



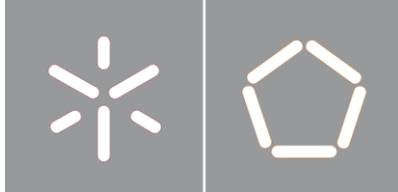
Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Dashboard de Apoio à Melhoria da Qualidade numa Empresa
de Componentes Óticos

Rita Pinheiro Morais

Rita Pinheiro Morais

Dashboard de Apoio à Melhoria da Qualidade numa Empresa
de Componentes Óticos



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Rita Pinheiro Morais

Dashboard de Apoio à Melhoria da Qualidade numa Empresa
de Componentes Óticos

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia e Gestão da Qualidade

Trabalho efetuado sob a orientação da
Professora Doutora Isabel da Silva Lopes

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações
CC BY-NC-ND

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

AGRADECIMENTOS

É com enorme satisfação que termino este trabalho, que foi o reflexo da minha experiência da aplicação dos conhecimentos deste mestrado, e gostaria de expressar a minha gratidão a todos aqueles que me acompanharam:

À Professora Doutora Isabel Lopes pela sua orientação, pela sua disponibilidade em me auxiliar sempre que foi necessário, e pelos conhecimentos partilhados que foram fundamentais para a elaboração desta dissertação.

Ao Engenheiro Miguel Reis pela oportunidade da realização do estágio que me forneceu uma nova experiência a nível profissional. À Engenheira Adriana Alves pela disponibilidade, acolhimento e partilha dos conhecimentos necessários para a realização deste trabalho. Ao Sr. Armindo por todo o conhecimento, apoio e conselhos sábios que me forneceu ao longo deste projeto.

A todos os meus amigos, familiares e colegas de universidade pelo apoio, motivação e confiança nas minhas capacidades ao longo, não só deste projeto, como também durante todo o meu percurso académico.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

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

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

Resumo

Dashboard de Apoio à Melhoria da Qualidade numa Empresa de Componentes Óticos

De modo a melhorar o desempenho dos processos de uma empresa é essencial medir esse desempenho através de indicadores. Os indicadores fornecem um apoio à tomada de decisão e permitem uma análise do cumprimento dos objetivos. Deste modo, ser capaz de obter eficazmente tais indicadores torna-se fundamental para o bom funcionamento da organização.

A presente dissertação foi desenvolvida no contexto de uma empresa que se dedica ao fabrico de componentes óticos. Este projeto abrangeu duas fases. A primeira fase consistiu na reconfiguração do sistema de recolha de informação referente à deteção dos defeitos nos vários controlos de qualidade, e ao desenvolvimento de um *dashboard* que permitia uma análise rápida e simples do indicador relativo às taxas de rejeição dos processos produtivos. Numa segunda fase, utilizar o *dashboard* desenvolvido e analisar as possíveis causas do defeito predominante de modo a reduzi-lo.

Através da observação do *dashboard*, foi escolhido o defeito *dackhant*. Após alguns estudos foi evidenciado que a forma do prato e blocos ajudavam na redução do defeito *dackhant*. Os dados registados no *dashboard* permitiram concluir que a redução deste defeito leva a uma poupança de 6741€ num ano.

Por fim, a presente dissertação permitiu mostrar de que forma um *dashboard* que reporta um indicador de qualidade ajuda na redução de defeitos predominantes nos processos produtivos e, deste modo, promove uma cultura de melhoria contínua.

Palavras-Chave

Dashboard, Defeito, Indicadores, Qualidade.

Abstract

Quality Improvement through a Dashboard in an Optical Components Company

In order to improve the performance of a company's processes, it is essential to measure this performance through indicators. Indicators provide support for decision-making and allow an analysis of the achievement of objectives. Thus, being able to effectively obtain such indicators becomes fundamental for the proper functioning of the organisation.

This dissertation was developed in the context of a company that manufactures optical components. This project covered two phases. The first phase consisted in the reconfiguration of the information collection system regarding the detection of defects in the various quality controls, and the development of a dashboard that allowed a quick and simple analysis of the indicator related to the rejection rates of the production processes. In a second phase, using the developed dashboard to analyse the possible causes of the predominant defect in order to reduce it.

Through observation of the dashboard, the *dackhant* defect was chosen. After some studies it was evidenced that the shape of the plate and blocks helped to reduce the *dackhant* defect. The data recorded in the dashboard allowed to conclude that the reduction of this defect leads to a saving of 6741€ in a year.

Finally, this dissertation has shown how a dashboard that reports a quality indicator helps in the reduction of predominant defects in production processes and, in this way, promotes a culture of continuous improvement.

Key Words

Dashboard, Defect, Indicators, Quality.

Siglas

EV – *Equipment Variation*

GRR – *Gauge Repeatability & Reproducibility*

KPI – *Key Performance Indicator*

PME – Pequenas e Médias Empresas

PT – Índice de Precisão/Tolerância

PV – *Part Variation*

RR - Repetibilidade & Reprodutibilidade

TV – *Total Variation*

VBA – *Visual Basic for Applications*

VSM – *Visual Stream Mapping*

Índice

1.	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivos.....	1
1.3	Metodologia de Investigação.....	2
1.4	Estrutura da Dissertação	3
2.	Revisão da Literatura.....	4
2.1	Gestão da Qualidade	4
2.2	Indicadores de Desempenho	5
2.3	Gestão Visual	8
2.4	Obstáculos na Implementação de <i>Dashboards</i> aliados aos Indicadores.....	15
2.5	Sumário.....	16
3.	Processo de Análise e Tratamento de Informação.....	18
3.1	Inspeção e Controlo da Qualidade	18
3.2	Diagnóstico do Sistema de Análise e Tratamento de Informação	20
3.3	Desenvolvimento e implementação de propostas de melhoria dos problemas identificados.....	23
4.	Seleção do Defeito e Análise das Causas	28
4.1	Seleção do Defeito e Referência a Acompanhar	28
4.2	Descrição do Prisma e do Ângulo do <i>Dackhant</i>	31
4.3	Descrição do Processo Produtivo.....	33
4.4	Causas no Processo que Influenciam o <i>Dackhant</i>	38
4.3.1.	Equipamento de Medição do <i>Dackhant</i>	40
4.3.2.	Relação entre Planeza e Inclinação do Prato com os Blocos e os Prismas.....	45
5.	Análise dos Resultados.....	62
6.	Conclusões e Trabalhos Futuros.....	66
7.	Referências Bibliográficas.....	68
	Anexo I - Folha do Excel do ficheiro Estatísticas da produção referente ao geométrico dos prismas da semana 14.....	72
	Anexo II - Tabela Top Mensal referente à produção geométrico dos prismas	73
	Anexo III - Tabela dinâmica para análise dos defeitos	74
	Anexo IV - Macro do Top Mensal com as alterações.....	75
	Anexo V - Macro inserir semana no Top Mensal.....	76

Anexo VI - Alteração da macro para importar diariamente.....	77
Anexo VII - Macro para criar a base de dados para o <i>dashboard</i> geral.....	79

Índice de Figuras

Figura 1 - Categorização dos KPI segundo Kang et al. (2016)	8
Figura 2 - Gestão Visual Integrada engloba a gestão visual, a gestão de desempenho e a melhoria contínua como um sistema interconectado segundo Eaidgah et al. (2016)	9
Figura 3 - Fases do processo de desenvolvimento de um dashboard segundo Vilarinho et al. (2018) .	15
Figura 4 - Pontos de inspeção da qualidade	18
Figura 5 - Ficheiro Excel com a informação do indicador taxa de rejeição e planos de ação a decorrer	22
Figura 6 – Dashboard referente à produção geométrico dos prismas.....	25
Figura 7 - Dashboard geral do prisma	27
Figura 8 – Gráfico do Top 3 Defeitos referente à produção geométrica do dashboard geral dos prismas no ano fiscal 2020/2021	29
Figura 9 - Gráfico do Top 10 Referências com Maior Rejeição do dashboard da produção geométrico do ano fiscal 2020/2021	30
Figura 10 – Gráfico do Top 3 Defeitos do dashboard com a seleção da referência e do ano fiscal 2020/2021.....	31
Figura 11 - Representação da montagem dos prismas num binóculo (Greivenkamp & Steed, 2011) ..	32
Figura 12 - Reflexão dos raios de luz num ângulo de 90° (Greivenkamp, 2016 citado em Sousa, 2017)	32
Figura 13 - Representação do contacto entre bloco de vidro e prisma (Zschommler, 1984).....	34
Figura 14 - Distribuição dos blocos com os prismas da referência em estudo no prato (vista de cima)	34
Figura 15 - Vista de cima da máquina de esmerilagem livre (Williamson, 2011).....	35
Figura 16 – Representação do polimento (Williamson, 2011)	36
Figura 17 - Esquema do processo de produção do dackhant	38
Figura 18 - Diagrama causa-efeito do defeito dackhant.....	39
Figura 19 - AKF	41
Figura 20 - Goniómetro.....	41
Figura 21 - Vista do ecrã do goniómetro (à esquerda) e vista da lente do AKF (à direita)	42
Figura 22 - Gráfico de controlo para a média e amplitude do goniómetro.....	44
Figura 23 - Gráfico de controlo para a média e amplitude do AKF.....	44
Figura 24 - Representação da distribuição dos blocos e prismas no prato	46
Figura 25 – Interferómetro OptoTech OWI 150 XT (OptoTech, 2020).....	47
Figura 26 - Imagem do bloco com as franjas de interferência	47

Figura 27 - Imagem do interferômetro para a medição do ângulo	48
Figura 28 - Representação da inclinação do prato nos blocos e prismas	49
Figura 29 - Gráficos das correlações entre prisma e bloco	49
Figura 30 - Representação da inclinação do prato no dia 23 de junho.....	50
Figura 31 - Representação dos blocos com inclinação de -2 para 0	51
Figura 32 - Representação dos blocos com inclinação de 0 para -2	52
Figura 33 - Representação dos blocos com inclinação de +1 para 0	52
Figura 34 - Representação dos blocos com inclinação de 0 para +1	53
Figura 35 - Gráficos da evolução das médias dos desvios dos ângulos dos dois jogos de blocos e dos prismas.....	54
Figura 36 - Gráfico da evolução da média dos desvios dos ângulos dos prismas	54
Figura 37 - Gráfico do número de prismas com defeito dackhant por prato.....	55
Figura 38 - Representação do prato do dia 20 de maio.....	56
Figura 39 - Representação do prato do dia 31 de maio (à esquerda) e imagem do bloco 1 com forma côncava (à direita)	56
Figura 40 - Representação de um bloco côncavo e o respectivo efeito nos prismas.....	57
Figura 41 - Representação do prato do dia 7 de junho (à esquerda) e imagem do bloco 1 com forma côncava (à direita)	57
Figura 42 - Representação do prato do dia 18 de junho (à esquerda) e imagem do bloco 1 com forma convexa (à direita)	58
Figura 43 - Representação de um bloco convexo e o respectivo efeito nos prismas.....	58
Figura 44 - Representação de um prato convexo	60
Figura 45 - Representação de um prato côncavo.....	60
Figura 46 - Gráfico do número de prismas com desvios dos ângulos positivos e negativos	61
Figura 47 - Gráfico do Top 3 Defeitos nas semanas 24, 25 e 26	62
Figura 48 - Gráfico da Evolução dos Defeitos da semana 20 à semana 29.....	63
Figura 49 - Gráfico do Top 3 Defeitos da semana 14 à 24 (à esquerda) e gráfico do Top 3 Defeitos da semana 25 à 29 (à direita)	63
Figura 50 - Gráfico do Top 10 Referências com maior rejeição da semana 14 à 24 (à esquerda) e gráfico do Top 10 Referências com maior rejeição da semana 25 à 29 (à direita)	64

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Tipos de defeitos detetados por posto de inspeção.....	20
Tabela 2 - Valores do ângulo do <i>dackhant</i> de prismas que caíram	40
Tabela 3 - Tabela dos valores dos prismas medidos no AKF e Goniómetro.....	43
Tabela 4 – Tabelas da percentagem de variação do goniómetro e AKF	45
Tabela 5 - Tabela dos valores dos desvios dos ângulos dos blocos e respetivos prismas	51

1. Introdução

Neste capítulo é abordado o enquadramento do projeto desta dissertação, os objetivos, a metodologia de investigação utilizada, bem como a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento

Os indicadores são uma importante ferramenta que mede o desempenho de uma empresa, e fornece apoio à tomada de decisão. Deste modo, ser capaz de obter eficazmente tais indicadores torna-se fundamental para o bom funcionamento da organização.

Este projeto surgiu da necessidade da reconfiguração do sistema de recolha de informação referente à deteção dos defeitos nos vários postos de controlo de qualidade de uma empresa que fabrica componentes óticos. A recolha desta informação permite o cálculo e análise do indicador taxa de rejeição, um indicador muito importante na avaliação do desempenho produtivo da empresa. Deste modo, não sendo a recolha e tratamento dos dados feita de forma eficiente e eficaz, esta poderia trazer complicações nos cálculos e na apresentação das taxas de rejeição e na sumarização da informação pertinente a ser dada aos colaboradores. Dito isto, a empresa necessitou de aperfeiçoar o sistema já implementado de forma a satisfazer as suas necessidades.

Mais concretamente, a empresa pretende fazer uma recolha de dados mais eficiente e, conseqüentemente, analisar se os dados recolhidos são os essenciais de modo a permitir fazer o cálculo e apresentação dos indicadores de forma mais rápida, simples e clara. Posteriormente, sendo a recolha de dados melhorada e com recurso a um *dashboard* será possível detetar com mais certeza a maior predominância dos defeitos e assim tomar ações de melhoria focadas em reduzir esta predominância e, deste modo, promover uma cultura de melhoria contínua.

1.2 Objetivos

O projeto a realizar nesta dissertação tem como objetivo perceber o impacto do sistema de recolha e tratamento de dados e, conseqüentemente, do uso de indicadores no desempenho dos processos; assim como perceber como os indicadores da qualidade aliados a um *dashboard* permitem observar a maior predominância de defeitos de modo a atuar sobre estes.

De forma geral é pretendido:

- Propor melhorias no sistema de recolha e tratamento dos dados, que auxiliam no cálculo e apresentação de indicadores e, deste modo, desenvolver um *dashboard* que aglomere estas informações;
- Através do *dashboard*, perceber quais os defeitos com maior incidência e investigar quais as possíveis causas desses defeitos.

Dito isto, em particular, pretende-se analisar os resultados obtidos assim como as principais limitações encontradas ao longo deste projeto.

1.3 Metodologia de Investigação

Para a elaboração de uma dissertação é necessário estabelecer a abordagem metodológica adequada para a realização do projeto, uma vez que a mesma permite a concretização dos objetivos estabelecidos. Dito isto, a metodologia utilizada nesta dissertação foi a metodologia Investigação-Ação, que permite a integração de conhecimento teórico e académico numa empresa.

Susman & Evered (1978) definem esta metodologia como um processo cíclico com cinco fases:

- Diagnóstico, que corresponde à identificação do problema;
- Planeamento da ação, ou seja, considerando os diferentes caminhos existentes para resolver o problema;
- Execução da ação, isto é, seguir uma tomada de decisão;
- Avaliação, estudando os efeitos da ação tomada;
- Especificação da aprendizagem, ou seja, identificação dos principais resultados.

Coughlan & Coughlan (2002) defendem que esta metodologia apresenta as seguintes características. Primeiramente, a metodologia Investigação-Ação é participativa, uma vez que os membros do sistema que está a ser estudado participam ativamente neste processo cíclico. Em segundo lugar, é considerada como uma pesquisa simultânea com a ação, em que o objetivo é tornar essa ação mais eficaz e, ao mesmo tempo, construir um corpo de conhecimento científico (Coughlan & Coughlan, 2002).

Finalmente, esta metodologia é uma sequência de eventos assim como uma abordagem para a solução de problemas. Como uma sequência de eventos engloba ciclos de recolha de dados, análise dos dados, planeamento das ações, realização das ações e avaliação dessas ações. Como uma abordagem para a resolução de problemas, é uma aplicação do método científico de descoberta de factos e experimentação

a problemas práticos que requerem soluções de ação e envolvem a colaboração e cooperação dos investigadores da ação e membros do sistema organizacional. Os resultados conseguidos com esta abordagem não são apenas soluções para os problemas imediatos, mas uma aprendizagem importante através dos resultados, e uma contribuição para o conhecimento científico e teoria (Coughlan & Coughlan, 2002).

O espaço temporal deste projeto será longitudinal, uma vez que será estudada ao longo da duração do projeto a evolução do sistema de recolha e tratamento de dados após a implementação de várias propostas de melhorias, assim como, a adequabilidade dos indicadores implementados e a evolução dos efeitos destes indicadores.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação está estruturada sob a forma de capítulos. Neste primeiro capítulo são apresentados a pertinência do projeto assim como a sua utilidade para a empresa, os objetivos do projeto e os possíveis resultados, e por fim a abordagem metodológica utilizada nesta dissertação.

O capítulo 2 é referente à revisão da literatura cujo objetivo é apresentar o estado da arte sobre os tópicos abordados ao longo da dissertação. Este capítulo é fundamental para dar a conhecer a importância dos tópicos e qual o impacto que os mesmos têm numa organização.

O capítulo 3 diz respeito ao sistema de análise e tratamento dos dados da inspeção da qualidade. São apresentados o sistema, os problemas identificados e as melhorias efetuadas.

No capítulo 4 é abordado o estudo e acompanhamento de um defeito através da análise do *dashboard* desenvolvido, de modo a promover uma cultura de melhoria contínua.

O capítulo 5 é referente à análise dos resultados que permitiu averiguar a diminuição na ocorrência do defeito após a análise de potenciais causas e implementação de melhorias.

Por fim, o capítulo 6 apresenta as conclusões do projeto desenvolvido assim como trabalhos futuros, tanto no sistema que permite a análise do indicador taxa de rejeição, assim como no acompanhamento do defeito de modo a reduzi-lo por completo.

2. Revisão da Literatura

Este capítulo referente à revisão bibliográfica tem como intuito apresentar o estado da arte dos tópicos que suportam os objetivos pretendidos ao longo desta dissertação e projeto.

Primeiramente, foi apresentado o tópico da gestão da qualidade e como esta se relaciona com a melhoria contínua. De seguida, foram abordados os indicadores e a sua importância na medição do desempenho de uma empresa. Posteriormente, foi apresentado a utilidade da gestão visual, nomeadamente o *dashboard*, e como este em conjunto com os indicadores permitem a melhoria do desempenho dos processos, e por fim perceber de que maneira contribuem para promover uma cultura de melhoria contínua numa organização.

2.1 Gestão da Qualidade

A gestão da qualidade nasceu das ideias fundamentais de Deming, Juran, Crosby e Ishikawa. Desde então, tornou-se uma filosofia de gestão difundida, estando presente na maioria das empresas de atualmente (Sousa & Voss, 2002).

Jirapattarasilp (2008) define a gestão da qualidade como o “princípio da gestão que defende que os requisitos do cliente são exatamente cumpridos e que cada pessoa na organização está envolvida com o compromisso total da gestão de topo. A gestão da qualidade é impulsionada pela obtenção constante da satisfação do cliente através da melhoria contínua de todos os processos organizacionais”. No entanto, este autor destaca a ideia de que a implementação da gestão da qualidade numa empresa só é possível se as mudanças fizerem parte da cultura da organização.

Bhuiyan & Baghel (2005, p. 761) definem melhoria contínua como “uma cultura de melhoria sustentada que visa a eliminação de desperdícios em todos os sistemas e processos de uma organização. Envolve todos a trabalhar em conjunto para fazer melhorias sem necessariamente fazer grandes investimentos de capital”. Se aplicada corretamente, a melhoria contínua significa aumentar a eficiência dos processos de forma sistemática, através da utilização de medidas relativamente simples e económicas. Só assim a melhoria contínua contribui para uma empresa cada vez mais competitiva (Hamrol & Grabowska, 2020). A melhoria é alcançada através do uso de ferramentas e técnicas dedicadas a pesquisar as fontes de problemas, desperdício e variação de forma a encontrar maneiras de minimizá-los (Bhuiyan & Baghel, 2005).

Kaoru Ishikawa defendeu que as sete ferramentas visuais básicas - fluxogramas, folhas de verificação, diagramas de Pareto, diagramas de causa e efeito, histogramas, diagramas de dispersão e gráficos de controlo - poderiam ser usadas para resolver 95 por cento dos problemas relacionados com a qualidade (Eaidgah, Maki, Kurczewski, & Abdekhodae, 2016).

Sousa & Voss (2002) estudaram a relação entre o desempenho da qualidade e o desempenho da empresa e afirmam que, como um todo, as práticas de gestão da qualidade têm um impacto significativo e forte na qualidade e no desempenho operacional. No entanto, o impacto destas práticas no desempenho organizacional é mais fraco e nem sempre significativo.

2.2 Indicadores de Desempenho

As áreas de desempenho devem ser mensuráveis na forma de indicadores, para que a empresa possa monitorizar o desempenho e o cumprimento das metas (Ahmad & Dhafr, 2002). De forma simples, Searcy, Karapetrovic, & McCartney (2005, p. 35) definem um indicador como “uma medida quantitativa ou qualitativa que permite uma análise do estado e da evolução até aos objetivos definidos”.

Para os indicadores serem úteis, estes devem ser adaptados às circunstâncias e necessidades da empresa (Searcy, Karapetrovic, & McCartney, 2009). Posto isto, é fundamental para uma empresa determinar os indicadores relevantes, como se relacionam com os objetivos da empresa e como dependem das atividades exercidas (Popova & Sharpanskykh, 2010). A definição de objetivos é uma parte importante na implementação de indicadores porque representam metas a atingir, e será através destes que surgirá o compromisso da empresa. A métrica utilizada no cálculo do indicador e a periodicidade de medição são também elementos importantes na definição de indicadores, uma vez que a métrica será construída com base nos fatores que influenciam o indicador, e a periodicidade de medição ajudará a entender qual o espaço temporal que está sob análise aquando da interpretação do indicador (Martins, 2012).

Allio (2012) alerta para que as empresas sejam capazes de desenvolver e indicar indicadores e metas que possam adotar. Isto poderá trazer vantagens como: permitir o envolvimento dos gestores levando a que as suas responsabilidades estejam relacionadas com a estratégia definida, e faz com que as equipas de toda a organização se foquem em objetivos mais estratégicos, em vez de objetivos estritamente funcionais ou táticos. Finalmente, envolver as partes interessadas aumenta a probabilidade das métricas e das metas estarem bem estruturadas. Allio (2012) afirma ainda que as métricas que se concentram em indicadores de sucesso de curto prazo podem esconder ameaças ou oportunidades de longo prazo.

Posto isto, ao desenvolver um portfólio de métricas essas diferenças podem ser debatidas, e até resolvidas, através de uma definição de metas cuidadosa.

Normalmente, a seleção dos indicadores de desempenho é baseada na experiência, compreensão, e conhecimento da organização. Posteriormente é validada para garantir que os indicadores escolhidos são atualizados e vão de encontro aos objetivos da empresa (Abisourour, Hachkar, Mounir, & Farchi, 2020). Deste modo, os indicadores de desempenho são ferramentas que são utilizadas para determinar se os objetivos da organização estão ou não a ser cumpridos e se, conseqüentemente, se está ou não a evoluir no sentido da correta implementação da estratégia da organização, podendo então ser usados para avaliar e comunicar o desempenho (Ribeiro, 2015).

Após a definição dos indicadores, é necessário fazer o acompanhamento da evolução do processo e da evolução destes indicadores, através da determinação e análise de causas, criação e acompanhamento de planos de ação, promovendo assim uma cultura de melhoria contínua (Bessa, 2013). Desta maneira, os indicadores ajudam a identificar os problemas antes que se tornem insuperáveis e auxiliam na sua solução (Rebelo, 2014), colaborando para a tomada de decisão, e contribuindo para um controlo mais eficaz (Holanda, 2007).

Muitas vezes, o conjunto de indicadores de desempenho que podem ser definidos para uma organização pode ser muito grande, tornando-se pouco viável monitorizá-los todos. Portanto, as empresas selecionam um subconjunto de indicadores, chamados de indicadores-chave de desempenho, que podem dar uma imagem representativa do desempenho (Popova & Sharpanskykh, 2010).

Ahmad & Dhafr (2002, p. 171) definem um indicador-chave de desempenho (KPI do inglês *Key Performance Indicator*) como “um número ou valor que pode ser comparado com um resultado interno ou externo para dar uma indicação de desempenho”. Esse valor pode estar relacionado aos dados recolhidos ou calculados a partir de qualquer processo ou atividade (Ahmad & Dhafr, 2002). Os KPI não ajudam apenas na identificação e análise dos indicadores de desempenho que precisam de ser focados, mas também fornecem direção, dados e condições reais para avaliação (Tsai & Cheng, 2012).

Caldeira (2020) definiu que a cada indicador e KPI geralmente devem estar associados os seguintes elementos:

- Objetivo: é o meio de comunicação das intenções estratégicas e operacionais da empresa. Os objetivos devem ser capazes de esclarecer todos os colaboradores, sobre o que a organização pretende alcançar num determinado aspeto e num determinado período de tempo;
- Fórmula de cálculo: é a fórmula matemática que permite obter o resultado do indicador;
- Resultado: é o valor obtido pela empresa num determinado período de tempo;
- Meta: quantifica a ambição do objetivo. Tem como função eliminar a subjetividade, reforçar o compromisso, identificar a ambição, fomentar a melhoria contínua e promover a inovação;
- Desvio: representa a diferença entre a meta previamente estabelecida e o resultado efetivamente obtido;
- Performance: é uma forma de comparar indicadores com unidades de medida diferentes;
- Avaliação: representa uma avaliação qualitativa obtida em função da performance e do seu desvio.

Kang, Zhao, Li, & Horst (2016) definiram uma estrutura hierárquica dos KPI que consiste em três níveis: elementos de suporte, KPI básicos e KPI geral, conforme mostrado na Figura 1. Ao nível dos elementos de suporte, que correspondem aos dados monitorizados e recolhidos diretamente durante a produção, as medidas podem ser divididas nos grupos tempo e quantidade. Dentro do grupo tempo, existem medições de tempo relacionadas à produção, do ponto de vista das máquinas, ordens de produção e operadores, e medições de tempo relacionadas à manutenção. No grupo da quantidade, as medições estão relacionadas com as quantidades da produção e da qualidade. Os KPI básicos são relativos à produção, qualidade e manutenção. Estes KPI são calculados através dos elementos de suporte, contribuindo para os KPI geral. É de salientar que os relacionamentos não existem apenas entre diferentes níveis de KPI e elementos de suporte, mas também entre KPI dentro do mesmo nível, como é o caso dos KPI da qualidade, produtividade e manutenção (Kang et al., 2016).

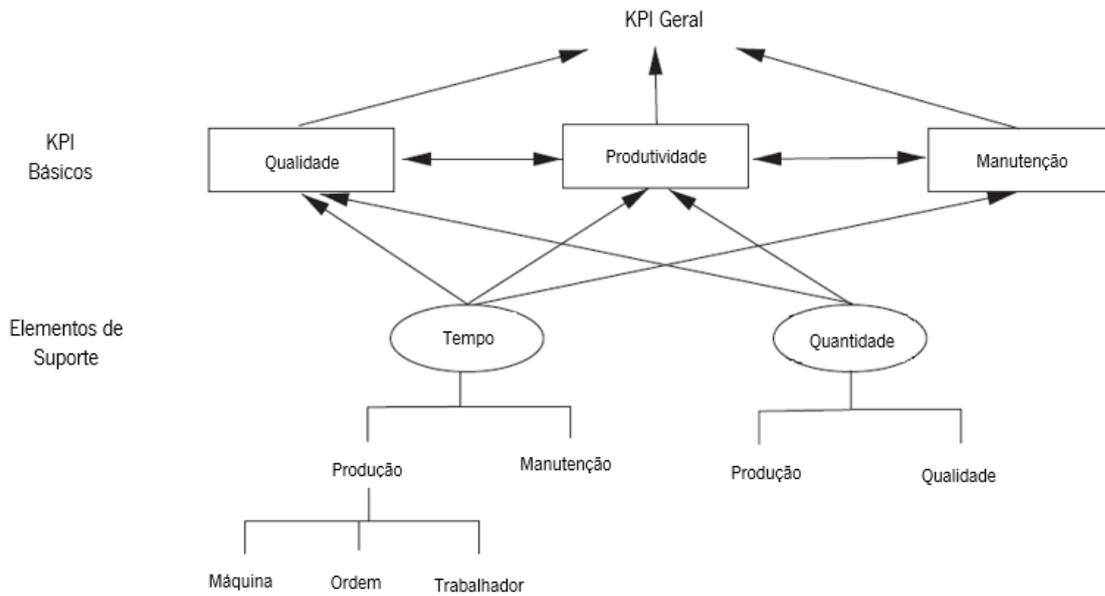


Figura 1 - Categorização dos KPI segundo Kang et al. (2016)

Kang et al. (2016) acrescentam ainda que esta estrutura torna-se uma ferramenta útil para engenheiros do processo e gestores para medir, analisar e utilizar os KPI de modo a contribuir para uma melhoria contínua.

Para Maskell (1991) o ponto de partida para implementar a melhoria da qualidade é a medição do desempenho, e para isto recorre-se a indicadores de qualidade. Os indicadores de qualidade medem a satisfação ou insatisfação dos clientes e os resultados do processo e da sua eficácia (Bessa, 2013). É considerado um indicador de negócio, que informa sob determinadas circunstâncias o estado da organização e do negócio em causa (Rebelo, 2014).

Um indicador que mede a qualidade do processo de produção tanto demonstra a qualidade atual do processo, como também pode ser usado como uma referência para monitorizar as mudanças no processo, para comparar várias opções de melhoria no processo, e para avaliar a eficiência dessas opções implementadas com o objetivo de melhorar a sua qualidade (Kuznetsov, Vitshuk, Antsev, & Sabinina, 2019).

2.3 Gestão Visual

Eaidgah et al. (2016, p. 188) definem gestão visual como “a prática de visualizar informações ou exibir requisitos para definir direções”. Os mesmos autores afirmam que a gestão visual pode ser usada de duas maneiras ligeiramente diferentes. No primeiro âmbito, como ferramenta informativa, a gestão visual

é utilizada exclusivamente para visualizar as informações. Alguns exemplos de ferramentas que se enquadram nesta categoria são as ferramentas de mapeamento de processo, como mapeamento de fluxo de valor (VSM do inglês *Visual Stream Mapping*) e fluxograma, e outros como o *layout* e a planta da fábrica, placas de nome e etiquetas. No segundo âmbito, como ferramenta diretiva, além de visualizar informações, são utilizadas ferramentas de gestão visual para apresentar requisitos, definir direções e orientar ações. Alguns exemplos desta aplicação de gestão visual são os semáforos, sinais de passagem, alarmes de evacuação, cartões *Kanban*, instruções de trabalho padrão e *dashboards* de gestão visual (contendo gráficos dos principais indicadores de desempenho (KPI) e os objetivos associados). A gestão visual, neste segundo sentido, contém uma forte ligação à gestão de desempenho (Eaidgah et al., 2016).

De acordo com Eaidgah et al. (2016), para que a gestão visual produza todos os seus benefícios, esta deve estar ligada a um programa de gestão de desempenho, que fornece informações para a gestão visual, e um programa de melhoria contínua, que recebe informações da gestão visual (Figura 2).

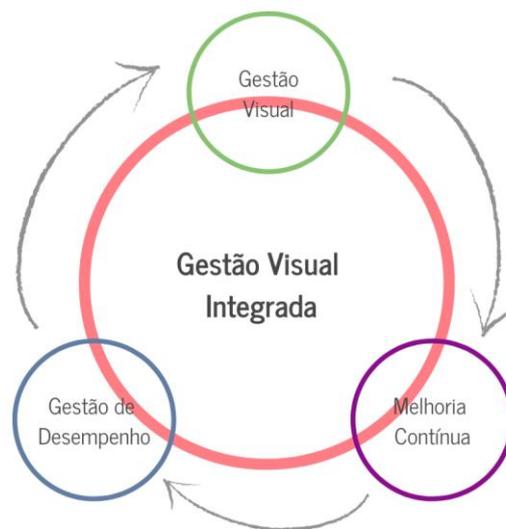


Figura 2 - Gestão Visual Integrada engloba a gestão visual, a gestão de desempenho e a melhoria contínua como um sistema interconectado segundo Eaidgah et al. (2016)

Eaidgah et al. (2016) afirmam que assim que as medidas de desempenho e as metas são definidas, a gestão visual serve como um meio simples e eficaz para fornecer aos engenheiros do processo um *feedback* sobre o desempenho dos processos, assim como as ações das pessoas associadas, permitindo um melhor entendimento dos processos e as suas influências. A gestão visual permite aumentar a transparência, disciplina, moral e atitudes científicas e prepara a equipa para tomar melhores decisões e seguir melhores cursos de ação. Quando a gestão visual está ligada a um programa de melhoria contínua, esta é capaz de identificar oportunidades de melhoria contínua e direcionar para melhores

desempenhos. Acrescentam ainda que, a gestão visual não alimenta apenas o programa de melhoria contínua destacando as oportunidades de melhoria e fornecendo dados, mas também apoia a cultura de melhoria contínua ao capacitar a equipa e ao ajudá-la a assumir responsabilidades.

Atualmente, as organizações enfrentam o desafio do fenómeno chamado sobrecarga de informação e que cada vez mais dificulta a tomada de decisão (Yigitbasioglu & Velcu, 2012). Para além disto, de forma a aplicar a gestão de desempenho eficazmente é essencial ter dados de desempenho atualizados sobre a produção, a qualidade, os mercados, os clientes, entre outros, por meio dos quais possam atuar proativamente no controlo de vários processos para atingir as metas de desempenho. Portanto, as informações relativas ao desempenho precisam de ser integradas, dinâmicas, acessíveis e visíveis para auxiliar na rápida tomada de decisões e promover uma gestão proativa que leve à agilidade e capacidade de resposta (Nudurupati, Bititci, Kumar, & Chan, 2011). Os *dashboards* podem oferecer uma solução para este problema, fornecendo um pacote completo para a gestão de desempenho (Yigitbasioglu & Velcu, 2012).

Yigitbasioglu & Velcu (2012, p. 44) definem um *dashboard* como “uma ferramenta de gestão de desempenho visual e interativa que exhibe num único ecrã as informações mais importantes para atingir os objetivos organizacionais, permitindo ao utilizador identificar, explorar e comunicar áreas problemáticas que precisam de ação corretiva”. No que diz respeito aos dados, um *dashboard* permite ao utilizador observar primeiro uma parte dos dados e, se necessário, analisar mais para descobrir as causas do mau desempenho (Yigitbasioglu & Velcu, 2012).

É essencialmente uma ferramenta de visualização gráfica, composta por gráficos ou tabelas, onde estão expostos os indicadores que permitem monitorizar todo o processo (Rocha, 2016). Um *dashboard* pode ser considerado um sistema de suporte à decisão, que fornece informações num formato específico para que seja possível tomar decisões e facilitar a monitorização contínua. Desta forma, os *dashboards* devem ser concisos, simples e intuitivos de usar de modo a permitir que os utilizadores se concentrem na parte mais relevante e urgente dos dados (Yigitbasioglu & Velcu, 2012).

Yigitbasioglu & Velcu (2012) distinguem entre dois tipos de características de design no *dashboard*: características funcionais e características visuais. As características funcionais relacionam-se indiretamente com a visualização, mas descrevem o que o *dashboard* pode fazer. As características visuais referem-se aos princípios de visualização de dados, ou seja, com que eficiência e eficácia as informações são apresentadas ao utilizador (Yigitbasioglu & Velcu, 2012).

Few (2006) realça que as informações num *dashboard* devem ser adaptadas especificamente aos requisitos de uma determinada pessoa, grupo ou função; caso contrário, não servirá o seu propósito. Destaca ainda que, um *dashboard* é uma forma de apresentação, não um tipo específico de informação ou tecnologia, pelo que os *dashboards* devem ser direcionados para a comunicação.

Segundo Eckerson (2010), um *dashboard* proporciona três funcionalidades:

1. Monitoriza processos e atividades críticas usando métricas que acionam alertas quando o desempenho fica abaixo das metas predefinidas;
2. Analisa a causa raiz dos problemas explorando informações relevantes de várias perspetivas em vários níveis de detalhe;
3. Gere pessoas e processos para melhorar as decisões, otimizar o desempenho e orientar a organização na direção certa.

Para Pauwels et al. (2009), um *dashboard* apresenta quatro propósitos: consistência, monitorização, planeamento e comunicação. Primeiramente, um *dashboard* permite o reforço da consistência nas medidas e procedimentos de medição nos departamentos e unidades de negócio. Em segundo lugar, ajuda a monitorizar o desempenho, que pode ser avaliativo, ou seja permitindo descobrir o quê e quem tem um bom desempenho; e de desenvolvimento, ou seja perceber que lições foram aprendidas. Terceiro, um *dashboard* pode ser usado para planear, definindo objetivos e estratégias. E por último, um *dashboard* pode ser usado para comunicar com as partes interessadas da empresa comunicando o que é o desempenho, assim como as métricas para medir esse desempenho.

De acordo com Malik (2005), os *dashboards* devem ser agrupados nas seguintes categorias principais:

- *Dashboards* de desempenho empresarial, que consolidam dados de vários departamentos e unidades de negócio e fornecem uma visão holística da empresa.
- *Dashboards* departamentais, exibem métricas de desempenho e números específicos para cada departamento.
- *Dashboards* de monitorização de processos/atividades, monitorizam processos específicos ou atividades generalizadas. Estes *dashboards* podem ser usados em diferentes departamentos da

organização ou podem ser restritos a um grupo específico responsável por monitorizar certos processos ou atividades e informar aqueles afetados por tais atividades.

- *Dashboards* de aplicações, são principalmente integrados em aplicações personalizadas para fornecer métricas específicas definidas na aplicação.
- *Dashboards* de clientes, são usados pelos clientes da organização e contém métricas relevantes para esses clientes.
- *Dashboards* de fornecedores, permitem que os fornecedores colaborem e se mantenham informados sobre os detalhes da sua interação com a organização.

Segundo Few (2006), os *dashboards* são divididos em três categorias: estratégicos, analíticos e operacionais.

- *Dashboard* estratégico: Este tipo de *dashboard* fornece aos utilizadores uma visão geral e rápida para monitorizar o estado e as oportunidades do negócio. As metas estratégicas definidas são de longo prazo, pelo que os *dashboards* não exigem dados em tempo real nem reações imediatas; em vez disso, estes beneficiam de dados estáticos recolhidos mensalmente, semanalmente ou diariamente. São monitorizações que simplesmente apresentam o que está a acontecer, uma vez que são dirigidos para os gestores estratégicos e executivos. Deste modo, mecanismos de exibição extremamente simples funcionam melhor para este tipo de *dashboard*.
- *Dashboard* analítico: são *dashboards* que oferecem suporte à análise de dados. Tal como os *dashboards* estratégicos, os *dashboards* analíticos também utilizam momentos estáticos de dados que não mudam constantemente de um momento para o outro. No entanto, as formas de exibição são mais sofisticadas de modo que o analista consiga examinar os dados e os relacionamentos complexos e perceber como estes funcionam. Os *dashboards* analíticos devem oferecer suporte aos dados, assim como aprofundar os detalhes, de modo a permitir que a exploração necessária não seja apenas para ver o que está a acontecer, mas para examinar as causas. Desta forma, o *dashboard* funciona como um dispositivo de monitorização que informa ao analista o que investigar.
- *Dashboard* operacional: este tipo de *dashboards* são usados para monitorizar as operações, e por isso devem ser projetados de forma diferente daqueles que suportam a tomada de decisões

estratégicas ou análise de dados. Ao monitorizar as operações, é necessário manter a consciência das atividades e eventos que mudam constantemente e podem exigir atenção e resposta a qualquer momento. Assim como acontece com os *dashboards* estratégicos, a forma de exibição nos *dashboards* de operações deve ser muito simples. Num evento de uma emergência que requer uma resposta imediata, o significado da situação e as respostas apropriadas devem ser extremamente claras e simples, senão erros poderão ser cometidos. Em contraste com os *dashboards* estratégicos, os *dashboards* operacionais devem ter os meios para chamar a atenção imediatamente se uma operação ficar fora do limite aceitável de desempenho. Deste modo, as informações que aparecem nestes *dashboards* devem ser mais específicas, fornecendo um nível mais profundo de detalhes. Para além disso, é também fundamental que haja uma maior interatividade no *dashboard*.

De acordo com Skorka (2017), para o sucesso de um *dashboard* é necessário:

- Haver uma ligação entre o *dashboard* e a visualização dos dados. Adaptar o *dashboard* às necessidades do utilizador transforma as ideias em ações e a visualização de dados em suporte de gestão visual. O *dashboard* é apenas útil quando os utilizadores têm o conhecimento e as ferramentas para mudar uma determinada situação.
- Ter visualizações atraentes para poder ajudar a tomar decisões mais informadas, comunicando informações críticas ao grupo-alvo pretendido. Deste modo, é fundamental ter uma apresentação visual clara e simples de assuntos complexos. Gráficos tornaram-se a forma mais amplamente usada de visualização de dados. Estes oferecem a vantagem de ajudar na visualização das proporções tornando as anomalias facilmente reconhecidas.
- Ter um “call to action”, ou seja uma dica visual que solicita ao utilizador tomar certas medidas e por isso deve ser a primeira coisa que chame a atenção do utilizador. Uma “call to action” fornece orientação e garante que o utilizador reconhece a necessidade de decisão ou ação. Isto cria confiança e segurança - especialmente para utilizadores menos experientes, pois o risco de ignorar algo ou interpretar mal a urgência é minimizado.
- Fornecer análises das causas raiz. Isto significa ter um entendimento profundo e claro de uma situação e da verdadeira causa do problema.

- Incluir planos de ação para registrar uma ação em conjunto com objetivos, responsáveis e prazos. O sistema poderá ser usado para coordenar e consolidar as ações de diferentes departamentos e acompanhar o progresso. Deste modo, deve ser capaz de ajudar o utilizador a chegar a soluções efetivas que corrigirão o problema.

Bititci, Cocca, & Ates (2016) implementaram sistemas de gestão visual em sete PME de manufatura e concluíram que estas técnicas permitem apoiar o desenvolvimento e implementação de estratégias de melhoria contínua; facilitam a medição e revisão de desempenho; melhoram a comunicação interna e externa; possibilitam o comprometimento das pessoas no processo de pensamento estratégico; aumentam a colaboração e integração entre diferentes unidades e níveis; apoiam mudanças culturais e fomentam a inovação.

Jaca, Viles, Jurburg, & Tanco (2014), através da literatura académica, concluíram que a gestão visual deve ser usada como um sistema de gestão integral para orientar a empresa em direção à melhoria contínua. Através do uso de ferramentas e técnicas visuais, a empresa cria um sistema de orientação poderoso e eficaz para a produção e melhoria. Estes sistemas de orientação irão alinhar, direcionar e estimular todos os colaboradores da fábrica, aumentando a sua capacidade de tomada de decisões e fomentando o seu envolvimento nas atividades de melhoria contínua que a empresa necessita abordar de forma sistemática para ter sucesso.

Martins, Alves, & Leão (2018) chegaram à conclusão que a implementação do *dashboard* tem potencial para aumentar a produtividade; criando a possibilidade de reduzir o tempo de análise da informação e de eliminar a informação que está a ser gerada em excesso (ou seja, desperdícios), criando mais tempo para os colaboradores realizarem atividades de valor acrescentado.

Allio (2012) defende que *dashboards* bem projetados, desenvolvidos e implementados podem eliminar a desordem e fornecer uma visão estratégica determinante, melhorar a tomada de decisões, acelerar o tempo de resposta e aprimorar o alinhamento e o desempenho da implementação. A atenção cuidadosa ao conteúdo, forma, processo e política do *dashboard* traz vantagens, nomeadamente aos líderes que pretendam gerir estrategicamente o desempenho.

Vilarinho, Lopes, & Sousa (2018) definiram uma metodologia para o desenvolvimento de um *dashboard*, dirigido às PME, a ser implementado ao nível do chão de fábrica e focado nas áreas produtivas e no equipamento (Figura 3). As fases desta metodologia são:

- Diagnóstico das áreas produtivas – entender a situação atual da PME, identificando ações de melhoria e recolhendo sugestões dos colaboradores para implementar no *dashboard*;
- Avaliação dos requisitos do *dashboard* - esclarecer, de forma objetiva, os requisitos que devem ser atendidos no *dashboard*, através dos resultados obtidos do diagnóstico, da literatura e do *know-how* da equipa do projeto;
- Desenvolvimento do *layout* do *dashboard* - converter os requisitos identificados em soluções técnicas, executando e aperfeiçoando *layouts* até atingir as soluções mais satisfatórias;
- Implementação e melhoria do *dashboard* - testar o *design* do *dashboard* e os recursos desenvolvidos para a sua implementação, avaliando o seu desempenho e realizando melhorias.

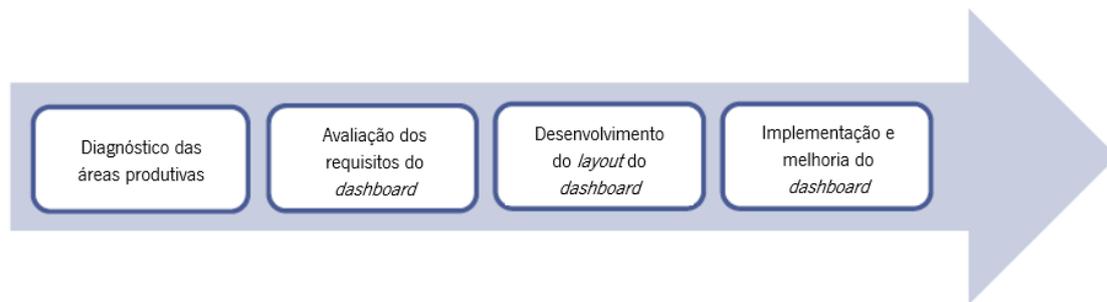


Figura 3 - Fases do processo de desenvolvimento de um *dashboard* segundo Vilarinho et al. (2018)

Cepeda & Lopes (2019) implementaram um *dashboard* segundo a metodologia desenvolvida por Vilarinho et al. (2018) numa empresa de indústria automóvel, e concluíram que esta metodologia mostrou-se eficiente e eficaz na obtenção de uma ferramenta de comunicação que satisfaça os envolvidos no processo de auditorias do produto. O *dashboard* assim desenvolvido permitiu reduzir o tempo de tratamento e disponibilidade das informações e aumentou a confiabilidade dos dados recolhidos. Permitiu ainda expor os dados mais relevantes no momento certo, para as pessoas certas, a fim de garantir a qualidade do produto (Cepeda & Lopes, 2019).

2.4 Obstáculos na Implementação de *Dashboards* aliados aos Indicadores

Apesar de ser muito importante uma empresa desenvolver *dashboards*, aliados a indicadores por vezes encontram-se obstáculos que impedem estes de ser implementados da forma mais correta.

De acordo com Allio (2012), os problemas com os indicadores ou métricas são que estes estão desalinhados ou incorretos, os dados usados para calcular os indicadores têm falhas, estão incompletos

ou estão desatualizados, levando a que as metas e os indicadores não reflitam as iniciativas estratégicas ou atividades de negócio críticas; o *design* visual pobre poderá também tornar difícil a interpretação dos indicadores.

Acrescenta ainda que devido à limitação e simplicidade dos indicadores ocorre uma má interpretação desses indicadores e por conseguinte levam a problemas nos *dashboards*. Este autor afirma ainda que, outra barreira do *dashboard* poderá também ser o investimento insuficiente na definição e aquisição de dados, uma vez que encontrar os dados certos leva tempo, foco, experiência, tecnologia e definições claras dos elementos necessários.

Yigitbasioglu & Velcu (2012) afirmam que os obstáculos ao *dashboard*, são: a falta de apoio da gestão de topo, porque o *dashboard* é visto como uma ferramenta competitiva em vez de um aperfeiçoamento das ferramentas de controlo de gestão; a falta de confiança nos dados do *dashboard*; o aumento da responsabilidade ou a angústia por se ser constantemente monitorizado.

Desta forma, podemos concluir que um dos problemas mais comuns nos *dashboards* aliados a indicadores está nos dados que suportam o sistema, podendo estes ser falaciosos ou em demasia, levando à falta de confiança no *dashboard* ou a más interpretações. Estes obstáculos poderão provocar incorretas decisões que poderão levar a organização no sentido oposto ao requerido. Deste modo, deve se ter em conta estes obstáculos para os indicadores e *dashboards* serem eficazes e eficientes. Só assim se poderá medir o desempenho da organização corretamente para que estes suportes de decisão permitam a melhoria do desempenho da empresa.

2.5 Sumário

De modo a melhorar o desempenho dos processos de uma empresa é essencial medir esse desempenho através de indicadores. Estes podem ser controlados e monitorizados num *dashboard* que permite visualizar os problemas relacionados com os processos. Devido ao elevado número de dados e informações, um *dashboard* torna-se uma importante ferramenta de gestão visual que permitirá a leitura dos indicadores fundamentais para a tomada de decisões.

Apesar de haver um elevado número de artigos que mostrem as vantagens e a aplicação de *dashboards* em contexto empresarial, é necessário averiguar de que maneira estes permitem a tomada de ações sobre os defeitos de maior predominância e de que forma ajuda na melhoria do desempenho dos processos da empresa. Deste modo, esta dissertação pretende explorar esta lacuna.

Será estudado o impacto do *dashboard*, nomeadamente um *dashboard* analítico que monitoriza indicadores e que permite detetar a maior predominância de defeitos e, que permitirá a tomada de ações sobre estes de modo a promover uma cultura de melhoria contínua.

Posto isto, esta dissertação pretende responder à pergunta de investigação “Qual o impacto de um dashboard na melhoria do desempenho dos processos da empresa, e de que forma contribui para uma cultura de melhoria contínua?”

3. Processo de Análise e Tratamento de Informação

Neste capítulo é feita uma descrição do processo de análise e tratamento da informação no controlo da qualidade na secção da empresa onde esteve inserido este projeto. A empresa dedica-se ao fabrico de produtos óticos como câmaras, lentes, binóculos, objetivas e miras de elevada performance. Os produtos desenvolvidos nesta empresa são denominados “premium” e destacados pela excelência da qualidade e performance.

Este projeto foi desenvolvido na secção da Ótica, responsável pelo tratamento e transformação das lentes, para binóculos, miras e objetivas, e prismas óticos para binóculos, máquinas fotográficas e miras.

3.1 Inspeção e Controlo da Qualidade

O grande objetivo da inspeção e do controlo da qualidade é garantir que o produto tem as características e especificações que o cliente espera. Muitas vezes os defeitos são detetados tarde, e quanto mais tarde são detetados mais custos acarretam à empresa pelo que é essencial descobrir e corrigir a causa raiz do problema o mais cedo possível. As inspeções realizadas no início, durante e no final do processo estabelecem a conformidade do produto e são determinantes no controlo do processo. Os parâmetros inspecionados podem incluir não conformidades de superfície, forma, rugosidade, características espectrais, ângulos e centralização (Williamson, 2011).

Na secção da Ótica existem quatro pontos de inspeção da qualidade feitos ao longo deste processo produtivo. Estes têm as seguintes denominações relacionadas com o que é inspecionado: Geométrico (produção), Estético (produção), Revestimento e Colagem/QS Final (Figura 4).

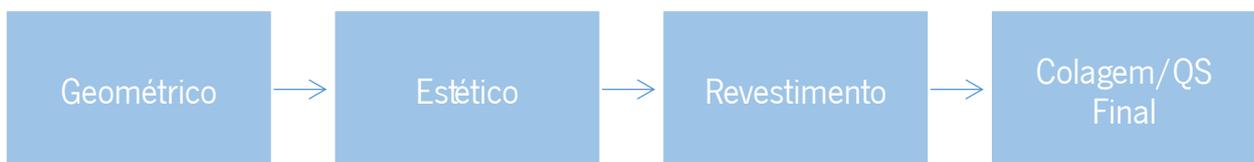


Figura 4 - Pontos de inspeção da qualidade

No posto do controlo geométrico são inspecionados defeitos dos parâmetros geométricos da peça, tais como o eixo ótico, a espessura, os ângulos, o interferómetro, o comprimento, etc. Feita esta inspeção, a peça é enviada para o controlo estético, onde são detetados os defeitos estéticos das lentes e prismas.

Alguns defeitos estão relacionados com o polimento insuficiente ou não regular, os riscos, os danos, as manchas, as facetas partidas e/ou esmilhadas, etc.

Após esta inspeção a peça está pronta para o revestimento, que consiste num tratamento que reside na deposição de nano camadas de componentes químicos na superfície que torna as lentes e prismas mais resistentes e duradouros. Após cada lado revestido do prisma e da lente, estes são novamente controlados para detetar defeitos provenientes do revestimento. Alguns defeitos detetados são riscos, manchas do revestimento, pontos, facetas, sujidades, etc.

Depois do revestimento e da respetiva inspeção, as lentes e os prismas vão para a fase seguinte onde se faz a colagem, lacagem ou controlo de qualidade final das peças. Esta área é denominada Colagem/QS Final. Os defeitos detetados nestas áreas estão relacionados com defeitos estéticos tais como riscos, manchas, partidos, facetas, orlas, pelos e pontos (partículas no ar/ sujidades do pano), defeitos de lacagem, etc.

Os tipos de defeitos detetados por posto de inspeção encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Tipos de defeitos detetados por posto de inspeção

Lentes Produção		Prismas Produção		Revestimento Lentes	Revestimento Prismas	Final Lentes		Final Prismas	
Geométrico	Estético	Geométrico	Estético			Lentes Individuais	Lentes Sistemas	Prismas Individuais	Prismas Sistemas
Eixo Ótico	Mal Polido	Interferómetro	Mal Polido	Manchas	Manchas	Manchas	Manchas	Manchas	Manchas
Interferómetro	Riscos	Ângulo	Riscos	Riscos	Riscos	Riscos	Riscos	Riscos	Riscos
Espessura - Altas	Danos	Ângulo Passagem	Danos	Danos	Mal Polido	Danos	Danos	Mal Polido	Mal Polido
Diâmetro	Cinzento	Piramidal	Cinzento	Retocar Lack	Danos	Retocar lack	Retocar lack	Danos	Danos
Riscos	Manchas	Dackhant	Manchas	Reparar Lack - Colas	Partidos	Reparar Lack - Colas	Reparar Lack - Colas	Partidos	Partidos
Danos	Facetar	Comprimento	Facetar	Reparar Lack - Cilindro	Manchas Parede	Reparar Lack - Cilindro	Reparar Lack - Cilindro	Manchas Parede	Manchas Parede
Mal Polido	Defeito Vidro	Altura	Defeito Vidro	Pêlos	Facetas (Facetar)	Pêlos	Pêlos	Facetas (Facetar)	Facetas (Facetar)
Sucata - Geral	Revestimento	Dackhant Descentrado	Dackhant - Riscos	Pontos	Facetas(Partidas /Esmilhadas)	Pontos	Pontos	Facetas(Partidas /Esmilhadas)	Facetas(Partidas /Esmilhadas)
Eixo Ótico - Sucata	Espelho	Perpendicularidade	Dackhant - Danos	Manchas - Revestimento	Pontos	Manchas - Revestimento	Manchas - Revestimento	Pontos	Pontos
Espessura - Finas	Sujidades	Outras Dimensões	Revestimento	Orlas	Pêlos	Orlas	Orlas	Pêlos	Pêlos
Diâmetro - Sucata	Cola abrir	Mal Polido	Espelho	Outros - Revestimento	Espelho Irregular	Outros - Revestimento	Outros - Revestimento	Espelho Irregular	Espelho Irregular
	Manchas Água	Riscos	Sujidades	Sujidades	Outros	Sujidades	Sujidades	Outros	Outros
		Danos	Cola abrir	Cola abrir	Cola Abrir	Cola abrir	Cola abrir	Cola Abrir	Cola Abrir
		Sucata - Geral	Manchas Água	Outros - Colagem	Sujidades	Outros - Colagem	Outros - Colagem	Sujidades	Sujidades
		Sucata - Ângulo		Mal polido	Riscos Colagem	Mal Polido	Mal Polido	Riscos Colagem	Riscos Colagem
		Sucata - Comprimento		Riscos Torno	Outros Defeitos - Revestimento	Riscos Torno	Riscos Torno	Outros Defeitos - Revestimento	Outros Defeitos - Revestimento
		Sucata - Altura		Partidos Esmilhados	Outros Defeitos Colagem	Partidos Esmilhados	Partidos Esmilhados	Outros Defeitos Colagem	Outros Defeitos - Colagem
				Manuseamento	Retocar Lack	Manuseamento	Manuseamento	Retocar Lack	Retocar Lack
					Sujos Lack			Sujos Lack	Sujos Lack
					Reparar Lack			Reparar Lack	Reparar Lack
					Linha Grossa			Linha Grossa	Linha Grossa
					Linha Danificada			Linha Danificada	Linha Danificada
					Riscos Dackhant			Riscos - Dackhant	Riscos - Dackhant
					Danos Dackhant			Danos - Dackhant	Danos - Dackhant
					Lado Pequeno			Lado Pequeno	Lado Pequeno
					Fora Medida			Fora Medida	Fora Medida

Nos vários postos de inspeção, quando é detetado um defeito esse é marcado na própria peça. A marcação das peças ajuda na produção ótica para isolar defeitos no processo e para identificar quais as superfícies a reparar (Williamson, 2011).

É de salientar que os lotes de prismas e lentes fabricados pela primeira vez são denominados de lotes novos, e os que vão ser retrabalhados são denominados de lotes de reparação.

3.2 Diagnóstico do Sistema de Análise e Tratamento de Informação

Tal como descrito anteriormente, os postos de inspeção dos defeitos são feitos no fim de cada processo intermédio. Para cada um destes postos de inspeção existe um computador com uma folha de *Exce*/que permite aos operadores responsáveis pela deteção dos defeitos inserirem os defeitos encontrados em cada lote de prismas e lentes. Todas as semanas é aberto um ficheiro *Exce*/ novo para inserir estas informações. Deste modo, no fim de cada semana, existem quatro ficheiros Excel para os prismas e

quatro ficheiros *Excel*/para as lentes, cada um referente a cada posto de inspeção.

No início de cada semana eram importados os ficheiros da semana anterior para os ficheiros *Excel* referente a cada processo e que armazena informação sobre todas as semanas. No Anexo I é possível observar a folha *Excel*/referente à semana 14 que foi importada. É de salientar que as referências dos produtos assim como o logótipo da empresa foram desfocados para proteção de dados da empresa. Cada um destes ficheiros que aglomeram todas as semanas são denominados de “Estatísticas” pois será através destes que se fará a análise dos defeitos que ocorreram em cada posto de inspeção. Existem no total oito ficheiros denominados de “Estatísticas” – um por cada posto de inspeção associado às lentes e prismas.

Para cada um destes ficheiros de Estatísticas referente a cada processo existe um botão associado a uma macro (ou seja, um código escrito em linguagem de programação VBA – *Visual Basic for Applications*) que permite juntar todas as semanas numa só tabela denominada “Top Mensal” (Anexo II). Esta tabela aglomera os dados de ocorrência de defeitos verificados em todas as semanas em todos os prismas ou lentes de cada processo que foram inspecionados para ser possível fazer uma análise geral do que ocorreu em cada semana. É de notar que esta macro procede à aglomeração de todas as semanas, pelo que no fim do ano fiscal é necessário a importação de 52 semanas o que se tornava bastante moroso.

A partir do “Top Mensal” era criado uma tabela dinâmica (Anexo III) que associada a segmentação de dados permitia fazer uma análise dos defeitos que ocorreram, nomeadamente a percentagem de peças boas e não boas, a quantidade de peças com cada defeito e ainda o total de peças defeituosas.

No início de cada semana procedia-se ao cálculo das taxas de rejeição para cada posto de inspeção das lentes e prismas e aglomerava-se essas informações numa folha de *Excel*. Este ficheiro com as taxas de rejeição (Figura 5) apresenta ainda um gráfico correspondente ao top 3 de defeitos com maior rejeição por processo, e ainda outro gráfico com as monitorizações das ações em aberto, ou seja, os defeitos cujas ações foram tomadas e para as quais se pretende avaliar a sua eficiência. Adicionalmente, existe uma tabela com os planos de ação com os defeitos mais problemáticos e que requerem atenção para serem resolvidos. Toda esta informação presente neste ficheiro *Excel* tem como propósito apresentar aos engenheiros e chefias a situação geral dos processos destacando os problemas mais frequentes.

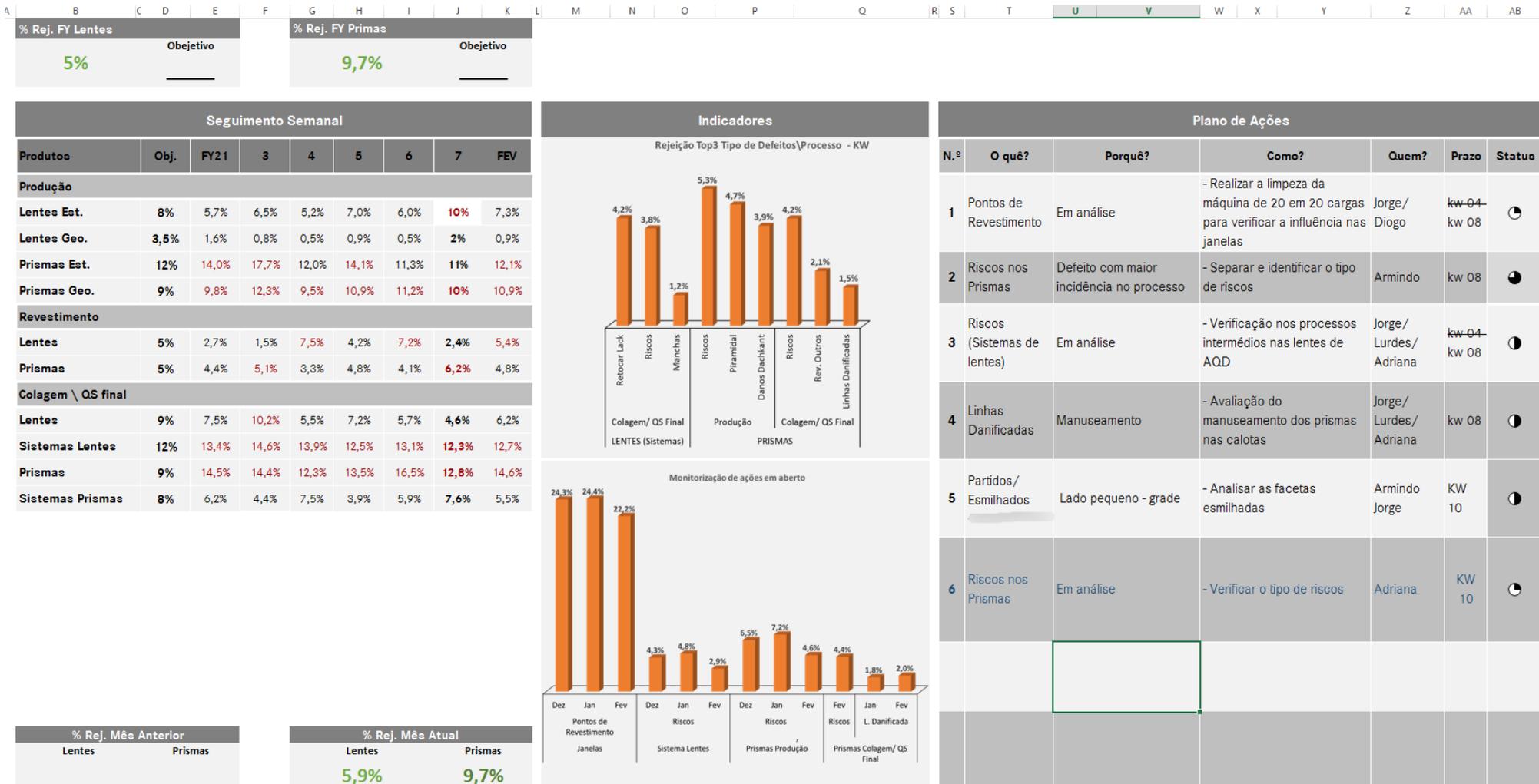


Figura 5 - Ficheiro Excel com a informação do indicador taxa de rejeição e planos de ação a decorrer

É de salientar que os cálculos destas taxas de rejeição assim como a construção dos gráficos eram feitas manualmente, uma vez que a tabela dinâmica associada ao Top Mensal apenas permite ver a quantidade total de peças boas e rejeitadas e a percentagem de peças boas. Desta forma, era necessário fazer cálculos manuais para conseguir a informação pretendida que não se conseguia extrair diretamente dessa tabela dinâmica.

Finalmente, todos estes passos acabavam por ser bastante morosos e despendia-se muito tempo para o cálculo das taxas de rejeição e aglomeração da informação a ser dada aos respetivos responsáveis.

Outro problema apontado é o facto de estas análises dos dados ser feita semanalmente, dado que só na semana seguinte é que se fazia a análise do que ocorreu na semana anterior o que não permitia uma atuação atempada de problemas recorrentes que poderiam estar a acontecer. Os dados devem ser analisados diariamente e as ações corretivas devem ser implementadas imediatamente para limitar a produção de peças defeituosas, e desta maneira, reduzir custos de produção.

De forma resumida, pode-se concluir que os problemas detetados nesta fase foram:

- A morosidade do tratamento dos dados de toda a informação a ser dada aos responsáveis;
- A análise dos defeitos ser feita semanalmente, o que pode implicar a análise dos defeitos quando já é “tarde demais”.

Posto isto, foi decidido que se procederia à implementação de algumas melhorias e criação de macros nos ficheiros de *Excel*, de forma a tornar o tratamento dos dados mais rápida. Para além disso, procedeu-se ao desenvolvimento de um *dashboard* de modo a permitir uma análise mais rápida e simples de toda a informação importante a ser reportada aos responsáveis de produção, retirando assim tempo no tratamento e observação dos dados.

3.3 Desenvolvimento e implementação de propostas de melhoria dos problemas identificados

Após a deteção dos problemas no tratamento dos dados foram feitas modificações nas macros. Na macro correspondente ao Top Mensal foi acrescentado a Quantidade Total e a identificação do Lote e Semi-Finish (Anexo IV). Os prismas e lentes denominados Semi-Finish são componentes óticos que não seguem o processo produtivo normal e por isso são identificados desta maneira.

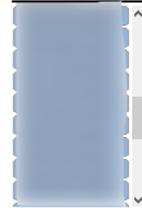
Acrescentou-se ainda uma macro para inserir apenas uma semana no Top Mensal em vez da macro que forçava a gerar todas as semanas (Anexo V), gerando uma poupança de tempo. Para além disso, alterou-se a macro de importação das semanas para ser possível importar todos os dias (Anexo VI).

Após a correção da macro referente ao Top Mensal (Anexo IV) procedeu-se ao desenvolvimento do *dashboard* através da construção de tabelas e gráficos dinâmicos (Figura 6). Visto que a empresa monitorizava o indicador taxa de rejeição, foi desenvolvido gráficos para analisar a ocorrência de defeitos durante todo o processo desta secção. No entanto, também foram desenvolvidos gráficos com informação acerca da sucata, pois sendo uma parte muito importante na área produtiva, também deveria ser analisada em conjunto com as ocorrências de defeitos. Desta forma, o *dashboard* é constituído por gráficos relativos ao Total de Defeitos – que permite observar a quantidade de peças com cada defeito - , Top 3 de Defeitos – que permite perceber os 3 defeitos mais ocorrentes - , Percentagem de Rejeição Acumulada – que calcula a taxa de rejeição acumulada por semanas selecionadas - , Top 3 Defeitos por Semana – apresenta os 3 defeitos mais ocorrentes de 3 semanas selecionadas - , Top 10 Referências com Maior Rejeição – que dispõe as 10 referências de prismas ou lentes que tiveram maior percentagem de rejeição - , Percentagem de Peças Boas e Defeituosas – que permite observar a percentagem de peças defeituosas e não defeituosas - , Total de Peças Rejeitadas e Sucatadas – que expõe a quantidade total de peças defeituosas e peças sucatadas - , Top 3 Defeitos da Sucata – que exhibe os 3 tipos de sucata mais ocorrentes - , Top 3 Referências com Mais Sucata – que dispõe as 3 referências de prismas ou lentes que tiveram maior percentagem de sucata - e Evolução dos Defeitos – que apresenta todos os defeitos detetados ao longo das semanas selecionadas. Todos estes gráficos foram elaborados de forma a fornecer uma informação necessária acerca dos defeitos e sucata detetados e para permitir calcular o indicador taxa de rejeição. Foi assim construído um *dashboard* para cada processo (Produção Geométrico, Produção Estético, Revestimento e Colagem/QS Final), tanto para lentes como para prismas, para se analisar a informação referente a cada processo. No total foram desenvolvidos quatro *dashboards* para as lentes e quatro *dashboards* para os prismas.

Qualidade Ótica Produção - Geométrico



Referência



Novas/Reparações

N
R

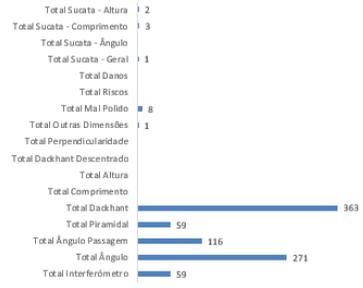
Lote/Semi-finish

Lote

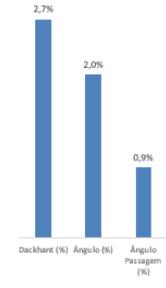
Semana

14	15	16
17	18	19
20	21	22
23	24	25
26	27	

Total Defeitos



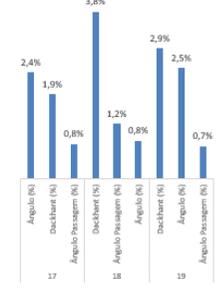
Top 3 Defeitos (%)



% Rejeição Acumulada



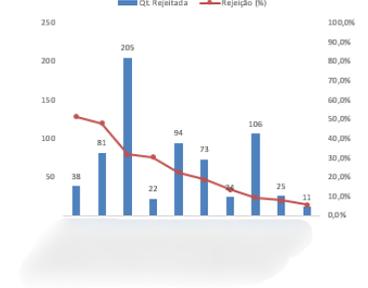
Top 3 Defeitos por Semana



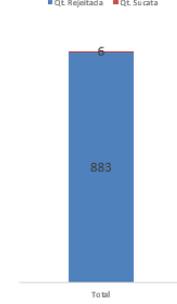
Geral Rejeição



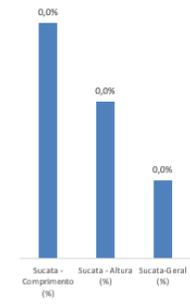
Top 10 Ref com mais Rejeição



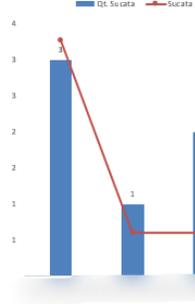
Total Rejeitada e Sucata



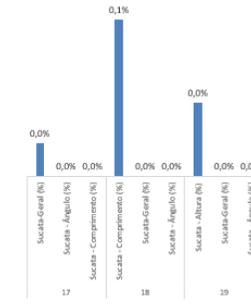
Top 3 Defeitos Sucata (%)



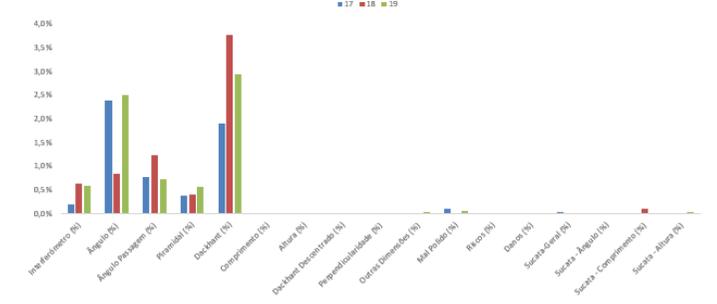
Top 3 Ref com mais Sucata



Top 3 Defeitos Sucata por Semana



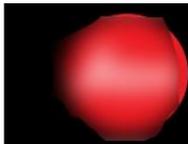
Evolução dos Defeitos



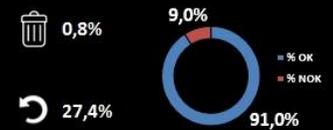
Atualizado 13/07/2021

Figura 6 – Dashboard referente à produção geométrico dos prismas

Para além disso, foi ainda necessário construir um *dashboard* geral para prismas e lentes que permitisse uma visão geral de todos os processos. Para isso foi criado uma macro que junta as bases de dados de cada processo numa única base de dados (Anexo VII). Posteriormente com a base de dados foi possível a construção do *dashboard* geral (Figura 7). No total, foram desenvolvidos dois *dashboards* gerais, um para os prismas e outro para as lentes.



Qualidade Ótica Prisma Geral



Novas/Reparações

N R

Semana

14 15 16
17 18 19

Processo

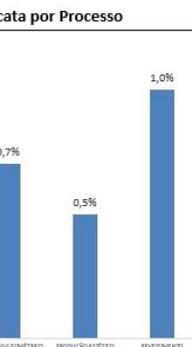
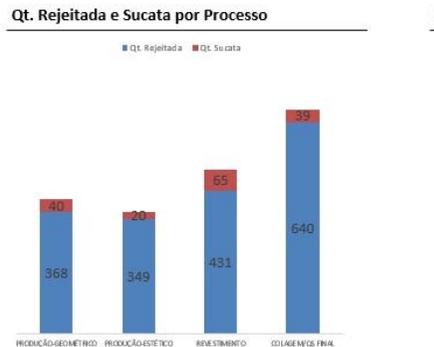
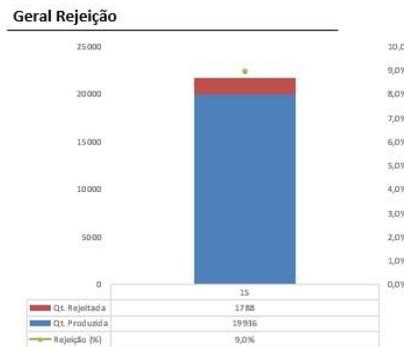
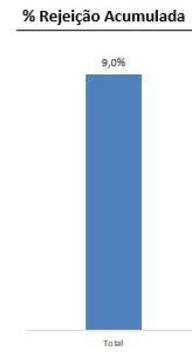
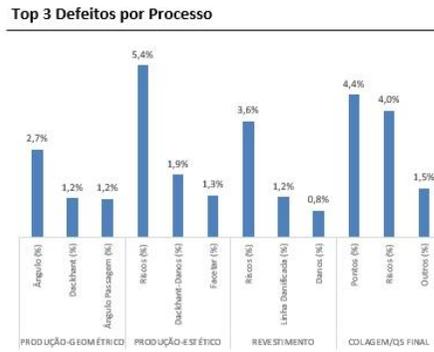
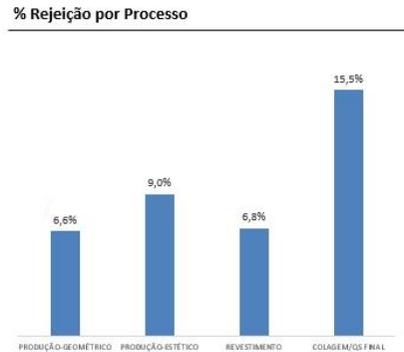
PRODUÇÃO-GEOMÉTRICO
PRODUÇÃO-ESTÉTICO
REVESTIMENTO
COLAGEM/QS FINAL

Tipo

Prisma Sistema

Semi-finish

S (em branco)



Atualizado 19/05/2021

Figura 7 - Dashboard geral do prisma

4. Seleção do Defeito e Análise das Causas

Neste capítulo é analisado o defeito e a referência a acompanhar de forma a conseguir identificar a causa raiz, promovendo assim uma cultura de melhoria contínua. Posteriormente, é feita uma descrição do prisma ótico e do defeito selecionado, assim como o processo produtivo destes. Por fim, são analisadas algumas causas potenciadoras do defeito, de forma a perceber se estas influenciam-no.

4.1 Seleção do Defeito e Referência a Acompanhar

Estando os dashboards desenvolvidos, procedeu-se à definição de um defeito e de uma referência de modo a ser capaz de identificar a causa raiz, e deste modo promover uma cultura de melhoria contínua. Foi decidido através de um brainstorming com engenheiros do processo que se procederia ao estudo das causas na produção geométrica dos prismas uma vez que, devido à sua geometria e à complexidade do processo é onde existia uma maior ocorrência de defeitos. Para tal, através dos *dashboards* desenvolvidos anteriormente, procedeu-se a uma análise do ano fiscal 2020/2021 de forma a perceber o defeito mais ocorrente na produção dos prismas. Selecionando todas as semanas do ano fiscal e analisando a tabela do Top 3 Defeitos do *dashboard* geral referente à produção geométrica dos prismas da Figura 8, denotou-se que no controlo geométrico o maior defeito era o piramidal. O defeito do piramidal não foi escolhido uma vez que este já estava a ser acompanhado e em vias de resolução. Desta maneira, decidiu-se selecionar o defeito do *dackhant*, que aparecia em segundo lugar na produção do geométrico, porque após a resolução do defeito do piramidal este ainda se encontrava elevado.

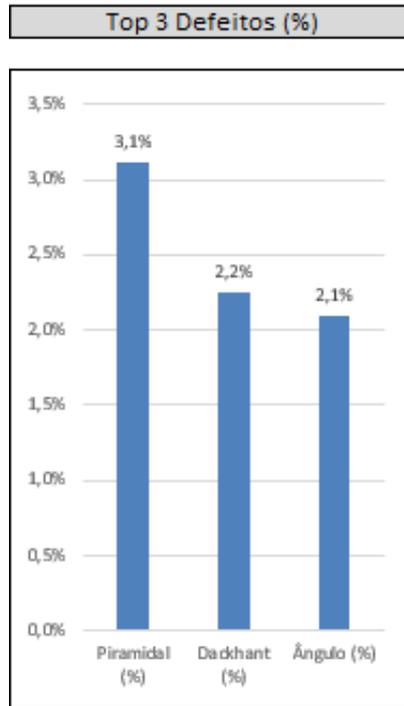


Figura 8 – Gráfico do Top 3 Defeitos referente à produção geométrica do dashboard geral dos prismas no ano fiscal 2020/2021

Após definido o defeito, foi ainda selecionada uma referência de um prisma para proceder ao seu acompanhamento. Analisando a tabela do Top 10 Referências com Maior Rejeição do *dashboard* da Figura 9 e através de um brainstorming com os mesmos engenheiros do processo, foi decidido que se iria acompanhar a referência X que era a 7^a referência com maior rejeição (assinalado a vermelho na Figura 9).

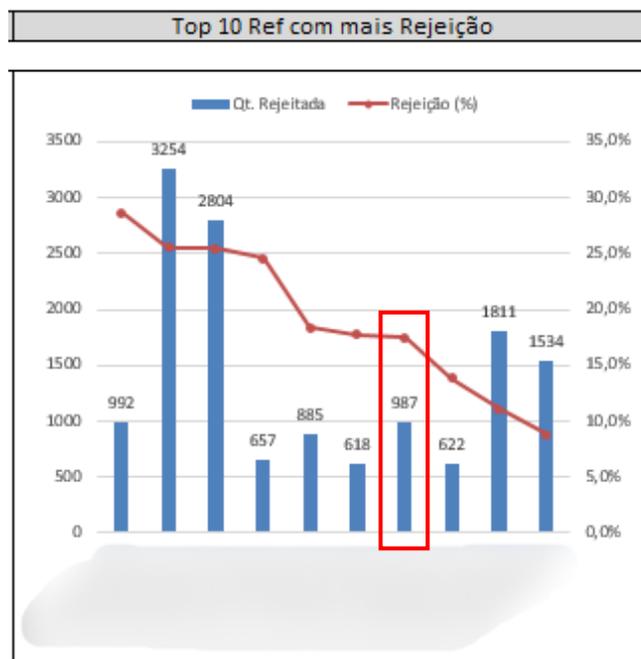


Figura 9 - Gráfico do Top 10 Referências com Maior Rejeição do dashboard da produção geométrico do ano fiscal 2020/2021

Apesar de não ser a referência com maior rejeição, esta foi selecionada devido a alguns fatores. Primeiramente porque esta referência tem como principal defeito o *dackhant* não conforme como é possível observar no gráfico Top 3 Defeitos do *dashboard* da Figura 10, correspondendo a 12,2% de rejeição total. Em segundo lugar, esta referência é produzida quase diariamente, e, portanto, permite o seu acompanhamento diário. A 5ª referência da Figura 9 também apresenta os fatores referidos, no entanto esta referência tem tolerância de 5 segundos de arco no *dackhant* enquanto a referência escolhida tem 3 segundos de arco e sendo uma tolerância mais apertada, descobrindo a causa raiz desta referência também se descobriria da referência com 5 segundos de arco.

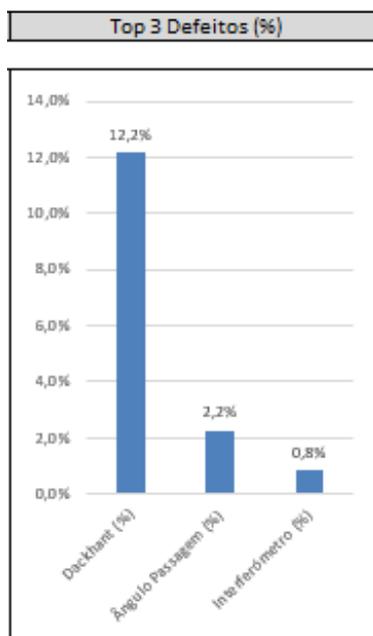


Figura 10 – Gráfico do Top 3 Defeitos do dashboard com a seleção da referência e do ano fiscal 2020/2021

Para além destes fatores, a referência selecionada pode ser medida no goniómetro, um equipamento de medição que permite medir este ângulo, uma vez que a empresa já possuía um suporte próprio para este prisma. Deste modo, selecionando o defeito e a referência procedeu-se ao seu acompanhamento de modo a fazer estudos sobre algumas das causas que poderiam estar a causar o defeito.

4.2 Descrição do Prisma e do Ângulo do *Dackhant*

Os prismas são usados para deslocar, desviar ou reorientar um feixe de luz ou uma imagem. Neste tipo de uso, os prismas são cuidadosamente fabricados de forma a não separar as diferentes cores (Smith, 2000). No caso de um binóculo, os prismas servem principalmente para corrigir a imagem invertida e lateralmente revertida, e para dobrar o caminho da luz para que o binóculo seja mais curto do que seria de outra forma, de modo a torná-lo mais fácil de manusear (Tonkin, 2007).

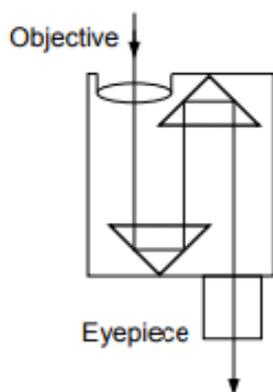


Figura 11 - Representação da montagem dos prismas num binóculo (Greivenkamp & Steed, 2011)

O ângulo do telhado de 90° , em alemão denominado *dackhant*, deve ser feito com tolerância geométrica e dimensional de elevada precisão, para que os raios refletidos nos dois sentidos sejam perfeitamente coincidentes para as superfícies fiquem angularmente bem definidas (Figura 12) (Sousa, 2017). Se houver um erro no ângulo do telhado, o feixe de luz é dividido em dois feixes que divergem. Deste modo, para evitar qualquer duplicação aparente da imagem, o ângulo do telhado geralmente é feito com precisão de poucos segundos de arco (Smith, 2000). Qualquer irregularidade no *dackhant* provocará um erro na imagem, particularmente na observação de objetos de alto contraste (Tonkin, 2007). Desta forma, este efeito ótico é de extrema importância e requer processos produtivos especiais para a sua criação e controlo.

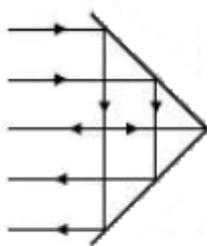


Figura 12 - Reflexão dos raios de luz num ângulo de 90° (Greivenkamp, 2016 citado em Sousa, 2017)

No prisma em estudo, a tolerância do *dackhant* é de 3 segundos de arco. Sendo uma tolerância muito baixa isto quer dizer que é requerido uma maior exigência no processo da execução deste ângulo. Quanto mais baixa a tolerância do *dackhant* maior será a rejeição deste.

4.3 Descrição do Processo Produtivo

Para a criação do *dackhant* no prisma, o processo produtivo engloba três processos fundamentais: contacto, esmerilagem e o polimento. Cada um destes processos vai ser detalhadamente explicado a seguir. É de notar que o prisma quando chega a esta parte do processo já está praticamente feito, esta parte do processo serve exclusivamente para criar o ângulo do *dackhant* no prisma.

Contacto

A colagem por contacto é feita sem qualquer uso de cola ou adesivo, as duas superfícies “colam” entre si através de uma atração molecular. O contacto é feito ligando duas superfícies extremamente limpas e lisas numa proximidade que as fazem unir (Williamson, 2011). O prisma e o bloco, e o bloco e o prato ligam-se por estas forças de atração molecular, e por isso é importante que o prisma, o bloco e o prato estejam limpos, sem riscos ou qualquer rugosidade. Esta força tem de ser forte o suficiente para aguentar o processo de esmerilagem e polimento.

Como a tolerância do ângulo do *dackhant* é muito baixa recorre-se a este método de junção, pois se fosse usada cola, este material iria interferir no paralelismo das duas peças a juntar e provocaria incrementos no ângulo do *dackhant*.

Primeiramente ocorre o contacto entre o prisma e o bloco (Figura 13). É de salientar que para a referência em estudo, dois prismas são conectados em cada lado do bloco. Cada bloco está assinalado com um número e com o lado; o lado esquerdo é denominado Lado A e o lado direito é denominado Lado B. Deste modo, dois prismas são conectados no Lado A e dois prismas no Lado B, fazendo com que cada bloco contenha quatro prismas. Após o contacto, os blocos com os prismas conectados vão para impregnar que consiste em mergulhar os blocos e prismas numa solução de cola, denominada de mipa, para fixarem melhor e evitar que o prisma se desconecte durante a fase de esmerilagem e polimento. São depois colocados em estufas para secar a mipa. Este aquecimento é gradual (2 horas a aumentar a temperatura, 4 horas a manter essa temperatura e 2 horas para descer a temperatura) de modo a evitar o choque térmico.

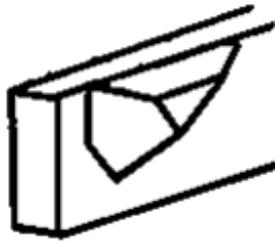


Figura 13 - Representação do contacto entre bloco de vidro e prisma (Zschommler, 1984)

Depois de estarem secos, os blocos, com os prismas conectados, são por sua vez conectados num prato. O processamento de um lote de peças afixadas a uma única base (prato) aumenta a eficiência, separa as peças do contacto direto com a máquina e melhora a estabilidade (Williamson, 2011). Nesta fase de contacto com o prato é importante a distribuição correta dos blocos (Figura 14), tendo em conta os seguintes fatores (Williamson, 2011):

- Simetria;
- Blocos próximos uns dos outros, mas sem tocar;
- Blocos dispostos de forma quase circular.

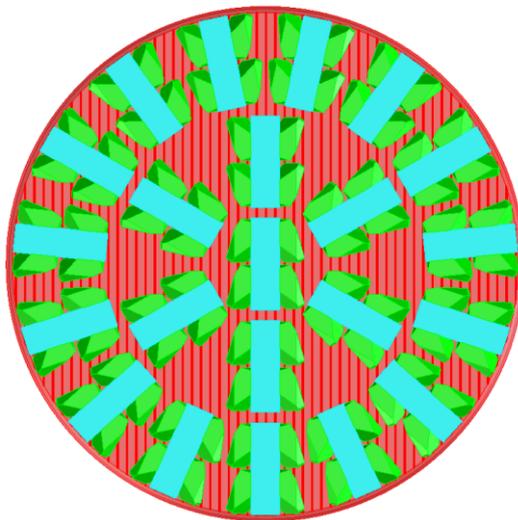


Figura 14 - Distribuição dos blocos com os prismas da referência em estudo no prato (vista de cima)

Depois dos blocos corretamente distribuídos no prato é adicionado cola entre o bloco e o prato e em torno dos blocos apenas para reforçar a conexão entre o bloco e o prato e evitar que se “descolem” durante a esmerilagem e o polimento.

Esmerilagem

Após os blocos estarem conectados no prato, estes passam para a fase de esmerilagem.

A esmerilagem tem como propósito obter uma superfície plana e lisa, remover imperfeições que surgem da etapa anterior de fresagem, e diminuir a espessura para se aproximar das dimensões finais da peça (Sousa, 2017 citado por Williamson, 2011). A esmerilagem consiste num método de abrasão que permite um acabamento uniforme, livre de manchas e riscos (Williamson, 2011).

A máquina de esmerilagem é denominado esmerilagem livre em que os grãos abrasivos rolam (Williamson, 2011). Este tipo de esmerilagem é utilizado na esmerilagem dos prismas em blocos de vidro, por ser um trabalho mais minucioso e cuidadoso. Primeiramente, é medido a altura dos blocos no prato com um comparador de altura para o operador saber quantos micrómetros necessita de retirar durante esta fase. Para isto, existe uma alternância entre trabalho manual e da máquina. O trabalho manual é através do uso de uma calota de lixa para um desbaste mais rápido e o trabalho da máquina com o uso de uma calota de diamante que permite um trabalho mais consistente e controlado fornecendo um acabamento liso à superfície, ajustando-se o braço da máquina e a velocidade. A esmerilagem na máquina é feita com o auxílio de uma solução a uma temperatura de 24°C para evitar o aquecimento devido à fricção entre a calota e os blocos.

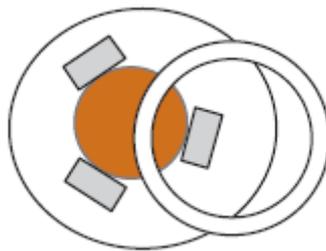


Figura 15 - Vista de cima da máquina de esmerilagem livre (Williamson, 2011)

No fim, é utilizado um comparador para medir a planeza do prato. O prato só passa para o processo seguinte - polimento - se estiver completamente plano.

Polimento

Após a esmerilagem, o prato segue para a fase do polimento. Os objetivos do polimento são (Sousa, 2017; Williamson, 2011):

- Criar uma superfície lisa;
- Fazer o ajuste preciso dos ângulos e da configuração geométrica;
- Remover os danos superficiais;
- Fortalecer mecanicamente a superfície;
- Remover tensões residuais.

O polimento pode ser considerado como uma remoção de material a nível molecular que, ao contrário da esmerilagem, não gera fraturas (Williamson, 2011).

O polimento convencional é feito através da fricção de uma calota de polimento sobre a superfície do componente ótico. Este polimento é feito com o auxílio de uma solução que se coloca entre o prisma e a calota. As partículas sólidas desta solução aderem à calota e deslizam sobre a superfície (Sousa, 2017; Williamson, 2011).

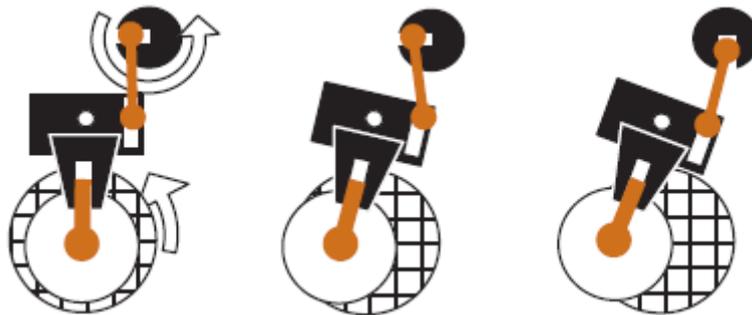


Figura 16 – Representação do polimento (Williamson, 2011)

No caso dos blocos de vidro, as calotas de *polytron* são usadas no polimento inicial e depois trocadas para calotas de piche para o polimento final. O polimento inicial com calota de *polytron* dura 3 horas e o polimento final com calota de piche dura 2 horas.

As calotas de *polytron* são usadas porque conferem algumas vantagens (Juraneck, 1979):

- Alta eficiência de polimento em baixas temperaturas e baixas pressões, essencial para componentes de ótica de precisão;
- Uma vida útil muito mais longa do que o poliuretano, por exemplo;
- Sem alteração do raio por dilatação e alteração mínima causada pelo desgaste;

- Sem inclinação nas bordas;
- Alta qualidade na precisão e limpeza da superfície.

As calotas de piche são escolhidas para o polimento final que, por serem mais suaves, conferem um acabamento mais liso às superfícies. O piche é uma mistura complexa de compostos orgânicos (Zschommler, 1984) usado para polir componentes óticos, devido às seguintes propriedades (Williamson, 2011):

- A sua viscosidade diminui rapidamente com o calor;
- Possui alta viscosidade à temperatura ambiente;
- É incompressível;
- Incorpora compostos de polimento.

Antes de iniciar o polimento o operador faz um controlo por amostragem das peças de modo a detetar algum risco. Depois deste controlo coloca-se o prato na máquina do polimento e procede-se ao ajustamento do braço da máquina para que a calota consiga polir o prato todo de forma uniforme. Entre o polimento inicial e o polimento final é medido a planeza do prato com o comparador de planeza e inspecionado novamente algum tipo de defeito como pontos, mau polimento ou riscos. Se o prato não se encontrar plano ou existirem pontos, riscos ou sinais de mau polimento então volta-se a polir durante mais algum tempo de modo a ficar o prato todo uniforme e livre de defeitos. Posteriormente passa-se para a fase do polimento final. Após o polimento final a altura entre os blocos e o prato é verificado com o comparador de altura.

Após o polimento final utiliza-se o interferómetro para averiguar se o polimento foi bem executado. Quanto mais paralelas as linhas (franjas de interferência) aparecerem, significa que a superfície está plana e o polimento foi bem realizado. Se estas linhas não aparecerem paralelas, isto significa que a superfície não está plana e que o operador deverá voltar a polir os prismas.

Descontacto e limpeza

A seguir ao polimento procede-se ao descontacto dos blocos e prismas do prato. Este processo consiste em “descolar” os blocos do prato e “descolar” os prismas do bloco. A desconexão dos blocos do prato é feita com recurso a um martelo de madeira, que com cuidado se bate no bloco para descolar do prato.

Os blocos com os prismas são colocados num banho de acetona para retirar a mipa existente entre o bloco e o prisma e retirar restos da solução do polimento. Posteriormente, a desconexão entre bloco e prisma é feita mergulhando o bloco e prisma em água quente, que através do choque térmico faz com que o prisma desconecte do bloco. Após a desconexão dos prismas, estes vão para a máquina de lavar para retirar os restos da solução do polimento de forma a estarem limpos para serem inspecionados no controlo geométrico.

Em suma, o processo de produção do *dackhant* nos prismas é o que se apresenta na Figura 17.

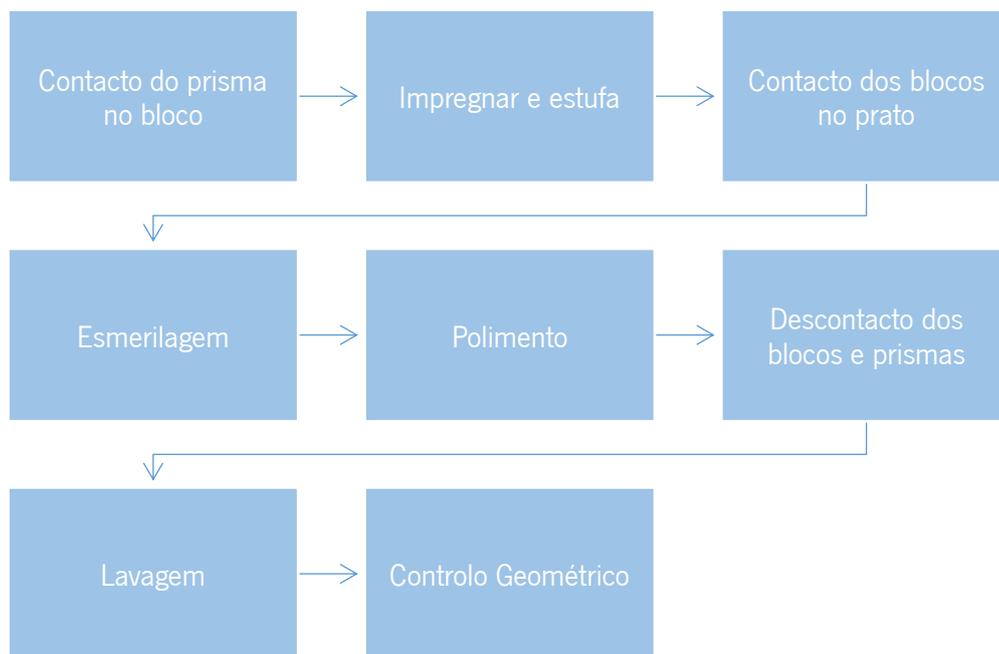


Figura 17 - Esquema do processo de produção do *dackhant*

4.4 Causas no Processo que Influenciam o *Dackhant*

Após selecionado a referência e o defeito a analisar procedeu-se à elaboração de um diagrama causa-efeito para analisar as possíveis causas que estariam a provocar o defeito do *dackhant*. Sendo um processo muito complexo existem inúmeras causas que podem contribuir para o aparecimento do defeito, não só pela baixa tolerância do ângulo, mas também devido à existência de manuseamento que provoca maior variabilidade no processo.

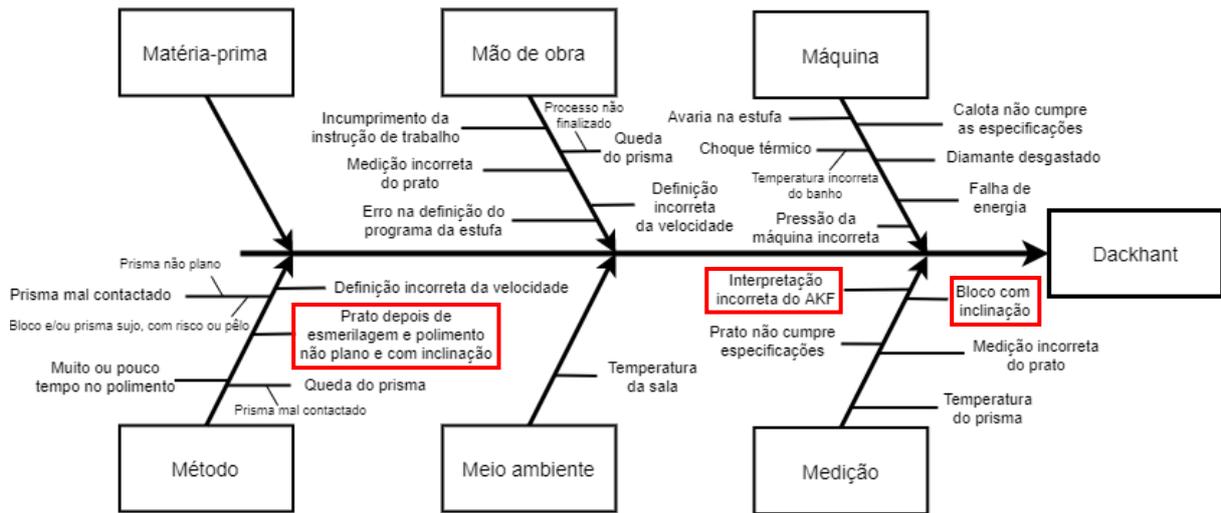


Figura 18 - Diagrama causa-efeito do defeito dackhant

Deste modo, foram seleccionadas três causas (assinaladas a vermelho no diagrama da Figura 18) que poderiam influenciar o defeito. Estas foram seleccionadas uma vez que eram as causas que teriam maior probabilidade de estar a influenciar o defeito do ângulo. Para tentar perceber se de facto estas influenciam o defeito, em primeiro lugar, foi averiguado se o equipamento de medição do ângulo é adequado. Isto porque existem duas máquinas para efetuar as medições do *dackhant* no prisma. A máquina analógica denominada AKF, uma espécie de microscópio antigo que permite analisar os ângulos. A máquina digital denominado goniómetro que mede os ângulos com uma precisão de 0,20 segundos de arco, de acordo com informação retirada do manual da máquina. Deste modo, foi necessário perceber qual dos dois equipamentos é o mais adequado para a medição do *dackhant*, uma vez que a máquina AKF era usada regularmente e o goniómetro era apenas usado em casos em que o operador tinha dúvidas quanto à aceitação do defeito.

Em segundo lugar, sabe-se que para evitar os defeitos no *dackhant* teoricamente o prato tem de estar plano após o polimento, pelo que a não planeza e a inclinação do prato pode provocar o defeito. Para além disso, os blocos onde os prismas são conectados podem também estar com alguma "cunha" e estar a criar incremento no ângulo. Deste modo, foi analisado cada prato tendo em conta a forma e inclinação do prato, o ângulo dos blocos e em como estes afetam o ângulo no prisma.

Relativamente às outras causas, como por exemplo a queda do prisma, é sabido que os prismas que sofrem uma queda durante a esmerilagem e/ou polimento ou por estarem mal contactados, apresentam um maior valor de *dackhant*. Por exemplo no dia 26 de abril e 28 de junho, havia três prismas caídos no

prato, e procedeu-se à sua medição. Os valores do *dackhant* foram todos acima dos 3 segundos de arco de tolerância, como se pode evidenciar na Tabela 2:

Tabela 2 - Valores do ângulo do *dackhant* de prismas que caíram

		Valores do <i>dackhant</i>	Tolerância do <i>dackhant</i>			Valores do <i>dackhant</i>	Tolerância do <i>dackhant</i>
26/abr	Prismas caídos	5,17	3,00	28/jun	Prismas caídos	8,91	3,00
		5,42	3,00			11,36	3,00
		6,86	3,00			3,1	3,00

Para além disso, os vidros óticos têm um coeficiente de expansão térmica positivo, o que significa que os vidros se expandem com o aumento da temperatura (Fischer, BiljanaTadic-Galeb, & Yoder, 2008). Deste modo, quando se está com um prisma durante algum tempo na mão, ou a fazer-se a medição logo após sair da máquina de lavar, ou até as oscilações da temperatura da sala podem provocar expansão térmica fazendo com que o ângulo do *dackhant* aumente. Assim sendo um dos cuidados na altura da inspeção da qualidade dos prismas é não medir o prisma imediatamente após a lavagem, esperando-se pelo menos 30-45 minutos antes de medir, e tentar não estar com o prisma muito tempo na mão para não o aquecer.

É de notar que estas duas últimas causas (queda e temperatura do prisma) foram observadas ao longo da recolha de dados, no entanto, consideram-se situações pontuais que não afetam todos os prismas do prato pelo que não se apresentam como causas principais do defeito do *dackhant*.

4.3.1. Equipamento de Medição do *Dackhant*

Tal como referido anteriormente a empresa possui dois equipamentos de medição de ângulos: a máquina analógica, denominada AKF (Figura 19), e a máquina digital, denominado goniómetro (Figura 20).

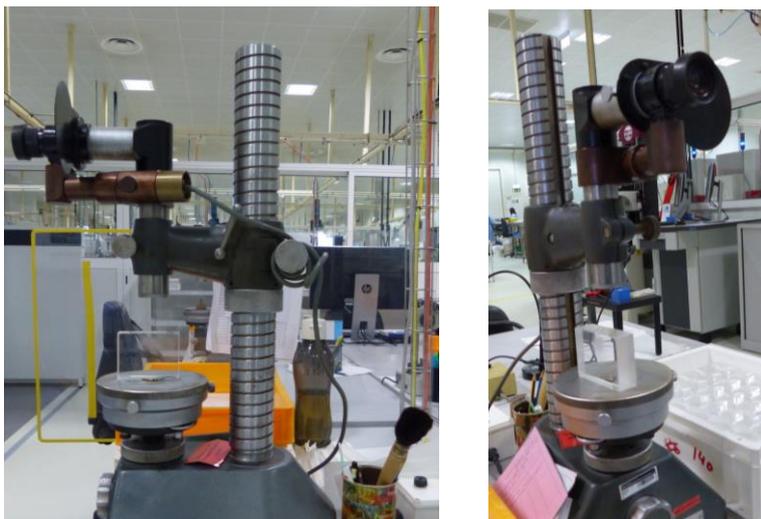


Figura 19 - AKF



Figura 20 - Goniómetro

O AKF é um equipamento de reflexão que permite verificar vários defeitos de ângulo ao mesmo tempo (ângulo de passagem, piramidal, ângulo de $22,5^\circ$ e o *dackhant*) como é possível verificar na Figura 21 referente ao AKF. O goniómetro é um equipamento digital que faz um percurso interno no prisma e a medição de apenas um tipo de ângulo de acordo com o programa escolhido. Na Figura 21 está representado o ecrã do goniómetro quando seleccionado o programa de medição do ângulo do *dackhant*.

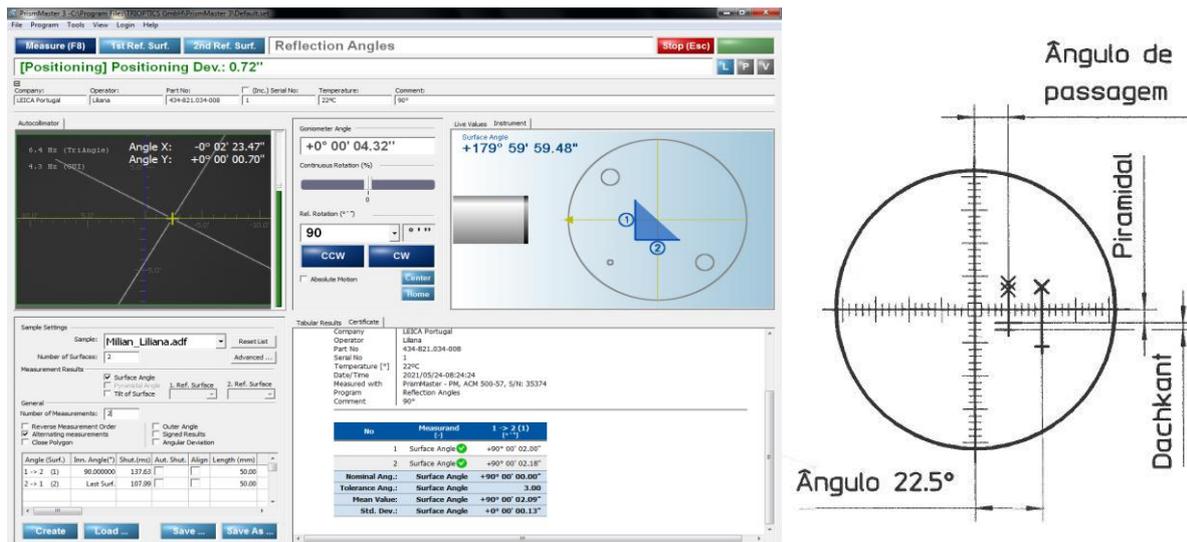


Figura 21 - Vista do ecrã do goniómetro (à esquerda) e vista da lente do AKF (à direita)

Para este prisma foi definido que 0,6 mm no AKF corresponde aos 3 segundos de arco de tolerância. No entanto, o AKF é um equipamento subjetivo e por vezes difícil de perceber o intervalo como é possível ver na Figura 21, o valor do *dackhant* é de 1 intervalo, mas pode suscitar algumas dúvidas quanto à exatidão do resultado. Por esta razão, o goniómetro é utilizado quando o operador tem dúvidas quanto ao resultado apresentado pelo AKF. O goniómetro, por outro lado, é um equipamento com maior sensibilidade com uma precisão de 0,20 segundo de arco.

Deste modo, tentou-se perceber se os prismas com desvios acima de 0,6 mm estavam realmente fora de tolerância e se os prismas dentro do intervalo de 0,6 estavam realmente dentro da tolerância. A Tabela 3 é referente a dados recolhidos no dia 18 de maio, em que se denota que valores bons no AKF estavam maus no goniómetro e vice-versa (assinalado a vermelho).

Tabela 3 - Tabela dos valores dos prismas medidos no AKF e Goniómetro

Prisma Lado A - AKF	Estado AKF	Prisma Lado A - Goniómetro	Estado Goniómetro	Prisma Lado B - AKF	Estado AKF	Prisma Lado B - Goniómetro	Estado Goniómetro
0,3	BOM	2,25	BOM	0,2	BOM	0,83	BOM
0,3	BOM	2,18	BOM	0,3	BOM	1,46	BOM
1,2	MAU	5,44	MAU	0,1	BOM	-0,97	BOM
1,4	MAU	6,07	MAU	0,1	BOM	-0,95	BOM
1,1	MAU	4,08	MAU	0,2	BOM	0,91	BOM
1,2	MAU	3,86	MAU	0,1	BOM	0,3	BOM
0,3	BOM	2,47	BOM	0,1	BOM	0,19	BOM
0,3	BOM	2,34	BOM	0,3	BOM	1,18	BOM
0,2	BOM	1,21	BOM	1	MAU	2,75	BOM
0,1	BOM	0,72	BOM	0,3	BOM	1,76	BOM
0,2	BOM	0,51	BOM	0,4	BOM	3,32	MAU
0,1	BOM	0,35	BOM	0,4	BOM	4,11	MAU
0,2	BOM	2,14	BOM	0,5	BOM	2,54	BOM
0,2	BOM	1,48	BOM	0,4	BOM	2,64	BOM
0,1	BOM	0,5	BOM	0,1	BOM	1,07	BOM
0,1	BOM	0,57	BOM	1,2	MAU	4,6	MAU
0,1	BOM	-0,99	BOM	1,3	MAU	5,48	MAU
0,1	BOM	-1,27	BOM	1,3	MAU	5,1	MAU
0,1	BOM	0,38	BOM	0,8	BOM	4,1	MAU
0,2	BOM	1,13	BOM	1	MAU	4,39	MAU
0,2	BOM	1,84	BOM	0,2	BOM	2,33	BOM
0,1	BOM	0,9	BOM	1,2	MAU	3,7	MAU
1,2	MAU	4,35	MAU	0,1	BOM	0,88	BOM
1,1	MAU	4,28	MAU	0,2	BOM	1,05	BOM
0,6	BOM	3,93	MAU	0,2	BOM	1,34	BOM
1,1	MAU	4,5	MAU	0,1	BOM	-0,07	BOM
1,1	MAU	4,66	MAU	mal polido	-	-0,45	BOM
1,1	MAU	4,45	MAU	0,3	BOM	-0,47	BOM
1,2	MAU	4,08	MAU	0,1	BOM	1,05	BOM
1,2	MAU	4,16	MAU	0,2	BOM	1,57	BOM
0,8	BOM	2,91	BOM	0,9	BOM	3,39	MAU
0,9	BOM	3,08	MAU	-	-	-	-
1	MAU	3,18	MAU	0,7	BOM	1,14	BOM
0,8	BOM	3,06	MAU	0,2	BOM	0,9	BOM
0,3	BOM	2,35	BOM	0,4	BOM	1,45	BOM
0,4	BOM	2,41	BOM	0,1	BOM	0,66	BOM
0,2	BOM	2,08	BOM	0,4	BOM	1,68	BOM
0,4	BOM	2,14	BOM	0,4	BOM	1,75	BOM
0,2	BOM	0,62	BOM	0,4	BOM	3,58	MAU
0,3	BOM	-2,85	BOM	1	MAU	3,8	MAU
0,3	BOM	0,92	BOM	1,1	MAU	4,92	MAU
0,1	BOM	0,47	BOM	1,2	MAU	4,41	MAU
0,2	BOM	0,32	BOM	1	MAU	0,42	BOM
0,2	BOM	0,47	BOM	0,5	BOM	3,2	MAU

Deste modo, procedeu-se a um estudo RR (Repetibilidade & Reprodutibilidade) para averiguar se os dois equipamentos de medição eram adequados. É de notar que neste caso apenas se procedeu a um estudo de repetibilidade uma vez que existe apenas um operador a inspecionar o defeito do *dackhant* no AKF.

Procedeu-se então ao estudo de repetibilidade do AKF e do goniómetro. Os resultados dos gráficos de controlo foram os seguintes.

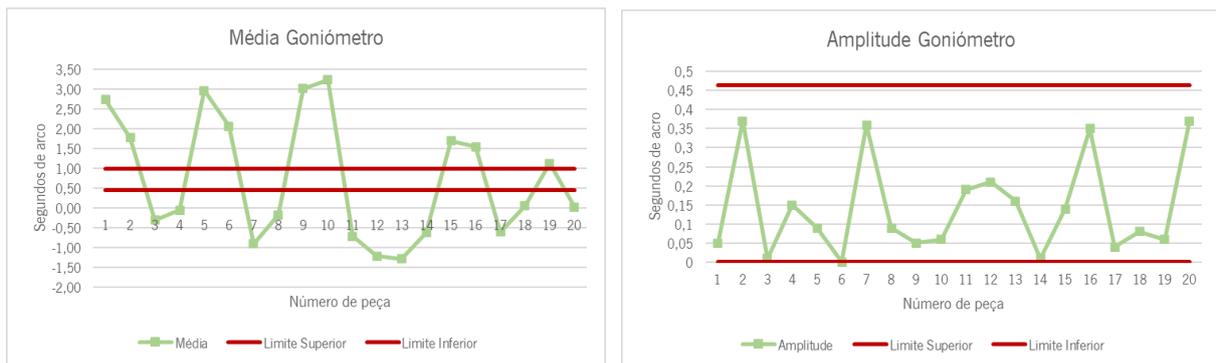


Figura 22 - Gráfico de controlo para a média e amplitude do goniómetro

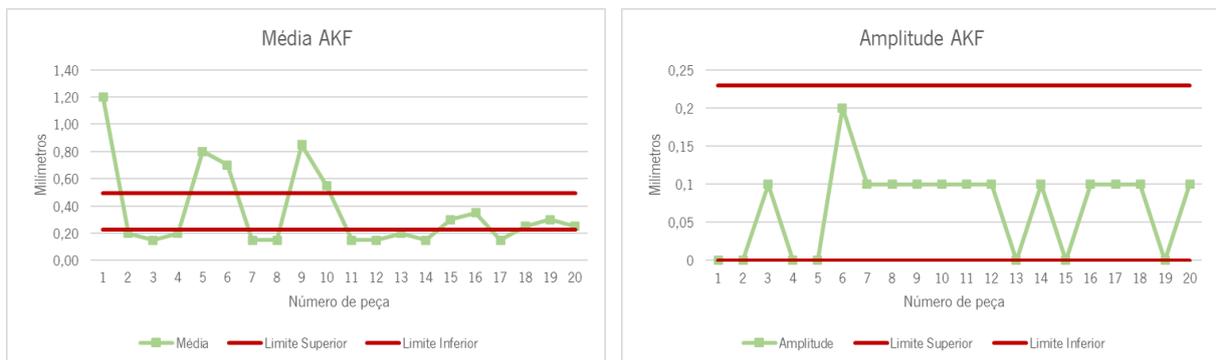


Figura 23 - Gráfico de controlo para a média e amplitude do AKF

É possível averiguar que através da análise dos gráficos das médias das Figuras 22 e 23, a maioria dos pontos se encontram fora dos limites de controlo para os dois equipamentos. Isto quer dizer que os equipamentos conseguem distinguir os diferentes prismas, o que seria de esperar pois os prismas são realmente diferentes entre si. Através da análise dos gráficos das amplitudes das Figuras 22 e 23, é possível observar que todos os pontos estão dentro dos limites. Isto significa que as condições de medição estavam estáveis e o operador não teve dificuldades em efetuar as medições.

Posteriormente, calculou-se o Índice de Precisão/Tolerância (PT). Deste modo, o índice de PT do AKF foi de 62%, o que significa que o sistema de medição não é aceitável. O índice de PT do goniómetro foi de 13%, o que quer dizer que este equipamento também não é aceitável. Os fatores para que a repetibilidade seja alta podem ser (Down, Czubak, Gruska, Stahley, & Benham, 2010):

- O equipamento precisa de manutenção;
- A calibração pode ter de ser redefinida para ser mais rígida;
- A localização do equipamento precisa de ser melhorada;

- Existe uma variação excessiva entre partes.

Posteriormente calculou-se ainda a percentagem de variação explicada por cada componente que pode influenciar a repetibilidade, nomeadamente a variação das peças e a variação do equipamento.

Tabela 4 – Tabelas da percentagem de variação do goniómetro e AKF

Goniómetro			AKF		
	Valor	%		Valor	%
EV	0,1258	10,5128	EV	0,0620	21,9352
AV	0	0	AV	0	0,0000
GRR	0,1258	10,5128	GRR	0,0620	21,9352
PV	1,1904	99,4459	PV	0,2759	97,5646
TV	1,1971		TV	0,2828	

Através da Tabela 4 é possível averiguar que no caso do goniómetro, 10,51% da variação total vem da variação do equipamento (EV – *Equipment Variation*) e 99,45% da variação total vem da variação das peças (PV – *Part Variation*). No caso do AKF, 21,94% da variação total vem da variação do equipamento (EV – *Equipment Variation*) e 97,56% da variação total vem da variação das peças (PV – *Part Variation*). Analisando os valores do GRR (*Gauge Repeatability & Reproducibility*) pode-se concluir que tanto o goniómetro como o AKF não são equipamentos aceitáveis pois tem valor superior a 10%. No entanto, o goniómetro apresenta menor valor de GRR pelo que este deve ser adotado como substituição do AKF.

Para além disso, é necessário lembrar que nos aparelhos analógicos, quando a fonte de incerteza é a leitura de uma escala, é costume tomar-se como incerteza associada à leitura metade da menor divisão da escala. Por exemplo, neste caso a menor divisão mede 1 mm logo a incerteza de medida é 0,5 mm. Dito isto, o AKF tem um erro de leitura de 0,5 mm e a grandeza a medir neste prisma é de 0,6 mm, logo a escala do aparelho AKF parece não ser adequada para esta medida, tal como é comprovado pelo elevado índice P/T.

Deste modo, é possível concluir que o goniómetro é o equipamento mais adequado para a medição do ângulo *dackhant*, no entanto, como o valor do GRR e o índice P/T encontra-se entre 10% e 30%, poderá ser necessário tomar ações para o tornar mais adequado.

4.3.2. Relação entre Planeza e Inclinação do Prato com os Blocos e os Prismas

Para perceber se havia uma influência da planeza e inclinação do prato nos blocos e nos prismas foi feito o estudo recolhendo informação do prato, assim como a medição dos ângulos do bloco e do prisma.

Para esta recolha ser possível foi pedido para que os 22 blocos com os 88 prismas fossem distribuídos e contactados todos os dias da seguinte forma e ordem:

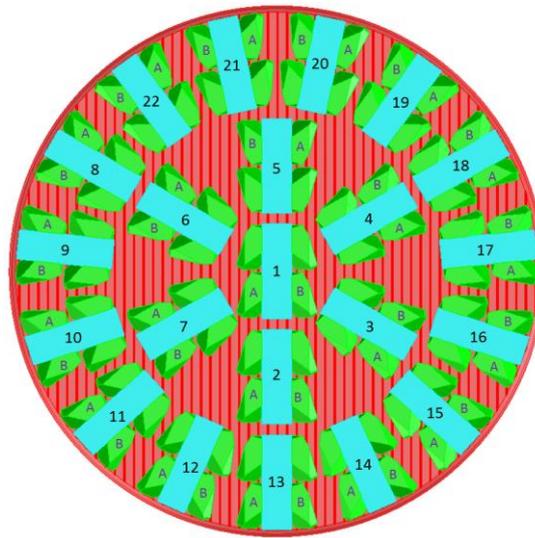


Figura 24 - Representação da distribuição dos blocos e prismas no prato

É de notar que existem dois jogos de blocos denominados WEO-1-21 e WEO-2-21 cada um com 22 blocos, e são usados alternadamente para produzir o maior número possível do tipo de prisma. Deste modo, procedeu-se à recolha dos prismas tendo em conta o número e o lado do bloco contactado e a posição no prato. É ainda de notar que quase todos os dias era produzido um prato com os 88 prismas, correspondendo a 44 prismas no lado A e 44 prismas no lado B.

Para o cálculo dos ângulos dos blocos recorreu-se ao equipamento denominado interferómetro (Figura 25), usado para a medição das superfícies óticas e que permite também a medição de ângulos. Existem vários tipos de interferómetros, mas o usado neste estudo é chamado interferómetro de *Fizeau*. O interferómetro *Fizeau* é usado para medir a qualidade dos componentes e sistemas óticos, fornecendo um guia para o fabrico de componentes, e uma validação do desempenho do sistema (NASA, 1999). Através da observação das franjas de interferência é possível denotar se a superfície está plana. Quanto mais retas e igualmente espaçadas as franjas estiverem mais plana estará a superfície (NASA, 1999).

A vibração é uma das principais fraquezas dos interferómetros. Este ruído mecânico torna o padrão de franja instável. Outra fonte de problemas são as correntes de ar ou turbulência das saídas de ar ou térmicas. Devido a esta fonte de variação as franjas podem mudar de forma (NASA, 1999). Por estas razões, o interferómetro encontra-se em local isolado e com temperatura regulada, de forma a reduzir ao máximo a incerteza das medidas.



Figura 25 – Interferômetro OptoTech OWI 150 XT (OptoTech, 2020)

Na Figura 26 é possível observar o bloco no interferômetro com as franjas de interferência. Na Figura 27 está apresentado o resultado do ângulo assim como o índice de refração do tipo de vidro dos blocos (assinalado a vermelho).

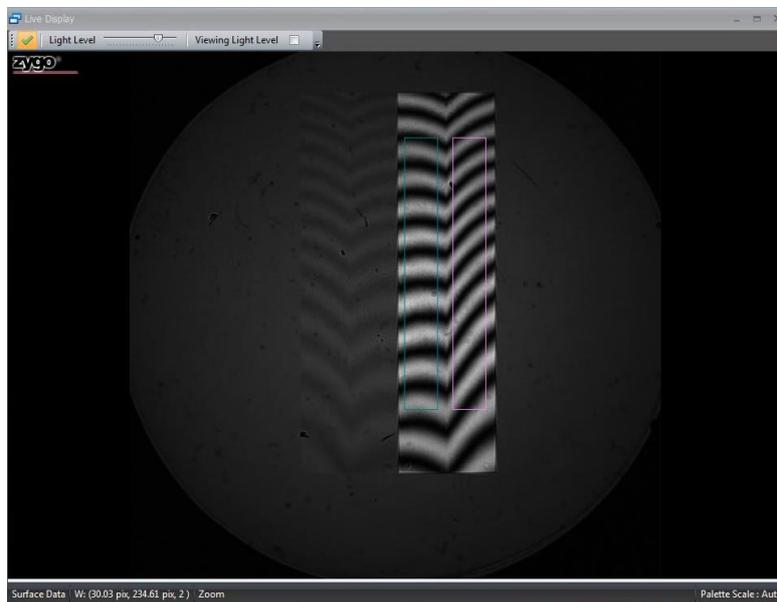


Figura 26 - Imagem do bloco com as franjas de interferência

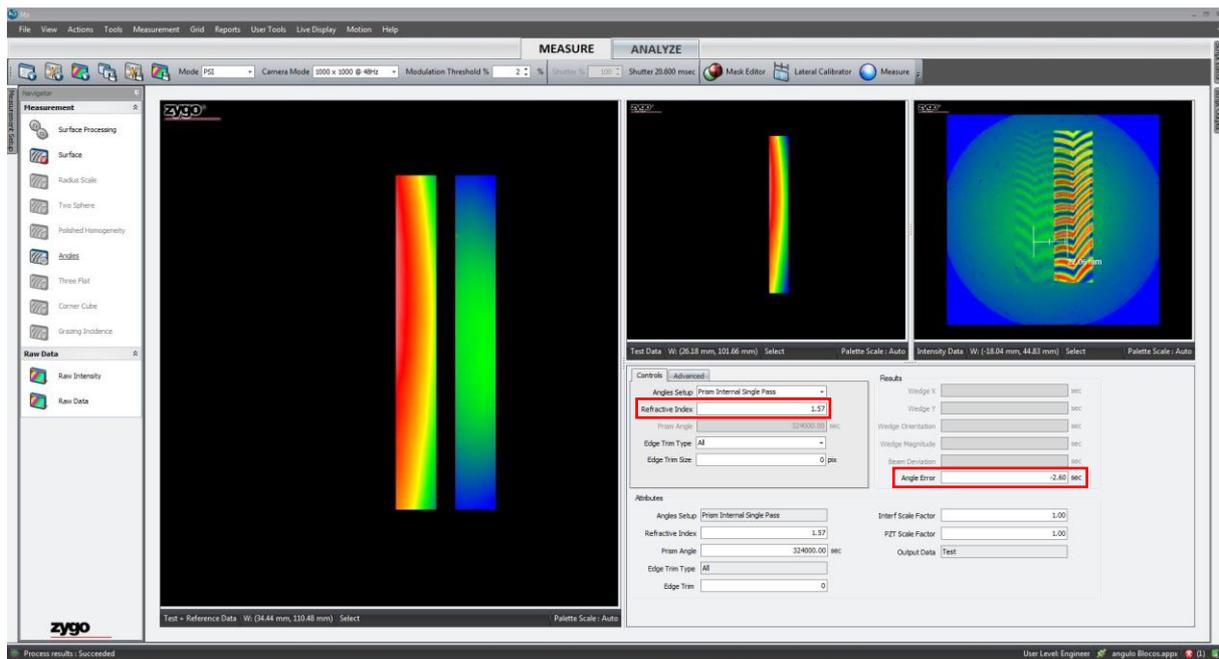


Figura 27 - Imagem do interferómetro para a medição do ângulo

Após a medição dos ângulos dos blocos procedeu-se à medição dos prismas no goniómetro. Considerou-se os valores do goniómetro uma vez que este equipamento é mais adequado do que o AKF, e ainda tem a vantagem de medir tanto valores positivos como negativos e desta forma é possível estabelecer uma relação entre os blocos, prismas e a inclinação do prato.

Aquando da recolha dos dados, existiam algumas hipóteses teóricas que se sabiam acerca do processo, no entanto, nunca foi feita uma recolha e análise detalhada dessa informação. Deste modo, este estudo teve por base perceber se realmente essas hipóteses teóricas se comprovavam. As hipóteses do que seria expectável do processo eram:

1. Se houver inclinação no prato os desvios dos ângulos do bloco e prisma do mesmo lado devem ser contrários.

Teoricamente se a calota fosse plana não ocorreria qualquer desvio nos ângulos. No entanto, existe sempre alguma inclinação no prato o que provocaria que os desvios nos ângulos do mesmo lado fossem contrários, tal como ilustra a Figura 28.

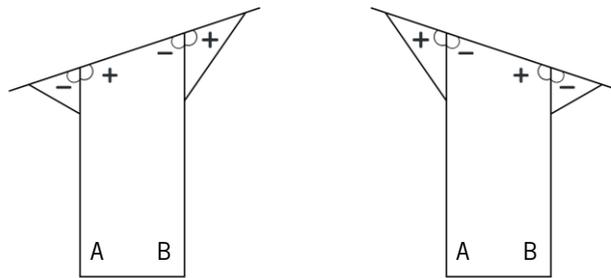


Figura 28 - Representação da inclinação do prato nos blocos e prismas

De forma a perceber se esta situação realmente acontece, procedeu-se ao cálculo das correlações entre os ângulos do prisma e bloco do mesmo lado. Os gráficos com os valores das correlações para cada jogo de blocos (WEO-1-21 e WEO-2-21) é apresentado na Figura 29. É de salientar que cada ponto corresponde ao valor da correlação entre os desvios dos ângulos dos 44 prismas com os respetivos desvios dos blocos do mesmo lado.

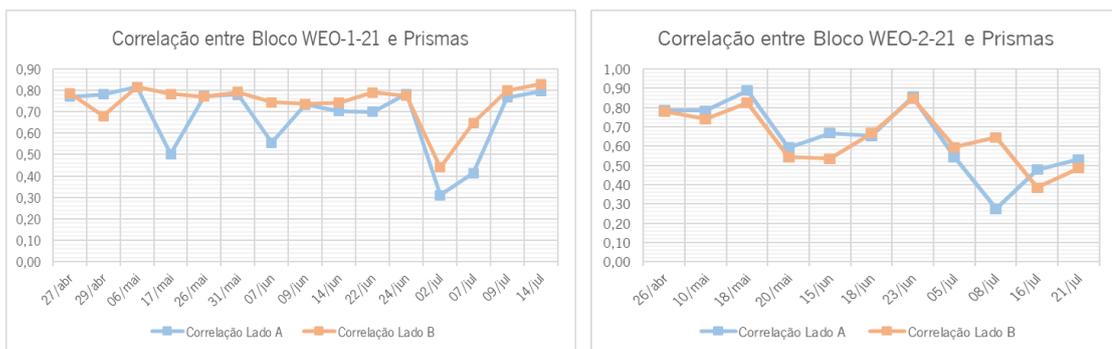


Figura 29 - Gráficos das correlações entre prisma e bloco

Através dos gráficos da Figura 29, é possível denotar que existe correlação positiva fraca a forte entre os ângulos do prisma e bloco do mesmo lado. Apesar de haver correlações moderadas e fortes, é de apontar que nos dias 2 e 8 de julho no lado A e no dia 16 de julho lado B a correlação presente é fraca (valores entre 0,2 a 0,39). Por haver estas correlações fracas, não é possível concluir se o ângulo do bloco e o ângulo do prisma do mesmo lado variam na mesma direção. O facto de estas correlações serem fracas está relacionado com o facto de se tratar de um processo com muita variabilidade e que por causa disso, existem muitos fatores a influenciar as correlações. Deste modo, não é possível concluir, de forma direta, de que forma o ângulo do bloco e o ângulo do prisma do mesmo lado variam.

- Inclinação do prato deveria influenciar os valores dos blocos, e, por conseguinte, dos prismas.

Tomemos como exemplo o dia 23 de junho, cujo prato se encontrava com a inclinação segundo os valores apontados a vermelho na Figura 30:

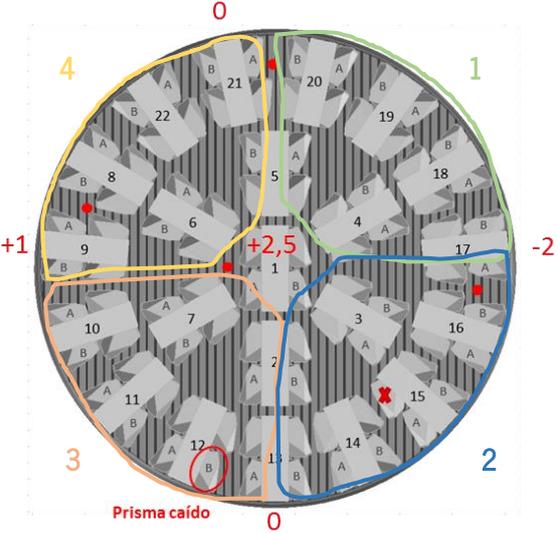


Figura 30 - Representação da inclinação do prato no dia 23 de junho

Os valores dos blocos e respectivos prismas estão apresentados na Tabela 5:

Tabela 5 - Tabela dos valores dos desvios dos ângulos dos blocos e respectivos prismas

Data	WEO	Bloco	Lado A	Prisma Lado A - Goniômetro	Lado B	Prisma Lado B - Goniômetro		
23/jun	WEO - 2/21	3	1	0,62	1,47 1,01	-1,57	-2,1 -1,34	2
			2	1,5	3,38 3,67	-3,41	-2,01 -2,26	
		3	-0,46	1,17 1,19	-1,32	0,67 0,28	1	
		4	-1	-0,59 -0,92	0,59	0,49 1,42		
		5	-1,84	-1,09 -1,23	0,83	1,91 1,55	4	
		6	-0,94	0,73 0,45	-0,38	0,32 1,18		
		7	1,22	2,21 1,66	-1,82	-1,94 -1,6	3	
		8	-1,05	1 0,78	-0,6	1,03 0,77		
		9	-0,82	0,35 2,39	0	1,62 0,56	3	
		10	0,59	2,11 2,15	-1,61	-0,71 -0,9		
		11	0,43	1,62 1,79	-1,26	-1 -1,12	3	
		12	0,41	2,87 2,85	-2,2	-0,84 6,84		
		13	1,04	1,49 1,41	-1,27	-1,11 -1,84	2	
		14	1,85	2,35 2,7	-2,28	-2,78 -1,96		
		15	0,75	- 2,4	-2,12	-1,41 0,39	2	
		16	-1,63	0,84 -0,33	-0,07	-0,33 2,62		
		17	-0,86	0,64 1,05	-0,1	0,53 1,11	1	
		18	-1,13	-1,21 -0,46	1,43	1,24 1,33		
		19	-0,74	-0,3 0,18	0,2	0,9 0,72	1	
		20	-1,8	-0,7 -0,43	0,78	1,42 2,57		
		21	-2,56	-1,27 -1,1	1,03	2,1 3,47	4	
		22	-1,62	-1,56 -1,04	1,11	0,89 2,23		

Analisando as informações do prato e da tabela em conjunto podemos observar que:

- Os blocos 4, 5, 17, 18, 19 e 20 têm uma inclinação de -2 para 0 (assinalado com o número 1 no prato) como demonstra a seguinte Figura 31 (bloco e prismas com vista de lado):

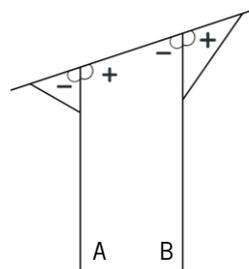


Figura 31 - Representação dos blocos com inclinação de -2 para 0

Isto significa que o bloco deveria ter ângulo com desvio positivo e os prismas ângulo com desvio negativo no lado A e no lado B o bloco deveria ter ângulo com desvio negativo e os prismas ângulo com desvio positivo. Como é possível observar na Tabela 5 (número 1) isto não acontece: o bloco no lado A tem desvio no ângulo negativo e os prismas têm desvios negativos, o bloco lado B tem desvios nos ângulos positivos e os prismas desvios positivos. Os prismas apresentam desvios negativos no lado A e positivos no lado B o que significa que estes são influenciados pela inclinação no prato.

- Os blocos 3, 13, 14, 15, 16 e 17 têm uma inclinação de 0 para -2 (assinalado com o número 2 no prato) como demonstra a Figura 32:

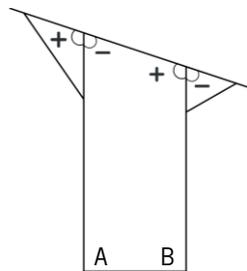


Figura 32 - Representação dos blocos com inclinação de 0 para -2

Isto significa que o bloco deveria ter ângulo com desvio negativo e os prismas desvio positivo no lado A e no lado B o bloco deveria ter ângulo com desvio positivo e os prismas ângulo com desvio negativo. Como é possível observar na Tabela 5 (número 2) isto não acontece: o bloco no lado A é positivo e os prismas positivos, o bloco lado B os ângulos têm desvios negativos e os prismas negativos. Os prismas são positivos no lado A e negativos no lado B o que significa que estes são influenciados pela inclinação no prato.

- Os blocos 2, 7, 10, 11, 12 e 13 têm uma inclinação de +1 para 0 (assinalado com o número 3 no prato) como demonstra a Figura 33:

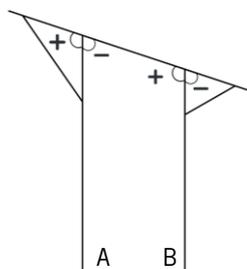


Figura 33 - Representação dos blocos com inclinação de +1 para 0

Isto significa que o bloco deveria ter desvio negativo e os prismas desvio positivo no lado A e no lado B o bloco deveria ter desvio positivo e os prismas desvio negativo. Como é possível observar na Tabela 5 (número 3) isto não acontece: o bloco no lado A é positivo e os prismas positivos, o bloco lado B os desvios são negativos e os prismas negativos (exceto no valor assinalado a vermelho que foi causado devido à queda do prisma). Os prismas são positivos no lado A e negativos no lado B o que significa que estes são influenciados pela inclinação no prato.

- Os blocos 6, 21 e 22 têm uma inclinação de 0 para +1 (assinalado com o número 4 no prato) como demonstra a Figura 34:

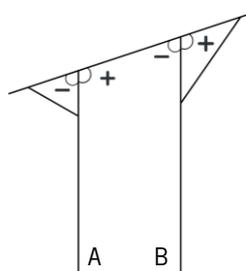


Figura 34 - Representação dos blocos com inclinação de 0 para +1

Isto significa que o bloco deveria ter desvio positivo e os prismas desvio negativo no lado A e no lado B o bloco deveria ter desvio negativo e os prismas desvio positivo. Como é possível observar na Tabela 5 (número 4) isto não acontece: o bloco no lado A é negativo e os prismas negativos, o bloco lado B os desvios dos ângulos são positivos e dos prismas positivos. Os prismas apresentam desvios negativos no lado A e desvios positivos no lado B o que significa que estes são influenciados pela inclinação no prato.

Para além disso, através dos gráficos da Figura 35, é possível verificar que os valores dos desvios dos ângulos dos blocos mantêm-se constantes em comparação com a média dos desvios dos prismas que apresentam diferenças ao longo do tempo. Deste modo, pode-se concluir que a inclinação do prato parece não influenciar o ângulo dos blocos, mas parece influenciar o ângulo dos prismas.

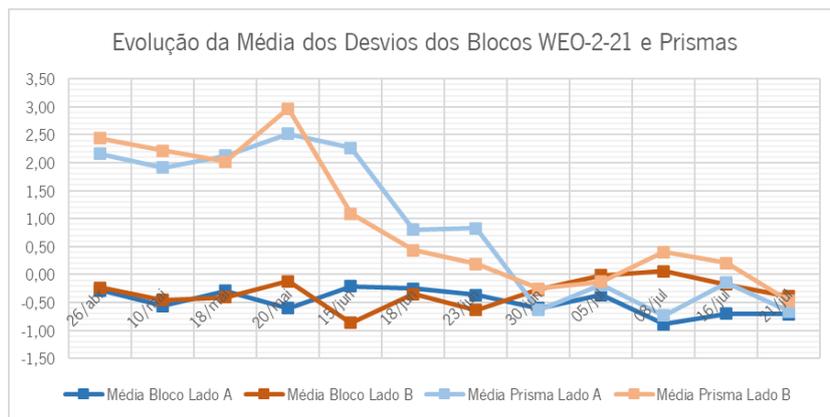
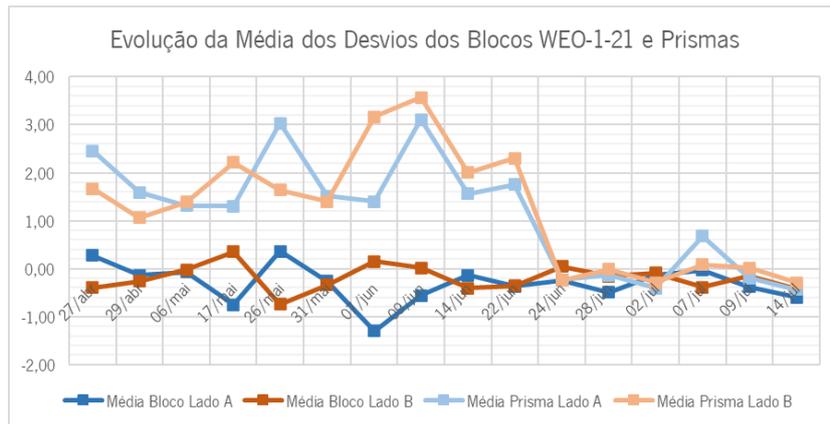


Figura 35 - Gráficos da evolução das médias dos desvios dos ângulos dos dois jogos de blocos e dos prismas

Para além de se estudar de que forma a inclinação do prato influencia os valores dos blocos e prismas, foi ainda se tentar perceber de que modo o desvio médio dos ângulos dos prismas afetava a criação do defeito *dackhant*. Para tal, procedeu-se ao gráfico das médias dos desvios dos prismas (Figura 36) assim como o número de prismas com defeito no *dackhant* por prato (Figura 37).

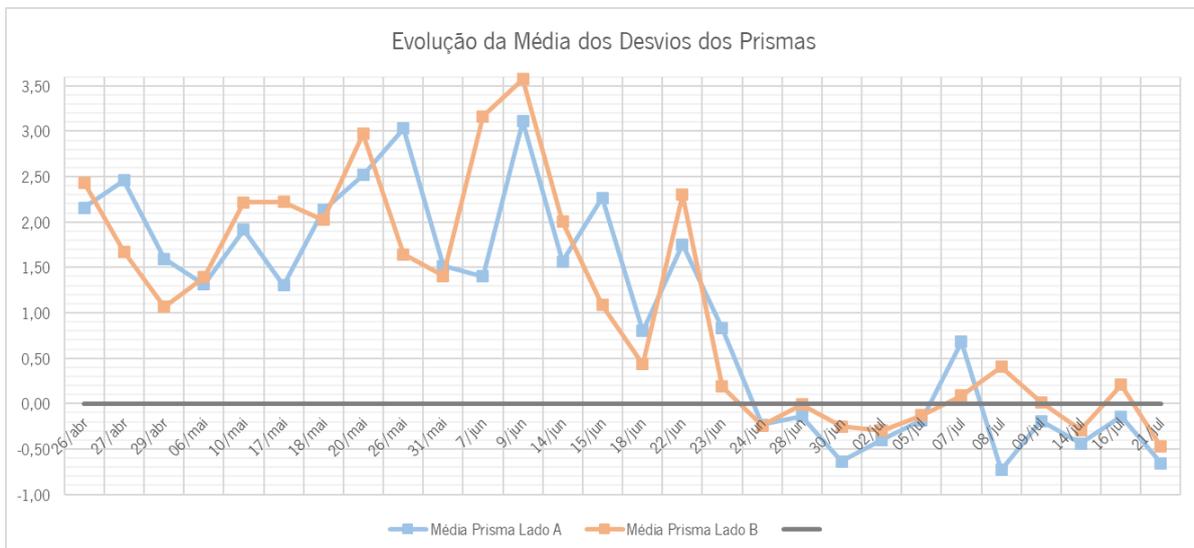


Figura 36 - Gráfico da evolução da média dos desvios dos ângulos dos prismas

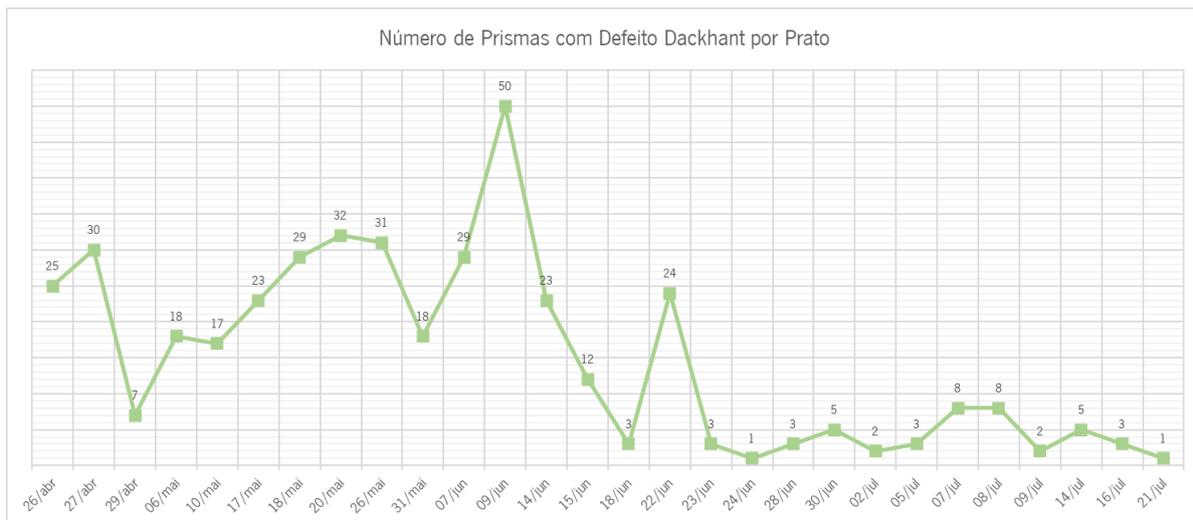


Figura 37 - Gráfico do número de prismas com defeito dackhant por prato

Inicialmente, era garantido que o prato saísse completamente plano (sem qualquer “cunha”) da esmerilagem e polimento, dado que quanto mais plano o prato estivesse menos desvios provocaria no *dackhant*. Era denotado na esmerilagem que o prato saía sempre plano e após o polimento o prato apresentava sempre algum tipo de “cunha”. Isto porque no polimento havia ajuste do braço e da velocidade que fazia com que houvesse mais variabilidade e fosse mais difícil garantir o prato plano. Para além disso, se fosse detetado algum risco ou ponto, o prato teria de ser polido novamente. Deste modo, após o polimento todos os pratos apresentavam “cunha” e apresentavam uma tendência para estarem mais côncavos talvez devido à distribuição dos blocos no prato em que existe um menor número de blocos no centro do que na parte exterior e devido a isso a pressão em cada prisma individual é maior no centro do que no exterior pelo que poderia estar a provocar mais desgaste nos prismas do centro. O prato a seguir referente ao dia 20 de maio apresentava alguma inclinação e teve 32 prismas com o defeito no *dackhant*.

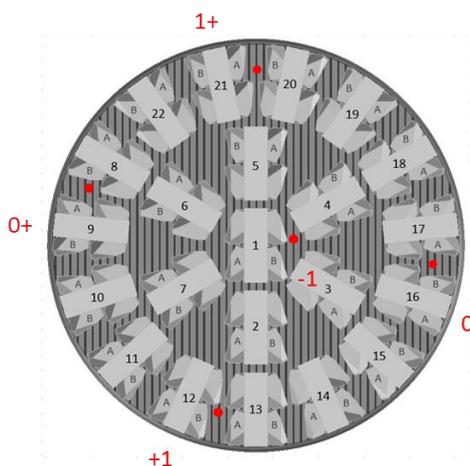


Figura 38 - Representação do prato do dia 20 de maio

Não só havia inclinação no prato como os pratos apresentavam uma tendência para ser mais côncavos. No entanto, no dia 31 de maio foi produzido um prato convexo e foi verificada a forma dos blocos no interferômetro. Verificou-se que o bloco 1 apresentava-se côncavo (Figura 39), logo os blocos centrais continuavam a sofrer um desgaste durante o polimento. Estando os blocos côncavos, então os prismas tinham uma maior tendência de terem desvios positivos como demonstra a Figura 40. Este prato também devido à inclinação acentuada na parte exterior do prato resultou na criação de 18 prismas com defeito.

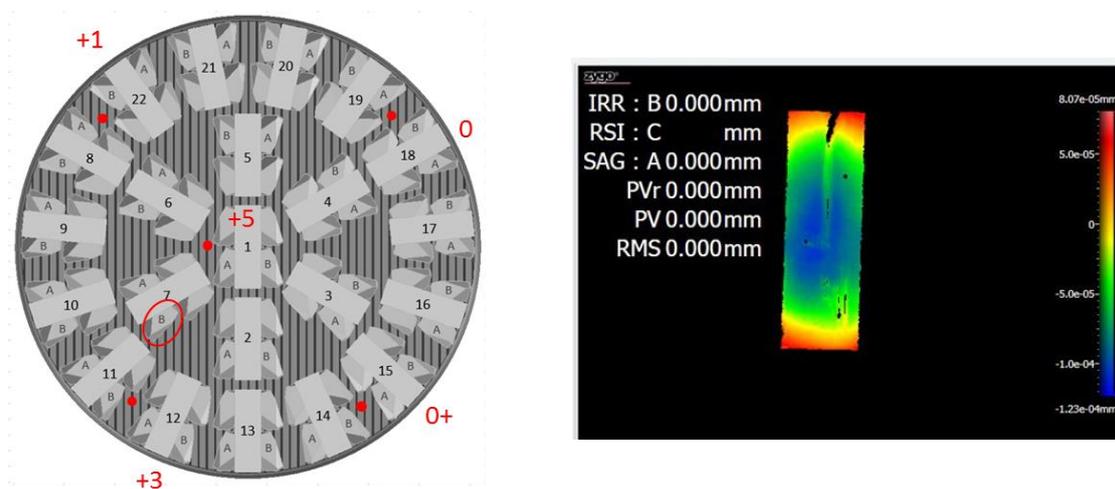


Figura 39 - Representação do prato do dia 31 de maio (à esquerda) e imagem do bloco 1 com forma côncava (à direita)

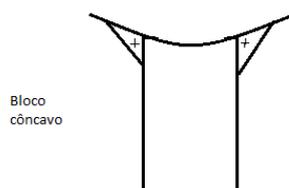


Figura 40 - Representação de um bloco côncavo e o respectivo efeito nos prismas

No dia 7 de junho foi produzido um prato côncavo e a particularidade de apresentar muita pouca inclinação na parte exterior no prato. Quanto menos inclinação à volta do prato significa que os blocos exteriores iam estar menos sujeitos a ter o defeito por haver pouco desvio. Analisando a forma dos blocos no interferômetro, os blocos apresentavam-se côncavos (Figura 41).

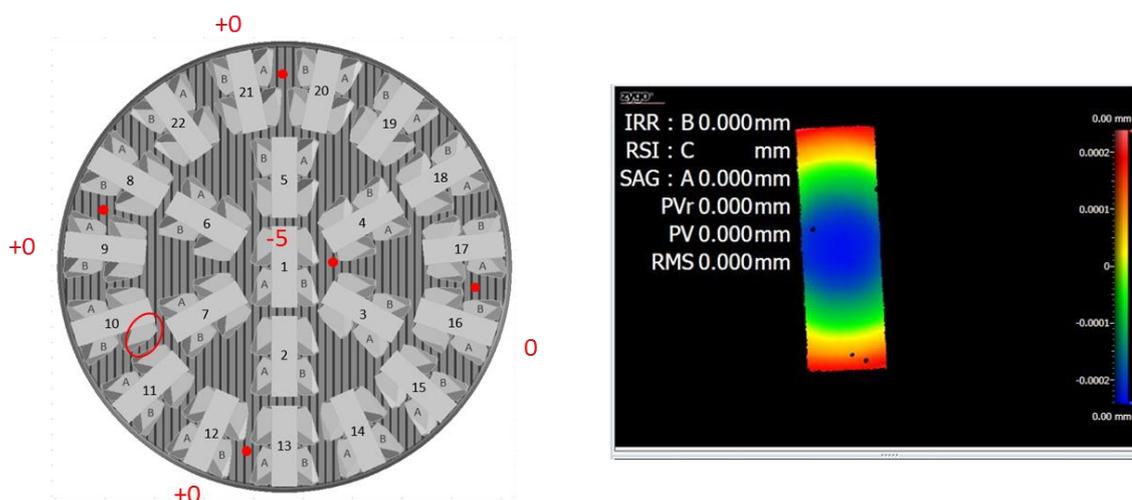


Figura 41 - Representação do prato do dia 7 de junho (à esquerda) e imagem do bloco 1 com forma côncava (à direita)

Analisando o gráfico das médias da Figura 36, é verificado que neste dia 7 de junho as médias dos desvios se encontravam altas (lado A – 1,40 e lado B – 3,16) e o número de prismas com defeito foi de 29. Apesar de não haver cunha à volta do prato (estava mais plano na parte exterior), esta condição não foi suficiente para a diminuição do defeito do *dackhant* pois estando os blocos côncavos levou a que houvesse muitos prismas acima da tolerância dos 3 segundos. Desta forma, foi se percebendo que o prato côncavo não estava a ajudar na redução do defeito pois os blocos também tinham tendência para ficar côncavos.

Foi então denotado ao longo deste estudo, que os pratos estavam a ter uma tendência côncava no prato e blocos. Deste modo, decidiu-se dar foco na criação de uma forma convexa no prato e blocos para perceber de que modo iria afetar o defeito. No dia 18 de junho fez-se a experiência de produzir um prato

convexo na esmerilagem (em vez de ser plano) e polimento e garantir essa forma com o comparador de planeza. Analisaram-se os blocos no interferômetro e pela primeira vez foi verificado que os blocos apresentavam forma convexa, como se pode observar na Figura 42. Deste modo, foi contrariado o efeito de maior desgaste nos blocos.

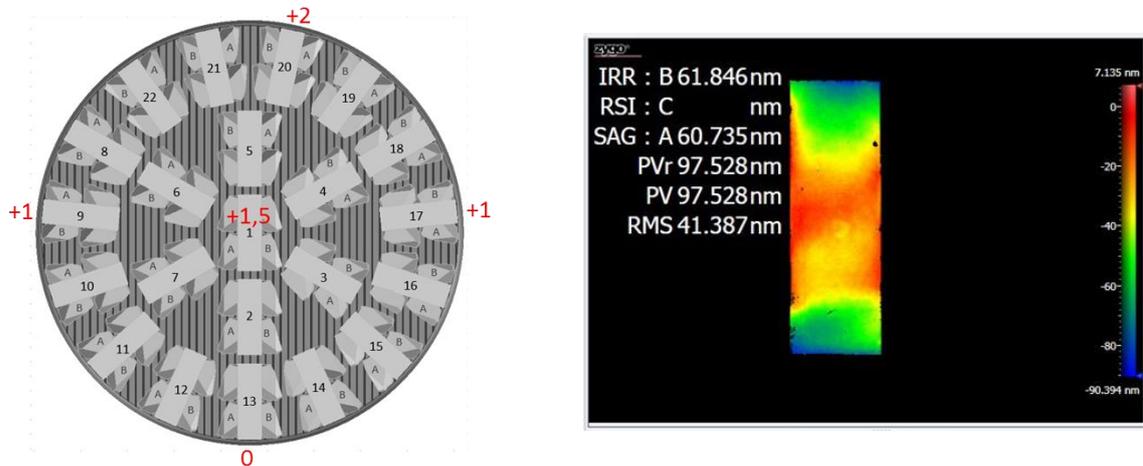


Figura 42 - Representação do prato do dia 18 de junho (à esquerda) e imagem do bloco 1 com forma convexa (à direita)

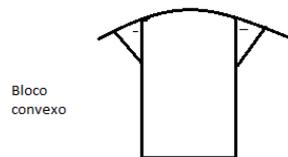


Figura 43 - Representação de um bloco convexo e o respectivo efeito nos prismas

Procedendo-se à medição dos prismas deste prato, averiguou-se que o número de prismas com defeito *dackhant* reduziu drasticamente para 3 prismas. Deste modo, chegou-se à conclusão que dando foco à forma convexa do prato e blocos ajudava na redução do defeito, pois os prismas ficam com tendência para desvios negativos (Figura 43). Sendo assim, a partir deste dia garantiu-se que na esmerilagem os pratos saíssem convexos e a medição destes fosse feita com o comparador de planeza de forma a garantir a forma convexa até ao polimento. Desta forma, começou-se a dar foco não só na altura, mas também na forma convexa do prato, uma vez que produzir pratos convexos na esmerilagem e garantir essa forma até ao final do processo gera menor número do defeito do *dackhant*. Para além disso, é necessário que os blocos reflitam essa forma convexa, pois só assim é garantido que durante o processo o prato está a manter a forma desejada e não está a desbastar demasiado nos blocos.

Analisando os gráficos das Figuras 36 e 37, é possível averiguar que a média dos desvios nos prismas rondava entre 1 e 3,60 segundos de arco até ao dia 15 de junho e 22 de junho. Nestes dias, cada prato tinha uma média de *dackhant* não conforme de cerca de 25 prismas correspondendo a uma taxa de rejeição média de 28,4%.

A partir do dia 18 de junho (excluindo o dia 22 de junho onde ainda não tinha ocorrido a alteração), houve uma diminuição das médias dos prismas para valores abaixo dos 1 segundos de arco. Nestes dias, cada prato apresentou uma média de *dackhant* não conforme de cerca de 4 prismas correspondendo a uma diminuição da taxa média de rejeição para os 4,5%.

É de salientar que nos dias 7 e 8 de julho houve um ligeiro acréscimo nas médias e um aumento no número de prismas com *dackhant*. Isto pode ter acontecido devido a alguma influência da máquina do polimento (mudança de máquina e velocidade ou calota). Tratando-se de um processo muito manual e com muita variação, é essencial que se mantenham o maior número de variáveis inalteráveis durante o processo para averiguar que não existem outros fatores a influenciar o defeito. Deste modo, a partir do dia 14 de julho foi garantido que o polimento fosse feito na mesma máquina (mesma velocidade) e com a mesma calota.

Para além da análise da alteração que ocorreu no dia 18 de junho analisou-se também de que maneira a forma do prato influencia o número de prismas com desvios positivos e negativos.

Por exemplo, o prato do dia 28 de junho estava muito convexo tal como mostra a Figura 44. Este prato gerou 45 prismas com desvios negativos.

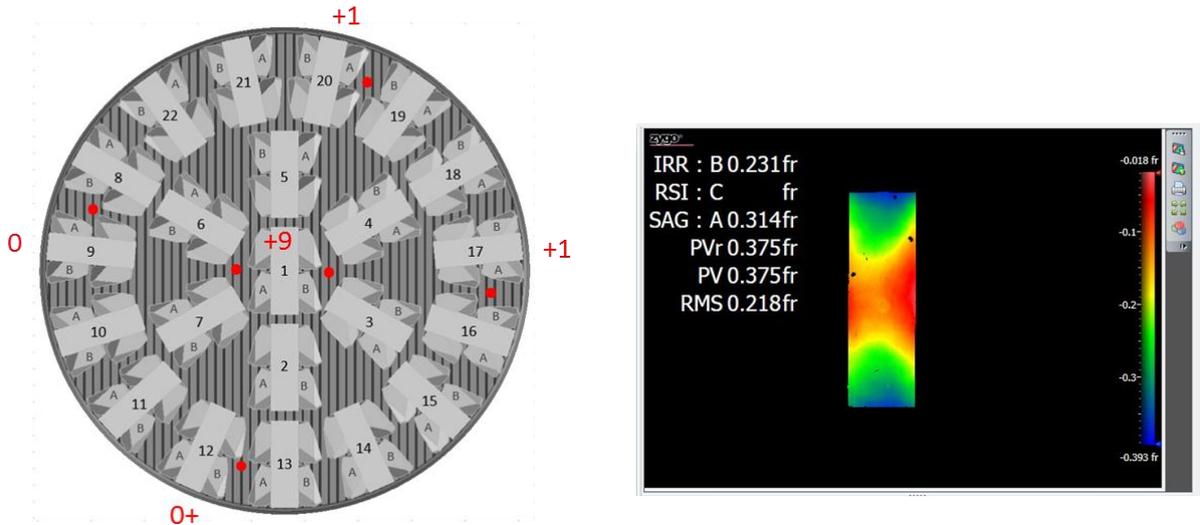


Figura 44 - Representação de um prato convexo

Por exemplo, o prato do dia 9 de junho que estava côncavo tal como mostra a Figura 45. Este prato não teve nenhum prisma com desvio negativo.

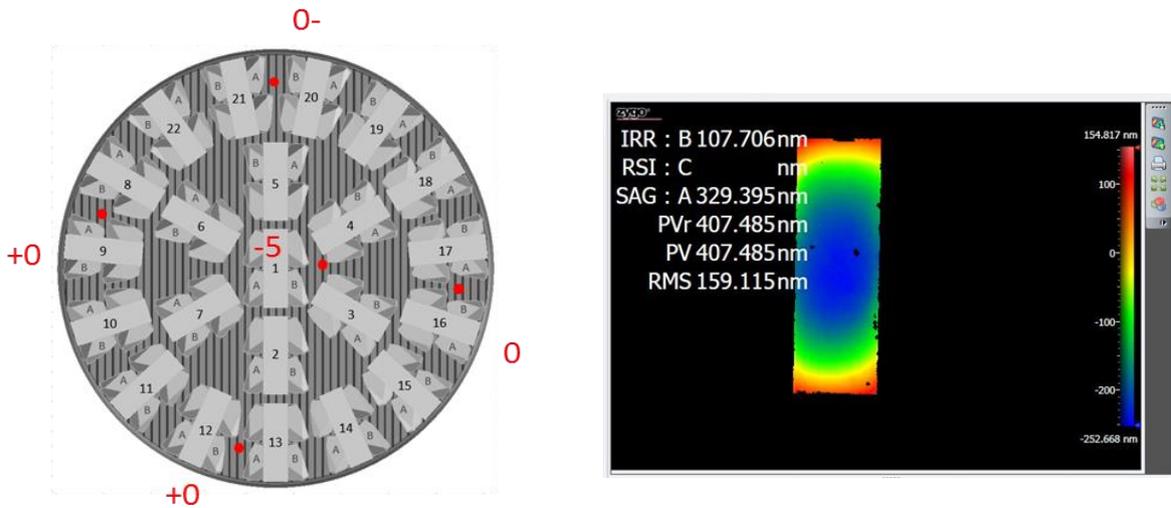


Figura 45 - Representação de um prato côncavo

Para avaliar a veracidade desta afirmação foi construído o gráfico (Figura 46) com a quantidade de prismas que têm desvios positivos e negativos por prato.

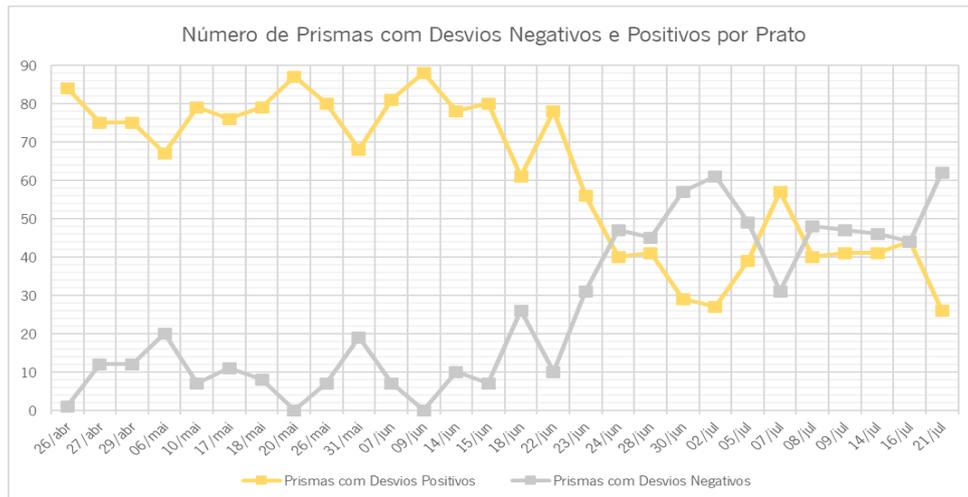


Figura 46 - Gráfico do número de prismas com desvios dos ângulos positivos e negativos

Analisando a Figura 46, verificou-se que no dia 18 de junho houve um aumento de prismas com desvio negativo que correspondeu à produção de um prato e blocos com forma convexa na esmerilagem. A partir do dia 23 de junho produziram-se sempre pratos e blocos convexos na esmerilagem e polimento (garantindo a forma com o comparador de planeza) e que levou a um aumento de prismas com desvios negativos. Deste modo, podemos concluir que os pratos que são produzidos com forma convexa na esmerilagem e garantida essa forma até ao final do polimento geram mais prismas com desvios negativos. A produção de mais prismas com desvios negativos levou que a média dos prismas baixasse (Figura 36) e correspondeu a uma diminuição de prismas com defeito *dackhant* (Figura 37).

5. Análise dos Resultados

Após descoberto que os pratos produzidos na esmerilagem com forma convexa ajudavam na diminuição do defeito do *dackhant*, recorreu-se ao *dashboard* para perceber de que forma o defeito do *dackhant* evoluiu. Foi detetado no dia 18 de junho, ou seja, final da semana 24, que se o prato e blocos estiverem convexos então geraria melhores resultados. Analisando o gráfico da Figura 47 com a referência em estudo selecionada, é possível observar que na semana 24 a taxa de rejeição do *dackhant* foi de 20,8% e na semana 25 passou para 6,3% de rejeição.

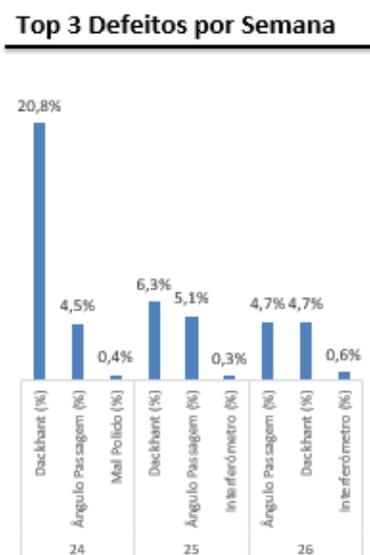


Figura 47 - Gráfico do Top 3 Defeitos nas semanas 24, 25 e 26

Em conjunto com o gráfico da evolução dos defeitos (Figura 48), é possível verificar que até à semana 24 as taxas de rejeição do *dackhant* encontravam-se entre os 14% e os 24% (exceto semana 22 porque só foi produzido um prato). A partir da semana 25 houve um decréscimo no *dackhant* na semana 25 a taxa de rejeição foi de 6,3%, na semana 26 de 4,7%, na semana 27 de 5%, na semana 28 de 1,7% e na semana 29 de 4,2%.

Evolução dos Defeitos

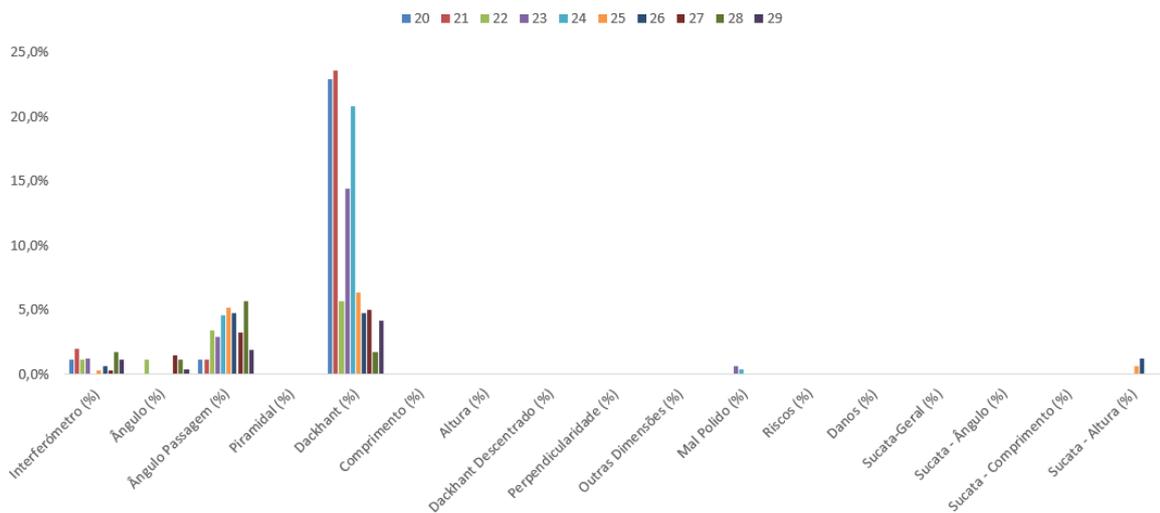


Figura 48 - Gráfico da Evolução dos Defeitos da semana 20 à semana 29

Observando o gráfico da Figura 49 da referência em estudo, é possível denotar que desde o começo do ano fiscal (semana 14) até à semana 24 o maior defeito era o *dackhant* com uma rejeição de 18,7%. A partir da semana 25 à semana 29, a taxa de rejeição baixou para os 4,7%.

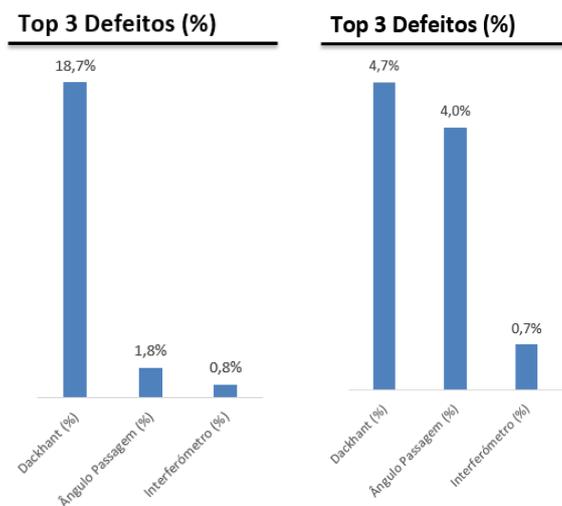


Figura 49 - Gráfico do Top 3 Defeitos da semana 14 à 24 (à esquerda) e gráfico do Top 3 Defeitos da semana 25 à 29 (à direita)

Para além disso, analisando os gráficos da Figura 50 denota-se que da semana 14 à 24, a referência em estudo encontrava-se em 6º lugar, com uma rejeição de 21,5%. A partir da semana 25 até à semana 29, a referência deixou de aparecer no Top 10 das referências com mais rejeição.

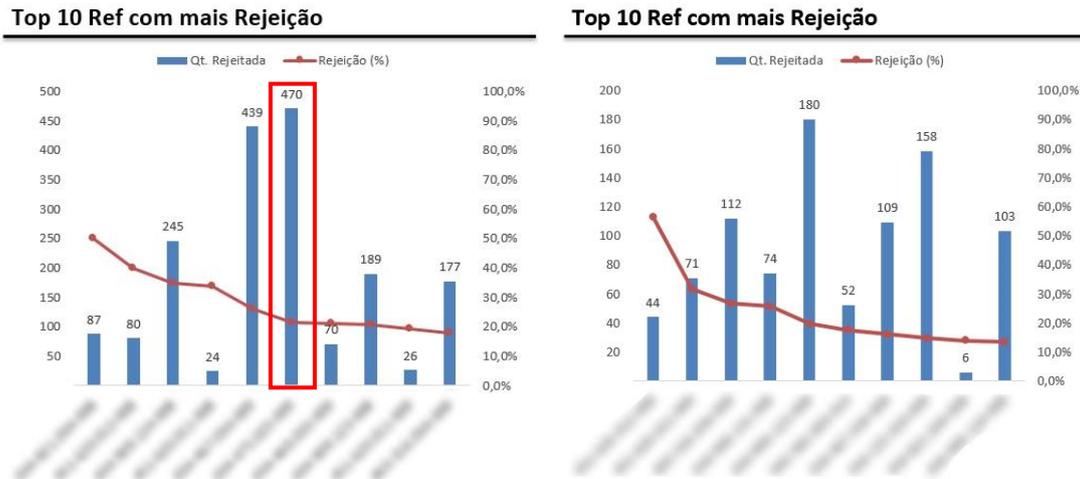


Figura 50 - Gráfico do Top 10 Referências com maior rejeição da semana 14 à 24 (à esquerda) e gráfico do Top 10 Referências com maior rejeição da semana 25 à 29 (à direita)

Para além da análise das taxas de rejeição do defeito *dackhant*, procedeu-se ainda ao cálculo dos custos relacionados com a diminuição deste defeito.

Para este prisma os processos para a produção do *dackhant* (contacto, esmerilagem, polimento, descontacto, lavagem e controlo) acarretavam um custo de 2,14€ por prisma, deste modo por cada prisma existe o custo de 2,14€ para reparar dado que para refazer o *dackhant* o prisma tem de voltar a ser trabalhado nesta parte do processo.

Antes da mudança na forma do prato a média de prismas com defeito era de cerca de 25 prismas por prato, que correspondia a uma média de prejuízo de 53,5€ por prato, em que 28,4% do prato era rejeitado. Após a alteração, a média de prismas com defeito passou a ser cerca de 4 prismas por prato, correspondendo a uma média de prejuízo de 8,56€ por prato. Deste modo, a rejeição por prato passou a ser de 4,5%, correspondendo a uma redução de 23,9%.

Antes da alteração, sendo que em média são produzidos 3 pratos por semana, num ano (tomando que um ano tem 50 semanas) havia um prejuízo de 8025€. Após a alteração, a previsão de prejuízo é de 1284€. Desta forma, num ano a redução deste defeito gera uma poupança de 6741€.

Deste modo, é possível concluir que o fabrico de pratos convexos na esmerilagem e polimento ajudaram bastante na diminuição do defeito *dackhant*, e, por conseguinte, na redução de custos na reparação deste defeito. Apesar de a forma convexa permitir reduzir o defeito é necessário continuar a acompanhar a referência e perceber se existem outros fatores que possam estar a afetar o defeito. Deste modo,

detetando para este prisma, é possível agora tentar aplicar para os outros prismas de modo a reduzir o defeito do *dackhant* nos prismas em que ocorre esse mesmo defeito.

Relativamente ao equipamento de medição deste ângulo, foi possível averiguar que apesar de o goniómetro ter índice de precisão/tolerância considerado inadequado, este deverá ser usado para a deteção do defeito uma vez que o equipamento analógico AKF é inaceitável, apresentado um índice P/T superior a 30%.

Por fim, verificou-se que o *dashboard* é útil tanto para priorizar ações de melhoria, ou seja focar nos defeitos com ocorrência mais elevada, como para monitorizar o efeito das melhorias efetuadas.

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

Terminada a exposição do trabalho desenvolvido, apresenta-se as conclusões deste estudo assim como propostas de melhoria.

O projeto tinha como objetivo inicial implementar melhorias no sistema de análise e tratamento dos dados da inspeção da qualidade e a partir deste sistema desenvolver um *dashboard* capaz de apresentar toda a informação relevante ao indicador taxa de rejeição. Para além disso, através deste *dashboard* perceber quais os defeitos com maior incidência e investigar as possíveis causas desses defeitos de modo a promover uma cultura de melhoria contínua.

Os *dashboards* desenvolvidos provaram ser muito úteis para a análise dos dados. Os *dashboards* de cada processo intermédio permitem uma análise detalhada dos defeitos que ocorrem e os *dashboards* gerais permitem uma visualização rápida de todo o processo de uma vez só. Relativamente a este sistema, apesar destas modificações, este continua inadequado uma vez que o *software Excel* torna-se muito lento especialmente para lidar com grandes bases de dados. Desta forma, sugere-se que num futuro haja o desenvolvimento de uma aplicação informática adaptada para as necessidades da empresa de modo a fazer um lançamento e tratamento dos dados da inspeção da qualidade mais eficaz, e que permita uma análise de dados diária para se agir o mais rapidamente possível nos defeitos a acontecer. No entanto, através deste projeto foi possível concluir que a gestão visual, neste caso concreto a ferramenta *dashboard*, permite destacar oportunidades de melhoria que levam à tomada de ações e que promovem uma cultura de melhoria contínua.

O estudo de repetibilidade entre os dois aparelhos de medição permitiu concluir que o AKF é um equipamento inadequado pelo que no futuro a empresa deverá cessar o seu uso e dar prioridade ao uso do goniómetro. No entanto, como este apresenta um índice PT entre 10 e 30% é necessário tomar ações que permitam que o equipamento fique adequado, nomeadamente, efetuar mais manutenção ou alterar o local do equipamento uma vez que este não está num ambiente de temperatura e humidade controladas. Após estas modificações, o estudo RR deve ser repetido de modo a perceber se este equipamento se encontra adequado, e se não, então deve ser adquirido um novo equipamento.

Os dados recolhidos para o estudo do defeito do *dackhant* serviram para perceber como a teoria se relaciona com a prática. Através deste estudo, foi ainda possível chegar à conclusão que a produção de pratos convexos na esmerilagem e polimento ajudam na redução do defeito do *dackhant*. É de notar que

neste estudo apenas se tentou perceber de que forma a inclinação e a forma do prato influencia o defeito, pelo que no futuro é necessário continuar a acompanhar esta referência e perceber se existem outros fatores que possam estar a afetar este defeito, de modo a reduzir este defeito por completo. Adicionalmente, percebendo que o *dackhant* diminuiu com a produção de pratos convexos na esmerilagem, esta técnica pode ser aplicada a outros prismas que tenham o mesmo defeito de modo a eliminar por completo este defeito.

7. Referências Bibliográficas

- Abisourour, J., Hachkar, M., Mounir, B., & Farchi, A. (2020). Methodology for integrated management system improvement: combining costs deployment and value stream mapping. *International Journal of Production Research*, 58(12), 3667–3685. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1633482>
- Ahmad, M. M., & Dhafr, N. (2002). Establishing and improving manufacturing performance measures. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 18, 171–176. [https://doi.org/10.1016/S0736-5845\(02\)00007-8](https://doi.org/10.1016/S0736-5845(02)00007-8)
- Allio, M. K. (2012). Strategic dashboards: Designing and deploying them to improve implementation. *Strategy and Leadership*, 40(5), 24–31. <https://doi.org/10.1108/10878571211257159>
- Bessa, M. (2013). *Projeto e implementação de indicadores de produtividade e da qualidade. (Dissertação de mestrado)*. Universidade do Minho.
- Bhuiyan, N., & Baghel, A. (2005). An overview of continuous improvement : from the past to the present. *Management Decision*, 43(5), 761–771. <https://doi.org/10.1108/00251740510597761>
- Bititci, U., Cocca, P., & Ates, A. (2016). Impact of visual performance management systems on the performance management practices of organisations. *International Journal of Production Research*, 54(6), 1571–1593. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1005770>
- Caldeira, J. (2020). *100 Indicadores da Gestão*. Conjuntura Actual Editora, S.A.
- Cepeda, T. A., & Lopes, I. S. (2019). Support methodology for product quality assurance: A case study in a company of the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 38, 957–964. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.179>
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, 22(2), 220–240. <https://doi.org/10.1108/01443570210417515>
- Down, M., Czubak, F., Gruska, G., Stahley, S., & Benham, D. (2010). *Measurement Systems Analysis: Reference Manual* (4th Editio).
- Eaidgah, Y., Maki, A. A., Kurczewski, K., & Abdekhodae, A. (2016). Visual management , performance management and continuous improvement: A lean manufacturing approach. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(2), 187–210. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2014-0028>
- Eckerson, W. W. (2010). *Performance Dashboards: Measuring, Monitoring and Managing Your Business* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Few, S. (2006). *Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data* (1st. Editi; C. Wheeler, Ed.). O'Reilly. <https://doi.org/10.1002/9781119198048.part2>
- Greivenkamp, J. E., & Steed, D. L. (2011). The history of telescopes and binoculars: an engineering perspective. *Novel Optical Systems Design and Optimization XIV*, 8129. <https://doi.org/10.1117/12.904614>

- Hamrol, A., & Grabowska, M. (2020). Assessment of adequacy of tools and measures applied by enterprises for production process improvement. *Production and Manufacturing Research*, 8(1), 388–405. <https://doi.org/10.1080/21693277.2020.1854884>
- Holanda, F. (2007). *Indicadores De Desempenho : Uma Análise Nas Empresas De Construção Civil Do Município De João Pessoa - Pb.*
- J.E. Greivenkamp. (2016). *Optical Design and Instrumentation*. College of Optical Sciences University of Arizona.
- Jaca, C., Viles, E., Jurburg, D., & Tanco, M. (2014). Do companies with greater deployment of participation systems use Visual Management more extensively? An exploratory study. *International Journal of Production Research*, 52(6), 1755–1770. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.848482>
- Jirapattarasilp, K. (2008). Quality Management in Electrical-Electronics SMEs. *International MultiConference of Engineers and Computer Science*, Vol. 2, pp. 19–21. Hong Kong.
- Juranek, H. J. (1979). High-Precision Polishing with Polytron. *Advances in Optical Production Technology II*, 163, 31–34. London: SPIE.
- Kang, N., Zhao, C., Li, J., & Horst, J. A. (2016). A Hierarchical structure of key performance indicators for operation management and continuous improvement in production systems. *International Journal of Production Research*, 54(21), 6333–6350. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1136082>
- Kuznetsov, A. V., Vitshuk, N. A., Antsev, Y., & Sabinina, A. L. (2019). Application of qualimetry methods for quality assessment of production processes at components suppliers enterprises. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 666, 1–6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/666/1/012052>
- Malik, S. (2005). *Enterprise Dashboards: Design and Best Practices for IT*. In *John Wiley and Sons Inc.* New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Martins, A. (2012). *Identificação de indicadores chave de desempenho em Sistemas de Gestão de Performance e construção de um dashboard*. Universidade do Minho.
- Martins, A. F., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2018). Development and implementation of dashboards for operational monitoring using participatory design in a lean context. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 621, 237–249. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61121-1_21
- Maskell, B. H. (1991). *Performance Measurement for World Class Manufacturing: A Model for American Companies*. Portland, Oregon: Productivity Press.
- NASA. (1999). *Guideline for Use of Fizeau Interferometer in Optical Testing*. Retrieved May 29, 2021, from <https://llis.nasa.gov/lesson/717>
- Nudurupati, S. S., Bititci, U. S., Kumar, V., & Chan, F. T. S. (2011). State of the art literature review on performance measurement. *Computers and Industrial Engineering*, 60, 279–290. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2010.11.010>

- OptoTech. (2020). *OWI 150 XT 1500*. Wettenberg.
- Pauwels, K., Ambler, T., Clark, B. H., LaPointe, P., Reibstein, D., Skiera, B., ... Wiesel, T. (2009). Dashboards as a Service. *Journal of Service Research*, 12(2), 175–189. <https://doi.org/10.1177/1094670509344213>
- Popova, V., & Sharpanskykh, A. (2010). Modeling organizational performance indicators. *Information Systems*, 35(4), 505–527. <https://doi.org/10.1016/j.is.2009.12.001>
- Rebelo, M. P. (2014). *Processo de disponibilização e visualização de indicadores de qualidade em ambiente industrial* (Universidade do Minho). Universidade do Minho. Retrieved from <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/30327>
- Ribeiro, A. (2015). *Melhoria da eficiência da gestão de uma equipa do departamento de qualidade em projetos de qualidade preventiva*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Rocha, S. C. da C. (2016). *Indicadores de Gestão num Sistema de Business Intelligence: O Caso de Estudo da Glintt Healthcare Solutions*. Instituto Politécnico de Coimbra.
- Searcy, C., Karapetrovic, S., & McCartney, D. (2005). Designing sustainable development indicators: Analysis for a case utility. *Measuring Business Excellence*, 9(2), 33–41. <https://doi.org/10.1108/13683040510602867>
- Searcy, C., Karapetrovic, S., & McCartney, D. (2009). Designing corporate sustainable development indicators: Reflections on a process. *Environmental Quality Management*, 31–42. <https://doi.org/10.1002/tqem.20234>
- Skorka, A. (2017). Successful dashboard implementation in practice: How to overcome implementation barriers and ensure long-term sustainability. *International Journal of Market Research*, 59(2), 239–262. <https://doi.org/10.2501/IJM>
- Smith, W. J. (2000). *Modern Optical Engineering: The Design of Optical Systems* (3rd Editio). McGraw-Hill.
- Sousa, G. (2017). *Optimização da Produção Industrial de um Prisma Óptico: Identificação de Causas de Rejeição*. Universidade do Minho.
- Sousa, R., & Voss, C. A. (2002). Quality management re-visited: A reflective review and agenda for future research. *Journal of Operations Management*, 20, 91–109. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(01\)00088-2](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(01)00088-2)
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Sage Publications, Inc.*, 23(4), 582–603.
- Tonkin, S. (2007). Binocular Astronomy. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). London: Springer.
- Tsai, Y. C., & Cheng, Y. T. (2012). Analyzing key performance indicators (KPIs) for E-commerce and Internet marketing of elderly products: A review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 55, 126–132. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2011.05.024>

- Vilarinho, S., Lopes, I., & Sousa, S. (2018). Developing dashboards for SMEs to improve performance of productive equipment and processes. *Journal of Industrial Information Integration*, *12*, 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2018.02.003>
- Williamson, R. (2011). *Field Guide to Optical Fabrication* (J. E. Greivenkamp, Ed.). Washington: SPIE.
- Yigitbasioglu, O. M., & Velcu, O. (2012). A review of dashboards in performance management: Implications for design and research. *International Journal of Accounting Information Systems*, *13*, 41–59. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2011.08.002>
- Zschommler, W. (1984). *Precision Optical Glassworking: A manual for craftsmen and designers* (1st Editio). Macmillan Education LTD.

Anexo I - Folha do Excel do ficheiro Estatísticas da produção referente ao geométrico dos prismas da semana 14

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
		14	Quantidades					Defeitos																
								Dimensões								Estético			Sucata					
	Referência	Semi-finish	Novas / Reparações	Qt. Mal	Sucata	Quant. Boas	% Boas	Interferómetro	Ângulo	Ângulo Passagem	Piramidal	Dakhant	Comprimento	Altura	Dackhant Descentrado	Perpendicularidade	Outras Dimensões	Mal Polido	Riscos	Danos	Sucata - Geral	Ângulo	Comprimento	Altura
4			N	2		118	98,3%	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5			R	1		3	75,0%	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6			R			1	100,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7			N			238	100,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8			N			119	100,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9			R	108	27	374	77,6%	0	1	13	33	23	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	25	2
10			N	14		311	95,7%	0	3	0	1	9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
11			R	23	23	90	79,6%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
12			R	3		20	87,0%	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13			R	33	9	204	86,1%	2	0	20	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	3
14			N	25		121	82,9%	0	0	20	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15			R	2	2	9	81,8%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
16			R	5		30	85,7%	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17			R	8		22	73,3%	0	1	0	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18			N	17		154	90,1%	0	6	4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19			R	2		30	93,8%	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20			N	3		157	98,1%	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21			R	4	2	7	63,6%	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
22			N	4		156	97,5%	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23			R	6	1	25	80,6%	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
24			R	59	7	241	80,3%	0	0	18	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
25			N	62		201	76,4%	0	2	6	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26			N	3		69	95,8%	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27			R	3	1	16	84,2%	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
28			R	20	1	56	73,7%	0	0	1	0	17	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
29			N	45		44	49,4%	0	0	7	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30			N	5		285	98,3%	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31			R	18	18	36	66,7%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
32			R	19	14	92	82,9%	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	10
33			R			3	100,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34			R	18	6	4	18,2%	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
35			R	107	52	231	68,3%	0	0	51	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	35
36			N	56		394	87,6%	0	0	14	7	34	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
37			N	7		151	95,6%	1	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38																								
39																								
40																								

Anexo II - Tabela Top Mensal referente à produção geométrico dos prismas

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
Referência	Semi-finish	Novas/Reparação	Qt. Mal	Sucata	Quant. Pass	% Boas	Interferômetro	Ângulo	Ângulo Passage	Piramidal	Dackhant	Comprimento	Altura	Dackhant Descentrado	Perpendicularidade	Outras Dimensões	Mal Polido	Riscos	Danos	Sucata - Geral	Sucata - Ângulo	Sucata - Comprimento	Sucata - Altura	KW	Origem	Qt. Total
Lote	N	2			118	98,3%	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	120
Lote	R	1			3	75,0%	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	4
Lote	R	0			1	100,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	1
Lote	N	0			238	100,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	238
Lote	N	0			119	100,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	119
Lote	R	108	27		374	77,6%	0	1	13	33	23	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	25	2	14	GEOMÉTRICO	482
Lote	N	14			311	95,7%	0	3	0	1	9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	325
Lote	R	23	23		90	79,6%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	14	GEOMÉTRICO	113
Lote	R	3			20	87,0%	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	23
Lote	R	33	9		204	86,1%	2	0	20	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	3	14	GEOMÉTRICO	237
Lote	N	25			121	82,9%	0	0	20	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	146
Lote	R	2	2		9	81,8%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	14	GEOMÉTRICO	11
Lote	R	5			30	85,7%	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	35
Lote	R	8			22	73,3%	0	1	0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	30
Lote	N	17			154	90,1%	0	6	4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	171
Lote	R	2			30	93,8%	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	32
Lote	N	3			157	98,1%	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	160
Lote	R	4	2		7	63,6%	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	14	GEOMÉTRICO	11
Lote	N	4			156	97,5%	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	160
Lote	R	6	1		25	80,6%	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	14	GEOMÉTRICO	31
Lote	R	59	7		241	80,3%	0	0	18	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	14	GEOMÉTRICO	300
Lote	N	62			201	76,4%	0	2	6	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	263
Lote	N	3			69	95,8%	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	72
Lote	R	3	1		16	84,2%	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	14	GEOMÉTRICO	19
Lote	R	20	1		56	73,7%	0	0	1	0	17	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	14	GEOMÉTRICO	76
Lote	N	45			44	49,4%	0	0	7	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	89
Lote	N	5			285	98,3%	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	290
Lote	R	18	18		36	66,7%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	14	GEOMÉTRICO	54
Lote	R	19	14		92	82,9%	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	10	14	GEOMÉTRICO	111
Lote	R	0			3	100,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	3
Lote	R	18	6		4	18,2%	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	14	GEOMÉTRICO	22
Lote	R	107	52		231	68,3%	0	0	51	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	35	14	GEOMÉTRICO	338
Lote	N	56			394	87,6%	0	0	14	7	34	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	450
Lote	N	7			151	95,6%	1	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	GEOMÉTRICO	158
Lote	N	5	1		106	95,5%	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	15	GEOMÉTRICO	111
Lote	N	0			299	100,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	GEOMÉTRICO	299
Lote	N	5			210	97,7%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	15	GEOMÉTRICO	215
Lote	R	25	11		99	79,8%	0	5	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	9	15	GEOMÉTRICO	124
Lote	N	6			467	98,7%	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	GEOMÉTRICO	473
Lote	R	4	1		74	85,7%	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	15	GEOMÉTRICO	28

Anexo III - Tabela dinâmica para análise dos defeitos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
			Rótulos de Linha	Soma de Qt. Mal	Soma de Qt. Boa	Soma de Total % Boas	Soma de Interferômetro	Soma de Ângulo	Soma de Ângulo Passagem	Soma de Piramidal	Soma de Dackhant	Soma de Comprimento	Soma de Altura	Soma de Dackhant Descentrado	Soma de Perpendicularidade	Soma de Outras Dimensões	Soma de Mal Polido	Soma de Riscos	Soma de Danos	Soma de Sucata - Geral	Soma de Sucata - Ângulo	Soma de Sucata - Comprimento	Soma de Sucata - Altura
1																							
2				160	32	17%	3	0	11	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	0	26
3			Novas/Reparações	4	1	20%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1
4			N	162	82	34%	3	7	45	4	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	22
5			R	78	104	57%	0	9	3	15	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	23
6				29	39	57%	0	0	0	0	27	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7			Novas/ Repar...	72	97	57%	0	0	1	67	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
8				243	397	62%	7	4	11	110	20	0	0	6	0	0	41	0	6	0	0	38	0
9			KW	3	5	63%	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10				32	55	63%	1	0	3	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
11			1	78	159	67%	2	0	0	1	59	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	14
12			2	43	99	70%	0	0	6	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	3
13			3	5	14	74%	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
14			4	6	19	76%	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
15			5	45	148	77%	0	16	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	17
16			6	24	89	79%	2	1	0	2	12	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2
17			7	119	449	79%	25	18	29	0	41	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	2
18			8	72	275	79%	7	8	4	0	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2
19				28	107	79%	0	0	2	0	20	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	4
20				42	173	80%	2	36	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21				296	1228	81%	34	1	59	10	118	0	0	0	0	0	1	0	0	0	35	0	38
22				15	65	81%	1	1	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
23			Semi-finish	36	203	85%	17	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	8
24			Lote	167	998	86%	24	7	8	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0	66
25				55	335	86%	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	47
26			S	14	94	87%	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1
27			Semi-finish	19	130	87%	0	0	7	10	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
28				14	102	88%	0	13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29				11	83	88%	0	1	2	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
30				69	632	90%	0	8	0	3	0	0	2	0	0	0	13	0	0	0	3	0	40
31				11	357	97%	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
32				1	63	98%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
33				18	1145	98%	11	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34				0	98	100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35			Total Geral	1971	7877	80,0%	143	154	206	370	468	0	2	15	0	0	60	0	10	0	181	38	324
36																							

Anexo IV - Macro do Top Mensal com as alterações

```
Private Sub cmb_gerartopmensal_Click()

With Application
    .DisplayAlerts = False
    .ScreenUpdating = False
End With

Application.Calculation = xlCalculationManual

Dim i As Integer
Dim nome_folha As String
Dim sht As Worksheet
Dim xFound As Boolean
Dim celula As Range
Dim Linha As Integer

livro_atual = ActiveWorkbook.Name
folha_topmensal = "Top Mensal - Geométrico"
kw_inicio = txtbox_inicio.Value
kw_fim = txtbox_fim.Value

ActiveSheet.Range("D67").Value = kw_inicio
ActiveSheet.Range("E67").Value = kw_fim

Sheets(folha_topmensal).Range("A2:AA5000").ClearContents

For i = kw_inicio To kw_fim
    nome_folha = "G" & i

    On Error GoTo erro
    Workbooks(livro_atual).Sheets(nome_folha).Activate
    lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
    lastrow_topmensal = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensal).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1
    ActiveSheet.Range("A4:X" & lastrow_kw).Select
    Selection.Copy

    If lastrow_topmensal = 1 Then

        lastrow_topmensal = 2

    Else

        Sheets(folha_topmensal).Activate
        ActiveSheet.Range("A" & lastrow_topmensal).Select
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
            :=False, Transpose:=False

        lastrow_topmensalpaste = ActiveSheet.Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row

        ActiveSheet.Range("Y" & lastrow_topmensal & ":Y" & lastrow_topmensalpaste).Value = i
        ActiveSheet.Range("Z" & lastrow_topmensal & ":Z" & lastrow_topmensalpaste).Value = "GEOMÉTRICO"

        For Linha = 2 To lastrow_topmensalpaste
            If Cells(Linha, 4) = "" Then
                Cells(Linha, 4).Value = 0
                ActiveSheet.Range("AA" & lastrow_topmensal & ":AA" & lastrow_topmensalpaste).FormulaR1C1 = "=R[0]C[-23]+R[0]C[-21]"
            End If
        Next Linha

        loopresume:
        Next i

        For Linha = 2 To lastrow_topmensalpaste
            If Cells(Linha, 2).Value = "S" Then
                Cells(Linha, 2).Value = "Semi-finish"
            Else
                Cells(Linha, 2).Value = "Lote"
            End If
        Next Linha

        loopresume:
        Next i

        For Linha = 2 To lastrow_topmensalpaste
            If Cells(Linha, 2).Value = "S" Then
                Cells(Linha, 2).Value = "Semi-finish"
            Else
                Cells(Linha, 2).Value = "Lote"
            End If
        Next Linha

        ActiveCell.Offset(1, 0).Select

        Unload uform_topmensal_geometrico

        ActiveWorkbook.RefreshAll

        Sheets("Resumo Semanal").Activate
        ActiveSheet.Range("D1").Select
    Exit Sub

erro:
Resume loopresume

Application.ScreenUpdating = True
Application.Calculation = xlCalculationAutomatic

End Sub
```

Anexo V - Macro inserir semana no Top Mensal

```
Private Sub cmb_gerartopmensalNovoGeo_Click()

With Application
    .DisplayAlerts = False
    .ScreenUpdating = False
End With

Application.Calculation = xlCalculationManual

Dim i As Integer
Dim nome_folha As String
Dim sht As Worksheet
Dim xFound As Boolean
Dim celula As Range
Dim Linha As Integer

livro_atual = ActiveWorkbook.Name
folha_topmensal = "Top Mensal - Geométrico"
i = txtbox_inicio.Value

ActiveSheet.Range("F79").Value = i

For Each sht In ThisWorkbook.Sheets
    If sht.Name = "G" & txtbox_inicio.Value Then
        ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensal).Activate
        lastrow_topmensalpaste = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensal).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row

        For Linha = 2 To lastrow_topmensalpaste
            If Cells(Linha, 25).Value = i Then
                Sheets(folha_topmensal).Rows(Linha).Delete
                Linha = Linha - 1 'Volta uma posição atrás para não fazer dois saltos
            Else
                End If
            Next Linha

            nome_folha = "G" & i

            On Error GoTo erro
            Workbooks(livro_atual).Sheets(nome_folha).Activate
            lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
            lastrow_topmensal = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensal).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1
            ActiveSheet.Range("A4:X" & lastrow_kw).Select
            Selection.Copy

            If lastrow_topmensal = 1 Then
                lastrow_topmensal = 2
            Else
                End If

            Sheets(folha_topmensal).Activate
            ActiveSheet.Range("A" & lastrow_topmensal).Select
            Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
                :=False, Transpose:=False

            lastrow_topmensalpaste = ActiveSheet.Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row

            ActiveSheet.Range("Y" & lastrow_topmensal & ":Y" & lastrow_topmensalpaste).Value = i
            ActiveSheet.Range("Z" & lastrow_topmensal & ":Z" & lastrow_topmensalpaste).Value = "GEOMÉTRICO"

loopresume:

            For Linha = lastrow_topmensal To lastrow_topmensalpaste
                If Cells(Linha, 2).Value = "S" Then
                    Cells(Linha, 2).Value = "Semi-finish"
                Else
                    Cells(Linha, 2).Value = "Lote"
                End If
            Next Linha

            For Linha = lastrow_topmensal To lastrow_topmensalpaste
                If Cells(Linha, 4) = "" Then
                    Cells(Linha, 4).Value = 0
                    ActiveSheet.Range("AA" & lastrow_topmensal & ":AA" & lastrow_topmensalpaste).FormulaR1C1 = "=R[0]C[-23]+R[0]C[-21]"
                End If
            Next Linha

            ActiveCell.Offset(1, 0).Select

            Unload uform_topmensal_NovoGeo

            ActiveWorkbook.RefreshAll

            Sheets("Resumo Semanal").Activate
            ActiveSheet.Range("D1").Select
            Exit Sub

erro:
            Resume loopresume

            GoTo lastline
        End If
    Next sht

MsgBox ("A semana " & i & " não existe!")

lastline:

Application.ScreenUpdating = True
Application.Calculation = xlCalculationAutomatic

End Sub
```

Anexo VI - Alteração da macro para importar diariamente

```
Private Sub cmb_importar_Click()

With Application
    .DisplayAlerts = False
    .ScreenUpdating = False
End With

Application.Calculation = xlCalculationManual

Dim celulas As Range
Dim sht As Worksheet

livro_atual = ActiveWorkbook.Name
livro_kw = "G" & txtbox_kw & ".xism"
caminho = ActiveWorkbook.Path
caminho_ = ActiveWorkbook.Path & "\"
caminho_geometrico = Left(caminho_, Len(caminho_) - 10) & "\\Geométrico\"
folha_kw = "G" & txtbox_kw.Value

.....'VERIFICAR SE EXISTE O FICHEIRO'.....
file = Dir(caminho_geometrico)
While (file <> "")
    If InStr(file, livro_kw) > 0 Then
        existe_ficheiro = "True"
    End If
    file = Dir
Wend
If (existe_ficheiro = "True") Then
Workbooks.Open (caminho_geometrico & livro_kw)

Else
MsgBox ("O ficheiro referente à semana G" & txtbox_kw & " não existe!")
Exit Sub
End If

.....

'--- Atualizar folha ---
For Each sht In ThisWorkbook.Worksheets

    If sht.Name = "G" & txtbox_kw Then
        'Limpa a folha
        Workbooks(livro_atual).Sheets(folha_kw).Activate
        Workbooks(livro_atual).Sheets(folha_kw).Range("A4:X200").ClearContents

        'Importa do ficheiro G para Estatísticas
        Workbooks.Open (caminho_geometrico & livro_kw)
        Sheets("Prismas").Select

        lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
        ActiveSheet.Range("A12:A" & lastrow_kw).Copy Destination:=Workbooks(livro_atual).Sheets(folha_kw).Range("A4:A" & lastrow_kw)
        ActiveSheet.Range("D12:Y" & lastrow_kw).Copy Destination:=Workbooks(livro_atual).Sheets(folha_kw).Range("C4:X" & lastrow_kw)

        Workbooks(livro_kw).Close savechanges:=False

'-----FIM DE IMPORTAR E FORMATAR FOLHA

lastrow = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row

'Procura referências semi-finish
lista_referencias = ActiveSheet.Range("A4:A" & lastrow).Address

For Each celula In Sheets(folha_kw).Range(lista_referencias)
    referencia = celula.Value

lastrow_semifinished = Sheets("semifinished").Cells(Rows.Count, "B").End(xlUp).Row
Sheets("semifinished").Activate
ActiveSheet.Range("B1:B" & lastrow_semifinished).Select

Set referencia_procurada = Selection.Find(What:=referencia, After:=ActiveCell, LookIn:=xlFormulas, _
    LookAt:=xlWhole, SearchOrder:=xlByRows, SearchDirection:=xlNext, _
    MatchCase:=False, SearchFormat:=False)

If Not referencia_procurada Is Nothing Then
    Sheets(folha_kw).Activate
    celula.Select
    ActiveCell.Offset(0, 1) = "S"

Else
End If

Next celula

'Ordena referências
Sheets(folha_kw).Activate
ActiveWorkbook.Worksheets(folha_kw).Sort.SortFields.Add Key:=Range("A4:A" & lastrow), _
    SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets(folha_kw).Sort
    .SetRange Range("A4:X" & lastrow)
    .Header = xlGuess
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With

Sheets(folha_kw).Activate
Sheets(folha_kw).Columns("A").ColumnWidth = 25
ActiveSheet.Range("B1").Value = txtbox_kw

Sheets("Resumo Semanal").Activate
Unload uform_importarkv_geometrico
Application.Calculate

GoTo lastline

End If
Next sht
```

```

'--- Importar pela primeira vez ---

Workbooks.Open (caminho_geometrico & livro_kw)
Sheets ("Prismas").Select
Sheets ("Prismas").Copy before:=Workbooks ( _
livro_atual).Sheets (1)

'Elimina 8 primeiras linhas
ActiveSheet.Unprotect
ActiveSheet.Shapes ("cmb_registro").Delete
ActiveSheet.Shapes ("cmb_limpar").Delete
ActiveSheet.Shapes ("cmb_registrokw").Delete

Sheets ("Prismas").Rows ("1:8").Delete

'Insera coluna Semi-finish
Columns ("D:D").EntireColumn.Insert
ActiveSheet.Range ("D3").Value = "Semi-finish"
ActiveSheet.Range ("D3").Select
With Selection
    .HorizontalAlignment = xlCenter
    .VerticalAlignment = xlCenter
    .WrapText = True
    .Orientation = 0
    .AddIndent = False
    .IndentLevel = 0
    .ShrinkToFit = False
    .ReadingOrder = xlContext
    .MergeCells = False
End With

ActiveSheet.Range ("D4:D100").Select
With Selection.Borders (xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlMedium
End With

'Renomeia folha
ActiveSheet.Name = "G" & txtbox_kw
folha_kw = "G" & txtbox_kw

Workbooks (livro_kw).Close savechanges:=False

'-----FIM DE IMPORTAR E FORMATAR FOLHA

lastrow = Cells (Rows.Count, "A").End (xlUp).Row

'Procura referências semi-finish
lista_referencias = ActiveSheet.Range ("A4:A" & lastrow).Address

For Each celula In Sheets (folha_kw).Range (lista_referencias)
    referencia = celula.Value

lastrow_semifinished = Sheets ("semifinished").Cells (Rows.Count, "B").End (xlUp).Row
Sheets ("semifinished").Activate
ActiveSheet.Range ("B1:B" & lastrow_semifinished).Select

Set referencia_procurada = Selection.Find (What:=referencia, After:=ActiveCell, LookIn:=xlFormulas, _
LookAt:=xlWhole, SearchOrder:=xlByRows, SearchDirection:=xlNext, _
MatchCase:=False, SearchFormat:=False)

If Not referencia_procurada Is Nothing Then

Sheets (folha_kw).Activate
celula.Select
ActiveCell.Offset (0, 1) = "5"

Else
End If

Next celula

'Ordena referências
Sheets (folha_kw).Activate
Sheets (folha_kw).Columns ("B:C").Delete
ActiveWorkbook.Worksheets (folha_kw).Sort.SortFields.Add Key:=Range ("A4:A" & lastrow), _
SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets (folha_kw).Sort
    .SetRange Range ("A4:X" & lastrow)
    .Header = xlGuess
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With

Sheets (folha_kw).Activate
Sheets (folha_kw).Columns ("A").ColumnWidth = 25
ActiveSheet.Range ("B1").Value = txtbox_kw

Sheets ("Resumo Semanal").Activate
Unload uform_importarkw_geometrico
Application.Calculate

lastline:
Application.ScreenUpdating = True
Application.Calculation = xlCalculationAutomatic

End Sub

```

Anexo VII - Macro para criar a base de dados para o *dashboard* geral

```
Sub TopMensalGeral_Click()

Dim i As Integer
Dim nome_folha As String
Dim sht As Worksheet
Dim xFound As Boolean
Dim celula As Range
Dim Linha As Integer
Dim Coluna As Integer

livro_atual = ActiveWorkbook.Name
folha_topmensal = "TopMensal"

Sheets(folha_topmensal).Range("A4:CQ50000").ClearContents

' --- Importar Geométrico ---

Workbooks(livro_atual).Sheets("Produção - Geométrico").Activate
lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
lastrow_topmensal = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensal).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

ActiveSheet.Range("A2:X" & lastrow_kw).Select
Selection.Copy
Sheets(folha_topmensal).Activate
ActiveSheet.Range("A" & lastrow_topmensal).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

lastrow_topmensalpaste = ActiveSheet.Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row

'

Workbooks(livro_atual).Sheets("Produção - Geométrico").Activate
lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
lastrow_topmensal = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensal).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

ActiveSheet.Range("Y2:Y" & lastrow_kw).Select
Selection.Copy
Sheets(folha_topmensal).Activate
ActiveSheet.Range("CM4:CM" & lastrow_topmensal).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

'

Workbooks(livro_atual).Sheets("Produção - Geométrico").Activate
lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
lastrow_topmensal = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensal).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

ActiveSheet.Range("AA2:AA" & lastrow_kw).Select
Selection.Copy
Sheets(folha_topmensal).Activate
ActiveSheet.Range("CO4:CO" & lastrow_topmensal).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

lastrow_topmensalpaste = ActiveSheet.Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row

For Linha = 4 To lastrow_topmensalpaste
    If Cells(Linha, 92) = "" Then
        Cells(Linha, 92).Value = "PRODUÇÃO-GEOMÉTRICO"
    End If
Next Linha

lastrow_topGeo = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensal).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

' --- Importar Estético ---

Workbooks(livro_atual).Sheets("Produção - Estético").Activate
lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
lastrow_topmensal = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensal).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

ActiveSheet.Range("A2:G" & lastrow_kw).Select
Selection.Copy
Sheets(folha_topmensal).Activate
ActiveSheet.Range("A" & lastrow_topmensalpaste + 1).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

'

Workbooks(livro_atual).Sheets("Produção - Estético").Activate
lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
lastrow_topmensal = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensal).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

ActiveSheet.Range("H2:U" & lastrow_kw).Select
Selection.Copy
Sheets(folha_topmensal).Activate
ActiveSheet.Range("I" & lastrow_topmensalpaste + 1).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

'

Workbooks(livro_atual).Sheets("Produção - Estético").Activate
lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
lastrow_topmensal = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensal).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

ActiveSheet.Range("V2:V" & lastrow_kw).Select
Selection.Copy
Sheets(folha_topmensal).Activate
ActiveSheet.Range("CM" & lastrow_topmensalpaste + 1).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
```

```

Workbooks(livro_atual).Sheets("Produção - Estético").Activate
lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
lastrow_topmensial = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensial).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

ActiveSheet.Range("X2:X" & lastrow_kw).Select
Selection.Copy
Sheets(folha_topmensial).Activate
ActiveSheet.Range("CO" & lastrow_topmensialpaste + 1).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

lastrow_topmensialpaste = ActiveSheet.Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row

For Linha = lastrow_topGeo To lastrow_topmensialpaste
    If Cells(Linha, 92) = "" Then
        Cells(Linha, 92).Value = "PRODUÇÃO-ESTÉTICO"
    End If
Next Linha

lastrow_topEst = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensial).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

' --- Importar Revestimento ---

Workbooks(livro_atual).Sheets("Revestimento").Activate
lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
lastrow_topmensial = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensial).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

ActiveSheet.Range("A2:G" & lastrow_kw).Select
Selection.Copy
Sheets(folha_topmensial).Activate
ActiveSheet.Range("A" & lastrow_topmensialpaste + 1).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

,

Workbooks(livro_atual).Sheets("Revestimento").Activate
lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
lastrow_topmensial = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensial).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

ActiveSheet.Range("H2:AG" & lastrow_kw).Select
Selection.Copy
Sheets(folha_topmensial).Activate
ActiveSheet.Range("AM" & lastrow_topmensialpaste + 1).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

,

Workbooks(livro_atual).Sheets("Revestimento").Activate
lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
lastrow_topmensial = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensial).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

ActiveSheet.Range("AH2:AH" & lastrow_kw).Select
Selection.Copy
Sheets(folha_topmensial).Activate
ActiveSheet.Range("CM" & lastrow_topmensialpaste + 1).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

,

Workbooks(livro_atual).Sheets("Revestimento").Activate
lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
lastrow_topmensial = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensial).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

ActiveSheet.Range("AJ2:AJ" & lastrow_kw).Select
Selection.Copy
Sheets(folha_topmensial).Activate
ActiveSheet.Range("CO" & lastrow_topmensialpaste + 1).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

lastrow_topmensialpaste = ActiveSheet.Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row

For Linha = lastrow_topEst To lastrow_topmensialpaste
    If Cells(Linha, 92) = "" Then
        Cells(Linha, 92).Value = "REVESTIMENTO"
    End If
Next Linha

For Linha = 4 To lastrow_topmensialpaste
    If Cells(Linha, 94) = "" Then
        Cells(Linha, 94).Value = "Prisma"
    End If
Next Linha

lastrow_topRev = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensial).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

' --- Importar Colagem/QS Final ----

Workbooks(livro_atual).Sheets("ColagemQSFinal").Activate
lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
lastrow_topmensial = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensial).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

ActiveSheet.Range("A2:G" & lastrow_kw).Select
Selection.Copy
Sheets(folha_topmensial).Activate
ActiveSheet.Range("A" & lastrow_topmensialpaste + 1).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

,

Workbooks(livro_atual).Sheets("ColagemQSFinal").Activate
lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
lastrow_topmensial = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensial).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

```

```

ActiveSheet.Range("H2:AG" & lastrow_kw).Select
Selection.Copy
Sheets(folha_topmensial).Activate
ActiveSheet.Range("BM" & lastrow_topmensialpaste + 1).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
'

Workbooks(livro_atual).Sheets("ColagemQSFinal").Activate
lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
lastrow_topmensial = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensial).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

ActiveSheet.Range("AH2:AH" & lastrow_kw).Select
Selection.Copy
Sheets(folha_topmensial).Activate
ActiveSheet.Range("CM" & lastrow_topmensialpaste + 1).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
'

Workbooks(livro_atual).Sheets("ColagemQSFinal").Activate
lastrow_kw = Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
lastrow_topmensial = ActiveWorkbook.Sheets(folha_topmensial).Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1

ActiveSheet.Range("AJ2:AK" & lastrow_kw).Select
Selection.Copy
Sheets(folha_topmensial).Activate
ActiveSheet.Range("CO" & lastrow_topmensialpaste + 1).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

lastrow_topmensialpaste = ActiveSheet.Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row

For Linha = lastrow_topRev To lastrow_topmensialpaste
    If Cells(Linha, 92) = "" Then
        Cells(Linha, 92).Value = "COLAGEM/QS FINAL"
    End If
Next Linha

' --- Preencher os espaços vazios por zeros ---

For Coluna = 8 To 90
    For Linha = 4 To lastrow_topmensialpaste
        If Cells(Linha, Coluna) = "" Then
            Cells(Linha, Coluna).Value = 0
        End If
    Next Linha
Next Coluna

For Linha = 4 To lastrow_topmensialpaste
    If Cells(Linha, 5) = "" Then
        Cells(Linha, 5).Value = 0
    End If
Next Linha

ActiveCell.Offset(1, 0).Select
ActiveWorkbook.RefreshAll

Exit Sub

End Sub

```