginas. Ao carregar nesse botão é acionado a `session_destroy()` e a sessão é invalidada e o utilizador é redirecionado para a página de autenticação.

## 6.4 Página de entrada

Após a autenticação com sucesso do utilizador, é efetuado o redirecionamento para a página de entrada. Esta página apenas contém ligações para acesso às restantes páginas da aplicação e não contém qualquer tipo de processamento lógico ou ligação a tabelas de dados.

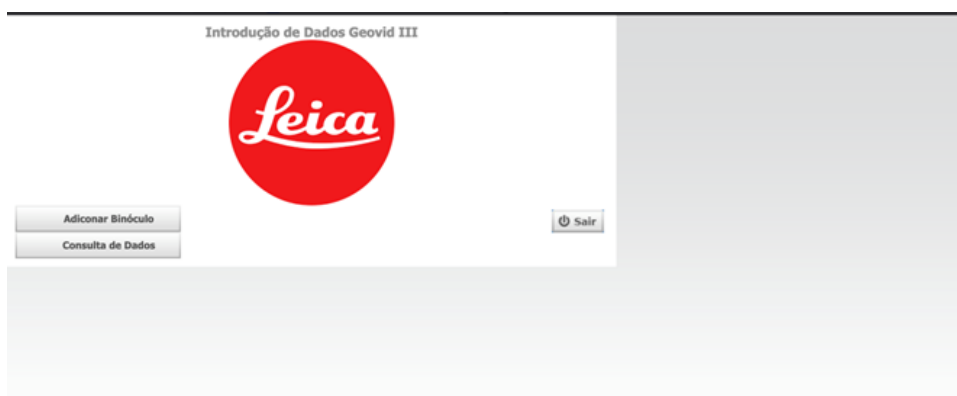


Figura 6.3: Página de entrada

Este redirecionamento, para a página de entrada, é realizado apenas se o *Nome de utilizador* for da Engenharia ou da Montagem, pois são os únicos que terão a opção de escolha entre realizar ou consultar um registo.

No corpo da página, estão dispostas dois botões em forma de retângulo que permitem efetuar a ligação às páginas. A descrição informa o utilizador sobre o tipo de ação que lhe é oferecido em cada opção. As hiperligações disponíveis dão acesso às seguintes páginas: (i) Adicionar Binóculo e (i) Consulta de Dados.

## 6.5 Página de inserção de dados

Esta página, ilustrada na figura 6.4, permite a introdução dos dados e o posterior armazenamento na base de dados. Assim sendo, a página foi criada para ser o mais intuitiva possível bem como para permitir uma fácil e rápida ação por parte do utilizador.

Figura 6.4: Página de inserção de dados

Como o intuito desta aplicação serve para armazenar os dados que são escritos no cartão que acompanha o binóculo ao longo da linha, foi necessário criar os devidos espaços para a inserção dos dados. Assim sendo, a página inicia com a colocação do número de série do binóculo, essencial para identificar cada produto. Uma vez que o número de série do binóculo é um dado fulcral, a submissão dos dados não pode ocorrer se este não for inserido. Se assim se proceder, o registo na base de dados não é realizado e um aviso é mostrado ao utilizado (ver figura 6.5) expondo a informação de que este dado está em falta.

Figura 6.5: Aviso, a vermelho, de um dado obrigatório em falta

Para o correto funcionamento deste procedimento, a coluna referente ao número de série (da tabela `DB_informacoes`) necessitou que o atributo `Null Index` não estivesse ativo. Isto faz com que seja obrigatório que os registos tenham algum valor no campo respetivo, para permitir o não armazenamento dos dados aquando da sua falta. Tal como realizado para o número de série, o mesmo foi elaborado para os dados: Modelo, Data de início, Índice de *software*, APD, Valor da estanquicidade Direito e Esquerdo e o Valor máximo e mínimo do Laser. Todos os outros

elementos, ilustrados na figura 6.4, não são necessários que o utilizador preencha, para o correto funcionamento do programa.

O campo referente ao número de série, além de não ter o *Null Index* ativo, é também definido como incremento automático. Isto irá permitir que este seja incrementado de forma automática cada vez que for adicionado um novo registo á tabela. Este campo é designado de *Primary Key*, que irá funcionar como identificador de cada binóculo.

Esta página foi construída com recurso a um formulário HTML, `<form>`, que é utilizado para receber tipos de dados inseridos pelo utilizador. Dentro do formulário criado, para dar um aspeto *user friendly*, foi criada uma organização em tabelas, para permitir uma inserção coerente dos dados. Como os elementos `<form>` têm diferentes tipos de elementos de entrada como *text*, *radio buttons*, *submit buttons*, *checkboxes* e entre outros, é necessário definir o `<input>` de cada um deles. Para este caso, são usados três primeiros tipos.

Em PHP existem duas maneiras distintas de um utilizador enviar a informação para um servidor *web*, através da especificação do método a utilizar: método GET e método POST. Estes dois métodos criam um *array*, onde é codificada a informação, antes do *browser* enviar a informação. Esta codificação é designada de codificação URL<sup>2</sup>. (tutorialspoint, 2019) Tanto o GET como o POST são usados, no desenvolvimento de *software*, como `$_GET` e `$_POST`, e designam variáveis super globais e, por esta razão, são variáveis que estão sempre acessíveis independentemente do local do código onde são chamadas. (w3schools, 2019) Este *array* contém pares de chave/valores, em que as chaves são os nomes dados a cada formulário e os valores são os dados de entrada inseridos pelo utilizador. Assim, para tornar todo este processo mais transparente e seguro, o envio de informação através do formulário, é realizado sempre com o método `$_POST`, pois neste método todos os dados são invisíveis, isto é, todos os dados do formulário não são colocados diretamente nos parâmetros do endereço URL, o que acontece contrariamente no método GET, mas sim passados diretamente no pedido HTTP. Um outro ponto positivo deste método é que este não apresenta limites na quantidade de informação enviada.

Assim sendo, tudo o que seja referente à introdução ou à alteração de conteúdos nesta base de dados, estes são realizados através de um POST.

---

```
if ($_POST) {
    $id=$_POST["id"];
    $modelo=$_POST["modelo"];
    $num_serie=$_POST["num_serie"];
    $ind_softw=$_POST["ind_softw"];
    $apd=$_POST["apd"];
    $estanq_dir=$_POST["estanq_dir"];
    $estanq_esq=$_POST["estanq_esq"];
    $max_laser=$_POST["max_laser"];
    $min_laser=$_POST["min_laser"];
    $inf_adicional=$_POST["inf_adicional"];
```

---

<sup>2</sup>Codificação URL converte caracteres num formato em que é possível realizar a transmissão de informação na internet (Codex, 2017)

```

$prob_softw=$_POST["prob_softw"];
$offset=$_POST["offset"];
$nao_mede=$_POST["nao_mede"];
$n_ajustagem=$_POST["n_ajustagem"];
$snr=$_POST["snr"];
$suj_objt=$_POST["suj_objt"];
$data_inicio=$_POST["data_inicio"];
}

```

---

Se realmente existir, por parte do utilizador, a introdução dos dados de, pelo menos dos dados obrigatórios, as variáveis criadas passam a ter o valor do tipo de dados igual ao `$_POST` que foi efetuado e é, então, possível realizar uma ligação à base de dados. Para tal é criado uma função, `ligarBD()`, para facilitar e diminuir a quantidade de código programado, que irá ser chamada sempre que seja necessário realizar uma ligação. Essa função irá conter uma função já pré definida do MySQL, a `mysqli_connect()` que irá permitir a conceção ao servidor MySQL. Esta função recebe quatro parâmetros tais como a especificação do utilizador MySQL, da *password*, do endereço do servidor e do nome da base de dados em causa.

Se existir algum problema durante a conexão à base de dados, é mostrado o erro no *browser*, que é retornado pela função `mysqli_connect_error()`.

Como é possível visualizar pelo excerto de código seguinte, existe dois tipos de instruções realizadas. A primeira, `INSERT INTO DB_informacoes`, diz respeito a uma nova entrada de dados e, como tal, irá ser criada uma nova entrada na tabela referente a cada novo número de série. Como o programa desenvolvido também permite a edição dos dados, foi necessário criar a segunda condição, `UPDATE DB_informacoes SET`, onde é realizada a alteração de cada coluna da tabela mediante uma nova alteração realizada pelo utilizador.

---

```

$connection = ligarBD();
if ($id == ""){
    $SQL = "INSERT INTO DB_informacoes (modelo, num_serie, ind_softw,
        apd, estanq_dir, estanq_esq, max_laser,
        min_laser, inf_adicional, data_inicio, prob_softw, offset,
        nao_mede, n_ajustagem, snr, suj_objt)
VALUES ('$modelo', '$num_serie', '$ind_softw', '$apd',
'$estanq_dir', '$estanq_esq',
'$max_laser', '$min_laser', '$inf_adicional', '$data_inicio',
'$prob_softw', '$offset', '$nao_mede', '$n_ajustagem', '$snr',
'$suj_objt')";
}
else {
    $SQL = "UPDATE DB_informacoes SET modelo='$modelo',
        num_serie='$num_serie', ind_softw='$ind_softw', apd='$apd',
        estanq_dir='$estanq_dir',
        estanq_esq='$estanq_esq', max_laser='$max_laser',

```

```

min_laser=' $min_laser', inf_adicional=' $inf_adicional',
data_inicio=' $data_inicio', prob_softw=' $prob_softw',
offset=' $offset', nao_mede=' $nao_mede',
n_ajustagem=' $n_ajustagem', snr=' $snr', suj_objt=' $suj_objt'
WHERE id_produto=$id";
}

```

## 6.6 Página de consulta de dados

A lista para realizar uma consulta de dados pode ser sempre visualizada, desde que o utilizador escolha essa opção, que se encontra sempre acessível durante todo o funcionamento da aplicação. De tal forma como as outras páginas já ilustradas, e não excetuando esta, o aspeto visual mantém-se de forma a manter a coerência entre as diversas páginas desta aplicação, que pode ser observada na figura 6.6.

ID	Número de Série	Data de Início	Modelo	Índice de Software	APD	Estanquicidade Direita	Estanquicidade Esquerda	Máximo Laser	Mínimo Laser	Probl. na programação do software	OFFSET	Não obtve medidas no control	Não foi possível realizar a ajustagem	Amarelo no histograma	Sujidade na objetiva e/ou prisma	Inf. Adicional	
2	2234578	12-04-2019	B	V6	2	0,34	0,45	7,13	2,33	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não		Editar Apagar
3	2234579	12-04-2019	B	V5	2	0	0,34	7,14	2,30	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não obtve medição OK no control porque o OFFSET foi mal realizado.	Editar Apagar
4	2234580	12-04-2019	R	V5	2	0,45	0,4	7,20	2,30	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Rosemöwe	Editar Apagar
5	2234581	12-04-2019	B	V5	3	0,65	0,55	7,33	2,9	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Rosemöwe	Editar Apagar
6	2234582	13-04-2019	B	V5	3	0,56	0,31	7,21	2,66	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não		Editar Apagar
7	2234583	13-04-2019	B	V5	3	0,80	0,82	7,46	2,88	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Trocou deckel 1vez -> fios partidos	Editar Apagar
8	2234584	13-04-2019	B	V5	3	0,90	0,70	7,56	2,12	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não		Editar Apagar
9	2234585	13-04-2019	R	V5	2	0,82	0,76	7,22	2,03	Não	Não	Não	Não	Não	Não	sem defeitos em linha	Editar Apagar
10	2234586	13-04-2019	R	V5	3	0,80	0,91	7,25	2,31	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Necessário trocar deckel	Editar Apagar

Figura 6.6: Página de consulta de dados

De uma forma simples, organizada e automática, a informação encontra-se disponível para todos os intervenientes desta aplicação. Toda a informação que era antes guardada nos cartões da linha passa estar acessível a partir desta página. A informação fica visível quando é usada a função `mysqli_fetch_array`, onde é devolvido um vetor com todos os dados armazenados na tabela.

Para permitir uma interação mais dinâmica da página facultando a pesquisa direta de um determinado produto, foi criado uma opção de pesquisa. Esta opção apresenta uma principal vantagem para o utilizador do Serviço Técnico porque pode digitar um determinado número de série de um binóculo, em que é necessário reparar e obter, em primeira mão, toda a informação do mesmo durante o processo de produção do mesmo.

ID	Número de Série	Data de Início	Modelo	Índice de Software	APD	Estanquicidade Direita	Estanquicidade Esquerda	Máximo Laser	Mínimo Laser	Probl. na programação de software	OFFSET	Não obteve medidas no control	Não foi possível realizar a ajustagem	Amarelo no histograma	Sujidade na objetiva e/ou prisma	Inf. Adicional
6	2234582	13-04-2019	B	VS	3	0,56	0,31	7,21	2,66	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Apagar</a>

Figura 6.7: Página de consulta de dados com a introdução da opção de pesquisa

Como se pode observar pela figura 6.7, após a introdução de um número de série válido, é mostrado ao utilizador a sua respetiva correspondência com os dados que foram introduzidos na base de dados.

Uma observação mais atenta da figura 6.6, permite verificar a existência de dois *links* (apenas se o *login* for realizado pela Montagem ou pela Engenharia) em azul: Editar e Apagar. Estas opções surgiram pois foi verificada a necessidade de, em alguns casos, ser fundamental trocar algum parâmetro ou até mesmo a necessidade de inserir algum tipo de informação extra. Quando estas situações ocorriam, foi constatado que a informação nos cartões de linha não era alterada o que levava a registos incoerentes com aquilo que era produzido na realidade. Assim, com a introdução destas opções, uma alteração num determinado número de série facilmente é modificado mantendo-se a conformidade com o que é na realidade produzido.

Da mesma forma que foi criada a opção para permitir editar aquilo que já foi inserido, poderá existir a necessidade de apagar um determinado registo, pelo que foi criada, também, essa opção.



## Capítulo 7

# Procedimento Experimental

No presente capítulo será abordado o problema mencionado no subcapítulo 5.3, referente ao capítulo 5. No âmbito deste projeto, a otimização do processo de montagem com influência, de forma direta, na performance destes sistemas de medição a laser, favoreceu a criação de condições orientadas de maneira a normalizar e a diminuir a variabilidade do processo produtivo, até à data descontroladas. Esse trabalho, uma vez concluído, capacita todo o processo de montagem deste produto uma vez que permite a deteção e a correção dos processos com uma relativa antecedência, aumentando aquela que é a taxa de aprovação há primeira e visando a diminuição da taxa de rejeição do produto final na QS.

De forma a explicar o estudo realizado, irão ser discriminadas todas as etapas que conduziram à sua conceção, desde a abordagem inicial, os testes e experiências realizados, até ao ensaio final com vista à validação da solução final. Nesse sentido será apresentado, neste capítulo, uma proposta de transmutação à abordagem ao processo realizado até à data, que se propõe a colmatar as limitações apresentadas.

### 7.1 Sistema de medição laser do *Geovid III*

O sistema de medição laser deste binóculo *rangefinder* é restrito às condições designadas por *eyesafety*, das normas da classe 1 tanto da *International Electrotechnical Commission* (IEC) como da *Food and Drug Administration* (FDA). Como classe 1 são considerados os lasers que são seguros para os humanos, sob condições razoavelmente previsíveis de operação, incluindo o uso de instrumentos óticos para a visualização desse mesmo feixe. (Commission, 2001)

Segundo estas normas, a energia e a taxa de repetição do pulso de energia emitido tem de ser determinados de modo a constar nos limites especificados por estas normas. É por esta razão que o procedimento Capacidade do Laser, referido no capítulo 4, tem de ser realizado para obter valores dentro da gama que é especificada, para que sejam respeitadas as normas referentes à classe 1.

## 7.2 Análise dos dados obtidos pela Simulação

Para que os objetivos do presente estágio fossem atingidos foi necessário, numa primeira fase, focar naqueles que são os resultados obtidos pelo teste de forma a realizar uma análise e um estudo criterioso, para que o sucesso do trabalho fosse alcançado.

Na realização deste teste é visualizado, através de um monitor que se encontra ligado ao sistema que irá permitir receber e tratar as informações recebidas relativamente à medição de cada binóculo, um gráfico - figura 7.1 - que representa o sinal recebido no recetor depois da digitalização e soma de 4096 impulsos.

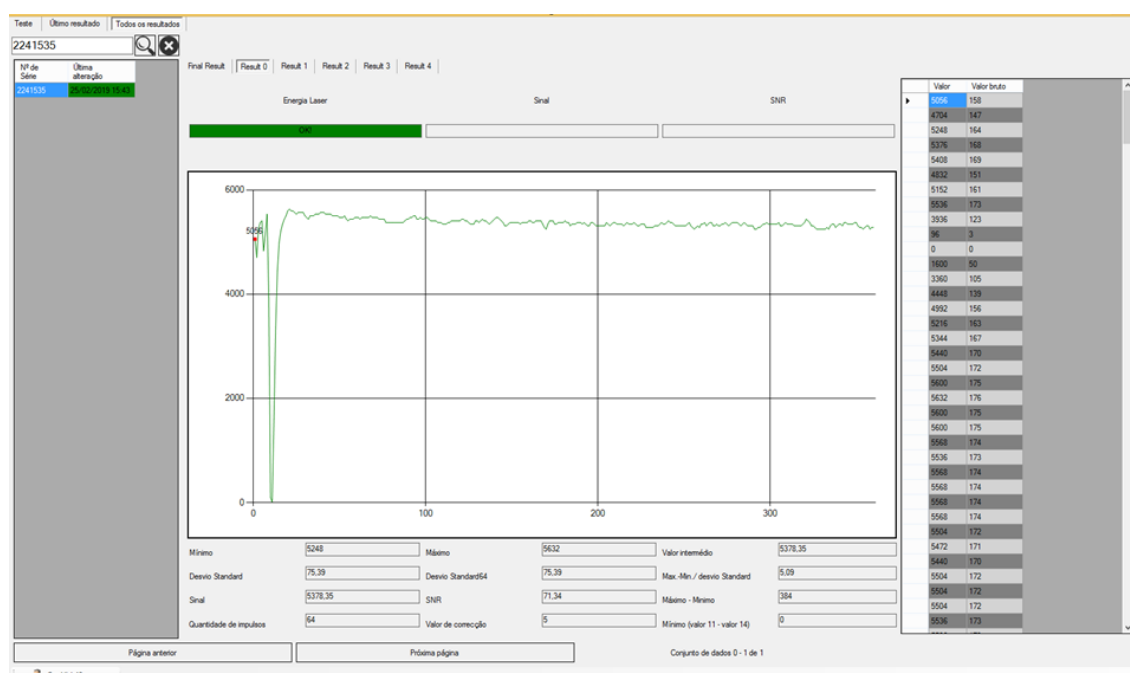


Figura 7.1: Exemplo de um resultado obtido na Simulação

Depois da emissão do feixe de laser, o sinal de receção é amostrado e guardado num conversor analógico digital (ADC) sendo, posteriormente, armazenado na memória RAM do sistema, formando um histograma de valores relativamente à amostragem realizada.

O sinal emitido pelo elemento emissor deste binóculo é composto por 64 impulsos contudo, uma vez que este sinal é relativamente baixo, por norma, o sinal de receção (também designado na literatura por sinal de *eco*) é relativamente mais baixo comparativamente com o ruído do sistema. Assim, se mais impulsos forem emitidos e a informação desses histogramas forem combinadas, o sinal de receção aumenta linearmente com o número de pulsos emitidos,  $N$ , onde o ruído aumenta proporcionalmente com a  $\sqrt{N}$ . (Perger et al., 1991)

Por esta razão são, então, emitidos 64 x 64 impulsos, de forma a ser possível tratar e analisar os dados de cada medição realizada.

Partindo desta informação foi analisado, de forma criteriosa, os restantes dados obtidos neste presente teste, para perceber como estes podem ser fulcrais para a deteção de binóculos que apresentem uma boa performance ou não.

Para uma boa compreensão de qualquer gráfico, é necessário identificar quais os dados que estão a ser mostrados em ambos os eixos, sendo que essa informação rapidamente foi obtida através da comunicação com alguns elementos da equipa. Assim sendo, o eixo Y representa o sinal digitalizado e, no eixo do X, são representado distâncias, em metros. Uma vez que o eixo X apresenta 360 intervalos, sendo que cada intervalo representa uma distância de 7.5 m correspondente a uma taxa de amostragem de 20 MHz, facilmente é calculado o alcance deste sistema: 2700 m.

O sinal amostrado apresenta esta determinada característica devido ao facto de ser usado, na parte de receção do sinal, um amplificador inversor. É por esta razão que o sinal amostrado está invertido, sendo que a sua posição representa a distância ao alvo. Dado que o alvo, para qual é realizado o teste, se encontra sempre há mesma distância do sistema, a localização deste pico deve-se encontrar sempre há mesma distância. A importância do dado *Mínimo* (valor 11 - valor 14) prende-se com o facto do alvo encontrar-se sempre há mesma distância durante o teste. Assim, o valor obtido neste parâmetro, na *Simulação*, deve ser sempre igual a zero.

É possível observar, no lado direito da figura 7.1, uma tabela constituída por números em que cada coluna é designada por *Valor* e *Valor Bruto*. Esta diferença de valores deve-se ao facto de ser usado no sistema eletrónico do binóculo um ADC de 8 bits. Portanto, os dados que são calculados no microcontrolador não são os números da coluna *Valor*. Isto porque a transmissão desses valores, num alcance de janela de 360 sobre a interface, levaria algum tempo a realizar todo o processamento, pois estamos a falar do resumo de informação relativamente a 4096 impulsos multiplicada por 256 ( $2^8 = 256$ ). Assim, os dados da coluna *Valor* são divididos por dois até conseguirem ser inseridos num valor de 8 bits. O número dessas divisões é dado pelo *Valor de Correção*, para que seja possível reconstruir a intensidade original. No exemplo que é dado, se se dividir, por exemplo o número 5056 da coluna *Valor*, por sucessivas divisões por dois até ser possível inseri-lo num valor de 8 bits, obtemos o valor de 158 que se encontra na coluna *Valor Bruto*. Verifica-se que o número 158 é menor que 256 e, para obter tal resultado, foi necessário realizar um total de cinco divisões, que é o valor que se encontra no parâmetro *Valor de Correção*.

Os restantes parâmetros de interesse expressam:

- *Sinal* é a amplitude do sinal recebido do alvo e que atinge a placa recetora. A amplitude do sinal deoende da distância a ser estimada bem como do tipo de alvo;
- *Desvio Standard* exprime o valor *rms* do ruído recebido;
- *SNR* é a relação sinal ruído e é obtido dividindo o sinal pelo ruído, ou seja, pelo desvio standard;
- *Máximo* é o ponto máximo detetado após o pico do sinal e durante a estabilização;
- *Mínimo* é o menor ponto detetado após o pico do sinal e durante a estabilização;

- *Máximo - Mínimo* é tirado no período de estabilização e caracteriza a diferença entre o maior e o menor ponto detetado no histograma. Apresenta importância ao nível da caracterização do ruído;

Uma vez que esta análise constitui, por si só, um *upgrade* a uma análise mais crítica e fundada daquilo que é a realização deste teste e, verificando a necessidade de criar mais condições para que a equipa de Engenharia, responsável pela linha de montagem do *Geovid III*, consiga estar mais instruída, foi criado um documento explicativo para permitir um acesso rápido ao estudo e análise que foi realizado. Este documento revela-se de grande importância, não só para o atual binóculo *Geovid III*, mas também considerando o desenvolvimento de novos produtos baseados no mesmo tipo de sistema eletrónico (medição de distâncias) que pode tornar-se bastante útil para uma análise mais fundada e técnica com vista, sempre, na melhoria dos processos realizadas na Leica.

### 7.3 Potenciais fontes que influenciam a performance dos sistemas laser

No decorrer da observação do processo produtivo, com o intuito da resolução dos problemas apresentados, ainda que fosse numa fase precoce e empírica do projeto, rapidamente se constatou a grande variabilidade de valores para qual um binóculo era dado como OK na *Simulação*. Ao assumir-se este ponto, é possível lidar mais elegantemente com os problemas que ocorrem devido à natureza dinâmica do processo. Normalmente, ao abordarem-se problemas afetos ao funcionamento de um qualquer processo produtivo, assume-se que este opera de forma estável e pacífica, quando, na realidade, numa *shop floor*<sup>1</sup>, constantemente surgem eventos e dinâmicas inesperadas.

Para ser possível entender a razão destas enormes variações que aconteciam neste teste e, mantendo o foco em como usar esta mesma informação para diminuir a taxa de rejeição que se verificava na QS, iniciou-se um processo exaustivo e moroso através do acompanhamento e do registo de todo o processo produtivo, principalmente nas fases em que são realizadas as ajustagens. O objetivo desta primeira fase de trabalho é tentar perceber se o modo como são realizadas estas ajustagens influenciam os resultados que são obtidos.

Foram acompanhados e analisados uma amostra de 90 binóculos, em que o objetivo foi perceber o tipo de performance que era obtido na QS: medição dentro das tolerâncias - OK; medição fora das tolerâncias - NOK. Aliados a estes dados foi também registado o número de binóculos que chegavam à QS com a indicação *SNR amarelo*. Os resultados desta análise encontram-se ilustrados no gráfico da figura 7.2.

---

<sup>1</sup>*Shop floor* é um termo frequentemente usado para referir-se a um espaço fabril. (Alcaide-Munoz, 2018)

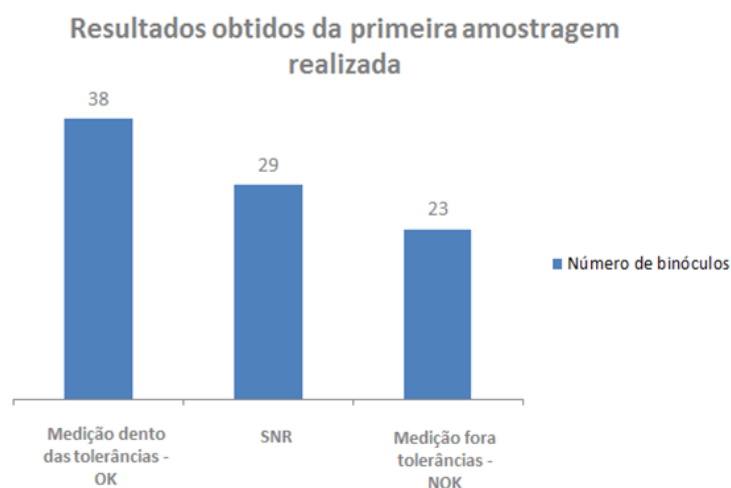


Figura 7.2: Resultados obtidos na QS da primeira amostragem

Para complementar esta análise inicial, foram também registado os valores das medições. Com este registo foi possível caracterizar, principalmente nos registos de binóculos NOK, dois tipos de erros de medição: medição próxima do limite máximo da tolerância e medição distante do limite máximo da tolerância. Para o primeiro tipo de classificação estão incluídos os binóculos que registam medições maiores que 46 m e menores que 47 m e, para a segunda classificação estão enquadrados os binóculos que registaram medições entre 47 m e 48.5 m, inclusive.

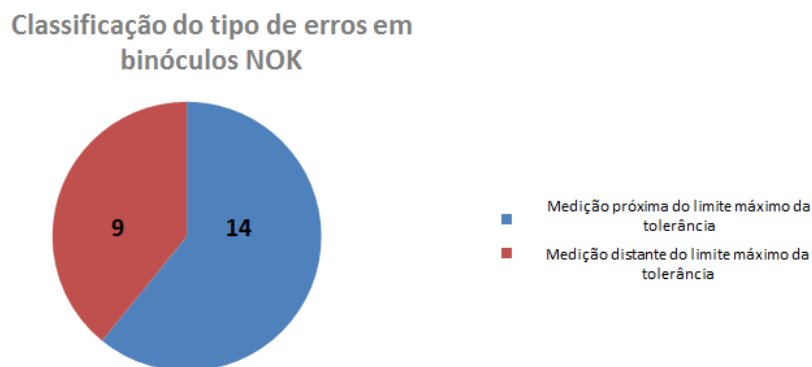


Figura 7.3: Classificação do tipo de binóculos NOK segundo os erros de medição

A análise do gráfico 7.3 permite identificar que dos 23 binóculos analisados:

- 14 apresentavam uma medição próxima do limite máximo de tolerância admissível, tendo sido registado uma média de 46.57 m e um desvio padrão de 0.29 m;
- 9 binóculos registaram uma medição classificada como distante do limite máximo de tolerância, tendo-se registado uma média de 47.89 m e um desvio padrão de 0.47 m.

Com esta abordagem inicial e fazendo uso dos dados referentes a todas as ajustagens destes 90 binóculos procedeu-se, então, a uma análise dos ajustes realizados durante o processo,

relacionando-os com o teste realizado em linha, para tentar perceber se existe variáveis que influenciam a performance e, se sim, poder identifica-las.

### 7.3.1 Análise da ajustagem do *deckel*

Iniciando a análise na ajustagem do *deckel*, com os dados obtidos e verificados na QS relativamente à performance de cada binóculo, foi possível constatar heterogeneidades na imagem obtida durante a realização deste procedimento. Apesar do centramento da imagem confirmar-se sempre, foi possível identificar e classificar dois tipos de imagens distintas que são obtidas: imagem nítida e imagem desfocada.

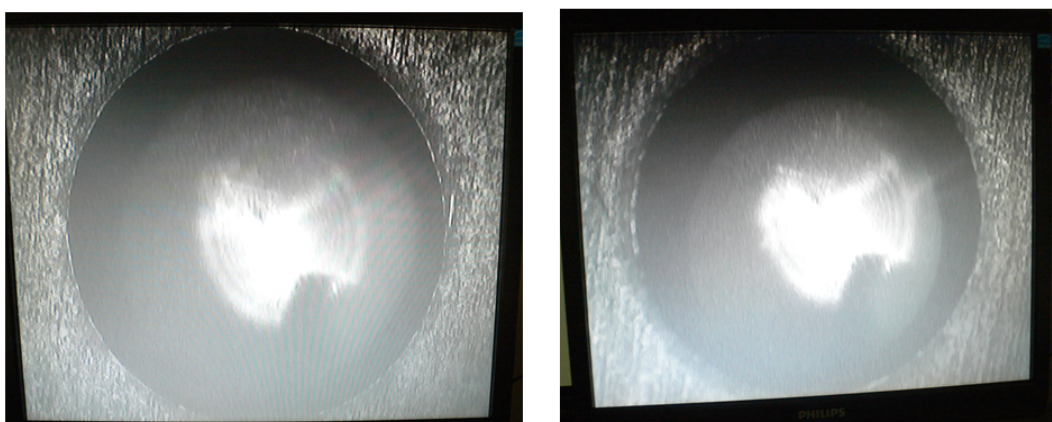


Figura 7.4: Exemplo do tipo de imagem obtida. À direita imagem nítida; À esquerda imagem desfocada.

Uma vez que esta foi a única diferença que se encontrou nesta ajustagem, o passo seguinte foi verificar se esta influenciava, ou não, a performance dos binóculos. Comprovou-se que a imagem classificada como desfocada era característica de todos os binóculos que obtiveram um registo de medições distantes do limite máximo de tolerância, ou seja, referente aos 9 binóculos apresentados na figura 7.3. A finalidade deste ajuste, como já referido no capítulo 4, é obter uma imagem centrada pois esta representa a imagem obtida do fotodíodo. O correto centramento desta imagem significa que toda a área do componente emissor é visível e, como tal, irá permitir o correto caminho de feixe de luz emitido.

Como visualizado na figura 7.4, e partindo do pressuposto de como era realizado este ajuste, seria de esperar que não houvesse discrepâncias na performance do binóculo. Contudo, tal não foi provado, uma vez que a obtenção de imagens desfocadas, apesar de se verificar o centramento da imagem, conduzia a erros de medição elevados na QS. Isto significa que este tipo de construção ótica<sup>2</sup> pode ser considerado como uma fonte de não linearidade. Com este tipo de imagem obtida, o recetor não é capaz de visualizar corretamente o emissor o que pode induzir mudanças na forma

<sup>2</sup>Neste caso, o termo construção ótica refere-se ao modo de como é realizado a ajustagem do espelho emissor e que conduz há obtenção destes tipos de imagens.

do pulso de temporização e que leva a que o tempo de voo,  $t_{TOF}$ , seja calculado erradamente levando a imprecisões no cálculo da distância.

### 7.3.2 Análise da ajustagem da placa dos LEDs

Com o intuito de perceber se a ajustagem aqui praticada manifestava algum tipo de influência na performance final do binóculo foi acompanhado o processo e procedeu-se ao ser registado. Este processo inicia-se com a ajustagem da lente colimadora, em que o objetivo prende-se com a obtenção de uma imagem focada daquilo que vai ser exibido no *display* e, que permitirá ao utilizador, visualizar as informações relativas á sua ação de medição a um determinado alvo.

Como já citado no capítulo 4, tanto após a ajustagem do colimador como da placa dos LEDs, é efetuada uma pré-secagem em linha seguindo de uma secagem na estufa UV. Durante o acompanhamento deste processo e para uma posterior análise, foi registado o antes (após pré-secagem em linha) e o depois da estufa, para ser possível aferir se existe alguma alteração e, se sim, se esta influencia a performance do produto.

Iniciando, então, com a análise da ajustagem do colimador, não se verificou qualquer tipo de alteração. Quero com isto dizer, que analisando o antes e o depois da estufa verificou-se que a nitidez do *display* se mantinha igual. Todavia, o mesmo não se verificou na análise do antes e depois da estufa da ajustagem realizada à placa dos LEDs. Ao analisar estes dados, foi possível constatar que em 78 dos 90 binóculos observados (87%), existiu variação na posição dos LEDs que tinha sido realizada anteriormente e, em regra, todas sofriam a mesma alteração - movimentava-se tanto em X como em Y.

Nesta análise realizada e para perceber o impacto das alterações foram definidas os seguintes pontos, que podem ser visualizados na figura 7.5.

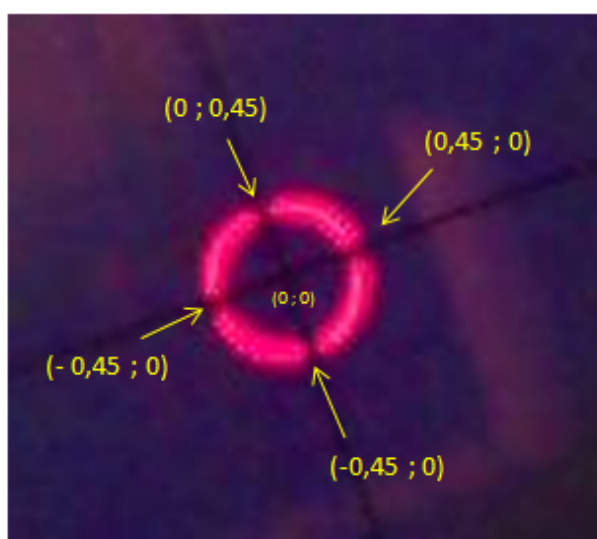


Figura 7.5: Definição dos pontos fulcrais do símbolo alvo

De notar que estes valores representam uma posição em *cm* em relação ao ponto (0;0)<sup>3</sup>. Estes valores não representam a distância real do alvo, mas sim, aquela que é visualizada no ecrã durante o processo da ajustagem e que foi usada para descrever as variações das posições.

Uma vez que se verificou que esta ajustagem sofria alterações que não eram controladas, quero com isto dizer que só foi verificado que existia alterações porque foi registado e analisado este antes e depois da estufa pois, no processo normal da linha de montagem, não é confirmada a ajustagem realizada após a ida há estufa sentiu-se a necessidade de perceber se isto influenciava a performance ou, até mesmo, os ajustes seguintes.

Partindo deste pressuposto, foi então analisado e caracterizado o tipo de alterações ocorridas, uma vez que se constatou a existência de dois tipos de alterações:

- Reduzida alteração da posição: induzem pequenas alterações no centramento do alvo previamente realizado. Verifica-se movimentos entre  $\pm 0.05$  cm e  $\pm 0.1$  cm, em ambos os eixos;

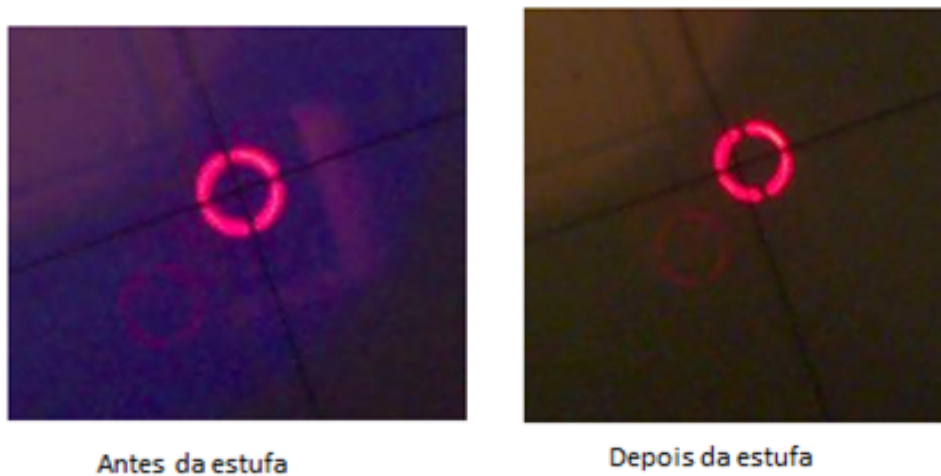


Figura 7.6: Reduzida alteração na placa dos LEDs

- Elevada alteração da posição: induzem grandes alterações no centramento do alvo previamente realizado. Alvo fica completamente descentrado em relação ao ponto (0;0). Registam-se movimentos entre  $\pm 0.2$  cm e  $\pm 0.6$  cm

<sup>3</sup>O ponto (0;0) é o ponto de origem, no eixo marcado no ecrã, sendo o ponto de referência usado para o correto centramento do símbolo



Figura 7.7: Elevada alteração na placa dos LEDs

Através desta definição de alterações foi possível relacionar com a capacidade, ou não, de realização do ajuste seguinte. Recorda-se o leitor que o sucesso desta ajustagem prende-se como facto de ser possível movimentar a lente emissora de modo a que o laser se encontre dentro da área do símbolo de alvo bem como do APD. Estes resultados podem ser visualizados no gráfico da figura 7.8.

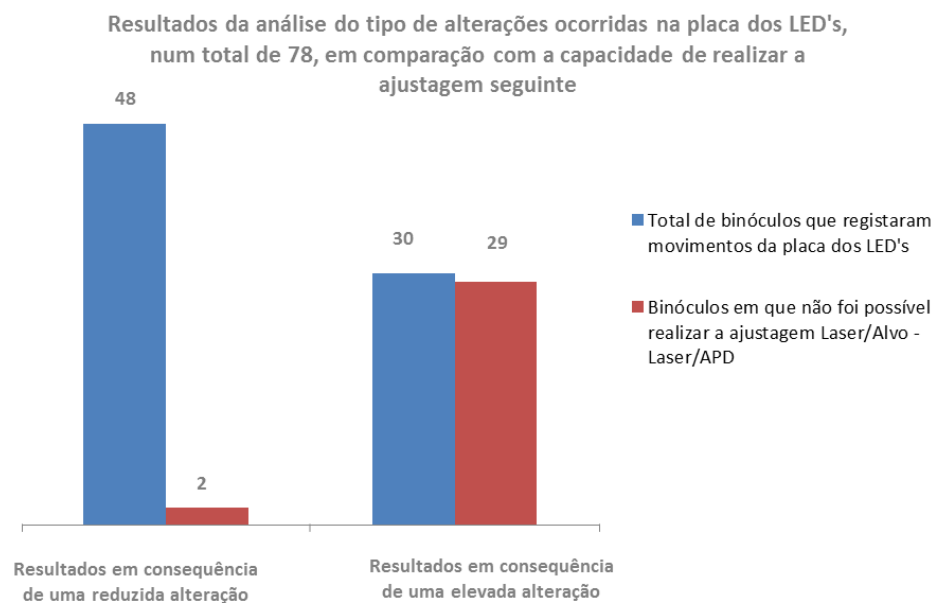


Figura 7.8: Resultados da análise do tipo de alterações ocorridas na placa dos LEDs comparativamente com a capacidade de realizar a ajustagem seguinte

Com a análise deste gráfico rapidamente se compreende que quando se trata de reduzidas alterações apenas se verifica uma percentagem residual (4%) de binóculos em que não é possível realizar a ajustagem seguinte. Contudo, quando se trata de elevadas alterações na placa dos LEDs, estamos presentes numa taxa de rejeição de 96% na ajustagem laser/APD e laser/alvo. Este elevado valor de percentagem levanta sérias dúvidas sobre a qualidade do processo realizado durante a ajustagem da placa dos LEDs, uma vez que na maior parte dos casos impossibilita a realização do ajuste e diminui, consideravelmente, a taxa de aprovação há primeira na ajustagem laser/APD e laser/alvo.

### 7.3.3 Análise da ajustagem laser/APD e laser/alvo

Segundo [Kostamovaara et al. \(1992\)](#), o tamanho/forma do laser é um parâmetro crítico no que diz respeito há precisão de um *rangefinder*. Partindo deste pressuposto, e uma vez que era sabido que o único parâmetro em questão para a realização deste ajuste era o facto de se verificar o laser dentro da área do APD bem como do alvo, nesta fase do processo foi analisado se existia diferentes formas/tamanhos de laser e, se estas, influenciavam, ou não, a performance do binóculo.

Numa análise primária, foi constatado diversas formas de laser e, como já referido, não eram tidas em consideração durante o processo. Assim, com o propósito de analisar a influência da forma do laser com os dados obtidos na QS, foi possível realizar uma correspondência entre ambos:

- Os binóculos que registaram medições dentro das tolerâncias obtiveram todos uma "assinatura" do laser alongada e que acompanha toda a área útil de receção do APD;
- Em 87% dos binóculos que registaram medição fora de tolerâncias a "assinatura" do laser era bastante distinta de binóculos que obtiveram medições corretas. Neste caso, a "assinatura" do laser apresentava uma forma mais compacta e espessa.
- Em 13% dos binóculos que registaram medição fora de tolerâncias a "assinatura" do laser era bastante distinta destas últimas duas. Tratava-se de uma forma bastante irregular e com dispersões.

Com a definição destes três tipos de tamanho/forma da "assinatura" do laser, o passo seguinte foi verificar a influência que estes apresentam, em relação com os dados obtidos no simulador.

## 7.4 Averiguação dos dados obtidos no *Simulador* e a sua relação com as ajustagens realizadas

Como já foi supramencionado, os resultados obtidos pelo simulador verificam-se insuficientes e pouco coerentes na definição daquilo que irá ser tratado como um binóculo OK ou como um binóculo NOK.

Com o estudo inicial dos dados obtidos pela *Simulação* e conjugando estes com a análise realizada nos diferentes ajustes, foi possível constatar uma série de informações que não eram utilizadas e que, fazendo uso destas mesmas, é possível determinar e diferenciar, neste ponto do processo de montagem de uma forma correta e assertiva, um binóculo OK de um binóculo NOK.

Iniciando a análise dos binóculos com a "assinatura" do laser irregular e dispersa, foi possível perceber e relacionar esta informação com os dados que eram obtidos no teste. Por consequência do tipo de forma de laser, levou que o sinal no gráfico não atingisse o zero e, como de esperar, o dado *Mínimo* (*Valor 11 - Valor 14*) foi diferente de zero - figura 7.9.

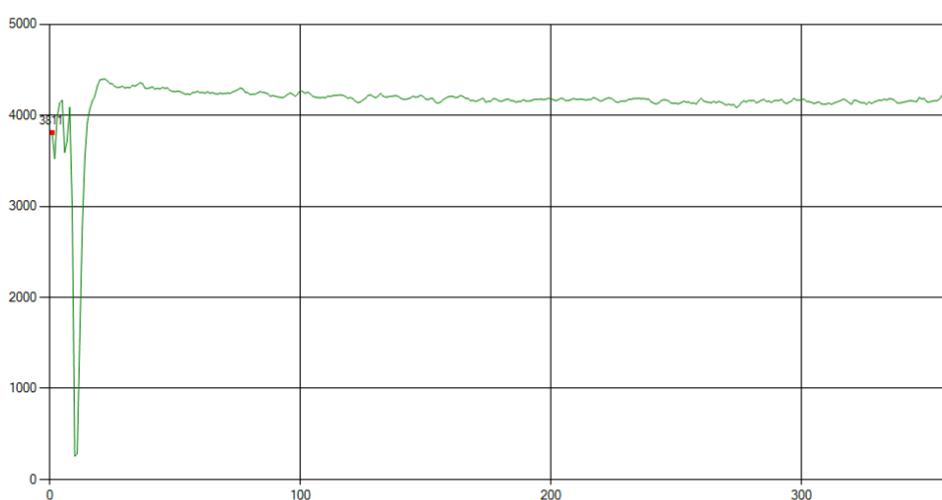


Figura 7.9: Resultado exemplificativo de um binóculo em que o sinal não atingiu o zero

Também foi possível verificar que os resultados que eram obtidos nas cinco medições realizadas pelo simulador apresentavam uma enorme discrepância de valores, como foi o caso da grandeza do sinal que variava entre as poucas dezenas até a uma ordem de grandeza de milhares e o valor obtido no dado *Mínimo* (*Valor 11 - Valor 14*) que, aliado ao facto de nunca ser zero, nunca mantinha-se constante. Todos estes dados obtidos, mas que não eram usados para ser realizado uma tomada de decisão, informam-nos que estamos na presença de um binóculo que não é capaz de medir corretamente, bem como é incapaz de detetar uma determinada posição a um alvo.

A seguinte etapa foi analisar os dados relativos a binóculos OK e NOK, com o intuito de perceber se existia diferenças nos dados obtidos que permitissem analisar a influência dos dois tipos de "assinaturas" definidas.

A respeito dos binóculos que registaram medições incorretas na QS e, apesar de ter sido obtido *Verde* na *Simulação*, foi possível constatar que o comportamento visualizado no *Simulador* era bastante característico - figura 7.10 - e distinto de binóculos OK.

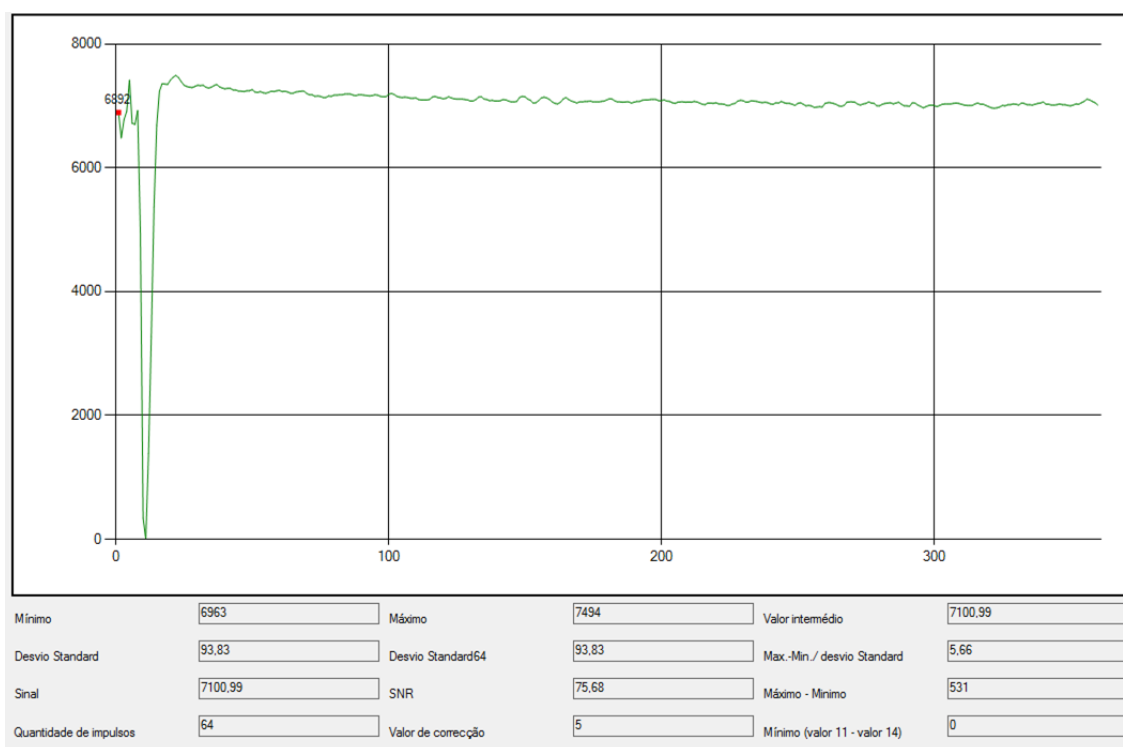


Figura 7.10: Resultado exemplificativo de um binóculo com um resultado NOK na QS

A ordem de grandeza do sinal encontrava-se sempre dentro do intervalo de 6000 e 8500 o que, comparando com os testes de binóculos que registaram medições OK, eram bastante superiores. O dado *Máximo-Mínimo*, e que é bastante pertinente para caracterizar o ruído do sistema, também apresentava um comportamento distintivo - tinha os maiores valores situando-se sempre entre 400 e 580. No valor SNR também foi possível fazer uma distinção, comparativamente com binóculos que mediam OK, sendo que este encontrava-se sempre entre 70 e 80.

De uma forma clara, através da visualização das imagens 7.10 e 7.11, evidenciasse as diferenças dos resultados da simulação para um binóculo NOK e OK, respetivamente.

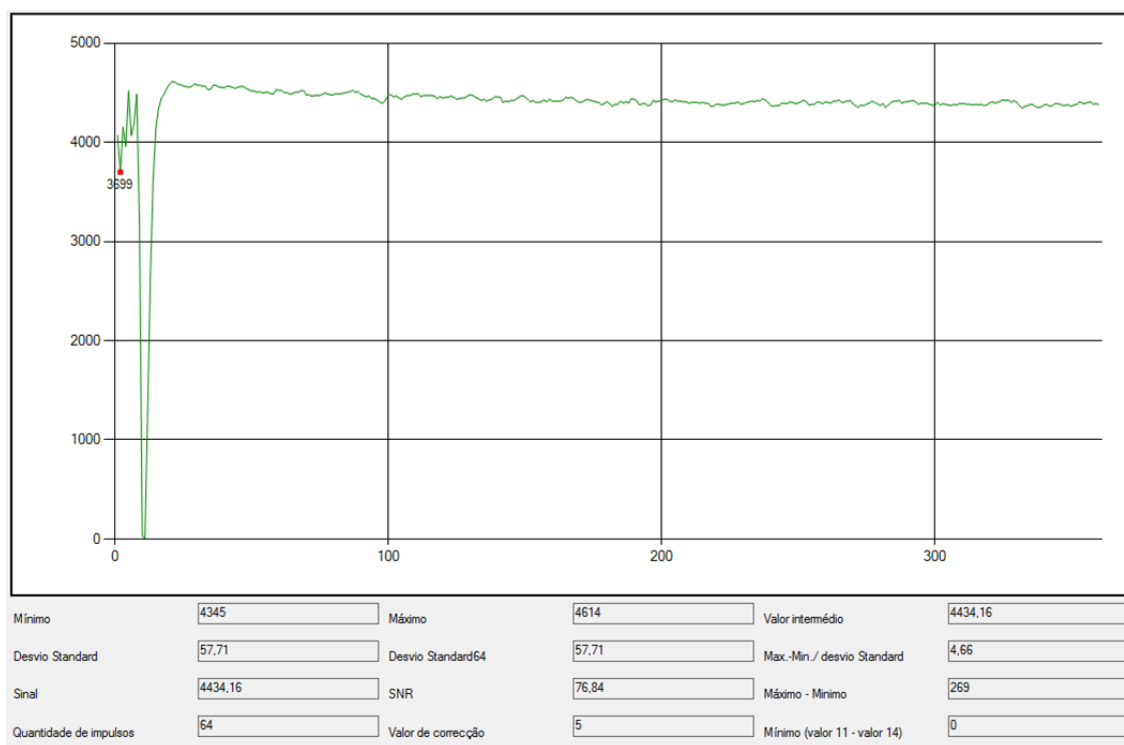


Figura 7.11: Resultado exemplificativo de um binóculo com um resultado OK na QS

Apesar de aparentemente o gráfico ser idêntico, é possível verificar as diferenças que estão na base da definição de um binóculo NOK de um OK.

A forma/tamanho do laser também tem influência no nível de ruído detetado, que é reconhecido através do dado *Desvio Standard*. Em binóculos NOK o nível de ruído apresentava sempre valores mais elevados em relação a binóculos OK. Através da revisão bibliográfica realizada sabe-se que o ruído interno é causado, especialmente, pelo canal de receção de STOP do sistema. Sabe-se, também, que é por intermédio da receção do sinal de STOP que o *timer* é terminado e aplicado o método TOF para cálculo da distância, através do tempo de voo ( $t_{TOF}$ ). A presença de uma forma de laser característica como esta, em que não existe um acompanhamento da área útil no elemento recetor e que, como verificado, induz elevado ruído no sistema leva a alterações no  $t_{TOF}$  que, por consequência, irá realizar um cálculo de distância fora das tolerâncias admissíveis.

A análise dos resultados dos binóculos que obtiveram sinal *Amarelo* teve em conta o percurso diferenciado que estes seguem ao longo da linha. Como explicado no capítulo 4, quando o binóculo obtém um *Amarelo* no teste, este não passa diretamente para o Controlo de Qualidade para ser realizado o processo normal de inspeção de qualidade. Estes binóculos são colocados em caixas para, posteriormente, irem ao exterior da fábrica realizar medidas de verificação a longas distâncias. É através da conformidade desta verificação que o binóculo é identificado como OK ou como NOK. Em regra existe um acumular de binóculos, ao longo das semanas na QS, até existir a disponibilidade por parte de um elemento responsável da QS para que este possa verificar a conformidade do produto a longas distâncias. Neste sentido, foram analisados os resultados de todos

os binóculos da amostra que registaram *Amarelo* para tentar perceber se com a análise dos dados do *Simulador* é possível classificar os produtos como OK e NOK sem ser necessário realizar as medidas a distâncias longas.

Assim, verificou-se três tipos de comportamentos distintos:

1. Sinal na ordem de grandeza de binóculos NOK e com o dado *Mínimo* (valor 11 - valor 14) diferente de zero;
2. Sinal na ordem de grandeza de binóculos OK e com o dado *Mínimo* (valor 11 - valor 14) igual a zero;
3. Sinal na ordem de grandeza de binóculos OK mas com o dado *Mínimo* (valor 11 - valor 14) diferente de zero.

Com os tipos de comportamentos enumerados, tentou-se realizar uma correlação com as informações já obtidas primeiramente e foi registado o comportamento a longas distâncias para perceber realmente o desempenho dos binóculos.

O comportamento enumerado no ponto 1. foi característico de cinco binóculos, no total dos 29 que obtiveram amarelo na *Simulação* (ver imagem 7.2), o que corresponde a uma percentagem de 17%. Em todos esses binóculos, aliados à ordem de grandeza do sinal estar entre 6000 e 8500, verificou-se, também, que a "assinatura" do laser era análoga aos binóculos que obtiveram *Verde* mas que registaram medições NOK na QS. Assim, partindo deste princípio, seria de prever que a verificação de medidas registasse valores fora de tolerância admissível. Para que fosse corroborado foram registados as medições de todos estes binóculos. Contudo, para não tornar massivo a interpretação destes dados, na tabela 7.1 estão representados os resultados obtidos de dois binóculos, aleatoriamente escolhidos, mas que fazem parte desta amostra realizada.

Distância ao alvo (m)	Binóculo 1			Binóculo 2		
	294	522	2500	294	522	2500
Medida 1 (m)	280	490	2300	270	492	2300
Medida 2 (m)	275	490	2350	270	492	2300
Medida 3 (m)	275	491	2342	279	400	2360
Medida 4 (m)	276	492	2345	280	405	2372
Medida 5 (m)	265	492	2300	283	490	2375

Tabela 7.1: Resultado de dois binóculos com o comportamento descrito em 1.

Uma vez que se está a realizar medidas a alvos que se encontram a uma distância relativamente extensa, foram realizadas cinco medições com o propósito de verificar a precisão e a repetibilidade de cada um. Como previsto, os resultados obtidos estão fora da tolerância admissível e verifica-se que com o aumento da distância existe uma perda da precisão do binóculo. Um outro ponto interessante e resultado desta análise foi o de que, durante a realização destas medições, verificaram-se

#### 7.4 Averiguação dos dados obtidos no Simulador e a sua relação com as ajustagens realizadas 101

falhas na detecção do alvo. Isto quer dizer que para a realização destas cinco medições, foi necessário realizar mais que cinco disparos pois o alvo não era detetado logo ao primeiro disparo, em cada uma das medidas realizadas.

Se se analisar o resultado do teste realizado a um destes binóculos, representado na figura 7.12, verifica-se que o dado *Mínimo* (Valor 11 - Valor 14) é diferente de zero.

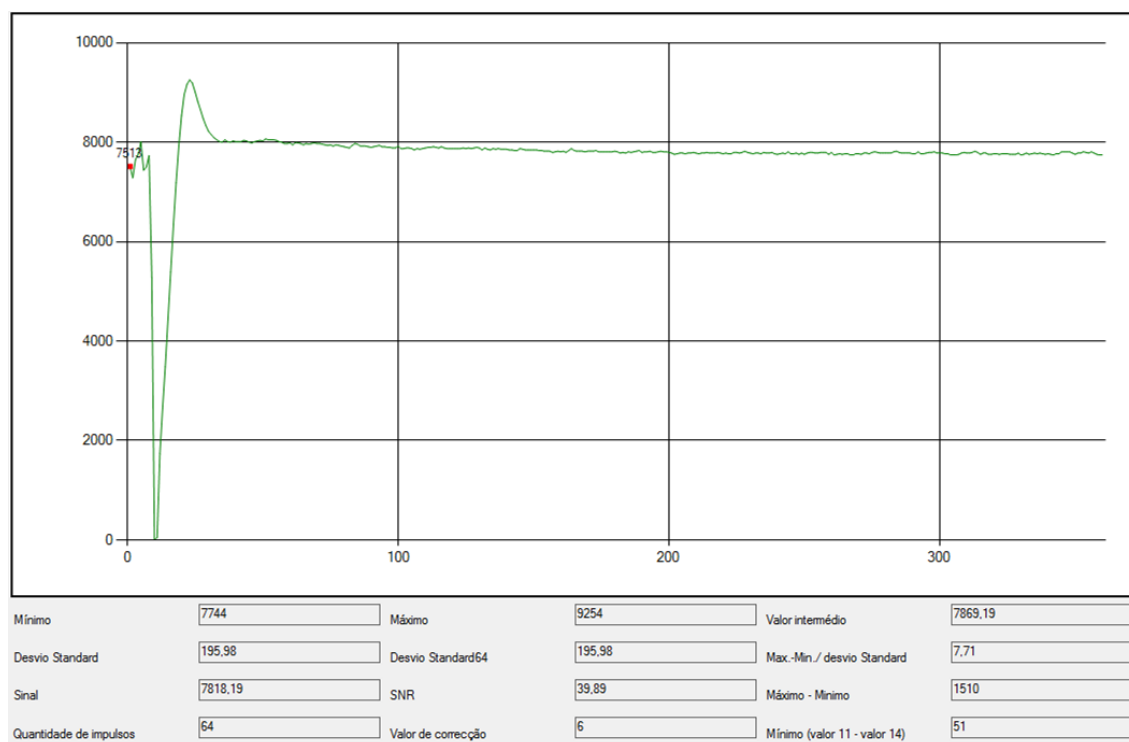


Figura 7.12: Resultado exemplificativo de um binóculo com o comportamento descrito em 1.

Conforme o que foi mencionado relativamente há importância de se verificar zero no parâmetro *Mínimo* (Valor 11 - Valor 14) também se verificou que em todos estes binóculos o zero nunca era atingido neste intervalo, e apresentava sempre valores muito distintos em cada resultado do teste. Estas variações apontam para uma instabilidade na performance do binóculo pois para uma mesma distância, como o ponto zero está a ser atingido fora desse intervalo, significa que o binóculo está a detetar o alvo a diferentes distâncias quando, na realidade, trata-se de um alvo imóvel. Desta forma, aquilo que foi previsto apenas pela análise do teste constatou-se fidedigno - binóculo NOK e binóculo pouco preciso e instável.

No que se refere ao ponto 2. apresentado, foi realizado o mesmo tipo de abordagem, sendo este um comportamento referente a 18 binóculos (62%). Nesta amostra, verificou-se que a "assinatura" do laser era idêntica a binóculos que registaram medidas corretas apresentando a mesma ordem de grandeza do sinal - entre 3000 e 6000. Além disso, o zero foi atingido no parâmetro *Mínimo* (Valor 11 - Valor 14), o que, aliado ao facto de se verificar a "assinatura" característica e a ordem de grandeza do sinal será de esperar que a verificação a longas distâncias seja positiva.

Semelhantemente, foram verificadas as medições a longas distâncias o que, uma vez mais, permitiu comprovar o que seria esperado. Na tabela 7.2 apenas está representado os valores das medições respetivos a dois binóculos, escolhidos aleatoriamente na amostra, para que não se torne extensiva e maçadora a sua análise.

Distância ao alvo (m)	Binóculo 3			Binóculo 4		
	294	522	2500	294	522	2500
Medida 1 (m)	291	523	2370	290	522	2360
Medida 2 (m)	291	523	2375	290	523	2369
Medida 3 (m)	291	524	2380	290	523	2379
Medida 4 (m)	290	522	2370	291	523	2388
Medida 5 (m)	292	522	2382	291	523	2390

Tabela 7.2: Resultado de dois binóculos com o comportamento descrito em 2.

A verificação destes binóculos a longas distâncias permitiu comprovar que, se se obter estes determinados dados nos parâmetros do teste, estamos na presença de binóculos que na verificação a longas distâncias irão medir dentro de tolerâncias. Na figura 7.13 encontra-se o resultado de um dos binóculos pertencentes há amostra realizada.

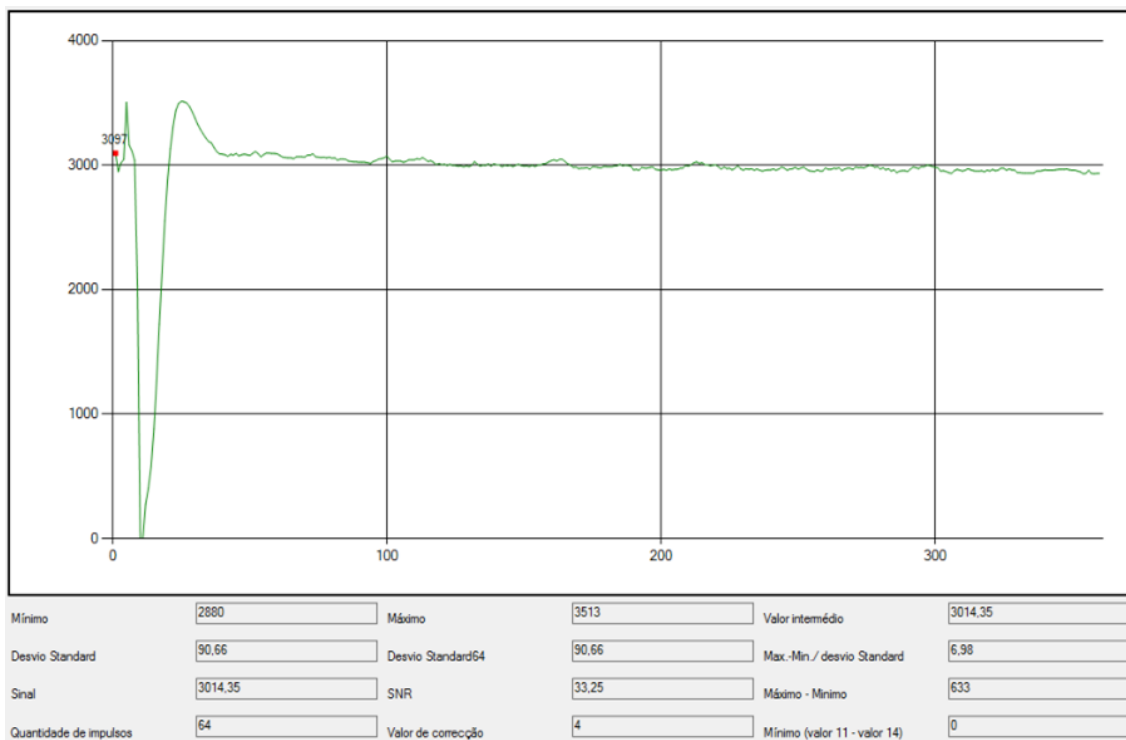


Figura 7.13: Resultado exemplificativo de um binóculo com o comportamento descrito em 2.

A realização das medidas apresentadas na tabela 7.2, permitiu verificar que este tipo de comportamento apresenta os valores mais constantes de medição. No capítulo 4 foi mencionado as

tolerâncias admissíveis a longas distâncias para um determinado binóculo ser aprovado, sendo necessário, apenas, verificar o limite de tolerâncias para as duas primeiras distâncias (294 m e 522 m). O facto de o zero ter sido atingido no parâmetro *Mínimo* (*Valor 11 - Valor 14*) indica que o binóculo, apesar de apresentar um elevado valor de ruído, têm a capacidade de detetar corretamente um alvo. Contudo, uma vez que estamos a falar de binóculos que obtiveram *Amarelo* devido ao valor obtido no SNR, estes apresentam um valor de ruído (representado pelo *Desvio Standard*) elevado. A presença de um elevado ruído, para distâncias extremamente elevadas, pode induzir medições incorretas, que é o que é verificado em todos estes binóculos.

Finalmente, o terceiro comportamento descrito foi o que se revelou mais incerto. Em seis binóculos analisados com este tipo de comportamento (21%), três obtiveram medições dentro das tolerâncias e os outros três estavam fora de tolerâncias. Na tabela 7.3 estão ilustrados, em primeiro lugar, um caso representativo dos binóculos que mediram bem e, em segundo lugar, um caso representativo da amostra de binóculos que mediram mal.

Distância ao alvo (m)	Binóculo 5			Binóculo 6		
	294	522	2500	294	522	2500
Medida 1 (m)	279	485	2360	290	520	2356
Medida 2 (m)	278	487	2359	290	523	2356
Medida 3 (m)	280	486	2372	289	524	2375
Medida 4 (m)	282	490	2370	287	523	2352
Medida 5 (m)	282	490	2370	286	520	2360

Tabela 7.3: Resultado de dois binóculos com o comportamento descrito em 3.

No caso de binóculos com este tipo de comportamento, tanto no caso de medirem dentro de tolerâncias como no caso de medirem fora de tolerância, verificou-se que apresentavam, também, falhas na deteção do alvo. Isto deve-se ao facto de, uma vez que não está garantido o ponto zero no dado *Mínimo* (*valor 11 - valor 12*), o binóculo tem dificuldades em determinar de forma correta e assertiva qualquer tipo de alvo. A medida para uma distância de 2500 m não foi exceção, verificando-se fora de tolerâncias, em ambos os casos.

## 7.5 Oportunidades de melhorias no processo de montagem

Com esta abordagem inicial realizada ponderou-se que a natureza dos diferentes tipos de performance verificados nos binóculos adviriam dos seguintes fatores:

- Incorreta ajustagem do *deckel*;
- Movimento não deliberado da placa dos LEDs;

- A ajustagem laser/alvo - laser/APD insuficiente face aos diferentes tipos de "assinaturas" de laser verificado;

Todos estes fatores, aliados à falta de conhecimento para análise dos dados da *Simulação*, verificam-se bastante críticos pois apresentam uma influência direta na produtividade da própria linha - baixa taxa de aprovação aprovada pelo Controlo de Qualidade - bem como uma elevada taxa de retrabalhos associados o que vai exigir um maior dispêndio de recursos e de tempo para repor o produto dentro dos requisitos técnicos da Leica. Todo este tempo é contabilizado em custos acrescidos que conduzem a uma menor produtividade da linha de montagem.

Perante os pressupostos descritos, serão apresentados, nos próximos tópicos, os métodos, os testes executados nos binóculos e as propostas de melhorias. O intuito será, sempre, a redução ou a atenuação da ocorrência de tais defeitos, com o propósito de realizar otimizações na linha e/ou diminuir a variabilidade do processo que se traduzam numa diminuição significativa da rejeição do produto.

## **7.6 Parametrização do processo na linha de montagem - ajustagem do *deckel***

No decorrer do estudo da procura de soluções, foi acompanhado o processo de ajustagem do *deckel* para tentar perceber como podia ser mitigado o problema já mencionado. Foram, então, acompanhados a ajustagem de 42 *deckel* para perceber o que é que influenciava a diferença de imagens obtidas. No global da amostra realizada verificou-se o aparecimento de 6 *deckel* onde a ajustagem resultou numa imagem desfocada.

Posto isto, foram levantados dois tipos de questões: a primeira relacionava-se com o tipo de ajustagem realizada, isto é, se era resultado da realização de uma ajustagem imprópria até há data; a segunda, relacionou-se com o facto de este problema poder advir da própria qualidade do espelho usado.

Ao nível da ajustagem, um dos principais requisitos é o facto de o espelho ter obrigatoriamente de fazer batente numa posição pré-definida do *deckel* para que seja possível aplicar os pontos de cola e, também, porque esta define a posição correta do espelho relativamente ao emissor.

Nos 6 *deckel* em que se obteve a imagem desfocada, por mais que se movesse o espelho, mantendo sempre a centralidade da imagem visualizada, a qualidade de imagem obtida não se alterava. Do mesmo modo, nos *deckel* em que a ajustagem do espelho resultava numa imagem nítida, por mais que se movesse o espelho a imagem obtida era sempre nítida. Isto posto, a causa das características das imagens nada tem haver com o tipo de ajustagem realizada mas sim, causada pela qualidade do próprio espelho usado.

Uma vez que esta fonte de erro tem uma influência significativa na taxa de rejeição do produto final, como já reportado, sentiu-se, então, a necessidade de realizar uma standardização do processo para diminuir a variabilidade do processo que foi reconhecida. Como percebido, a falta de

definição deste dois tipos de imagens no processo conduzia a que na QS o binóculo não fosse aprovado devido a erros na medição, que resultavam sempre nos maiores erros de distância calculado. Assim, na própria instrução de trabalho torna-se necessário definir e instruir os colaboradores para as diferenças entre uma imagem nítida e uma imagem desfocada e, sempre que surgir um espelho que induza uma imagem desfocada rejeita-lo.

Com esta amostra realizada percebe-se que o aparecimento de espelhos que irão passar a ser rejeitados na linha não apresenta uma ocorrência elevada. Portanto, uma vez que tem influências na própria produtividade da linha devido à rejeição do produto na QS, a rejeição do espelho deve ser, definitivamente, praticada.

## 7.7 Parametrização do processo na linha de montagem - ajustagem da placa dos LEDs

Dado que este processo não é verificado após a secagem na estufa e uma vez que se verificou que quando existe elevadas alterações de posicionamento dos LEDs, a ajustagem laser/alvo - laser/APD fica comprometida, pois é impossível a colocação da "assinatura" do laser no interior tanto do alvo como do APD. Isto implica que o binóculo não siga para a frente sendo necessário voltar atrás na linha e realizar novamente a ajustagem da placa dos LEDs. Verifica-se, então, a importância de propor melhorias a este processo aqui realizado com o intuito de evitar este movimento que irá implicar a realização ou não da ajustagem laser/alvo - laser/APD.

Numa primeira fase, avaliou-se a possibilidade de realizar mais pontos de cola que são aplicados quando é finalizado a ajustagem. Isto porque, se existe movimento na placa dos LEDs após a ajustagem realizada, não se trata de um erro feito pela operadora mas sim, de uma alteração que ocorreu após este processo. No decorrer da avaliação deste novo procedimento a realizar, rapidamente se constatou na impossibilidade de criar mais pontos de cola devido à ausência de mais pontos de contactos entre a placa e a cadeira prismática.

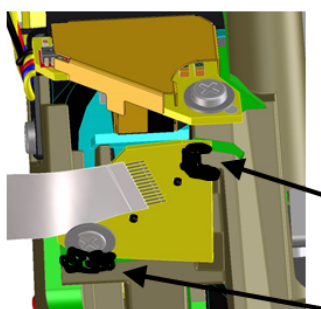


Figura 7.14: Pontos de cola aplicados

Na figura 7.14, estão ilustrados os pontos de cola que são realizados sendo possível verificar que o local onde já são colados são os únicos pontos de contacto com a cadeira prismática. Devido a este contratempo, foi necessário idealizar outro tipo de procedimento.

Uma outra possível causa que influencia o movimento não programado dos LEDs pode advir do facto de o tempo que está a ser aplicado para a secagem seja insuficiente. Após a pré-secagem em linha, todas as cadeiras prismáticas são colocadas em caixas para permitir o transporte desde a linha até á estufa. Todo este percurso é bastante difícil de quantificar e de definir com clareza aquilo que realmente acontece, pois é realizado por pessoas e, como tal, podem ocorrer diversos fatores como movimentos bruscos que podem causar as alterações na ajustagem da placa e que são difíceis de prever. Dado a dificuldade de minimizar estes erros humanos, e uma vez que é primordial criar condições para que não se verifique alterações nestas placas, foi necessário procurar alternativas aos tempos de secagem praticados e, para tal, realizou-se um teste com diferentes tempos de secagem. Na tabela 7.4 está apresentado a quantidade de binóculos testados, os diferentes tempos de secagem testados e a percentagem de elevadas alterações verificadas.

Quantidade Testada	Tempo de pré-secagem [s]	Tempo de secagem na estufa [min]	Percentagem de movimentos elevados registados [%]
15	60	2.5	13
15	40	5	87
15	60	5	6

Tabela 7.4: Teste com diferentes tempos de secagem

Em todos os 45 binóculos analisados foi registado como se encontrava a ajustagem realizada antes (após pré-secagem) e depois de irem à estufa para que permitisse obter conclusões sobre a melhor alteração a implementar. Nos três testes realizados, a atenção recaiu na percentagem de movimentos elevados pois foram estes que foram identificados como a causa da impossibilidade de realização da ajustagem laser/alvo - laser/APD.

Pela análise da tabela 7.4, percebe-se que uma alteração em que não se verifique o aumento do tempo de pré-secagem pouca influência tem na atenuação do movimento não programado da placa. O facto de ainda se continuar a verificar uma percentagem de 87% de movimentos elevados da placa não irá reduzir a rejeição verificada na ajustagem laser/alvo - laser/APD. Os testes que resultaram num satisfatório comportamento foram aqueles em que se registou um aumento de 40 s para 60 s, na pré-secagem. Com o aumento da pré-secagem em 20 s é possível alcançar um processo menos variável e que fique menos dependente das variáveis externas difíceis de prever e precaver.

O aumento de pré-secagem em 20 s, apesar de não se eliminar por completo o movimento não programado dos LEDs, permitiu verificar que em mais de metade do número de binóculos analisados foram verificadas pequeníssimas alterações, menores que 0.05 cm (figura 7.15).

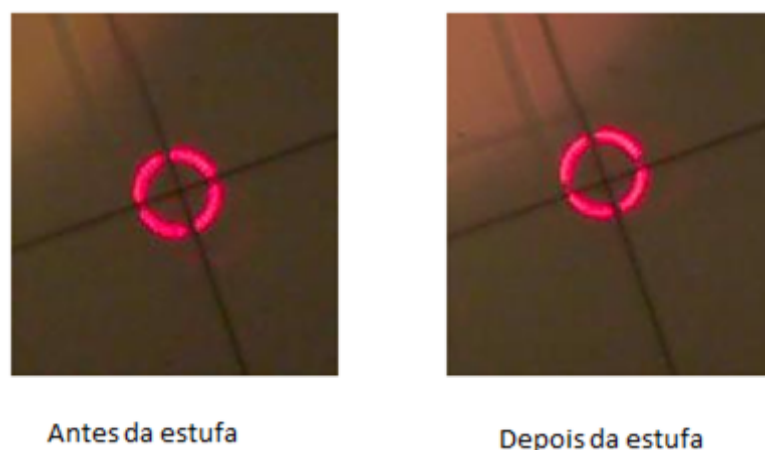


Figura 7.15: Alteração sofrida após aumento de 20 s na pré-secagem

Estas pequeníssimas alterações que se verificam e, considerando uma correta ajustagem e o que foi definido no subcapítulo 7.3.2, não irão influenciar as ajustagens seguintes. Apesar do tempo de secagem de 60 s mais 5 min ter sido o que registou um melhor comportamento, não foi o que foi proposto para a nova parametrização da linha pois iria aumentar mais de 100% a duração deste processo.

O resultado do teste para os 15 binóculos (60 s de pré-secagem mais 2.5 min na estufa) foram, então, os representados no gráfico da figura 7.16, sendo a percentagem de binóculos que não realizaram a ajustagem laser/alvo - laser/APD de apenas 13%, representando um decréscimo de 21% face aos resultados anteriormente apresentados.



Figura 7.16: Alteração sofrida após aumento de 20 s na pré-secagem

A eliminação por completo deste movimento é bastante difícil de alcançar, porque todas as variáveis externas mencionadas anteriormente são, também, difíceis de serem suprimidas.

## 7.8 Parametrização do processo de montagem - ajustagem laser/alvo e laser/APD

No que concerne a este procedimento aqui realizado a análise realizada proporcionou a identificação de diferentes tipos de formas/tamanhos de laser que expressavam uma influência direta na performance dos binóculos, mas que não eram consideradas.

Com o propósito de conseguir identificar se estas diferenças advinham do processo de montagem efetuado foi averiguado a influência que a preparação da secção emissora, o *deckel*, apresentava na obtenção de diferentes tipos de "assinatura" do laser. Dado que foram identificados três tipos de "assinatura" de laser distintos foram selecionados: 10 binóculos com a forma de laser alongada e que acompanha a área útil do APD; 10 binóculos com a forma de laser compacta e espessa; e, por fim, 4 binóculos com a forma de laser irregular e com dispersões.

Na preparação da secção emissora, além da colocação do elemento emissor é, também, colocado dois espelhos e uma lente emissora. A colocação destes dois espelhos permite o correto caminho do feixe de luz que será emitido através da lente emissora. Assim, em todos os binóculos analisados o elemento emissor manteve-se sempre o mesmo, de modo a ser possível aferir a influência destes elementos (espelhos e lente) na obtenção dos diversos tipos de "assinatura" do laser. Em todos os binóculos selecionados para análise, a alteração por outros espelhos e lente nada influenciou a diferenças obtidas da "assinatura" do laser. Quero com isto dizer, que todos os binóculos que tinham uma respetiva "assinatura" de laser, após a alteração por outros elementos óticos, as suas "assinaturas" mantiveram-se as mesmas. Isto demonstra que a causa raiz das diferentes formas/tamanhos do laser, não advém das próprias características dos elementos óticos mas sim, do próprio elemento emissor. Devido à impossibilidade de serem testados outros elementos emissores para verificar a influência destes na performance do sistema, e para permitir uma diminuição da taxa de rejeição dos binóculos verificados na QS, foi traçado um novo procedimento a ser realizado.

Sendo que o procedimento realizado até há data na ajustagem verificou-se, por si só, insuficiente, isto é, a colocação do laser dentro da área delimitadora do APD e do símbolo alvo não é satisfatória ao nível da obtenção de uma boa performance do binóculo, e verificando a influência que a variável "assinatura" do laser apresenta nesta definição foi, então, proposto um novo procedimento que deve ser realizado.

Como já foi mencionado, existe três tipos de formas/tamanhos de laser sendo que cada uma delas apresenta um comportamento distinto. Por esta mesma razão, devem ser incluídos nos AU imagens destes três tipos de "assinaturas" para impedir que determinados tipos de elementos emissores prossigam na linha.

Se a imagem obtida da "assinatura" do laser for a idêntica à figura 7.17, a secção emissora deve ser rejeitada fazendo com que o binóculo não prossiga na linha.

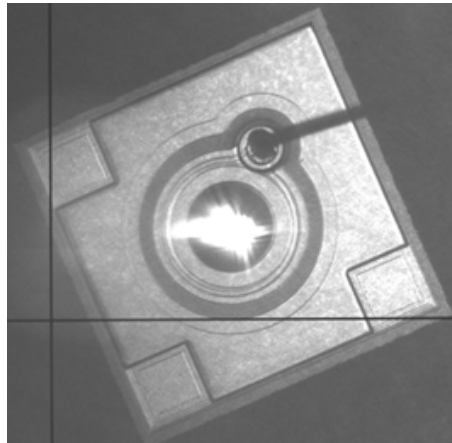


Figura 7.17: Assinatura do laser dispersa e irregular

Este tipo de "assinatura" identifica um binóculo que não tem a capacidade de detetar, de forma correta, uma determinada distância. Por esta mesma razão o *deckel* deve ser rejeitado, mais propriamente o elemento emissor que o constitui.

Por outro lado, se a imagem obtida da "assinatura" do laser for a idêntica à figura 7.18 ou à figura 7.19, um diferente procedimento deve ser realizado.

Como foi referido em 7.3.3, existe um tipo de "assinatura" que é característica de binóculos que registam medições dentro de tolerâncias na QS, que é o caso da "assinatura" ilustrada na figura 7.18.

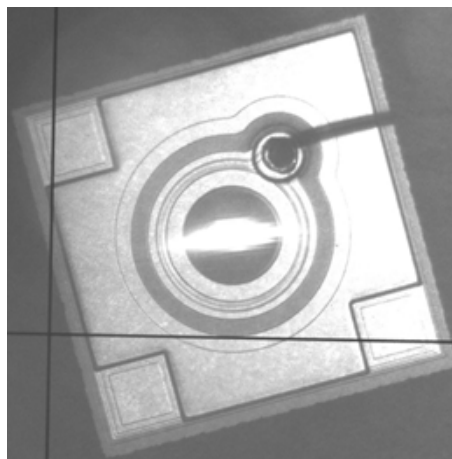


Figura 7.18: Assinatura do laser alongada (acompanha a área útil do APD)

Por outro lado, a "assinatura" representada na figura 7.19 identifica binóculos que registam medições fora das tolerâncias na QS.

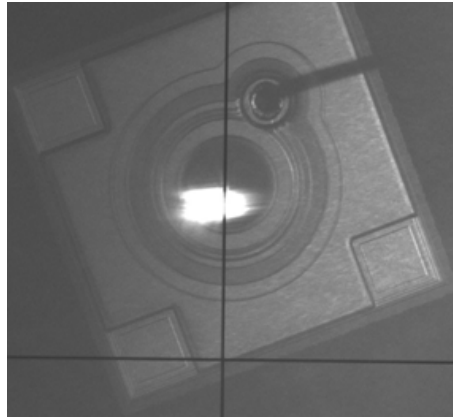


Figura 7.19: Assinatura do laser espessa e compacta

Porém, na presença destas duas últimas "assinaturas" representadas, a decisão se o binóculo é rejeitado ou não apenas irá ser realizada após a verificação dos dados obtidos na *Simulação*. Isto porque aquando da obtenção de um sinal *Amarelo* na simulação em que se obtenha um sinal na ordem de grandeza definida como OK mas, em que o zero não é atingido no parâmetro *Mínimo* (valor 11 - valor 14), nada se pode concluir sobre a performance do binóculo neste ponto da linha de montagem até porque, pela análise inicial realizada, os binóculos que apresentaram este tipo de comportamento, a "assinatura" verificada tanto era a da figura 7.18 como da 7.19, sendo necessário verificar sempre o comportamento do binóculo a longas distâncias.

Por este motivo, na realização desta ajustagem, a única "assinatura" que deve ser prontamente rejeitada é a representada na figura 7.17 sendo que quando é obtida as outras duas assinaturas, no cartão de rastreabilidade que acompanha o binóculo deve ser anotado o tipo de "assinatura" verificado para que, após a realização da *Simulação*, a decisão se o binóculo irá prosseguir na linha seja determinada.

## 7.9 Parametrização do processo de montagem - *Simulação*

Como exposto em 7.8, é necessário aliar a informação dada pela ajustagem laser/alvo - laser/APD com os dados obtidos na *Simulação*. A conjugação destes dois tipos de informações irá permitir definir, de uma forma assertiva, aquilo que são binóculos que vão estar, ou não, dentro das tolerâncias admissíveis. A implementação de uma análise mais crítica a realizar na *Simulação*, irá permitir separar os binóculos mediante a sua performance, algo que não era realizado até então.

Como já foi referido, tanto a obtenção do sinal *Verde* como *Amarelo* pouco, ou até mesmo nada, se revelavam suficientes para dar como OK ou como NOK um binóculo. Assim, uma nova abordagem a realizar durante este processo irá ter um papel determinante na definição do comportamento do binóculo, isto porque resultará numa redução daquilo que são os procedimentos

realizados no QS e permitirá uma redução da taxa de rejeição de binóculos com medição fora das tolerâncias.

Em seguida, serão mencionados os dados que necessitarão de serem verificados em cada teste para permitir a verificação de conformidade, ou não, do binóculo.

### **1. Sinal Verde e "assinatura" do laser semelhante à representada na figura 7.18**

Para classificar como OK o binóculo, é necessário verificar os seguintes parâmetros:

- *Mínimo* (*valor 11* - *valor 14*) = 0
- Um binóculo OK é aquele que apresenta este parâmetro mencionado igual a zero em todos os seus resultados, ou seja, em todas as medições realizadas na *Simulação*;
- A ordem de grandeza do *Sinal* situa-se entre 3000 e 6000;
- O dado *Máximo* – *Mínimo* entre 200 e 400;
- O *SNR* entre 60 e 70.

### **2. Sinal Verde e "assinatura" do laser semelhante à representada na figura 7.19**

Se se verificar os parâmetros seguintes, o binóculo não pode avançar na linha uma vez que irá realizar medições fora das tolerâncias.

- *Mínimo* (*valor 11* - *valor 14*)  $\neq$  0
- Neste tipo de binóculos, o valor que o dado *Mínimo* (*valor 11* - *valor 14*) recebe, em cada resultado, é bastante variável;
- A ordem de grandeza do *Sinal* situa-se entre 6000 e 8500;
- O dado *Máximo* – *Mínimo* entre 400 e 580;
- O *SNR* entre 70 e 80.

### **3. Obtenção de indicação Amarelo**

Se se obtiver sinal *Amarelo* na *Simulação* existirá um procedimento distinto, uma vez que mediante o tipo de dados verificados será definido o tipo de comportamento de cada binóculo e de ações a realizar.

- Se se verificar que o *Sinal* é da ordem de grandeza definida no ponto 2. e que o dado *Mínimo* (*valor 11* – *valor 14*)  $\neq$  0, trata-se de um binóculo que não têm aprovações a longas distâncias e, por essa mesma razão, não deve avançar na linha de montagem;

- Se se verificar que o *Sinal* é da da ordem de grandeza definida no ponto 1. e que o dado  $Mínimo(valor\ 11 - valor\ 14) = 0$ , estamos na presença de um binóculo bom e, como tal, não necessita de ir ao exterior realizar medições a longas distâncias. O binóculo avança, de forma normal, na linha de montagem;
- Por último, se se verificar que o *Sinal* é da ordem de grandeza definida no ponto 1. e o zero nunca é atingido no dado  $Mínimo(valor\ 11 - valor\ 14)$  então, é necessário realizar medições no exterior para verificar o seu comportamento e, mediante este resultado, aprova-lo ou não.

## 7.10 Validação final

Através dos resultados obtidos, foi possível identificar diferentes variáveis do processo que não era consideradas mas que geravam um processo muito pouco estável e com grande variabilidade. Todas estes fatores apresentavam uma grande influência na taxa de aprovação verificadas na QS, fazendo com que apenas uma pequena percentagem de binóculos fosse, realmente, aprovada á primeira.

Ao longo do estágio tentou-se minimizar diversas fatores que interferiam na performance dos binóculos, tais como, a presença de imagens desfocadas na ajustagem do *deckel*, o movimento não programando da placa dos LEDs e a definição dos diferentes tipos de tamanhos/formas de laser. Associando a diminuição do aparecimento destas variáveis com a implementação da análise dos dados obtidos na *Simulação*, é possível otimizar os processos até então realizados, através de uma análise mais crítica e criteriosa daquilo que é a determinação da performance de um binóculo.

A complexidade e dimensão do problema em estudo não permitiu a eliminação total dos problemas verificados, mas, por outro lado, foi possível a obtenção de uma solução que permitisse a minimização dos defeitos em grande escala.

Foi então considerada a realização de um teste final, para verificar a constância dos resultados obtidos e a sua viabilidade para serem aplicados permanentemente na linha de montagem.

Realizou-se então o teste com o procedimento de montagem explicado, fazendo uso das novas parametrizações da linha, mas desta vez para uma amostra de 50 binóculos.

Iniciando o teste com a verificação da ajustagem do *deckel*, foram detetados 4 binóculos em que foi verificado o aparecimento da imagem classificada como desfocada no subcapítulo 7.3.1. Devido ás novas parametrizações do processo de montagem estes *deckel* são rejeitados e substituídos por outros para seguirem para a frente da linha. A não validação destes na linha de montagem permitiu que não fosse obtido nenhuma medição distante do limite máximo de tolerância, algo que até então era verificado. Com a implementação deste procedimento, verificou-se uma eliminação de erros verificados na QS distantes do limite máximo de tolerância.

Prosseguindo para validação final dos novos tempos de secagem na placa dos LEDs obteve-se os seguintes resultados, ilustrados na figura 7.20.

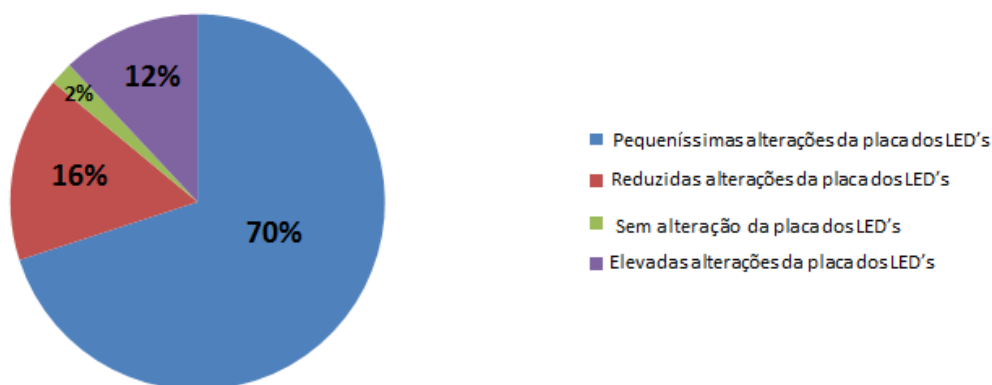


Figura 7.20: Dados obtidos com a alteração dos tempos de secagem

A implementação destes novos tempos de secagem verificou-se bastante positiva uma vez que permitiu que em 70% das placas apenas se verificasse uma pequeníssima alteração. Sendo que, as únicas alterações que apresentam problemas ao nível da capacidade de realização da ajustagem laser/alvo - laser/APD são, unicamente, as elevadas alterações, estas representaram um decréscimo de 32%, perante os dados recolhidos da primeira amostra (figura 7.21).

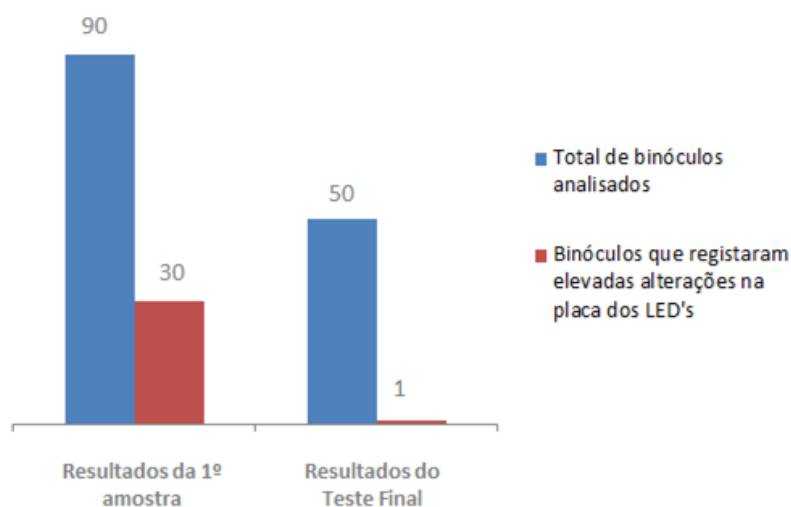


Figura 7.21: Dados obtidos com a alteração dos tempos de secagem - registo de alterações que influenciam a ajustagem seguinte

Este novo procedimento também comprova a eficácia do processo no aumento de placas onde não é verificada nenhuma alteração ou, perante uma alteração, estas não influenciam a ajustagem seguinte, que são o caso das pequeníssimas e das reduzidas alterações.

Pela análise do gráfico da figura 7.22, verifica-se um aumento de 26% na possibilidade de realizar a ajustagem laser/alvo - laser/APD.

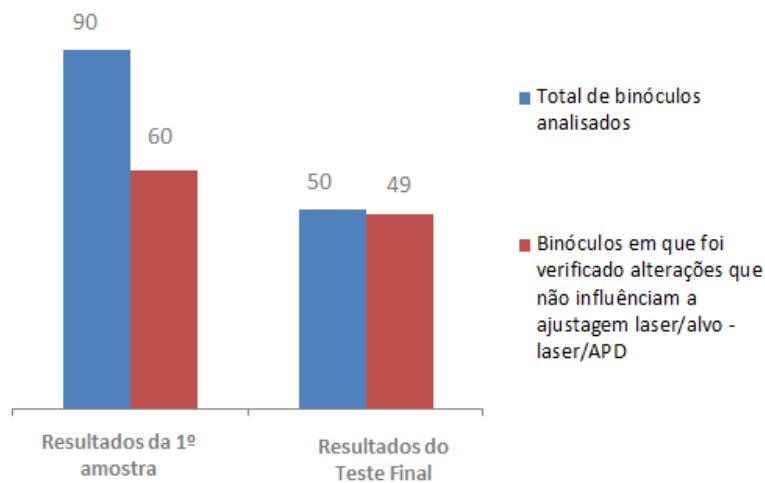


Figura 7.22: Dados obtidos com a alteração dos tempos de secagem - registo de alterações que não influenciam a ajustagem seguinte

A implementação dos novos parâmetros a considerar na ajustagem laser/alvo - laser/APD permitiu, de uma forma antecipada, detetar a presença de dois binóculos que apresentavam a "assinatura" irregular e dispersa. De prontamente, estes dois binóculos não prosseguiram na linha tendo sido alterado o *deckel*. A não consideração destes dois *deckel* permitiu que na QS não se verificasse erros de medição relativamente a estes dois binóculos.

Nos restantes binóculos foram registados, nos respetivos cartões de rastreabilidade, os tipos de "assinatura" visualizados de modo a que após a análise dos dados da *Simulação* fossem definidos quais os binóculos que realmente podem avançar na linha e quais os que não podem. Foram registados 43<sup>4</sup> binóculos com "assinatura" de laser alongada e 7 com "assinatura" de laser espessa e compacta.

O teste para os primeiros 43 binóculos originou 34 indicações *Verde* e 9 indicações *Amarelo*. Após a análise dos parâmetros, seguindo o novo procedimento a realizar verificou-se que os 34 binóculos com indicações *Verde* respeitavam os parâmetros definidos para avançarem na linha. Relativamente à indicação *Amarelo*, validou-se 7 binóculos para seguirem na linha, tal como os 34 binóculos, contudo, nos restantes 2 binóculos que obtiveram indicação *Amarelo*, devido ao facto de apesar da ordem de grandeza de sinal ser de um binóculo OK o zero nunca foi atingido no dado *Mínimo* (valor 11 - valor 14). Assim, é necessário que estes 2 binóculos vão ao exterior realizar medições a longas distâncias e aí, mediante o seu comportamento aprova-lo ou não. Estes 2 binóculos seguiram com uma indicação no cartão, para identificar que estes necessitam de ir ao exterior.

Para finalizar, a análise dos parâmetros para os restantes 7 binóculos originou 6 indicações *Verde* e 1 indicação *Amarelo*. Depois de analisar os parâmetros, os 6 binóculos que registaram

<sup>4</sup>Após a alteração do *deckel*, nos 2 binóculos que apresentavam "assinatura" dispersa e irregular, a "assinatura" de laser verificada nestes dois casos foi "assinatura" alongada pelo que estes foram considerados neste universo de 43 binóculos.

*Verde* não respeitavam os parâmetros definidos para avançarem na linha. Relativamente ao binóculo restante que obteve indicação *Amarelo* e uma vez que também registou a ordem de grandeza de sinal de um binóculo OK mas em que o zero nunca foi atingido no dado *Mínimo* (valor 11 - valor 14), foi registado no cartão a indicação da necessidade de verificar o seu comportamento a longas distâncias.

Neste ponto, é possível realizar uma análise comparativa que comprova o sucesso de todos estes novos procedimentos a implementar na linha.

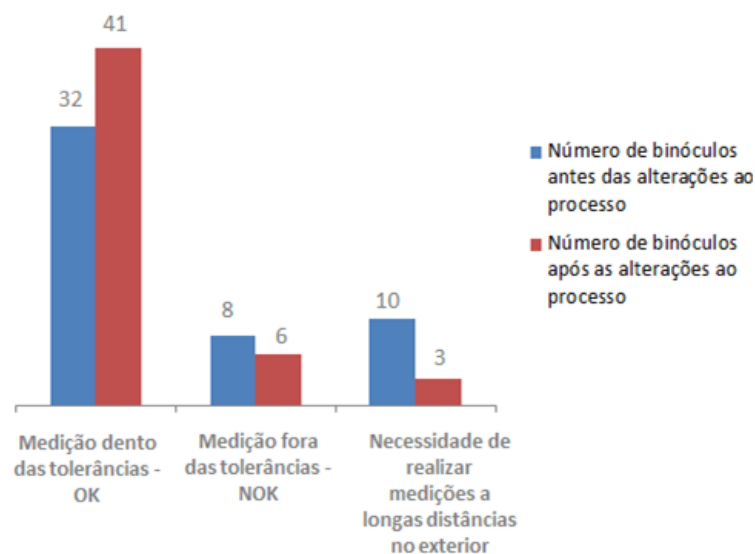


Figura 7.23: Comparação dos resultados antes e após as alterações ao processo

Como se pode constatar, pela análise do gráfico da figura 7.23, com a implementação da nova parametrização da linha verificou-se um aumento do número de binóculos OK em 20%. A deteção e a classificação do tipo de "assinatura" do laser permitiu, de antemão, corrigir este problema eliminando-o de uma não aprovação na QS. A redução de mais de 50% nos binóculos em que não é necessário realizar medições no exterior comprova a eficácia do processo. Isto porque, considerando o processo anterior, todos os binóculos que obtivessem indicação *Amarelo* tinham de ir ao exterior contudo, este processo realizado pela QS, revelava-se moroso e dispendioso pois estamos a falar de uma grande percentagem de binóculos que, apesar de serem colocados à parte, são produtos que estão em boas condições e que não prosseguem o percurso normal da linha de montagem.

A identificação durante o processo através da análise da *Simulação* permite que os binóculos NOK sejam detetados antes de serem enviados para a QS e, de imediato, reparados. Assim, só são enviados para o Controlo de Qualidade binóculos em que realmente a sua boa performance está assegurada ou, uma pequena percentagem, de binóculos em que não foi possível criar nenhum método para os classificar de uma maneira mais precoce, como já foi explicado.

O gráfico da figura 7.24 apresenta os dados obtidos no posto de controlo de qualidade, relativamente à primeira amostra realizada e à amostra com a implementação do novo processo.

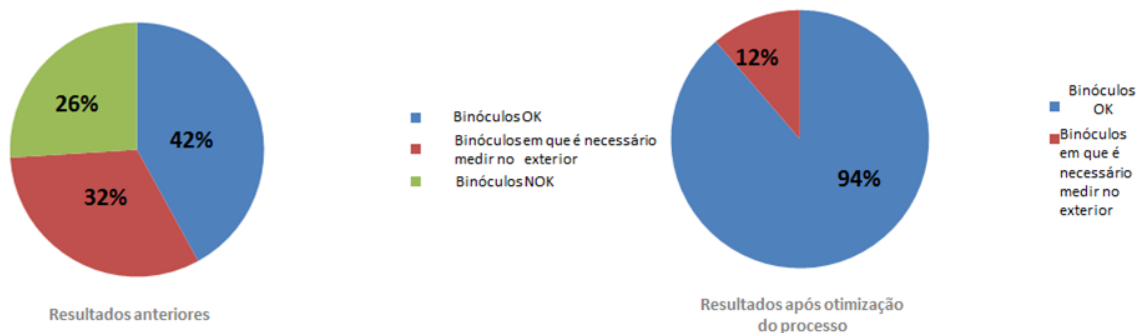


Figura 7.24: Comparação dos dados recolhidos após otimização do processo em comparação com os dados recolhidos da primeira amostra

Os resultados obtidos certificam um aumento significativo na percentagem de binóculos aprovados na QS, 52%, uma eliminação por completo de binóculos com medição NOK verificadas na QS e, uma redução drástica do número de binóculos que necessitam de ir ao exterior, cerca de 20%. Estes dados permitem verificar uma diminuição da rejeição final do *Geovid III*, pois permite que os binóculos NOK sejam identificados numa fase mais precoce da linha de montagem e, de uma forma célere, que estes sejam corrigidos.

## Capítulo 8

# Considerações Finais

Este capítulo apresenta o balanço do trabalho realizado face aos objetivos propostos. São também identificadas algumas oportunidades de melhorias e de otimizações a ter em conta no futuro.

### 8.1 Conclusões

Após a realização da presente dissertação, com o intuito de implementar otimizações na linha de montagem do binóculo *Geovid III*, foi possível obter resultados bastante significativos para cada um dos diferentes objetivos do estágio, sendo eles a rastreabilidade do produto e a diminuição da taxa de rejeição.

Este projeto passou por uma análise e reconhecimento de todo o processo de montagem do binóculo e das suas características, com o objetivo de realizar um primeiro levantamento de estudo que permitisse uma atuação mais célere e fundamentada. Para o sucesso da realização desta dissertação foi necessário, numa fase inicial, compreender as principais características de um binóculo relativamente a aspetos mecânicos, eletrónicos e óticos, de forma a melhor assimilar os principais constituintes e funções do produto em estudo. Paralelamente, foi realizado um levantamento da melhor tecnologia para a realização da aplicação, de modo a que correspondesse às expectativas apresentadas. Foram acompanhados, a montante da secção da montagem, todos os processos que conduzem à conceção do binóculo *Geovid III*, tanto na secção da mecânica, como da eletrónica e da ótica, promovendo um conhecimento minucioso de cada componente do produto. Na secção da montagem, local onde foi desenvolvido este projeto, estudaram-se aspetos técnicos, funcionais e organizacionais da mesma que ajudaram a melhor perceber o funcionamento da linha de montagem do *Geovid III*. O conhecimento da linha do produto viabilizou a crescente necessidade de ferramentas que auxiliem a atividade de rastreamento de um produto através da inserção dos dados numa base de dados informática e a sua posterior consulta e permitiu a identificação das categorias de defeitos que mais afetavam a qualidade do produto, mais em concreto o seu próprio funcionamento, conduzindo à realização vários testes que visaram a implementação de

soluções nas diferentes categorias de defeitos. Os resultados para cada um dos objetivos propostos contribuíram para baixar a taxa de rejeição do produto final, otimizar processos e aumentar a produtividade da linha de montagem.

No que concerne à aplicação desenvolvida, o objetivo principal foi o desenvolvimento de uma ferramenta que auxiliasse a atividade de rastreabilidade na linha. Anteriormente, a rastreabilidade apenas era realizada através de um cartão que acompanhava o produto até ao fim da linha de montagem. Apesar do cartão ser suficiente para ser usado durante a linha, por outro lado este torna-se bastante limitador quando é necessário consultar uma determinada informação relativa a um determinado produto, quer por parte da Engenharia de Montagem ou quando o binóculo chega ao Serviço Técnico. Apesar de os cartões serem guardados, devido às limitações físicas de armazenamento que se sentem, estes apenas são guardados nas instalações da Leica durante 3 anos. Se se considerar um binóculo que chega ao Serviço Técnico após 4 anos da data de fabrico, a empresa não tem qualquer acesso às informações identificativas de cada binóculo, que foram efetuadas durante o seu processo de montagem. Do mesmo modo, se a própria Engenharia de Montagem necessitar de realizar algum tipo de tratamento de dados relativamente ao processo de montagem, terá que analisá-los um a um. Para facilitar todo este processo bem como para dar resposta a uma limitação sentida, a presente aplicação apresenta duas principais funções: a inserção e a consulta de dados. Aliado a estas funções, a aplicação permite a autenticação de diferentes usuários de modo a criar funções de segurança permitindo o acesso à informação restrita. Uma vez que foi constatado que em alguns produtos finalizados, para dar resposta a uma necessidade repentina do mercado, é necessário realizar algum tipo de modificações como é o caso da alteração do modelo, a aplicação está também preparada para responder a esta necessidade. Assim, através da inserção do número de série, é possível realizar uma pesquisa rápida e concisa realizando as edições necessárias e mantendo a informação atualizada, que era algo que antes não era efetuado. Assim sendo, a utilização desta aplicação expressa diversos tipos de vantagens, como as que já foram supra mencionadas, sendo que também expressa um avanço significativo na melhoria e otimização do processo de montagem do produto em questão.

Um outro objetivo proposto, que se prendia com a limitação sentida na interpretação dos testes eletrónicos da *Simulação*, relacionava-se com o facto da informação que, até ao momento, era possível de interpretar, ser pouco exata na definição daquilo que é um binóculo com boa performance (medições dentro das tolerâncias) ou uma má performance (medições fora de tolerâncias). Esta limitação apresentava uma grande adversidade, transversal a todo o processo de montagem, uma vez que permitia que binóculos NOK fossem validados, passando para a frente da linha de montagem, sendo estes posteriormente rejeitados pelo Controlo de Qualidade, devido ao facto de se apresentarem fora de especificações. Esta era umas das maiores limitações sentida, uma vez que diminuía a produtividade da linha e aumentava o retrabalho dos produtos, apresentando um custo extra à produção do binóculo. Para responder com sucesso ao desafio apresentado, aliando um estudo e análise que permitisse identificar os vários parâmetros que este teste fornecia e que eram completamente desconhecidos por parte da equipa de Engenharia, foi realizada uma análise de montante para jusante das possíveis fontes de erros do processo que influenciavam a performance

dos binóculos. O objetivo foi compreender como essas fontes, que não eram detetadas, influenciavam o teste eletrónico realizado bem como a performance do produto, de modo a implementar soluções que visassem a diminuição da taxa de rejeição.

No estudo das possíveis fontes de erros do processo que afetam diretamente a performance qualitativa do *Geovid III*, foram identificadas três causas:

- Obtenção de imagens desfocadas no processo de ajustagem do *deckel*;
- Movimento não programado da placa dos LEDs;
- Realização da ajustagem laser/alvo - laser/APD insuficiente face aos diversos tipos de "assinatura" de laser verificados.

Identificadas as causas e de modo a diminuir a variabilidade do processo, cada uma destas foi analisada e sujeita a implementação de medidas com intuito de estabilizar o processo. No primeiro ponto identificado, verificou-se que a ajustagem como era realizada até à data era bastante insuficiente. Isto porque, foram identificados dois tipos distintos de imagens, imagem nítida e imagem desfocada, que não eram previamente determinadas. A não diferenciação destes dois tipos de imagens fazia com que a performance do binóculo não estivesse assegurada, tendo sido verificado que, aquando de uma ajustagem que resultava numa imagem desfocada, eram sempre verificados os maiores erros de medição, que se encontravam fora da máxima tolerância admissível na QS. O processo relativo à ajustagem do *deckel* foi analisado em profundidade, com vista à implementação de novas parametrizações na linha que permitissem eliminar ou reduzir o erro. Este estudo não resultou na identificação da causa raiz do aparecimento destes tipos de imagens, uma vez que não foram constatados, ao nível do processo de montagem, fatores influenciadores. Neste sentido, o problema relaciona-se com a ótica existente, nomeadamente o espelho usado nesta ajustagem. Posto isto, a causa raiz do aparecimento dos maiores erros na QS foi conferida - imagem desfocada obtida na ajustagem do *deckel* - tendo sido implementada uma nova instrução de trabalho, em que identifica os dois tipos de imagens permitindo que o operador rejeite, sempre, todos os espelhos em que seja visualizada uma imagem desfocada. A implementação deste novo procedimento permitiu eliminar, por completo, binóculos que meçam fora do limite máximo de tolerância admissível.

Na ajustagem da placa dos LEDs verificou-se que a sua posição era alterada após conclusão do tempo de secagem na estufa. O facto da colagem realizada permitir o movimento da placa dos LEDs poderia limitar a capacidade da ajustagem seguinte (ajustagem laser/alvo - laser/APD). O movimento da placa dos LEDs pode ser caracterizado como uma alteração reduzida, isto é, não tem impacto na realização do procedimento seguinte, ou uma alteração elevada, que compromete a realização do procedimento seguinte. Considerando que a posição da placa não é verificada após estufa, e tendo sido identificada a relação que o aparecimento de uma elevada alteração apresenta relativamente ao procedimento seguinte, foi realizada uma série de testes com vista à implementação de uma solução estável e pouco variável. A solução passou por uma alteração no tempo de pré-secagem da placa que, apesar de não terem sido eliminadas as elevadas alterações,

levou a um aumento significativo na estabilidade do processo (as alterações verificadas eram cada vez mais reduzidas) representando, deste modo, um decréscimo de 21% face à dificuldade da realização da ajustagem laser/alvo - laser/APD.

Quanto ao último ponto, a identificação de três tipos distintos de tamanho/forma de laser permitiu verificar uma relação direta com o tipo de comportamento verificado na QS - binóculo OK (medições dentro das tolerâncias) e binóculo NOK (medições fora das tolerâncias). O novo procedimento a realizar relacionou-se com a padronização dos diferentes tipos de "assinaturas" de laser, aliados ao procedimento já realizado até à data. A identificação dos diferentes tipos de "assinaturas" e a sua relação com os dados obtidos na *Simulação* representou uma grande influência na qualidade dos produtos fabricados. Isto porque, através da identificação do tipo de "assinatura", é possível eliminar o aparecimento de binóculos que não apresentem a capacidade de detetar corretamente a distância a um alvo, bem como a de identificar possíveis binóculos OK e NOK. O estudo inicial dos dados obtidos pela *Simulação*, juntamente com os diferentes tipos de "assinatura", permitiu que, através da verificação dos valores dos parâmetros, os binóculos possam ser já classificados como OK e NOK, evitando o envio para a QS de binóculos com uma performance NOK. Como já foi referido, a informação, que até ao momento era retirada pela *Simulação*, mostrava-se bastante insuficiente, isto porque, apenas era verificado se no teste de cada produto era obtida a indicação *Verde* ou *Amarelo*. A indicação *Verde*, que deveria representar um binóculo que se encontra em perfeitas condições era, realmente, insuficiente, pois, quando era verificada a sua performance na QS, os binóculos eram rejeitados. Assim, devido ao estudo inicial deste teste e dos seus parâmetros, foi implementado um novo procedimento a realizar, em que, mediante o tipo de "assinatura" e mediante o tipo de dados obtidos no teste, o binóculo possa efetivamente avançar na linha, garantindo um processo de montagem estável e com as tolerâncias de aprovação na QS devidamente respeitadas e verificadas.

A implementação efetiva de todos estes novos procedimentos permite à empresa um aumento significativo na percentagem de binóculos aprovados na QS, cerca de 50%; uma eliminação por completo de binóculos com medição NOK verificados na QS; e uma redução considerável do número de binóculos que exigem a realização de medições no exterior para verificar a sua conformidade, em cerca de 20%.

Em suma, todo trabalho realizado trouxe melhorias significativas ao nível de otimizações de processos na linha de montagem do *Geovid III* que vão de encontro à qualidade exigida dos produtos Leica.

## 8.2 Propostas de trabalho futuro

Todo o trabalho está incompleto se o que se almeja é a perfeição. Com este mote introduz-se um capítulo onde a intenção é evidenciar o trabalho que não pôde ser abraçado durante o período do projeto mas que é crucial de modo a dar-se seguimento ao trabalho desenvolvido. Nessa perspetiva, são apresentadas de seguida propostas que vão de encontro ao trabalho desenvolvido e que

a materializarem-se revelar-se-ão catalisadores fundamentais na melhoria contínua do processo produtivo Leica.

De futuro, dada a transversalidade da aplicação desenvolvida, espera-se a integração desta ferramenta em outros projetos, nomeadamente em produtos da gama *rangefinder*, assegurado o mesmo nível de rastreabilidade aos outros produtos desta gama.

Não tendo sido possível encontrar a origem das diferentes imagens visualizadas na ajustagem do *deckel*, é de esperar um maior controlo dos lotes recebidos dos espelhos em causa, por parte da secção da ótica, sendo que a realização de um estudo mais aprofundado deste componente ótico pode levar à determinação dos motivos concretos e influenciadores das diferentes imagens, podendo, numa fase posterior, eliminá-las.



# Referências

- António Rodrigues Aguiar. Processos Estocásticos. *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, 2013.
- Cristina Alcaide-Munoz. Manufacturing strategy process: the role of shop-floor communication. *Emerald Publishing Limited*, 2018.
- Guilherme Almeida. *Telescópios*. Plátano Editora, 2004.
- Paul Anderson. What is web 2.0? ideas, technologies and implications for education. tese de mestrado, University of Oxford, 2007.
- BBR. Best binoculars binocular reviews, 2019. URL <https://bit.ly/2I5Fdu2>. Acedido pela última vez a 08-02-2019.
- Leo Benez. *O Binóculo, esse desconhecido*. INAPE, 2014.
- Birdwatcher. Binoculars basics, s.d. URL <http://bit.ly/2Gf6ZCY>. Acedido pela última vez a 08-02-2019.
- T. Bosch, N. Servagent, R. Chellali e M. Lescure. A scanning range finder using the self-mixing effect inside a laser diode for 3-d vision. In *Quality Measurement: The Indispensable Bridge between Theory and Reality (No Measurements? No Science! Joint Conference - 1996: IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference and IMEKO Tec*, volume 1, páginas 226–231 vol.1, June 1996. doi: 10.1109/IMTC.1996.507381.
- Jeff Bouton. Birding with my leica optics, s.d. URL <https://bit.ly/2TEsW0w>. Acedido pela última vez a 05-02-2019.
- Canon. Binoculars: Technology guide, 2000. URL <https://bit.ly/2HT0kzS>. Acedido pela última vez a 06-02-2019.
- CELESTRON. How to choose and use birding optics, 2013. URL <https://bit.ly/2t8rf0p>. Acedido pela última vez a 05-02-2019.
- H. Cho, C. Kim e S. Lee. A high-sensitivity and low-walk error ladar receiver for military application. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 61(10):3007–3015, Oct 2014. ISSN 1549-8328. doi: 10.1109/TCSI.2014.2327282.
- Codex. Url encode referência, 2017. URL <https://bit.ly/2HhDpL0>. Acedido pela última vez a 13-05-2019.
- International Electrotechnical Commission. Internacional Standard - Safety of laser products. *Group Safety Publication*, 2001.

- Gabriel Sousa Torcato David. Bases de Dados. *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, s.d.
- João António Santos Dias Fonseca. Distance measurement systems using lasers and their applications. *Instituto Superior Técnico*, s.d.
- Alexandra Galhano. Ruído. *Instituto Superior de Engenharia do Porto*, s.d.
- GeeksforGeeks. Php | introduction, s.d. URL <http://bit.ly/2EQ6cWS>. Acedido pela última vez a 02-03-2019.
- T.J. Glynn e M. Walsh. Laser Safety Primer Outline For Industrial/Medical Users. *National Centre for Laser Applications*, 1992.
- J. Greivenkamp e D. Steed, editors. *The history of telescopes and binoculars: an engineering perspective*», em *Novel Optical Systems Design and Optimization XIV*. SPI, San Diego, California, United States, 2011.
- Maurice J. Halmos e John H. S. Wang. Optical Technologies for Aerospace Sensing: A Critical Review. *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers*, 1992.
- Hamamatsu. Characteristics and use of si apd (avalanche photodiode), 2004. URL <http://bit.ly/2ttmSwT>. Acedido pela última vez a 20-02-2019.
- Hamamatsu. Detector for distance measurement, s.d. URL <http://bit.ly/2Gi2elx>. Acedido pela última vez a 09-02-2019.
- Eugene Hecht. *Óptica*. Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.
- UOL Host. Refratores acromáticos e apocromáticos, 2018. URL <https://bit.ly/2tZlsuJ>. Acedido pela última vez a 05-02-2019.
- HuntingForBinoculars. Leica geovid 1042 hd-b laser rangefinder binoculars review, 2019. URL <http://bit.ly/2XbcVkd>. Acedido pela última vez a 15-04-2019.
- R. A. Jarvis. A perspective on range finding techniques for computer vision. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI-5(2):122–139, March 1983. ISSN 0162-8828. doi: 10.1109/TPAMI.1983.4767365.
- Ari Kilpela. Pulsed time-of-flight laser range finder techniques for fast, high precision measurement applications. tese de mestrado, University of Oulu, 2004.
- Juha Tapio Kostamovaara, Kari E. Maatta e Risto A. Myllylae. Pulsed time-of-flight laser ranging techniques for industrial applications. *Proc. SPIE*, 1992.
- Won-Kyu Lee, Ho Suhng Suh, Dae-Su Yee e Han Seb Moon. Methods for enhancing optical heterodyne beat SNR in absolute frequency measurement using optical frequency comb. *Chinese Optics Letters*, 5, May 2007.
- Leica. Leica ballistic calculator, 2019a. URL <http://bit.ly/2lru85d>. Acedido pela última vez a 10-04-2019.
- Leica. Leica, uma história de sucesso, 2017. URL <https://bit.ly/2Bvcvx1>. Acedido pela última vez a 30-01-2019.

- Leica. «sport optics», 2019b. URL <https://bit.ly/2UhrPh8>. Acedido pela última vez a 30-01-2019.
- Leica. Hunting - share the passion, s.d. URL <https://bit.ly/21fAVQk>. Acedido pela última vez a 12-04-2019.
- B. Lizdas. Birder's guide to gear, 2013. URL <http://bit.ly/2GieoRQ>. Acedido pela última vez a 08-02-2019.
- Miguel Lopez. Design and development of a low cost and light weight laser rangefinder. tese de mestrado, City University of New York, 2012.
- J. Marsland. An investigation of avalanche noise in the non local impact ionization regime. *University of Liverpool - Department of Electrical Engineering and Electronics*, s.d.
- John S. Massa, Gerald S. Buller, Andrew C. Walker, Sergio Cova, Manikam Umasuthan e Andrew M. Wallace. Time-of-flight optical ranging system based on time-correlated single-photon counting. *Optical Society of America*, 1998.
- R. J. McIntyre. Multiplication noise in uniform avalanche diodes. *IEEE Transactions on Electron Devices*, ED-13(1):164–168, Jan 1966. ISSN 0018-9383. doi: 10.1109/T-ED.1966.15651.
- Scott McPherson, Wei Yang, Thomas Nohava, Subash Krishnankutty, Robert Torreano e Holly Marsh. High gain GaN/AlGaIn heterojunction phototransistor. *Applied Physics Letters*, 73, AUGUST 1998.
- F. Monoyer. *Annales d'Oculistique*. The Transatlantic, 1872.
- Shahram Mohammad Nejad e Saeed Olyaees. Low-Noise High-Accuracy TOF Laser Range Finder. *American Journal of Applied Sciences*, página 8, 2008.
- Alexander Nemecek, Klaus Oberhauser, Gerald Zach e Horst Zimmermann. Correlating PIN-Photodetector with Novel Difference-Integrator Concept for Range Finding Applications. *Proceedings of ESSCIRC*, 2005.
- Alexander Nemecek, Klaus Oberhauser, Gerald Zach e Horst Zimmermann. Distance Measurement Line Sensor with PIN Photodiodes. *IEEE SENSORS*, 2006.
- Nikon. *Sport Optics nikon*, 2013. URL <https://bit.ly/2DTfbG1>. Acedido pela última vez a 05-02-2019.
- Nikon. Nikon sport optics, 2014. URL <https://bit.ly/2DTfbG1>. Acedido pela última vez a 11-04-2019.
- Nikon. Bring real to life, 2016. URL <https://bit.ly/2HWmcKP>. Acedido pela última vez a 07-02-2019.
- Oracle. About mysql, 2019. URL <http://bit.ly/2saaEGJ>. Acedido pela última vez a 04-03-2019.
- J. Payne. An Optical Distance Measuring Instrument. *American Institute of Physics*, 1973.
- Mário Pereira. *Ótica, Geométrica Ocular*. Serviços Gráficos e Publicações da Universidade da Beira Interior, 2008.

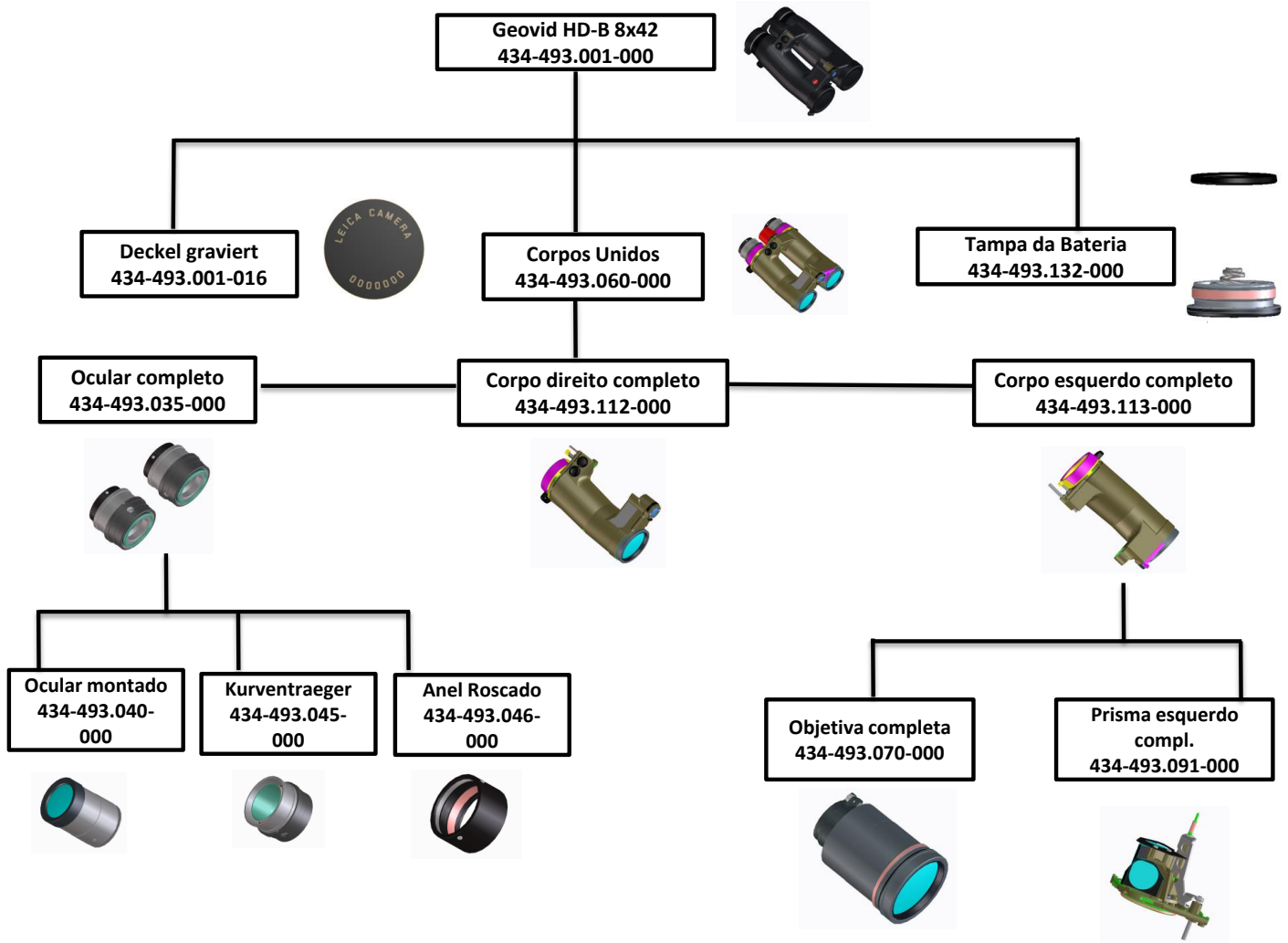
- Andreas Perger. Porro prism, dezembro 2 2011. URL <http://bit.ly/2MUHbwf>. US Patent 13/309,665.
- Andreas Perger, Jurgen Metz, J. Tiedeke e Eduard P. Rille. Eyesafe diode laser rangefinder technology. *Proc. SPIE*, 1991.
- Stéphane Poujouly e Bernard Journet. A twofold modulation frequency laser range finder. *Institute of Physics Publishing - Pure and Applied Optics*, 2002.
- PrecisionRifle. Precision rifle blog, 2013. URL <http://bit.ly/2t80zkX>. Acedido pela última vez a 08-02-2019.
- J. Radatz. The IEEE standard dictionary of electrical and electronics terms Applications. *IEEE Standards Coordinating Committee*, 1996.
- Ahmed Nabih Zaki Rashed, Abd El-Naser A. Mohamed, Imbaby I. Mahmoud, Mohamed S. El-Tokhy e Osama H. Elgzar. Avalanche Photodiodes Performance Parameters Estimation under Thermal Irradiation Fields. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research*, 2, October 2013.
- Christine Reel. Optics for birding – the basics. 2005.
- Margaret Rouse. Mysql definition, 2013. URL <http://bit.ly/2IS8eK7>. Acedido pela última vez a 03-03-2019.
- T. Ruotsalainen, P. Palojarvi, T. Peltola e J. Kostamovaara. A low-noise receiver channel for a pulsed laser rangefinder. In *Proceedings of 40th Midwest Symposium on Circuits and Systems. Dedicated to the Memory of Professor Mac Van Valkenburg*, volume 2, páginas 1395–1398 vol.2, Aug 1997. doi: 10.1109/MWSCAS.1997.662343.
- S.A. Leica. Leica FOCUS. Jan 2017.
- M. Silva. Vii elementos de Ótica, 2007. URL <https://bit.ly/2MPASKr>. Acedido pela última vez a 06-02-2019.
- W. Smith. *Principles of Materials Science and Engineering*. McGraw-Hill Education, Third edição, 1990.
- SOPSEC. Unidade industrial – leica, 2018. URL <https://bit.ly/2RJNeVq>. Acedido pela última vez a 30-01-2019.
- Germany Steiner. Binóculos: Noções básicas, 2009. URL <https://bit.ly/2GbT4gU>. Acedido pela última vez a 05-02-2019.
- C. H. Tan, P. J. Hambleton, J. P. R. David, R. C. Tozer e G. J. Rees. Calculation of APD Impulse Response Using a Space- and Time-Dependent Ionization Probability Distribution Function. *Journal of Lightwave Technology*, 21, January 2003.
- R. Thompson e B. Thompson. *Astronomy Hacks: Tips and Tools for Observing the Night Sky*. O'REILLY, 2005.
- Thorlabs. Choosing a collimation lens for your laser diode, s.d. URL <http://bit.ly/2po91pB>. Acedido pela última vez a 11-02-2019.

- Milos Timotic. Web technologies every web development team should know about, 2018. URL <http://bit.ly/2IXONQf>. Acedido pela última vez a 03-03-2019.
- P. Tipler e G. Mosca. *Física para Cientistas e Engenheiros*. LTC, First edição, 2009.
- S. Tonkin. *Binocular Astronomy*. Springer London, 2006.
- tutorialspoint. Php - get post methods, 2019. URL <https://bit.ly/2qJkJNO>. Acedido pela última vez a 13-05-2019.
- w3schools. Php 5 form handling, 2019. URL <https://bit.ly/2kB1kYj>. Acedido pela última vez a 13-05-2019.
- I. Wegrzecka, M. Wegrzecki, M. Grynglas, J. Bar, A. Uszynski, R. Grodecki, P. Grabiec, S. Krzeminski e T. Budzynski. Design and properties of silicon avalanche photodiodes. *Institute of Electron Technology, Poland*, página 10, 2004.
- Christopher Witt. The bh binocular buying guide, 2019. URL <https://bhpho.to/2SefFj1>. Acedido pela última vez a 07-02-2019.
- J. Wojtanowski, M. Zygmunt, M. Kaszczuk, Z. Mierczyk e M. Muzal. Comparison of 905 nm and 1550 nm semiconductor laser rangefinders' performance deterioration due to adverse environmental conditions. *Opto-Electronics Review - Springer*, 22, 2014.
- Juha Ylitalo, Ari Kilpelä e Juha Kostamovaara. Minimizing the Walk Error in Pulsed TOF - Laser Distance Measurement. *University of Oulu - Electronics Laboratory*, s.d.
- Takeshi Yoshimatsu, Norio Tsuda e Jun Yamada. Signal Processing for Distance Measurement Using Laser Voltage Fluctuation Due to Self-Coupling Effect. *Aichi Institute of Technology*, 29: 9, 2017.
- Chen Yu, Wang Chunyang, Gao Huan e Liu Huan. Multi-Frequency Modulation Laser Range Finding System. *Canadian Center of Science and Education*, 2015.
- John Zent. Review: Leica geovid hd-b, 2013. URL <https://bit.ly/2Dh7o4J>. Acedido pela última vez a 15-04-2019.
- R. Zimmer e W. Tranter. Principles of Communications – Systems, Modulation and Noise. *Houghton Mifflin Company, USA*, página 513, 1976.



## **Anexo A**

# **Árvore de produto simplificada**



**Corpo direito completo**  
434-493.112-000



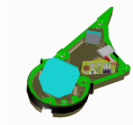
**Objetiva completa**  
434-493.070-000



**Prisma direito completo**  
434-493.090-000



**Deckel completa**  
434-493.130-000



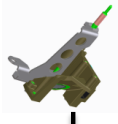
**Manga focagem**  
434-493.075-000



**Prisma na cadeira**  
434-493.100-000



**Traeger direito**  
434-493.105-000



**Set Eletrónico**  
434-493.120-000



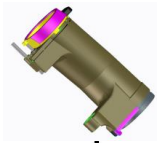
**Nippel**  
434-493.105-005



**Colimador**  
434-493.108-000



**Corpo esquerdo completo**  
434-493.113-000



**Objetiva completa**  
434-493.070-000



**Manga focagem completa**  
434-493.075-000



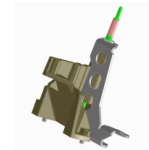
**Prisma esquerdo compl.**  
434-493.091-000



**Prisma esq. na cadeira**  
434-493.101-000



**Traeger esquerdo**  
434-493.106-000



## **Anexo B**

# **Grupos principais do binóculo *Geovid* *III***

**Blaumöwe Grupos da linha Geovid III (Tempos/Pontos de confirmação/tempo de passagem)**

Grupos	DESIGNAÇÃO	Tempo de passagem	Fases							
			408-00 Geovid HD-B 8x42 3000	408-01 Geovid HD-B 10x42 3000	408-02 Geovid HD-B 8x56 3000	408-03 Geovid HD-R 8x42 2700	408-04 Geovid HD-R 10x42 2700	408-05 Geovid HD-R 8x56 2700		
<b>408-00</b>	<b>8x42 HD-B 3000 Embalado</b>	5	5,000							
465-410.001-000	Binóculo completo 8x42 HD-B 3000	2	60,980							C-QS-A-B-D-E-F-G-H-I-J-K-QS-L-M
465-410.060-000	Corpos unidos	2	24,760							A-B-C-D-E-F-Offset-H+te aj. Laser+/simul. (4,5min)
434-410.090-000	Prisma direito completo	2	22,850	22,85		22,850	22,85			A-B-C-D-E-F-G-H-I
434-410.112-000	Corpo direito completo	3	26,110	26,110		26,110	26,110			A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-M-X-Y-Z
434-410.130-000	Deckel completa	1	7,950	7,950		7,950	7,950			A-B-C-D-E-F
434-493.001-016	Deckel graviet	1	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500		A
434-493.035-000	Ocular completo 2x	1	7,540			7,540				A-B-C
434-493.040-000	Ocular montado 2x	1	14,280			14,280				A-B-C-D
434-493.045-000	Kurventräger 2x	1	5,360			5,360				A-B
434-493.046-000	Anel roscado 2x	1	3,100		3,100	3,100		3,100		A
434-493.070-000	Objectiva completa 2x	1	10,200	10,200		10,200	10,200			A-B-C-D-E
434-493.075-000	Manga de focagem 2x	1	4,920	4,920		4,920	4,920			A-B-C-D-E
434-493.091-000	Prisma esquerdo completo	1	10,110	10,110		10,110	10,110			A-B-C
434-493.105-000	Träger direito	2	3,930	3,930		3,930	3,930			A-B-C-D-E-F
434-493.105-005	Nippel	1	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130		A
434-493.106-000	Träger esquerdo	1	2,130	2,130		2,13	2,13			A-B-C
434-493.108-000	Colimador	1	0,680	0,680		0,680	0,680			A-B
434-493.113-000	Corpo esquerdo completo	2	12,590	12,590		12,590	12,590			A-B-C-D-E-F-G-H-I-J
434-493.132-000	Tampa da bateria	1	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500		A
<b>408-01</b>	<b>10x42 HD-B 3000 Embalado</b>	5	5,000							
434-411.001-000	Binóculo completo 10x42 HD-B 3000	2	55,980							C-QS-A-B-D-E-F-G-H-I-J-K-QS-L-M
434-411.060-000	Corpos unidos	2	22,370							A-B-C-D-E-F-Offset-H+te aj. Laser+/simul. (4,5min)
434-494.035-000	Ocular completo 2x	1	7,540			7,540				A-B-C
434-494.040-000	Ocular montado 2x	1	12,000			12,000				A-B-C-D
434-494.045-000	Kurventräger 2x	1	5,360			5,360				A-B
434-494.046-000	Anel roscado 2x	1	3,100			3,100				A
434-494.047-000	Lente 9 colada 2x	1	5,700			5,700				A-B-C-D
<b>408-02</b>	<b>8x56 HD-B 3000 Embalado</b>	5		5,000						A
465-505.001-000	Binóculo completo 8x56 HD-B 3000	2		67,770						C-QS-A-B-D-E-F-G-H-I-J-K-QS-L-M
465-505.060-000	Corpos unidos	2		22,500						A-B-C-D-E-F-Offset-H+te aj. laser+/simul. (4,5min)
434-505.090-000	Prisma direito completo	3		39,510			39,510			A-B-C-D-E-F-G-H-X-Y-I-J-K-L-M-N-O-P-Q
434-505.112-000	Corpo direito completo	2		21,850			21,850			A-B-C-D-E-F-G-H-I
434-505.130-000	Deckel completa	1		8,460			8,460			A-B-C-D-E-F
434-594.035-000	Ocular completo 2x	1		7,540			7,540			A-B-C
434-594.040-000	Ocular montado 2x	1		14,280			14,280			A-B-C-D
434-594.045-000	Kurventräger 2x	1		5,360			5,360			A-B
434-594.075-000	Manga de focagem dir. completa	1		7,700			7,700			A-B-C
434-594.076-000	Manga de focagem esq. completa	1		7,700			7,700			A-B-C
434-594.077-000	Casqu. da manga dir. com lente	1		4,800			4,800			A-B-C-D-E
434-594.078-000	Casqu. da manga esq. com lente	1		4,800			4,800			A-B-C-D-E
434-594.091-000	Prisma esquerdo completo	1		9,110			9,110			A-B-C-D
434-594.105-000	Träger direito	2		3,930			3,930			A-B-C-D-E-F
434-594.106-000	Träger esquerdo	1		2,130			2,130			A-B-C
434-594.108-000	Colimador	1		0,680			0,680			A-B
434-594.113-000	Corpo esquerdo completo	2		20,370			20,370			A-B-C-X-Y-D-E-F-H-I-J
<b>408-03</b>	<b>8x42 HD-R 2700 Embalado</b>	5			6,000					A
465-412.001-000	Binóculo completo 8x42 HD-R 2700	2			60,980					C-QS-A-B-D-E-F-G-H-I-J-K-QS-L-M
465-412.060-000	Corpos unidos	2			24,850					A-B-C-D-E-F-Offset-H+te aj. laser+/simul. (4,5min)
<b>408-04</b>	<b>10x42 HD-R 2700 Embalado</b>	5				6,000				A
465-413.001-000	Binóculo completo 10x42 HD-R	2				60,980				C-QS-A-B-D-E-F-G-H-I-J-K-QS-L-M
465-413.060-000	Corpos unidos	2				22,500				A-B-C-D-E-F-Offset-H+te aj. laser+/simul. (4,5min)
<b>408-05</b>	<b>8x56 HD-R 2700 Embalado</b>	5					5,000			A
465-506.001-000	Binóculo completo 8x56 HD-R 2700	2					67,770			C-QS-A-B-D-E-F-G-H-I-J-K-QS-L-M
465-506.060-000	Corpos unidos	2					22,500			A-B-C-D-E-F-Offset-H+te aj. laser+/simul. (4,5min)
	<b>TOTAIS</b>		<b>223,62</b>	<b>219,65</b>	<b>257,72</b>	<b>224,71</b>	<b>225,78</b>	<b>257,72</b>		

## **Anexo C**

# **Informações técnicas do binóculo** *Geovid III*



## **Anexo D**

# **Linha de montagem (*layout*) do binóculo *Geovid III***

-113	-112	-112	Montagem Deckel Completa - 135	Montagem Traeger - 105 + 106	Montagem Kurventräger - 045
------	------	------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------------

Oculares - 030	Traeger e diafragma na cadeira - 090	Traeger e diafragma na cadeira - 090	Prisma esquerdo - 031	Set-Eletrónico na cadeira - 090	Ajuste do LED e recetor - 090	Soldar sensor pressão e calibração - 090	Mont. Corpo direito - 112
----------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------	---------------------------------	-------------------------------	--	---------------------------

Limpeza e embalamento final - 001	Colar etiquetas + borrachas do ocular - 001	Montar e colar revestimentos no corpo - 001	Pintar borrachas do ocular e colar películas - 001	Montar anéis e parafusos de vedação	Controlar Alcanse (Simulação) - 060
-----------------------------------	---	---	--	-------------------------------------	-------------------------------------

Ajustar Laser/APD - 060	Verificar ajustagem - 060	Montar oculares no corpo - 060	Montar caracol e ajuste do infinito - 060	Montar articulação - 060	Controlo de Partículas Soltas	Estanquidade e Oculares + corpos - 035 + 112 + 113	Mont. Corpo Esquerdo - 113
-------------------------	---------------------------	--------------------------------	---	--------------------------	-------------------------------	--	----------------------------

Enchimento com azoto - 001

Montagem Grupo Objetiva - 035

Montagem Ocular Montado - 040

