

Programa de melhorias de desempenho e da capacidade produtiva de uma célula de afiamento de diamante

João Pedro Ribeiro Correia

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Junho 2018

Resumo

A presente dissertação, desenvolvida no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, surge de uma proposta apresentada pela empresa Frezite, S.A. com o objetivo de otimizar os processos atualmente desenvolvidos na produção de ferramentas de corte em diamante.

O constante desenvolvimento na indústria faz surgir novas tecnologias e as empresas têm a necessidade de se adaptar de forma a manterem-se competitivas e a conseguir ter uma capacidade de resposta ao desenvolvimento de mercado. Neste sentido, de forma a manter a sua posição forte no mercado e na vanguarda da tecnologia, a FMT investiu em novas máquinas de tecnologia laser que requerem capacidade de adaptação por parte dos operadores e dos engenheiros responsáveis.

Este projeto surge com essa necessidade de adaptação, de forma a obter melhores processos e acompanhar a inovação da indústria. Sendo o processo de afiamento de diamante o mais delicado em toda a fábrica, este é o local onde ocorrem mais erros, mas também onde há mais oportunidades de melhoria.

Numa fase inicial, com vista a expor os problemas mais profundos, foram implementadas metodologias *Lean* para reduzir os desperdícios e aumentar a produtividade.

Após a eliminação dos problemas de topo, foram identificados os problemas mais profundos e comuns, que estavam a provocar uma baixa produtividade no centro. Foi realizada uma análise física e mecânica (análise PM) para identificar as causas e eliminar estes problemas. A análise permitiu desenvolver ações, criar novos procedimentos e fundamentalmente aumentar a eficiência da área em análise.

Program to Improve the Performance and Increase the Output on a Diamond Erosion Cell

Abstract

The following dissertation, developed within the scope of the Master's degree in Mechanical Engineering of the Faculty of Engineering of Porto University, arises from a proposal presented by Frezite S.A. with the objective of optimizing the processes currently developed in the production of metal cutting tools with inserts of diamond.

The constant innovation in the industry produces new technologies and companies need to adapt to remain competitive, and to be able to respond to market development. This way, to maintain their strong position in the market and at the forefront of technology, FMT has invested in new laser technology machines that require adaptability by machine operators and engineers.

This project arises with this need of adaption, to obtain better processes and follow the innovation in the industry. Being the diamond cutting process the most delicate one throughout the mill, this is where most of the mistakes happen, but also where there are the most opportunities for improvement.

At an early stage, to discover the deeper problems, Lean methodologies were implemented to reduce waste and increase productivity.

After eliminating these problems, the deeper and more common ones that were causing a low productivity were identified. A PM analysis was performed to identify the root causes and eliminate the problems. These analyses allowed to develop actions, create new procedures and ultimately increase the efficiency of the area.

Agradecimentos

Ao Engenheiro Diogo Costa, orientador na Frezite, pela confiança demonstrada ao longo da realização de todo o projeto, e por todos os ensinamentos e experiências partilhadas.

À Frezite, pela oportunidade e condições proporcionadas.

Ao Professor Eduardo Gil da Costa, orientador na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pelo acompanhamento e disponibilidade demonstrada.

À minha família pelo constante apoio no meu desenvolvimento enquanto estudante e pelas condições proporcionadas para atingir patamares superiores.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do Projeto e Motivação	1
1.2	O Grupo Frezite	1
1.2.1	História do Grupo Frezite	1
1.2.2	UEN – Ferramentas Metal	2
1.3	Objetivos do Projeto	2
1.4	Método Seguido no Projeto	3
1.5	Estrutura da Dissertação	3
2	Revisão Bibliográfica	4
2.1	Produção <i>Lean</i>	4
2.1.1	Origem da Produção <i>Lean</i>	4
2.1.2	Definição e Princípios	4
2.1.3	Desperdícios	5
2.2	Ferramentas <i>Lean</i>	6
2.2.1	Metodologia 5S	6
2.2.2	Gestão Visual	6
2.2.3	Overall Equipment Efficiency (OEE)	6
2.2.4	5 Why	8
2.2.5	Push and Pull System	8
2.3	Layout	9
2.4	Fluxograma	9
2.5	Diamante Policristalino Sintético (PCD) – Matéria-Prima	9
2.6	Tecnologias de Corte	10
2.6.1	Tecnologia de Corte a Laser	10
2.6.2	Tecnologias de Corte por Fio	11
2.7	Análise PM	12
3	Caracterização da Situação Inicial	13
3.1	Caracterização Geral do Centro de Afiamento do Diamante	14
3.2	Fluxo de Material e Layout	15
3.3	Planeamento	16
3.4	Análise ao Estado dos Equipamentos	17
3.5	Análise ao Estado Inicial de Não Conformidades (NC)	20
3.6	Disponibilidade dos Equipamentos	20
4	Desenvolvimento e Aplicação das Soluções Propostas	22
4.1	Fluxo e Implementação de 5S	22
4.1.1	Seiri – Separar	22
4.1.2	Seiton – Organizar	22
4.1.3	Seiso - Limpar	23
4.1.4	Sheiketsu – Normalizar	24
4.1.5	Shiketsu – Sustentar	24
4.2	Melhorias no Planeamento	25
4.2.1	Primeira Melhoria	26
4.2.2	Segunda Melhoria	27
4.2.3	Terceira Melhoria	27
4.3	Análise à Disponibilidade das Máquinas	27
4.3.1	Disponibilidade das Máquinas Laser	28
4.3.2	Disponibilidade das Máquinas a Fio	29
4.3.3	Resultados no Aumento da Disponibilidade	30
4.4	Análise PM	30
4.4.1	Raios Cegos	31

4.4.2	Micro Friso Radial.....	35
5	Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro.....	40
5.1	Conclusões e Resultados.....	40
5.2	Trabalhos Futuros.....	41

Siglas

CTDT – Centro de afiamento de Diamante

NC – Não conformidades

PCD – Diamante policristalino sintético

ROI – Retorno sobre o Investimento

RTDT – Centro de Retificação de Diamante

TPS – Toyota Production Systems

USP – Pulsos Curtos de Radiação Laser

Índice de Figuras

Figura 1 – Logo FMT	2
Figura 2 – Indicadores do OEE	7
Figura 3 - Exemplo de uma análise 5 why's	8
Figura 4 - Gráfico de comparação das propriedades ideais para ferramentas de corte (Vollmer 2018).....	9
Figura 5 - exemplo de produção de uma ferramenta onde a tecnologia laser é utilizada no passo 2 e 4	10
Figura 6 - Exemplo de corte de PCD por fio	11
Figura 7 - Fluxo produtivo com destaque ao centro em análise (CTDT).....	13
Figura 8 - Layout CTDT.....	15
Figura 9 - Zona de <i>Stock</i> de Entrada no CTDT	16
Figura 10 - Exemplo folhas de Planeamento no quadro de equipa	17
Figura 11 - Lente do <i>scanner</i> a laser danificada.....	18
Figura 12 - exemplo HSK.....	19
Figura 13 - Exemplo de um conjunto Hidro + Pinça.....	19
Figura 14 - Exemplos de material desnecessário no CTDT que foi retirado	22
Figura 15 - Exemplo pré e pós aplicação Seiton	23
Figura 16 - Zona de colocação dos materiais de limpeza antes de realizar 5S.....	23
Figura 17 - Zona de colocação dos materiais de limpeza após realizar 5S	24
Figura 18 - Exemplo <i>Checklist</i> 5S.....	25
Figura 19 - exemplo de novas folhas de planeamento.....	26
Figura 20 - Quadro de Disponibilidade das Máquinas	28
Figura 21 - Folha de Reclamações entre Centros	31
Figura 22 - pormenor da plaquete de PCD (vista de topo) que pode provocar raios cegos	32
Figura 23 - esboço da plaquete (vista frontal)	32
Figura 24 - Esboço da plaquete PCD após RTDT (vista de topo).....	33
Figura 25 - esboço simplificado de uma ferramenta	34
Figura 26 - Esboço da plaquete (vista frontal)	36
Figura 27 - micro friso radial.....	37
Figura 28 - Esboço da influência OffSet no friso radial.....	37
Figura 29 - ângulo da plaquete em relação ao eixo	39

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Eficiência do CTDT	20
Tabela 2 - Disponibilidade dos Equipamentos	21
Tabela 3 - Análise 5 WHY à Disponibilidade das Laser.....	29

Tabela 4 - Diferença no Tempo de Preparação de Robot.....	29
Tabela 5 - Disponibilidade das máquinas após alterações	30
Tabela 6 - Ações relativas a 4M (Raios Cegos)	35
Tabela 7 - Ações relativas a 4M (friso radial).....	38
Tabela 8 - Eficiência CTDT	40

1 Introdução

O presente projeto foi desenvolvido num contexto empresarial na Frezite – Ferramentas de corte, S.A., no âmbito da dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

1.1 Enquadramento do Projeto e Motivação

A constante procura e orientação das indústrias para a inovação é um fator chave para a afirmação das empresas ao nível do mercado, cada vez mais competitivo e recetivo à mudança, por via da referida inovação.

Este projeto surge no âmbito da aposta contínua na inovação efetuada pela empresa, e a necessidade de abraçar novas tecnologias para aumentar o seu desempenho produtivo e reforçar a capacidade e competências de adaptação às mesmas, para otimizar a sua eficiência operacional.

1.2 O Grupo Frezite

A Frezite – Ferramentas de Corte, S.A. foi fundada com o objetivo de produzir e comercializar ferramentas de alta tecnologia e precisão, com aplicação na transformação da madeira, materiais derivados, plásticos e metais.

A sua vasta gama de produtos é capaz de satisfazer os requisitos mais exigentes e complexos das indústrias de transformação de madeira e no campo da metalomecânica (indústria de autopeças e maquinaria de alta precisão).

A sede da empresa está localizada na Trofa, e lidera o grupo Frezite.

1.2.1 História do Grupo Frezite

A Frezite – Ferramentas de Corte S.A. foi constituída sob a forma de sociedade por quotas no ano de 1978, com sede em São Martinho do Bougado, na Trofa.

O arranque da sua atividade teve lugar no início no ano seguinte em instalações arrendadas e com um quadro de pessoal de doze empregados que se dedicavam ao fabrico de ferramentas para trabalhar madeira, designadamente fresas, que até então eram provenientes exclusivamente da importação.

Desde então, a empresa foi gradualmente conquistando uma faixa crescente do mercado interno, até atingir a posição de líder de mercado que hoje ocupa.

A Frezite adotou desde 1981 uma política orientada para o crescimento do seu negócio participando desde essa altura em feiras internacionais, o que espelha a audácia e aposta da empresa exportação e na internacionalização das suas atividades comerciais.

Os anos 90/91 e 93 foram de vultuosos investimentos que permitiram à empresa iniciar o fabrico de novos produtos com valor tecnológico acrescentado, cuja produção só pode ser obtida com equipamento CNC de última geração.

Em 1996 é iniciada a internacionalização da empresa com a constituição da FREZITE Brasil e um ano mais tarde com a aquisição de parte do capital de uma empresa de ferramentas de corte para madeira, denominada Vicente Descalzo, cuja designação foi mais tarde alterada para Frezite – Herramientas de Corte S.L. aquando da aquisição da totalidade do capital pela Frezite Portugal.

Em 2005 é criada a marca FMT, para a comercialização de ferramentas de corte para metal e a partir daí o projeto expande tendo por base a aquisição e constituição de novas empresas em diferentes países. É neste momento que o negócio se divide em duas unidades estratégicas de negócio(UEN), ferramentas para corte de metal e ferramentas de corte para madeira.

1.2.2 UEN - Ferramentas Metal

A UEN Ferramentas Metal está vocacionada para o desenvolvimento de soluções de ferramentas especiais para trabalhar metal, feitas à medida das necessidades específicas de cada cliente e dos seus projetos de maquinagem. Esta unidade de negócio atua no mercado com a marca registada FMT.



Figura 1 – Logo FMT

Os clientes são maioritariamente da indústria automóvel e aeronáutica, mas pertencem igualmente à indústria dos moldes, médica e mecânica em geral. As famílias de produtos desenvolvidos e produzidos na FMT são:

- Brocas com diamante policristalino;
- Brocas em Metal duro;
- Fresas com diamante policristalino;
- Fresas em metal duro;
- Mandris com diamante policristalino;
- Mandris em metal duro.

1.3 Objetivos do Projeto

Este projeto foi realizado na célula de afiamento de diamante da FMT. O seu principal objetivo consiste em aumentar a produção e reduzir desperdícios através da implementação de metodologias *Lean*.

Pretende-se também caracterizar a real capacidade da célula e estudar as perdas de potencial no afiamento de diamante.

1.4 Método Seguido no Projeto

O projeto dividiu-se em 4 fases distintas.

- A fase inicial consistiu na recolha de dados por forma a compreender o funcionamento geral da fábrica, e mais em específico o detalhe da secção em análise, a célula de afiamento do diamante (CTDT);
- A fase seguinte consistiu na implementação de metodologias *Lean* para melhorar processos e obter melhor eficiência nos processos utilizados;
- A terceira fase consistiu numa análise mais profunda às causas raiz dos problemas detetados no CTDT;
- Concluiu na quarta fase, com as propostas de melhoria sugeridas aos diretores da empresa.

1.5 Estrutura da Dissertação

Os assuntos abordados nesta dissertação dividem-se em cinco capítulos, sendo cada um deles dividido em diversos subcapítulos.

Neste primeiro capítulo introdutório, apresentam-se as linhas gerais do projeto, a história da empresa, as suas áreas de negócio e os seus produtos.

No segundo capítulo são introduzidos os temas teóricos nos quais é baseada a dissertação, sendo de maior relevância o sistema de produção *Lean*.

No terceiro capítulo, é caracterizada a situação inicial dos processos produtivos da empresa FMT, mais especificamente a área de afiamento de diamante. É detalhado o processo de afiamento de diamante, os problemas identificados e as oportunidades de melhoria associadas a esta área.

O quarto capítulo apresenta as ferramentas e as metodologias utilizadas para solucionar os problemas identificados anteriormente no processo, e os ganhos obtidos pela empresa com a sua aplicação.

No quinto capítulo são perspetivados trabalhos futuros a realizar no centro e as principais conclusões do projeto.

2 Revisão Bibliográfica

Este capítulo contextualiza de forma detalhada os fundamentos e princípios das ferramentas utilizadas para a realização do projeto.

Para uma melhor compreensão da dissertação é abordada a origem do pensamento *Lean*, os seus princípios e ganhos obtidos com a sua aplicação. São ainda abordados conceitos teóricos das análises realizadas.

2.1 Produção *Lean*

A produção *Lean* é uma filosofia de gestão que utiliza várias ferramentas desenvolvidas e inspiradas no *Toyota Production System* (TPS) e veio substituir a ideia de produzir em excesso, para *stock*. Os sistemas *Lean* têm como objetivo produzir no momento exato, na quantidade exata reduzindo tempos de produção e desperdícios associados ao processo produtivo.

2.1.1 Origem da Produção *Lean*

O conceito *Lean* surge no Japão após a Segunda Guerra Mundial, com o aparecimento do *Toyota Production System*. Perante a crise económica com a elevada escassez de recursos que enfrentava, o então Presidente da Toyota, Eiji Toyoda, e o engenheiro Taichii Ohno viajaram até aos Estados Unidos para avaliar o mercado norte-americano e analisar as diferenças competitivas dos seus concorrentes (Liker and Meier, 2006).

Este período permitiu compreender os modelos adotados pelos concorrentes e tomar consciência que tais modelos eram impossíveis de replicar no Japão devido à sobrepopulação, escassez de recursos e à cultura enraizada de não desperdício no país.

É nesta altura que nasce o TPS. Baseado na eliminação de desperdício, no envolvimento de toda a equipa na produção e no esforço por obter melhoria contínua (Womack et al., 1990).

2.1.2 Definição e Princípios

A filosofia baseada no TPS pretende identificar e eliminar desperdícios no processo de produção. Estes desperdícios representam um custo para a empresa e não acrescentam valor ao produto final e consequentemente reduzem a capacidade competitiva do produto em termos de mercado. De forma paralela, pretende garantir a qualidade do produto e evitar excessos, balanceando todos os processos produtivos de forma a garantir que os recursos utilizados acrescentam valor ao produto. (Womack et al., 1990)

O objetivo final é obter um processo de produção que forneça ao cliente produtos de elevada qualidade, ao preço mais competitivo possível e no prazo pretendido.

Os 5 princípios fundamentais definidos por (Womack and Jones, 2010) são:

- **Valor:** Engloba todos os produtos que são de importância para o cliente, assim tudo o que contribui para a construção deste produto agrega valor.
No caso da fábrica FMT o valor engloba as alterações feitas na forma da ferramenta para a colocar na forma final pretendida pelo cliente;
- **Fluxo de Valor:** Identifica as etapas que agregam valor ao produto. As etapas que não acrescentam valor ao produto final devem ser eliminadas;
- **Fluxo:** É necessário criar um fluxo contínuo de forma a não haver interrupções na produção e haver uma entrega mais rápida ao cliente;
- **Produção Puxada (Pull):** Na produção puxada apenas é produzido aquilo que o cliente deseja, reduzindo os valores acumulados em stock;

- **Perfeição:** A melhoria continua pretende atingir a perfeição. É necessário diariamente pensar em novas formas de melhorar processos.

2.1.3 Desperdícios

Quando se pretende aplicar metodologias e um sistema de produção *Lean*, um dos principais objetivos é eliminar os desperdícios. Este define-se como qualquer atividade que utiliza recursos que não geram valor. Alguns exemplos são: produção em massa de produtos que não são desejados, defeitos na produção, processo produtivo desnecessariamente complexo, entre outros. (Womack and Jones, 2010).

Tendo em consideração o conceito de desperdício, Feld (2000) distinguiu três tipos de atividades distintas relacionados com o processo produtivo:

- **Atividades que geram valor:** É o conjunto de atividades que tornam o produto mais completo, que os clientes valorizam, e estão dispostos a pagar por elas;
- **Atividades necessárias que não acrescentam valor:** Não acrescentam valor ao produto final, mas o cliente está disposto a pagar pelas mesmas.
- **Atividades que não geram valor:** Estas atividades consomem recursos, mas não tornam o produto mais complexo. Não acrescentam valor ao produto, e o cliente não está disposto a pagar pelas mesmas.

As atividades que não geram valor são denominadas por desperdícios, Rich et al. (2006) identificou e dividiu estes desperdícios em sete:

- **Superprodução:** Define-se como uma produção excessiva. Ao produzir além daquilo que é necessário, consome-se mais recursos e desperdiça-se tempo na produção em excesso;
- **Processamento inadequado:** Representa todas as operações existentes no processo produtivo que não acrescentam valor ao produto final, de carácter repetitivo, dispensável, ou originadas de um sequenciamento ineficiente;
- **Excesso de stocks:** A acumulação de matéria-prima devido a produção excessiva ou antecipada representam custos para a empresa, quer de tempo quer de ocupação de espaços. A redução de stocks visa garantir um fluxo estável e contínuo;
- **Má qualidade:** Produzir com defeito consome tempo, recursos e dinheiro que representam desperdícios. O retrabalho ou a total rejeição do produto origina retrabalho que consome tempo e recursos, que não serão refletidos no custo final do produto;
- **Transporte:** O transporte de material, produtos ou informação ao longo do fluxo produtivo, aumenta o tempo de fabrico e não acrescenta valor ao produto final. Para diminuir ou eliminar este tipo de desperdício, recorre-se a uma redefinição de layout;
- **Espera:** Refere-se ao tempo de espera não produtivo, seja de colaboradores ou máquinas e que muitas vezes não são controlados;
- **Movimentação:** Quando existem movimentações desnecessárias do operador durante o processo, as quais consomem tempo desnecessário, surge o desperdício.

2.2 Ferramentas *Lean*

A aplicação prática da filosofia de gestão *Lean* apoia-se em diversas ferramentas. As principais e utilizadas como base neste projeto apresentam-se nos próximos subcapítulos.

2.2.1 Metodologia 5S

A metodologia 5S corresponde ao pilar base das ferramentas *Lean*, assegurando a estabilidade básica que suporta o aumento da produtividade, reduzindo o desperdício. A aplicação desta ferramenta permite uma melhoria na qualidade do produto final, mantendo um espaço de trabalho organizado, seguro e limpo.

A sua base são cinco palavras Japonesas que representam os passos cruciais para atingir a melhoria pretendida:

- **Seiri (Separar):** Na primeira fase é realizada uma triagem, com o objetivo de remover do local de trabalho todos os materiais desnecessários, e classificar os restantes por ordem de importância e uso;
- **Seiton (Arrumação):** Consoante a classificação dada ao material no passo anterior, é necessário organizar o local de trabalho. Os mais utilizados devem ser colocados numa zona de fácil e mais rápido acesso, garantido que são recolocados nas zonas onde são necessários e com o objetivo de reduzir movimentos de pessoas e materiais bem como os consequentes desperdícios;
- **Seiso (Limpeza):** Consiste na manutenção de um local de trabalho agradável e limpo;
- **Sheiketsu (Normalizar):** Serve para criar standards e normas assegurando a facilitação e consistência da aplicação das condições anteriores;
- **Shitsuke (Sustentar):** Pretende garantir a manutenção e continuidade dos conceitos anteriores, cumprindo as normas e procedimentos implementados, promovendo a melhoria contínua, ao encontrar novas formas de aplicar a ferramenta de 5S.

2.2.2 Gestão Visual

A gestão visual procura informar o trabalhador, através de meios visuais, das informações consideradas relevantes no momento e importantes à realização de tarefas individuais e coletivas, auxiliando o colaborador no seu desempenho diário.

Estas informações podem variar desde um código de cores para indicar o nível de desempenho de uma célula fabril, até à gestão de stock e encomendas através de marcações no chão dedicadas.

A recolha de informação por parte dos colaboradores torna-se mais lógica, imediata e intuitiva, permitindo aumentar o compromisso de todos e consequentemente a eficiência nas operações diárias.

2.2.3 Overall Equipment Efficiency (OEE)

Em Português, OEE representa o valor de eficiência geral do equipamento. É um conjunto de medidas utilizadas para medir eficiência de um processo produtivo. É particularmente útil na indústria de conversão de materiais devido ao elevado investimento em equipamentos de produção e matéria-prima (Dunn 2014).

Este indicador divide-se em três pontos fulcrais (Figura 2), cada um com as suas perdas específicas, e são eles a disponibilidade, o desempenho e a qualidade.

A fórmula para calcular o OEE é:

$$OEE = \%(disponibilidade) * \%(desempenho) * \%(qualidade)$$

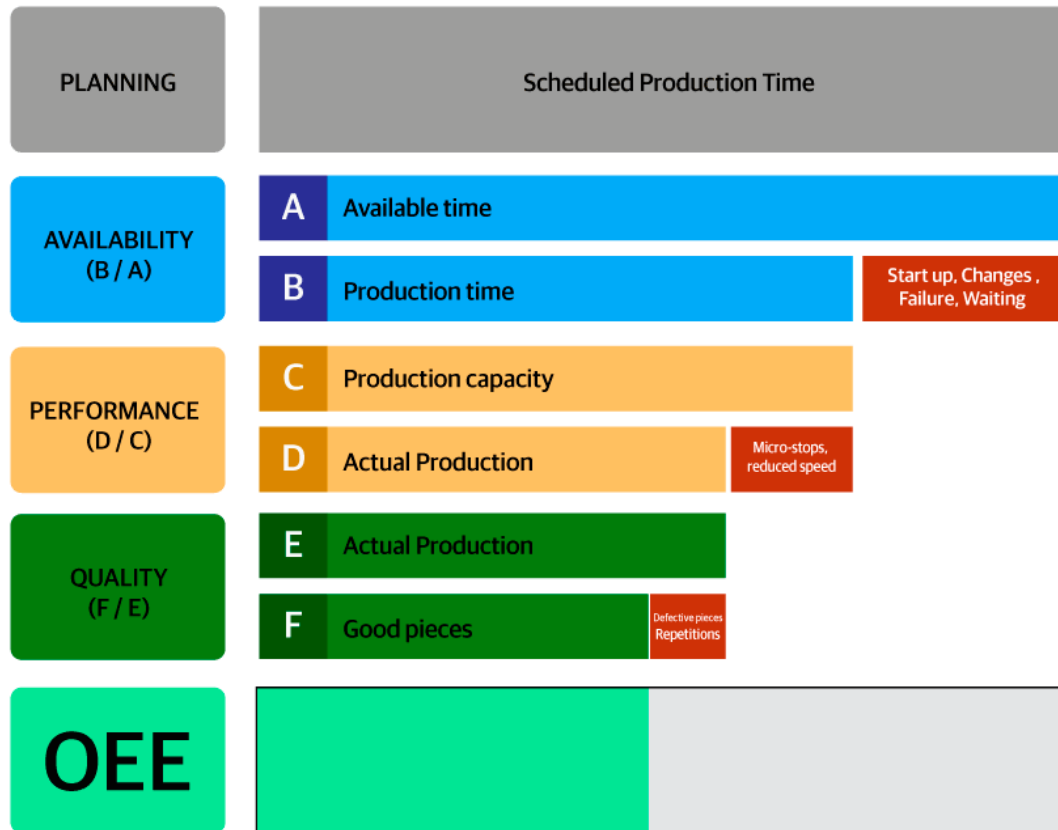


Figura 2 – Indicadores do OEE

Disponibilidade

A disponibilidade é o indicador que define se o equipamento está parado ou em produção. Os fatores que estão relacionados com a falta de disponibilidade de uma máquina são as paragens não planeadas, normalmente devido a falhas no equipamento ou as mudanças de matéria-prima após concluir a produção de um produto (Dunn 2014).

Desempenho

O indicador do desempenho permite identificar perdas relacionadas com a velocidade de produção. É calculado com base no coeficiente entre o *output* de produção obtido com o *output* de produção teórico. O valor de desempenho é influenciado por velocidades de produção mais baixas do que é esperado ou devido a micro paragens que não são identificadas durante a produção (Dunn 2014).

Qualidade

A qualidade é calculada com o rácio entre o número total produtos fabricados que estão dentro dos padrões de qualidade da empresa e o número total produzido. O cálculo deste indicador permite identificar a percentagem de produtos que estão a ser produzidos com defeito, causando assim entropia no processo devido ao retrabalho desnecessário e perdas monetárias (Dunn 2014).

2.2.4 5 Why

Em português 5 Why representa a realização da pergunta porquê cinco vezes. Esta análise pretende ajudar a determinar a causa raiz dos problemas sem que haja recolha de dados.

A abordagem é: quando surge um problema, começa-se a questionar o porquê do mesmo ter acontecido pela causa inicial. Ultrapassando as várias etapas é possível obter a causa raiz.

A correta aplicação de uma análise 5 Why está representada na Figura 3.

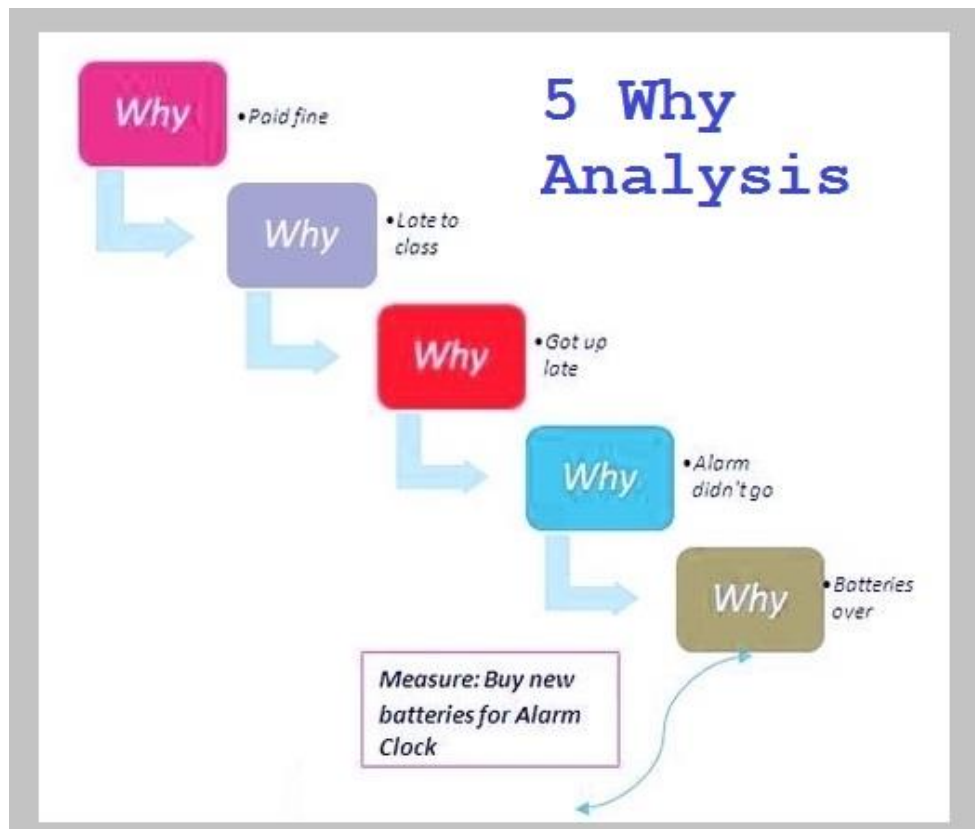


Figura 3 - Exemplo de uma análise 5 why's

fonte: <http://taskoconsulting.com/5-why-analysis/>

2.2.5 Push and Pull System

A dinâmica de planeamento de uma cadeia de abastecimento de produção industrial pode ser realizada segundo dois modelos distintos.

- Planeamento *Push*: É baseado nas previsões da procura de produto final para produzir os seus produtos, sendo independente de um pedido específico do cliente, com a possibilidade de produção para stock
- Planeamento *Pull*: A produção é “puxada” exclusivamente pelas encomendas realizadas pelo cliente (Team 2017).
Este é o modelo utilizado atualmente na FMT, e suportado pela plataforma *Lean* ao nível da cadeia de abastecimento, garantindo investimento nulo e gestão otimizada de stock de produto acabado.

2.3 Layout

O layout de uma fábrica procura organizar a forma como os equipamentos e materiais necessários ao funcionamento estão dispostos ao longo do processo produtivo. Um estudo prévio do layout é de extrema importância para garantir que o correto fluxo do produto e diferentes fases de fabrico são devidamente integradas para eliminar desperdícios com movimentos de pessoas e materiais desnecessários.

Drira, Pierreval, and Hajri-Gabouj (2006) alega que a organização de recursos na produção afeta diretamente os custos necessários à produção de um produto, e como consequência, a produtividade geral.

O layout tem como objetivo fundamental combinar os procedimentos em vigor numa fábrica, com as características físicas dos equipamentos, procurando atingir um fluxo lógico e natural ao nível da sequência de produção.

2.4 Fluxograma

O fluxograma é utilizado para representar graficamente uma sequência de processos e definir precedências conjuntamente com as responsabilidades de execução. A simbologia utilizada permite obter uma visão mais imediata e clara do funcionamento do fluxo que se pretende analisar.

A utilização de um fluxograma permite desafiar a situação inicial, identificar possíveis melhorias e aumentar a capacidade produtiva, pois possibilita uma melhor compreensão do processo e detetar possíveis falhas, que sendo corrigidas poderão originar ganhos significativos.

2.5 Diamante Policristalino Sintético (PCD) - Matéria-Prima

O PCD é um diamante produzido sinteticamente, onde partículas de diamante em pó são unidas por sinterização a altas pressões e temperaturas. Isto resulta num material isotrópico que exhibe propriedades uniformes em todas as direções. (Element6, 2018)

É utilizado para cortar madeira, plástico e metal. As suas principais características são a elevada dureza e resistência à abrasão. Na Figura 4 é possível comparar as propriedades do PCD com as restantes matérias-primas.

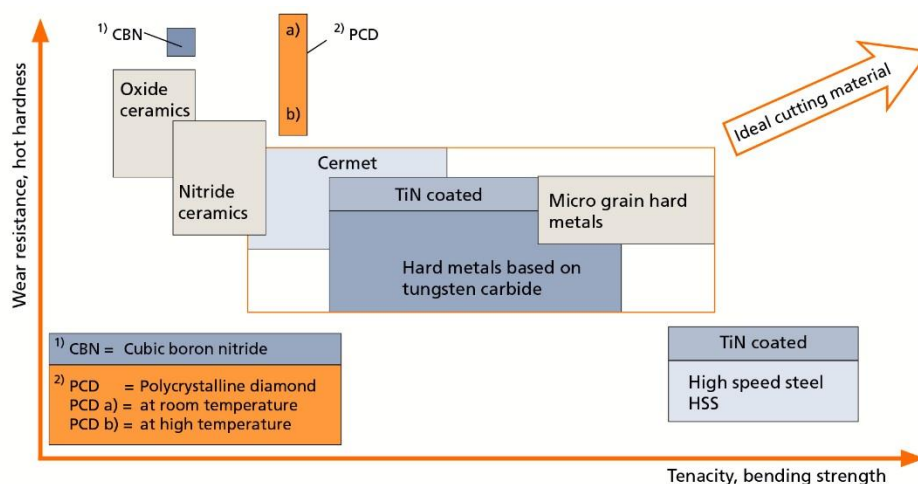


Figura 4 - Gráfico de comparação das propriedades ideais para ferramentas de corte (Vollmer 2018)

As suas características resultam num material com:

- Maior tempo de vida;
- Ciclos de corte elevados;
- Maior alcance e abrangência na sua utilização;
- Melhores tolerâncias e qualidade do processo de corte.

2.6 Tecnologias de Corte

Neste tópico iremos analisar as tecnologias de corte utilizadas nas máquinas de erosão de diamante.

2.6.1 Tecnologia de Corte a Laser

Esta tecnologia recente permite obter superfícies do material de corte com iguais acabamentos, mas sem o desgaste de material observado com as restantes tecnologias.

Esta tecnologia usa pulsos curtos de radiação laser (USP) para gerar bons acabamentos nas superfícies. Ao contrário das operações de retificação, as operações de corte a laser são caracterizadas por mecanismos de vaporização induzidos, pela conversão de energia radioativa em energia térmica (Brecher et al., 2014).

O uso de pequenos pulsos de ablação oferece vantagens na maquinação do PCD, e as durações de nanossegundos dos pulsos exibem uma taxa de remoção de material elevada (Brecher et al., 2014).

Na Figura 5 são demonstradas as diferentes fases de produção de uma ferramenta de corte, onde a tecnologia Laser pode ser usada em duas situações, passo número 2 e passo número 4.

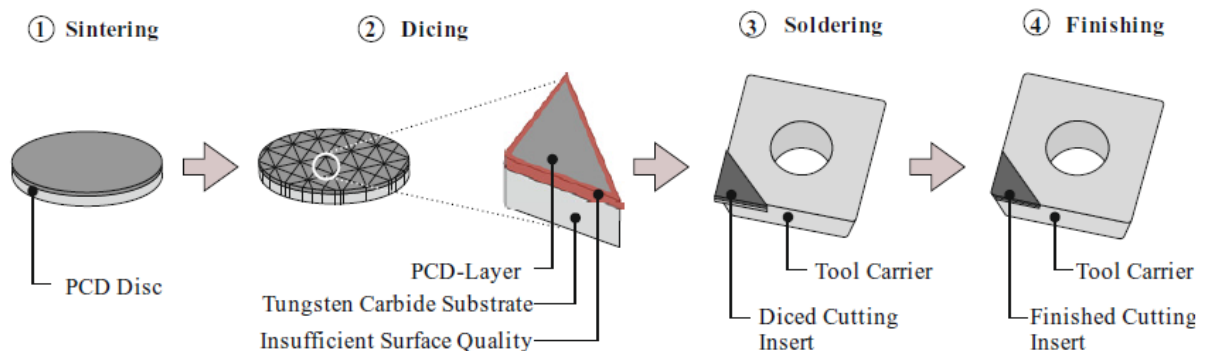


Figura 5 - exemplo de produção de uma ferramenta onde a tecnologia laser é utilizada no passo 2 e 4

2.6.2 Tecnologias de Corte por Fio

A erosão a fio ocorre quando um fio é utilizado como um eléctrodo para erodir o material necessário. A grande maioria do fio utilizado é produzido à base de cobre e ligas de cobre, sendo que alguns são revestidos com uma camada de zinco, para atingir resultados com melhor poder de corte para certos materiais (Vollmer, 2018).

Na Figura 6 é apresentado um exemplo do corte de PCD através da tecnologia por fio.

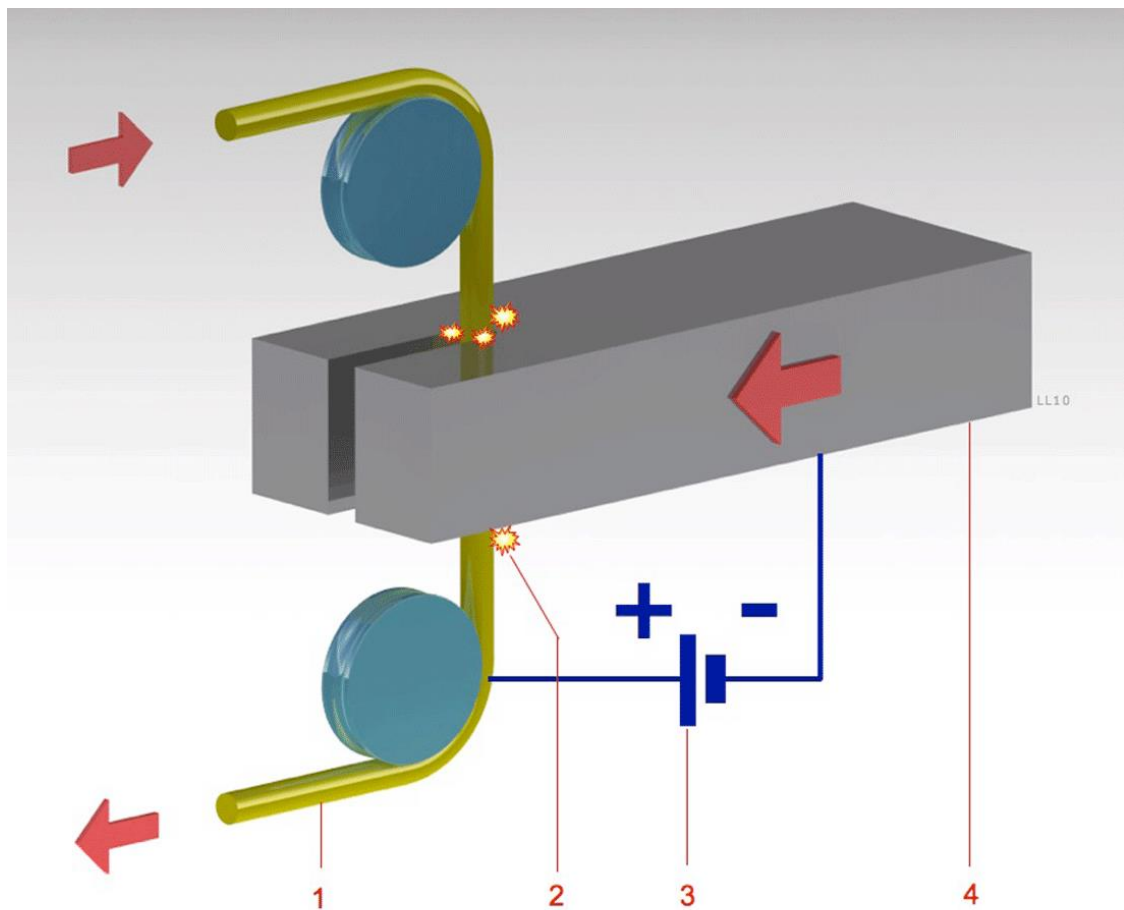


Figura 6 - Exemplo de corte de PCD por fio

Legenda da Figura 6:

1. Fio de erosão
2. Descargas elétricas
3. Pólo elétrico
4. PCD

As descargas elétricas ocorrem entre o fio (que se renova automaticamente de forma a não quebrar) e o material de PCD (Vollmer, 2018).

2.7 Análise PM

A análise PM é uma metodologia que nasce do *Toyota Production Systems* com o objetivo de analisar e eliminar defeitos, e encontrar os problemas muitas vezes negligenciados. O “P” representa a palavra inglesa “*physical*” e o “M”, “*mechanical*”. Esta análise pretende representar os problemas de um ponto de vista físico e mecânico de forma a encontrar a causa raiz.

Falhas crônicas são muitas vezes difíceis de eliminar devido às suas múltiplas causas. Como consequência, fenómenos tradicionais de análise de problemas tornam-se ineficazes a resolver problemas tão complexos. A análise PM foi desenvolvida para ultrapassar estas barreiras.

Através desta análise é possível ter um melhor entendimento dos equipamentos utilizados na produção e dos processos implementados, enquanto se encontra soluções para problemas persistentes. É realizada através de um processo com oito rigorosos passos para garantir que todos os fatores são tidos em conta e investigados.

Os quatro primeiros passos ajudam as equipas responsáveis a identificar e compreender as causas raiz do problema, os últimos quatro passos permitem uma abordagem sistemática de forma a controlar as causas e implementar melhorias.

Os passos a seguir e as suas ações são os seguintes:

1. **Definir o problema;**
2. **Executar uma análise física ao problema:** Uma análise física e pormenorizada ajuda a identificar a causa raiz do mesmo;
3. **Isolar cada possível causa para o problema:** Devem-se considerar todos os fatores possíveis de provocar o problema em análise;
4. **Estudar os 4M para os diversos fatores:** considerando as máquinas, o Homem, a matéria-prima e o método, é necessário elaborar uma lista de todos os fatores que podem provocar os erros em análise;
5. **Estabelecer valores standard dos constituintes:** Estabelecer as condições de trabalho ideais para obter um resultado conforme;
6. **Levantamento dos fatores causa das anomalias:** Fazer um levantamento prático dos fatores possíveis de causar anomalias;
7. **Determinar prioridades a serem abordadas:** Determinar a ordem dos problemas a ser abordados e sua importância;
8. **Propostas e melhorias de implementação:** Definir as melhorias a implementar.

3 Caracterização da Situação Inicial

Neste capítulo aborda-se a situação inicial da fábrica de produção de ferramentas de corte para metal e mais especificamente a área de corte do diamante.

Nesta fase inicial o levantamento de informação e consequente diagnóstico apresentam-se com fundamentais para a realização do projeto.

Nas primeiras semanas de trabalho foi estruturado um plano de integração e de formação para perceber a estrutura organizativa da FMT, entender a sua estratégia de mercado, as funções e responsabilidades dos diferentes departamentos comerciais, bem como os centros de trabalho no chão de fábrica. A sua importância estendeu-se também ao contacto com os operários da empresa, para compreender o seu trabalho, o planeamento e organização e as respetivas fases de produção de uma ferramenta de corte.

A fábrica da FMT é constituída por 13 diferentes áreas, tendo como ponto de partida o serrote, onde é cortada a matéria-prima, e o ponto final a inspeção da ferramenta

As diferentes fases de produção de uma ferramenta estão identificadas na Figura 7 com destaque ao centro em análise, o CTDT.

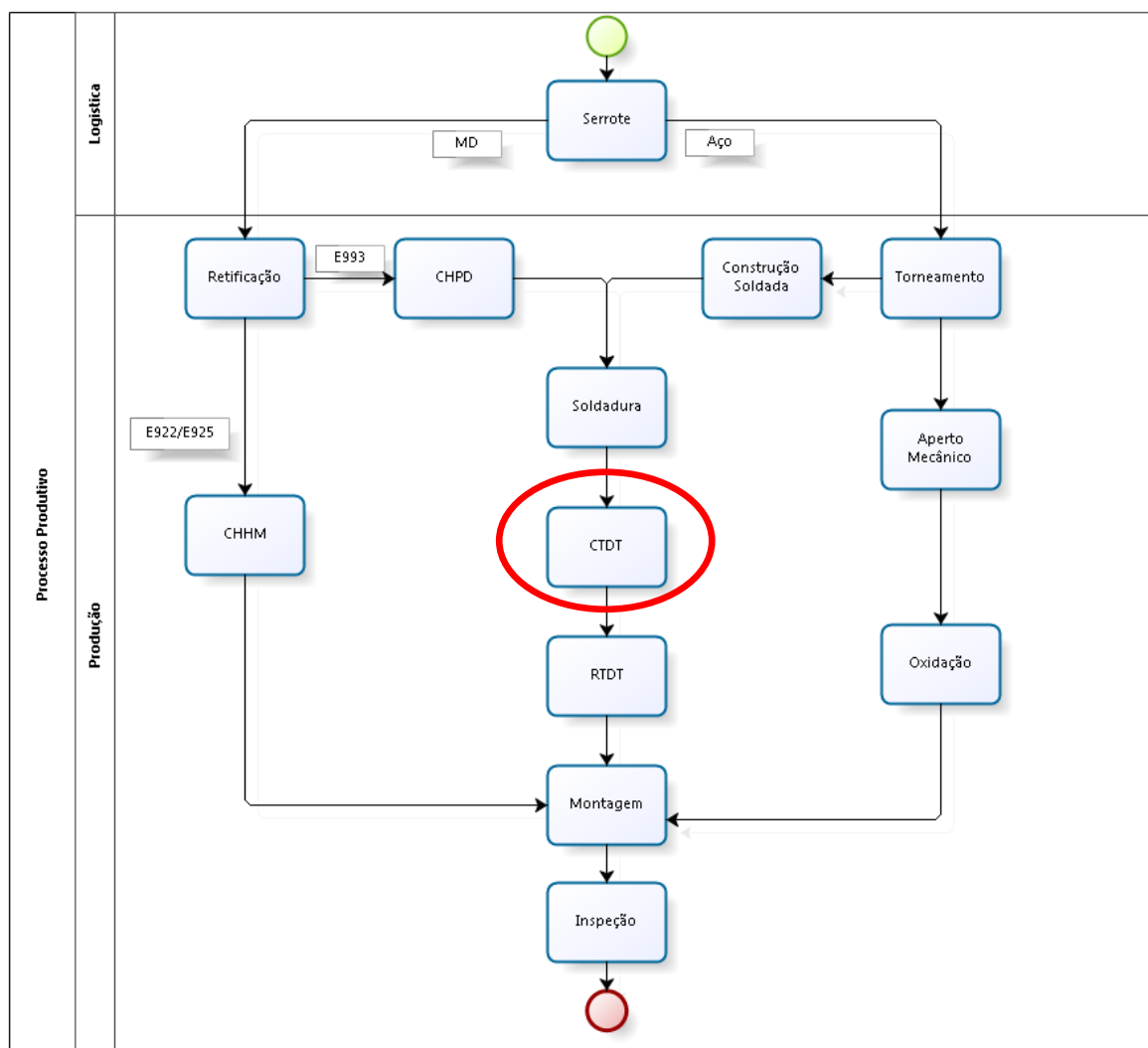


Figura 7 - Fluxo produtivo com destaque ao centro em análise (CTDT)

3.1 Caracterização Geral do Centro de Afiamento do Diamante

O CTDT é responsável pela afiação da plaquete de PCD. O seu trabalho é caracterizado por ser extremamente minucioso devido às reduzidas tolerâncias que são exigidas para os clientes da indústria automóvel e de aviação.

O centro tem como fornecedor a soldadura, onde são soldadas as plaquetes de PCD ao corpo da ferramenta. O seu cliente final é o RTDT (local onde se retifica o valor final do diâmetro da ferramenta para colocação de um friso radial ou se dá os últimos acabamentos à peça para melhorar a sua qualidade final).

O CTDT dispõe de três células de trabalho diferentes, cada uma com um operador de máquina alocado.

A primeira célula inclui as quatro máquinas representadas a amarelo no topo da Figura 8 – as máquinas de afiamento a laser. Estas têm como objetivo trabalhar de forma 100% automatizada com um robot externo a fornecer ferramentas às quatro máquinas.

A segunda célula inclui as quatro máquinas representadas a verde, a sua função é o afiamento do diamante por fio. Estas máquinas têm cada uma um robot de alimentação individual podendo o seu trabalho ser realizado com recurso ao robot ou de forma manual.

A última célula dispõe de duas máquinas de afiamento por fio (representadas a azul) e duas por laser (representadas a amarelo). Esta célula tem também um robot externo a alimentar as 4 máquinas.

A vermelho estão representadas as máquinas de medição, onde é verificada a conformidade da ferramenta no final da produção. Estas duas zonas podem ser utilizadas pelas três células.

As ferramentas são colocadas pelo fornecedor do CTDT – a Soldadura – na zona de armazenagem castanha. A verificação de entrada de ferramentas é efetuada na zona representada a rosa.

Na Figura 8 é ainda possível identificar o cliente do CTDT – o centro de retificação de diamante (RTDT), representado por um quadrado vermelho no seu canto superior esquerdo.

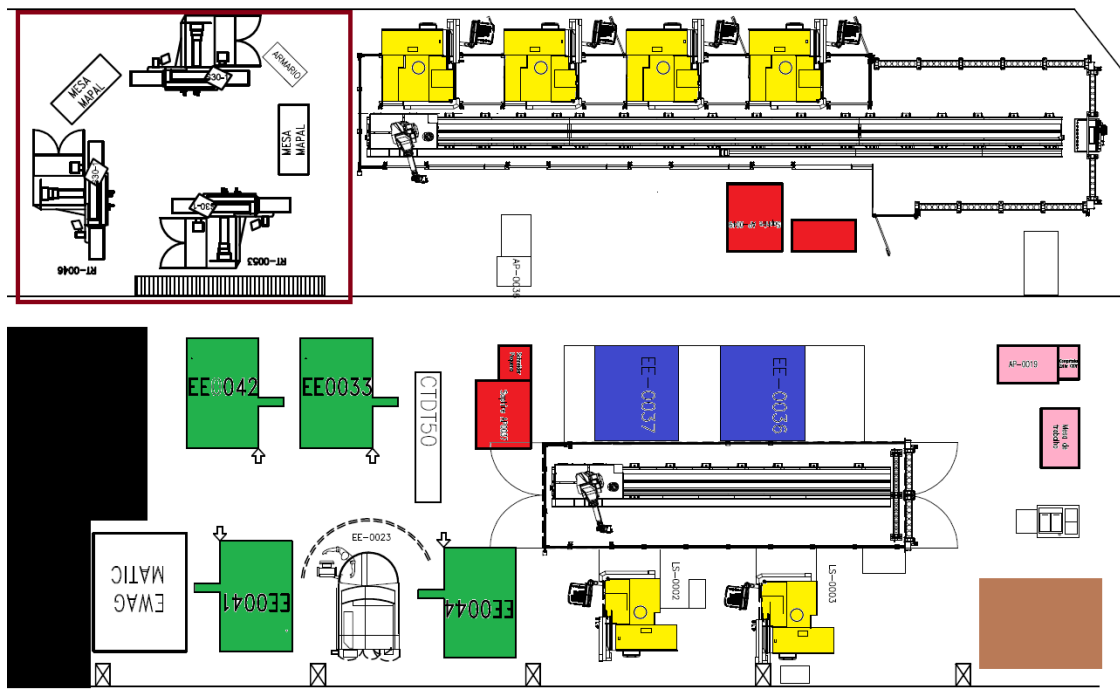


Figura 8 - Layout CTDT

O CTDT opera ininterruptamente 24h por dia: três turnos diários mais um turno central.

Cada turno rotativo é constituído por três operadores de máquina das células e um chefe de equipa, com a exceção do turno da noite, que não possui chefia. As principais funções da chefia intermédia são a garantia do bom funcionamento do centro e da equipa e o apoio às três células, devido à sua elevada experiência no terreno.

O turno fixo é composto por um programador, responsável por garantir a correta programação para as máquinas de afiamento, e uma chefia de nível hierárquico superior. Este colaborador é maioritariamente responsável pelo planeamento semanal do trabalho do centro, pela verificação da conformidade do material entregue pelo fornecedor – Soldadura – e pelo apoio ao trabalho realizado nas máquinas de afiamento.

3.2 Fluxo de Material e Layout

Seguindo o modelo *Pull*, a cada encomenda do cliente é assignada uma ordem de fabrico (OF), sendo que a cada OF é associada uma caixa. As caixas são entregues ao centro e são colocadas junto à zona de *stock*. Este stock está organizado por famílias de produtos e datas de entrega ao cliente, para facilitar o planeamento semanal. Na Figura 9 observa-se o *Stock* de entrada do CTD. O carrinho vermelho com caixas foi deixado naquela zona pela soldadura e ainda não foi distribuído para o seu local correspondente.



Figura 9 - Zona de Stock de Entrada no CTD

Após a caixa entrar no planeamento, é colocada noutra zona para realizar um processo de pré-verificação. Nesta operação é verificado se as ferramentas que entram no centro estão conformes. Este procedimento inclui a verificação das folgas entre a plaquete de PCD e o corpo da ferramenta, verificação da espessura de plaquete conforme o desenho, etc. Simultaneamente com este processo, o programador está a realizar o projeto de programação conforme o desenho e de acordo com os requisitos do cliente.

Após a confirmação da conformidade da ferramenta, as caixas podem seguir três caminhos distintos, consoante a especificidade de cada ferramenta (espessura de diamante a erodir, tamanho, e complexidade da ferramenta). Após concluído o processo de erosão é confirmado nas máquinas de medição se a ferramenta está com as tolerâncias pedidas nas cotas do desenho.

As oportunidades de melhoria identificadas foram as seguintes:

- Gestão visual mais eficaz com identificação de caixas correspondentes a cada máquina;
- Gestão visual com criação de uma zona para buffer de entrada.

3.3 Planeamento

O planeamento do centro é realizado todas as segundas-feiras. Durante a semana pode haver alterações devido à deteção de não conformidades na inspeção final, ou à alteração de datas de entrega.

A sequência de planeamento a seguir corresponde à data de entrega ao cliente, tendo o chefe de equipa a responsabilidade de realizar e verificar o seu cumprimento desta sequência.

Logo nesta fase inicial foi possível verificar uma oportunidade de melhoria. O planeamento é feito de forma manual nas folhas fornecidas pelo departamento de planeamento. Estas indicam as caixas em chão de fábrica por ordem de entrega ao cliente.

De seguida, o chefe de equipa necessita de atribuir cada caixa a uma máquina, podendo a caixa estar no centro ou em centros anteriores. Após concluir todo este processo nas folhas fornecidas, transfere esta informação para as folhas de planeamento A4 presentes no quadro de equipa representadas na Figura 10.

PLANEAMENTO DIÁRIO - CTD											
✓			OK			P			⌚		
TERMINADO			PLANEADO			A PROGRAMAR			TEMPOS		
ROBOT MOTOFIL											
LASER 4			LASER 5			LASER 6			LASER 7		
Caixa	⌚	EST.	Caixa	⌚	EST.	Caixa	⌚	EST.	Caixa	⌚	EST.
2941	OK	✓	2299	OK		1644	OK		2553	OK	✓
2776	OK		1606	OK		1515	OK	✓	2445	OK	✓
1976	OK	✓	1644/1944	OK	✓	2772	OK	✓	2884	OK	✓
2816	OK	✓				2966			2849	OK	off
2589		✓	2553			1514					
1801			2579		✓	2659		off	1865	OK	✓
2729			2842		✓	1952	OK	✓	2909		
2344	OK	✓	2272		✓	2356	P	✓	2754	OK	
2989	OK		2048			2612			2288	OK	
2690	OK		2894	off		2310	OK	✓	2496	OK	
2419	OK		2650	P		2788	P		2048		
2283	OK		2639	P		2655	OK	✓			
2243	OK	✓	1969	P		2056	OK		2084	OK	
2562	OK		2024	OK		1658	OK		2304		
2621			1547	OK		2195	OK		2233		
2092	OK		2270		✓	2281			1878		
2759			2605		✓	2753			2822		
2362	OK		2654	OK	✓	2812	OK		2764	OK	
1609	OK		1444	OK	✓	2860	OK		2231	OK	
2353	OK		2033	OK		2295					
2806						2268	OK		2709	OK	✓
						2508	OK	✓			
						2885	OK	✓			
									</		

Figura 10 - Exemplo folhas de Planeamento no quadro de equipa

Os problemas aqui identificados prendem-se com:

- O tempo despendido semanalmente pelo chefe de equipa. O planeamento é realizado às segundas-feiras e demora pelo menos oito horas a fazê-lo. Durante a semana efetua também atualizações dependendo da alteração de prioridades ou não conformidades
- A organização de trabalho por parte dos operadores de máquina. Apesar de consultarem a folha de planeamento, têm também que verificar se a caixa está no centro e não possuem informação de qual a data de entrega ao cliente. Sem esta informação, não sabem qual a ordem de fabrico mais urgente em cada máquina.

3.4 Análise ao Estado dos Equipamentos

Sabendo de antemão que estamos a trabalhar numa indústria onde o rigor e cumprimento escrupuloso das especificações das ferramentas são fundamentais, é necessário que as máquinas com as quais trabalhamos diariamente estejam também elas num estado de limpeza, prontidão e operacionalidade máximos.

Para se cumprirem tolerâncias de micrómetros, qualquer distração ou erro serão extremamente penalizadores para o cumprimento do objetivo diário final.

Numa fase inicial foi identificado que já estavam criados planos de manutenção autónoma. Após uma análise mais aprofundada, verificou-se que estes não eram cumpridos rigorosamente e aspetos fundamentais para o funcionamento da máquina não estavam incluídas nos planos.

A Figura 11 ilustra um exemplo, o *scanner* da máquina laser não estava incluído na verificação, deste modo a lente estava a trabalhar nas condições impróprias demonstradas.

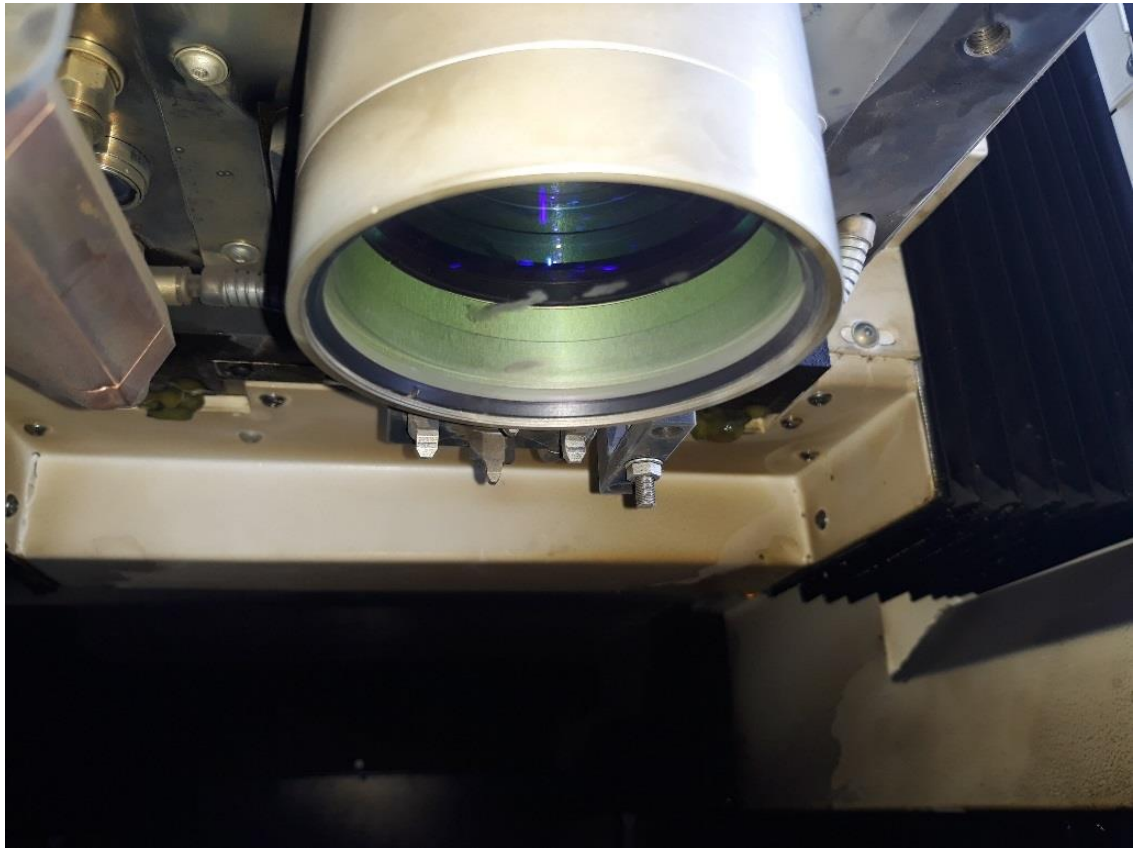


Figura 11 - Lente do *scanner* a laser danificada

Verificou-se também que a limpeza dos sistemas de aperto não era efetuada. As ferramentas em produção têm dois tipos de sistemas de aperto para acoplar às máquinas:

- HSK – O sistema que aperta a ferramenta à máquina é vendido em conjunto ao cliente (Figura 12).



Figura 12 - exemplo HSK

- Hidros e pinças – Para ferramentas com encabadouro, para afiar o diamante é necessário agarrar o corpo da ferramenta de forma a acoplar a mesma ao sistema de aperto das máquinas de erosão.
É possível observar estes sistemas de aperto na Figura 13. Mais à esquerda na Figura, a pinça que vai agarrar o corpo da ferramenta e a seu lado o hidro que permite acoplar o conjunto total (à direita na Figura 13) à máquina.

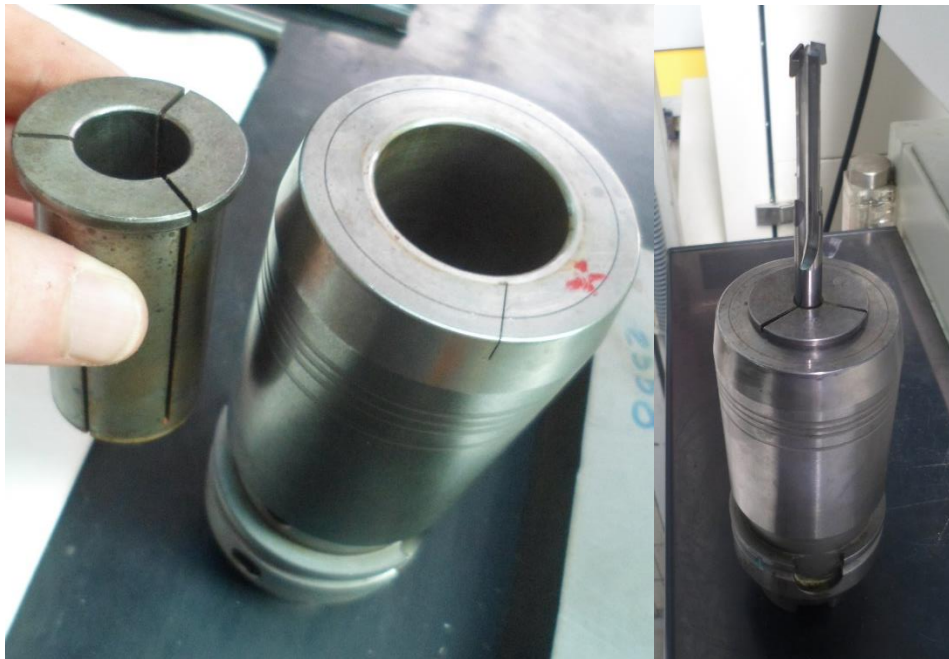


Figura 13 - Exemplo de um conjunto Hidro + Pinça

Estes sistemas de aperto causam alguns desafios na altura de afiar o diamante de uma ferramenta pois um conjunto de três apertos diferentes (máquina, hidro e pinça) aumenta a probabilidade de haver batimento, e quanto maior for o comprimento, maior será esta probabilidade. A limpeza destes sistemas de aperto ganha assim uma importância acrescida.

3.5 Análise ao Estado Inicial de Não Conformidades (NC)

Um dos maiores problemas detetados nesta fase inicial, que foi alvo de maior análise, foi a falta de eficiência no trabalho realizado.

O *output* monetário do CTDT, calculado diariamente, não representava o valor real de eficiência. Quando uma ordem de fabrico era concluída no CTDT, o seu valor era automaticamente considerado para o valor diário realizado. Se posteriormente a caixa fosse devolvida ao CTDT devido a não conformidades (por exemplo, por necessidade de corrigir um valor de diâmetro), ou à Soldadura (por exemplo, para trocar de plaquetes de PCD pois já não era possível apenas corrigir) e posteriormente ao CTDT para afiar, este valor voltava a ser considerado para o *output* do centro.

Foi efetuada uma análise pormenorizada às Não Conformidades do centro e obtiveram-se os valores de eficiência reais apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Eficiência do CTDT

Mês	Eficiência
Janeiro	79%
Fevereiro	77%
Março	70%

Após esta análise, concluiu-se que existia um desperdício elevado no centro (erros na produção) e que a eficiência diária era inferior ao que os valores refletiam. Deste modo, foi necessário tomar ações para aumentar a eficiência.

Inicialmente foi identificada a causa raiz da falta de eficiência e foi realizada uma análise PM para solucionar o problema detetado.

Esta análise teve também como objetivo procurar desafiar e alterar a mentalidade e cultura instalada do CTDT para objetivo de "0 erros à primeira": A produção na máquina de afiamento deve ser corretamente efetuada para sair bem à primeira iteração e não andar sempre com constantes acertos e novas tentativas.

3.6 Disponibilidade dos Equipamentos

Para aumentar a capacidade produtiva do CTDT uma das ferramentas utilizadas foi o cálculo do OEE dos equipamentos de afiamento de diamante.

Não havia nenhum mecanismo definido para retirar os valores da sua disponibilidade, mas os equipamentos têm no seu software a capacidade para monitorizar o tempo que não estão em produção. Este estudo começou a ser efetuado e nas duas primeiras semanas obteve-se os valores de disponibilidade das máquinas de afiamento a laser e por fio, valores de 75% e 70% respetivamente. Não são valores semelhantes pois todas as máquinas laser são abastecidas por um robot, enquanto que as máquinas de fio trabalham de forma manual mais frequentemente.

Tabela 2 - Disponibilidade dos Equipamentos

Tipo de Afiamento	Disponibilidade
Laser	76%
Fio	67%

Os valores de qualidade são de 80%. Quanto aos valores de performance, não foram inicialmente calculados pois foi definido que o foco inicial seria o de aumentar os valores de disponibilidade e qualidade nos equipamentos. Só após ter estes valores estabilizados é que se irá começar a analisar as velocidades e desempenho das máquinas.

4 Desenvolvimento e Aplicação das Soluções Propostas

No presente capítulo são apresentadas melhorias propostas e os resultados atingidos. Estas propostas têm como base metodologias *Lean* e análises de causa raiz.

4.1 Fluxo e Implementação de 5S

O layout e fluxo existentes tinham sido recentemente alterados e revelaram-se os apropriados para o fluxo do trabalho do centro.

No entanto, foram identificadas e seguindo a orientação para a estabilidade básica (5S) foram implementadas diversas iniciativas de otimização da organização, limpeza e gestão visual do centro.

4.1.1 Seiri - Separar

Na sequência do primeiro ponto da metodologia, a triagem, foram identificados diversos materiais e ferramentas de trabalho não necessários ao trabalho do quotidiano do centro.

Juntamente com as equipas de trabalho, foram separados os materiais úteis dos desnecessários. Estes últimos foram retirados da área de trabalho e mantiveram-se apenas os necessários, obtendo-se assim, um local de trabalho mais amplo e funcional.

Na Figura 14 são apresentados dois exemplos de materiais não úteis ao funcionamento da fábrica. É possível visualizar dois carrinhos de transporte de ferramentas que não são necessários e estavam constantemente vazios. Também se visualiza um conjunto de hidros que não eram utilizados pois estavam danificados.



Figura 14 - Exemplos de material desnecessário no CTDT que foi retirado

4.1.2 Seiton - Organizar

Efetuada a triagem, foi organizado o material que se considerou necessário ao trabalho diário dos operadores.

Os materiais mais utilizados foram colocados próximos dos locais de uso e foi efetuada uma organização lógica dos mesmos.

É possível observar o resultado pré e pós-aplicação de um exemplo de uma medida na Figura 15.

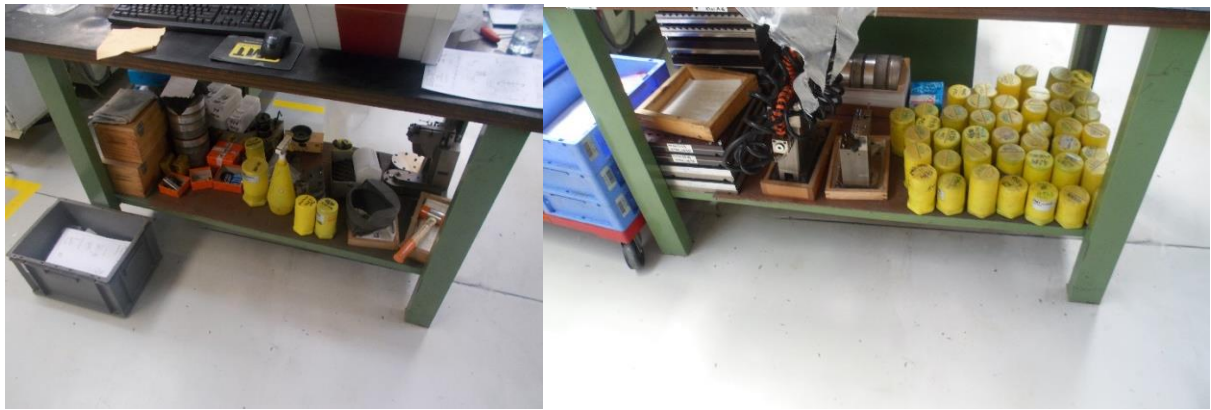


Figura 15 - Exemplo pré e pós aplicação Seiton

A maior organização das bancas de trabalho permite aos operadores encontrar mais facilmente os objetos que pretendem, reduzindo desperdícios em movimentos. O aspeto visual da sua zona de trabalho também se torna muito mais agradável e apelativa.

Os colaboradores, ao participarem nesta organização, sentem uma maior responsabilização em manter as áreas organizadas.

4.1.3 Seiso - Limpar

Foi analisada a rotina de limpeza do CTDT, que se relevou adequada e bem definida,

A grande melhoria concretizada neste ponto foi a alteração da zona dos materiais de limpeza. Estes não tinham local designado e eram colocados em locais diferentes por cada colaborador.

Foi criado um quadro próprio para o armazenamento dos materiais de limpeza, diminuindo assim o tempo de procura dos mesmos e a possibilidade de se perderem objetos.

Na Figura 16 observa-se o estado inicial e na Figura 17 o novo quadro implementado no CTDT.



Figura 16 - Zona de colocação dos materiais de limpeza antes de realizar 5S



Figura 17 - Zona de colocação dos materiais de limpeza após realizar 5S

4.1.4 Sheiketsu - Normalizar

A implementação do quarto passo da metodologia – a normalização destes processos – revelou ser a mais desafiante. Inicialmente foi observada alguma resistência à mudança, por parte de alguns colaboradores, relativamente às melhorias implementadas. De forma a contornar este desafio, foram definidas responsabilidades de manutenção e gestão da organização a cada colaborador, através de uma *checklist* com diferentes periodicidades.

4.1.5 Shiketsu - Sustentar

Na ótica de sustentação da disciplina, foram criadas rotinas de auditorias periódicas criada uma *check-list* de implementação dos 5S e numa fase inicial, eram efetuadas voltas diárias ao centro. Com o aumento das rotinas de limpeza e organização, estas voltas passaram a ser semanais e mais tarde mensais. A Figura 18 ilustra os *templates* utilizados para realizar estas auditorias e está disponível no anexo A.

Audited Center: <u>WPI/1000</u> Date: <u>13/01/2013</u>			Auditor: <u>Samira Costa e João Pereira</u>			
SEISES			SEISES			
SEIRI SEPARATE			SEIRI SEPARATE			
SEITON ORGANIZE			SEITON ORGANIZE			
SEISO CLEAN			SEISO CLEAN			
SHEKETSU STANDARDIZE			SHEKETSU STANDARDIZE			
SHITSUKE SUSTAIN			SHITSUKE SUSTAIN			
FINAL TOTAL			FINAL TOTAL			
1	There are only materials and/or objects for work execution					
2	There is nonconforming material in the work area					
3	The visual aspect of the section proves to be pleasant					
4	Access to items used every day during work have adequate location					
5	There are air, water or oil leaks					
SEIRI AVERAGE SCORE			0% 16			
6	There are materials or tools spread out in the aisle, floor, or tables					
7	Materials in good condition, without deterioration, oxidation or moisture					
8	Materials or tools are in their own locations and easily accessible					
9	Identified accessories, equipment and materials, correctly positioned and if necessary quantified					
10	Visual aspect of section conveys organization					
SEITON AVERAGE SCORE			0% 16			
11	There are equipment, utensils or tools dirty or in poor condition (painting and cleaning)					
12	The centre has standard cleaning routines					
13	There is oil, water, chemicals or litter on the floor					
14	Existing products may impair or compromise the quality of them					
15	Affordable cleaning materials and an identified location					
16	Center seems to be a clean environment					
SEISO AVERAGE SCORE			0% 20			
17	Equipment with good appearance (Paint, ironmongery, etc)					
18	The lights are clean and running					
19	Employees have the IPE suitable for the center and the work uniforms are clean					
20	Center shows an environment with hygiene					
21	Clear indications of minimum and maximum stock quantities for consumable materials					
SHEKETSU AVERAGE SCORE			0% 17			
22	Objects and equipment are stored after use, in a determined and appropriate place					
23	At shift change and after work day, the organization's pattern is maintained					
24	In the workplace all conditions are safe and accident-free					
25	Results of the last 5S audit are posted in each corner of the areas					
26	Generally the section conveys a disciplined environment					
SHITSUKE AVERAGE SCORE			0% 19			
FINAL TOTAL			0% 85%			

Figura 18 - Exemplo Checklist 5S

Os resultados das auditorias 5S estão expostas no quadro de equipa do centro.

Adicionalmente, foi revisto o sistema de avaliação de desempenho dos chefes de equipa, de forma a incluir os resultados das auditorias. Esta medida traduziu-se numa maior responsabilização da equipa para a manutenção dos processos e a sustentação das alterações efetuadas.

É importante salientar que as medidas implementadas não são absolutas. O processo e a indústria estão em constante alteração. É necessário manter o espírito de melhoria contínua nas equipas, de forma a procurarem sempre novas e melhores formas de trabalhar.

4.2 Melhorias no Planeamento

Um planeamento de trabalho eficaz é fundamental para:

- Alcançar os objetivos de produção, propostos pelo departamento de Planeamento;
- Identificar perdas no fluxo produtivo;
- Aumentar a capacidade de produção através da diminuição de atrasos produtivos.

Foram efetuadas diversas alterações ao planeamento do trabalho a realizar no CTDT, tendo como base uma visão de melhoria contínua.

4.2.1 Primeira Melhoria

Tendo por base o conceito de gestão visual, foi incluído um código de cores para as tarefas de produção, nas folhas de planeamento:

- Cor azul: produção em dia;
- Cor verde: produção em risco de atraso;
- Cor vermelho: produção em atraso; prioritária.

Quando uma nova ordem de fabrico urgente surge durante a semana, é acrescentada no final da folha pelo chefe de equipa, a vermelho ou verde (dependendo da urgência). Desta forma, é mais facilmente identificada pelos operadores de máquina.

A dimensão das folhas foi aumentada, passando de A4 para o A3.

Foram ainda acrescentadas três colunas para substituir a informação anteriormente colocada na coluna “Estado”. Esta continha grandes quantidades de informação diversa, o que não tornava fácil a sua perceção. As novas colunas incluem os seguintes dados:

- Indicação de que a programação da máquina para determinada ordem de fabrico foi efetuada;
- Indicação da data de entrega ao cliente;
- Informação da conclusão da ordem de fabrico (através de um visto).

Na figura 19 é apresentada a nova folha de planeamento utilizada e exposta no quadro de equipa.

Figura 19 - exemplo de novas folhas de planeamento

A adição de uma coluna para a colocação da data de entrega ao cliente revelou-se uma medida de extrema importância, na medida em que os operadores organizam o seu trabalho de forma mais eficaz.

O código de cores implementado permitiu visualizar com maior facilidade se a ordem de fabrico é urgente. Note-se que na Figura 19 não se encontra nenhuma ordem de fabrico atrasada. Esta nova forma de planear permitiu uma organização do trabalho mais eficaz e traduziu-se, consequentemente, na eliminação dos atrasos no centro.

4.2.2 Segunda Melhoria

Apesar das vantagens obtidas com a primeira melhoria, foi possível encontrar novas formas de trabalhar, seguindo uma lógica de melhoria contínua.

A informação da localização das caixas em chão de fábrica e da data de entrega ao cliente está localizada numa base de dados interna. A informação necessária ao planeamento de cada centro é extraída desta base de dados e é transmitida diariamente em folhas de papel A4 aos chefes de equipa.

Para eliminar esta troca de informação desnecessária foi criado um ficheiro que retira da base de dados as ordens de fabrico em produção. A chefia de equipa consegue acompanhar a localização das caixas nos diferentes centros, através da consulta desta base de dados

Com esta medida é apenas necessário atribuir a máquina correspondente cada caixa. Esta forma digital de planear o trabalho permite que a informação não seja perdida semanalmente. Consequentemente, o tempo de realização do planeamento foi drasticamente reduzido em 87,5%, de oito horas para uma hora.

4.2.3 Terceira Melhoria

Através do ficheiro anteriormente criado será possível extrair para um ecrã a informação de planeamento por cada célula de produção. O que se pretende com este novo método é o planeamento automático de cada célula, e em tempo real, com a ordenação automática por prioridades.

Esta sugestão de melhoria permitirá a gestão automática de caixas após saírem do centro, não sendo necessário atualizar manualmente as folhas de planeamento. Desta forma a caixa mais urgente, que está no topo das prioridades, encontrar-se-á no topo da lista.

Esta ideia foi proposta aos diretores da fábrica e aguarda aprovação da compra de monitores para cada célula.

4.3 Análise à Disponibilidade das Máquinas

Considerou-se fundamental o estudo da disponibilidade das máquinas de afiamento de diamante e posterior tomada de ações para aumentar os valores calculados.

Devido ao elevado número de máquinas no CTDT, esta análise dividiu-se pelos dois tipos diferentes de máquinas de afiamento, a laser e a fio. O objetivo era de identificar quais os principais motivos de paragem para cada tipo de máquina e definir ações para eliminar as mesmas.

Para isso foi criado e implementado um quadro na fábrica (Figura 20) onde diariamente são colocados os valores de disponibilidade do dia anterior.

OEE CENTROS													
LASER (%)							Vollmax (%)						
2	3	4	5	6	7		33	41	42	44			
	85	95	94		78		72	87	94	64			
	73	98	93	88	89		81	89	67	58			
	66	87	85	75	70		52	85	83	60			
	68	92	95	75	74		48	82	78	67			
Retificação							CHPD						
RT11	RT24	RT51					15	23	31	14	19	21	27
													Saacke 33

Figura 20 - Quadro de Disponibilidade das Máquinas

4.3.1 Disponibilidade das Máquinas Laser

As premissas de produção das máquinas laser é de produzir de forma 100% automatizada, sem recurso à colocação manual das ferramentas na máquina pelos operadores. Apenas é necessário colocar as ferramentas no robot e fazer o upload dos programas para a máquina. Estas ações podem ser realizadas sem recurso à paragem da máquina por isso os baixos valores de disponibilidade calculados não correspondem à real capacidade das máquinas.

O estudo à causa das paragens da máquina permitiu encontrar os dois principais problemas:

1. Paragem para medição de ferramentas

Devido aos atrasos no planeamento, as premissas de trabalho de forma 100% automatizada não estavam a ser cumpridas. Uma OF atrasada tinha prioridade e não estava a ser carregada em máquina através do robot para que os operadores pudessem medir a ferramenta e confirmar que estava conforme antes de enviarem para o centro seguinte.

Estas medidas permitiam produzir a OF mais atrasada sem prejudicar a conformidade da mesma, mas estavam a atrasar o resto da produção devido à paragem da máquina para medir a ferramenta.

A ação tomada foi reforçar as premissas de trabalho e monitorização de cumprimento das mesmas. Todas as ferramentas têm de ser carregadas através do robot mesmo que estejam em atraso. Deste modo, sempre que se tem de medir a ferramenta após produção, o robot já colocou uma outra ferramenta a afiar o diamante, reduzindo consideravelmente o tempo de paragem.

2. Erro de máquina que obriga a reinicializar a mesma

Este erro era bastante comum e acontecia uns minutos após a ferramenta ser carregada em máquina pelo robot.

A máquina apenas emitia um pequeno aviso no painel de controlo e não trocava de ferramenta após o erro para continuar a produção. O seu trabalho apenas era interrompido e a máquina de afiamento não trabalhava.

A única forma ao operador de detetar este erro é se estiver junto á máquina o que raramente sucede devido ao trabalho por robot.

Para tentar encontrar a causa raiz deste problema realizou-se uma análise dos 5 *WHY*:

Tabela 3 - Análise 5 WHY à Disponibilidade das Laser

Problema Inicial	Porquê?	Porquê?	Porquê?
O valor de disponibilidade é baixo	Após a ferramenta ser carregada na máquina pelo robot, a máquina não corre o programa	Demora muito tempo a carregar o programa de afiamento	O programa é muito grande

A análise permitiu identificar como causa raiz do 2º problema identificado, a complexidade de determinados programas que provoca a transferência dos mesmos para as máquinas um processo muito demoroso. Para eliminar este erro, foi criada uma formação ao programador de forma a alterar-se o método utilizado na programação e não sobrecarregar os programas com informação desnecessária.

4.3.2 Disponibilidade das Máquinas a Fio

As máquinas de afiamento por fio têm um princípio de utilização ligeiramente diferente das máquinas por laser. O modo de carregamento do robot obriga à paragem da produção da máquina, assim é de esperar que os valores de disponibilidade sejam mais baixos do que os obtidos nas máquinas por laser.

O estudo do porquê de a máquina não estar a trabalhar permitiu encontrar como problemas:

1. Corrigir Raios ou Frisos radiais

As máquinas a fio são as únicas onde é possível corrigir os erros existentes no processo sem haver a necessidade de substituição de plaquetas de PCD.

A correção dos raios ou frisos radiais obriga a um tempo de paragem prolongado pois é necessário medir e acertar os valores de máquina para cada ferramenta que é necessário corrigir, até acertar no valor correto.

O estudo para eliminar estas paragens encontra-se no tópico a seguir (4.4).

2. Carregamento do Robot

Para carregar o robot é necessário a paragem na produção da máquina e de retirar o batimento manual, uma a uma, a todas as ferramentas que irão ser carregadas. Este é um processo que pode demorar até uma hora por dia, mas que é necessário para garantir a qualidade das ferramentas produzidas. Ao analisar o tempo despendido por diferentes operadores na preparação do robot obteve-se os dados da Tabela 4:

Tabela 4 - Diferença no Tempo de Preparação de Robot

	Tempo 1	Tempo 2
Operador A	35 min	27 min
Operador B	1 h 2 min	58 min

A análise permitiu concluir que o operador A (com mais experiência) consegue carregar o robot das máquinas em significativamente menos tempo que o operador B.

Foram criadas ações de formação para aumentar a produtividade dos operadores menos experientes e diminuir o tempo de preparação do trabalho por robot.

4.3.3 Resultados no Aumento da Disponibilidade

As medidas concretizadas para aumentar a disponibilidade das máquinas de afiamento tiveram os resultados esperados e são possíveis de analisar na Tabela 5:

Tabela 5 - Disponibilidade das máquinas após alterações

Mês	Disponibilidade Laser	Disponibilidade Fio
Março	78%	69%
Abril	86%	71%
Maio	82%	73%
Junho	87%	77%

Houve um aumento na disponibilidade das máquinas laser de 8% através da utilização mais frequente do robot. O aumento de disponibilidade nas máquinas a fio não foi tão acentuado inicialmente, mas com a maior experiência a carregar o robot, esse valor aumentou gradualmente e esse valor foi igualmente de 8%.

4.4 Análise PM

Para definir quais os principais problemas a intervir foi implementada uma folha de reclamações entre centros. O objetivo foi encontrar quais os erros detetados no RTDT (centro a jusante do CTDT) causadores da baixa eficiência do centro. Na figura 21 está representada a folha criada para o efeito e disponível no Anexo B.

 Devoluções ao CTD Semana: <u>19</u>						
Problema	Quantidade					
	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	Sabado
Raios Cegos	2614 2406 1921		2468 2405		2508 2424	2469 2245
Frisos			225	2490		
Diametro forte						
Raios com Batimento		1885	2900			
FALTA Centro		165				

Figura 21 - Folha de Reclamações entre Centros

Após três semanas de análise, concluiu-se que alguns problemas não eram registrados como não conformidades da fábrica nomeadamente os raios cegos ou os micro frisos radiais. Eram estes os dois principais impulsionadores dos valores baixos de eficiência.

A segunda ação foi a realização de duas análises PM simultâneas a cada problema individualmente.

4.4.1 Raios Cegos

Passo 1 e 2 da Análise PM- Definição física e análise do problema

Este problema surge quando a plaquete de PCD tem radial, e o seu perfil tem um raio. Na Figura 22 está representada uma vista de topo de uma plaquete de PCD que tende a originar este problema.

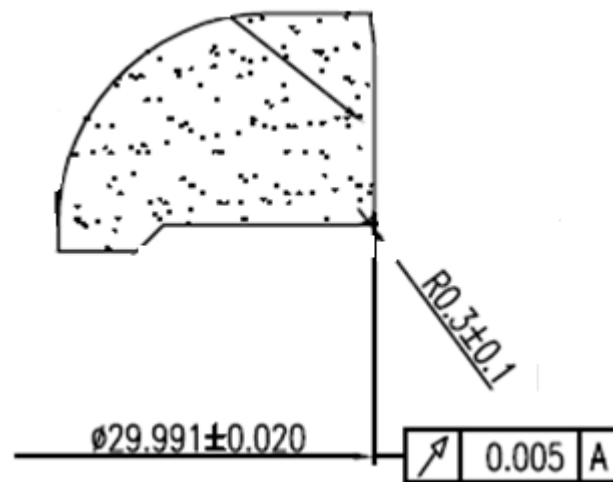


Figura 22 - pormenor da plaquete de PCD (vista de topo) que pode provocar raios cegos

O CTDT deve produzir a ferramenta com um diâmetro mais elevado que o especificado (designado por *Offset*). Desta forma o RTDT poderá produzir a ferramenta com o $\varnothing$ final correto e o friso radial pretendido no desenho da especificação.

Na Figura 23 está representado a verde o material que o RTDT irá retirar ao diamante, de forma a atingir o valor de friso radial definido no desenho.

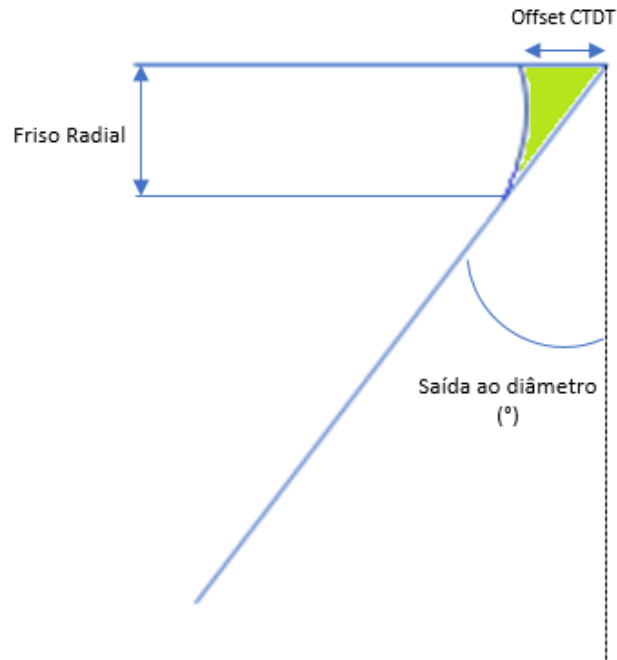


Figura 23 - esboço da plaquete (vista frontal)

O conceito de raio cego é explicado quando o raio definido no desenho e realizado no CTDT é destruído no RTDT.

Na Figura 24 é possível verificar esta diferença. A preto observa-se o resultado do raio no caso de uma ferramenta conforme, enquanto que a vermelho é representada a linha de diâmetro que o RTDT deixa na ferramenta que destruiu o seu perfil (resultado não conforme).

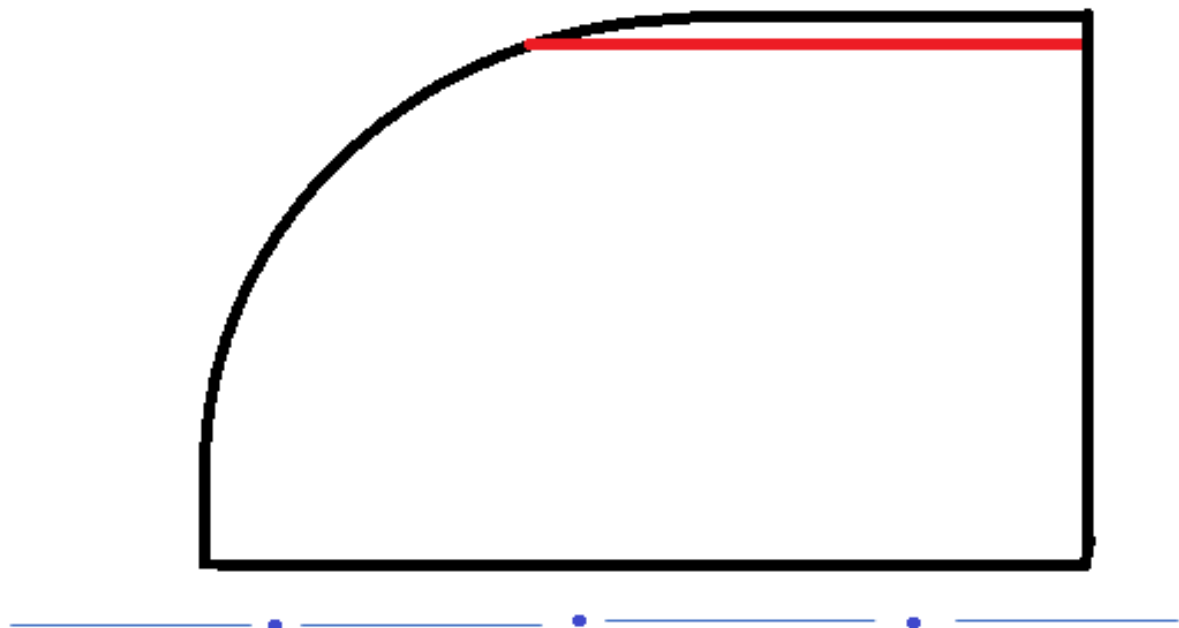


Figura 24 - Esboço da plaquete PCD após RTDT (vista de topo)

Passo 3 da Análise PM - Isolar cada possível causa para o problema

Nesta fase é necessário eliminar da análise qualquer ideia pré-concebida e identificar todos os pontos que possam originar o problema.

Com o apoio dos operadores das máquinas, foram identificadas as seguintes causas:

- Batimento da ferramenta

Caso a ferramenta tenha batimento após o CTDT, o operador ao medir o diâmetro não irá identificar este problema. Isto provoca que o RTDT ao colocar a ferramenta no diâmetro final, retire mais material numa plaquete de PCD do que na outra. Assim um dos raios vai cegar e o outro estará conforme.

- Cálculo realizado para obter o valor de offset

Existe um programa para calcular o offset necessário consoante todas as especificações do desenho. Após analisar este programa, com recurso à ferramenta AutoCad, concluiu-se que o mesmo estava a calcular corretamente o valor de offset final.

- Valor de offset está a ser o correto após o afiamento?

Foram analisados os protocolos de medição que o CTDT deve efetuar anteriormente ao envio da ferramenta para o RTDT. Concluiu-se que os valores calculados não eram corretos. Em todas as ferramentas é necessário que os operadores meçam as cotas presentes no desenho como se fosse a inspeção final. No entanto, como este diâmetro não é o diâmetro final da ferramenta, não aparece no protocolo com a tolerância correspondente.

Passo 4 da Análise PM - Estudo dos 4M

Rapidamente se concluiu que o material (plaquetes de PCD) não era a causa para o problema identificado.

Este estudo baseou-se apenas nos componentes Homem, Máquina e Métodos.

- Máquinas
 - As limpezas necessárias para garantir o seu correto funcionamento não são cumpridas regularmente.
 - Adicionalmente, os fornecedores das máquinas recomendam a realização da calibração de três em três dias. Num prazo de dois anos, apenas foram realizadas entre três a seis calibrações por máquina, dependendo da mesma.
 - Os materiais necessários para apertar as ferramentas não estão nas condições ideais para garantir as tolerâncias apertadas exigidas nesta indústria.
- Homem
 - Em alguns casos, há falta de conhecimento do problema.
 - Falta de conhecimento do impacto do problema nos objetivos da empresa.
 - Necessidade de alterar a mentalidade em relação à limpeza e manutenção periódica da máquina.
 - Desconhecimento do impacto que os valores calculados após o CTDT irão ter no resto da produção da ferramenta.
- Métodos
 - Não se calcula o diâmetro que a ferramenta irá ter no seu final quando sai do CTDT. Este exemplo está ilustrado no esboço da Figura 25. O valor necessário a calcular é representado por “diâmetro real”. Este valor tem de estar dentro das tolerâncias exigidas no desenho e transmitido ao RTDT para este não cegar o raio.

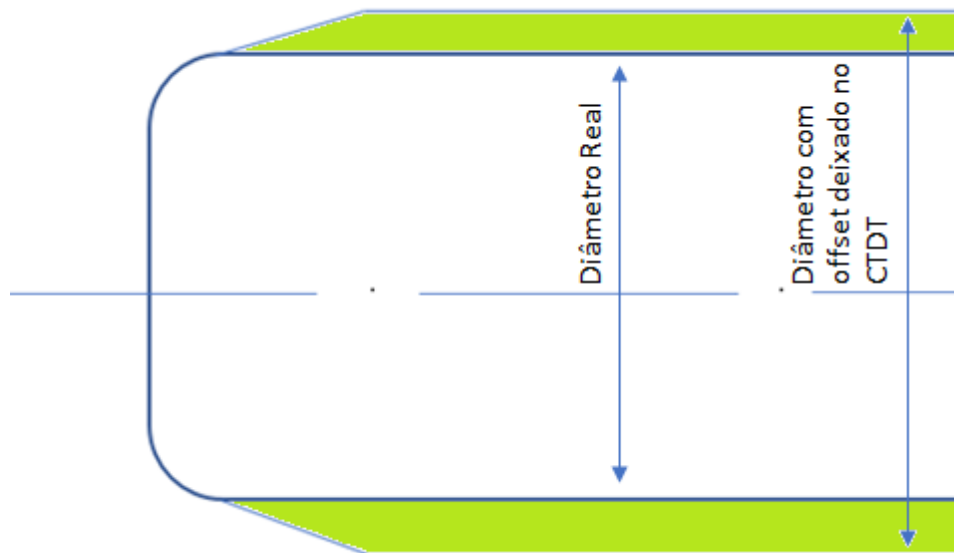


Figura 25 - esboço simplificado de uma ferramenta

Passo 5 da Análise PM – Estabelecer Valores Standard dos Constituintes

Da análise efetuada aos 4M ficaram definidas diversas ações para melhorar as condições atuais e se aproximar os valores dos constituintes para os valores ideais. As ações definidas são apresentadas na tabela 6:

Tabela 6 - Ações relativas a 4M (Raios Cegos)

Problema	Ação
Máquinas	Criação de um procedimento de calibração semanal obrigatório.
	Criação de um procedimento de limpeza aos materiais necessários para apertar as ferramentas
Homem	Desenvolvimento de uma ação de formação sobre o problema, com ênfase no impacto nos objetivos da empresa
Método	Teste de um novo procedimento de medição

Passo 6 da Análise PM – Levantamento dos Fatores Causa das Anomalias

Inicialmente, nesta fase, optou-se por medir a influência que o batimento da ferramenta tinha no pormenor final do raio. Durante esta análise PM concluiu-se que 50% das ferramentas com raios cegos tinham batimento.

Com recurso ao AutoCad, foi possível verificar que em termos teóricos, o valor de batimento era multiplicado no valor do raio num fator de 2,5 vezes.

O outro fator medido foi a influência da variação do diâmetro que deveria ser o real e o que realmente é obtido após o CTDT.

Passo 7 e 8 - Testar novo procedimento e implementar melhorias

Tendo algumas ações em curso para eliminar erros derivados dos 4M, testou-se um novo procedimento de medição.

Nesta fase foi feito o acompanhamento integral de duas referências de ferramentas diferentes, que habitualmente tinham raios cegos, e o resultado final foi o desejado. Numa referência com cinco ferramentas foi necessário, após medição do diâmetro segundo o novo método, repassar a ferramenta na máquina de afiamento a laser. No entanto este problema foi imediatamente identificado e permitiu ajustar os parâmetros da máquina não sendo necessário repassar as 4 ferramentas restantes.

Tendo obtido estes resultados, implementaram-se as melhorias. Para tal foi desenvolvida uma ação de formação sobre o novo procedimento juntamente com uma apresentação para reforçar a importância da limpeza e da manutenção de um local de trabalho agradável.

4.4.2 Micro Friso Radial

Passo 1 e 2 da Análise PM - Definição física e análise do problema

Esta análise do problema foi semelhante à do problema anterior, em que a não conformidade surge no processo de transformação da ferramenta entre CTDT e RTDT.

No caso do micro friso radial, a não conformidade não ocorre na destruição do perfil de PCD na vista de topo, mas na vista frontal. Isto ocorre uma vez que o micro friso tem tolerâncias muito apertadas e não atinge o valor desejado. Este problema apenas ocorre numa referência de ferramentas, mas representa um custo elevado. Um esboço da plaquete na sua vista frontal é apresentado na Figura 26.

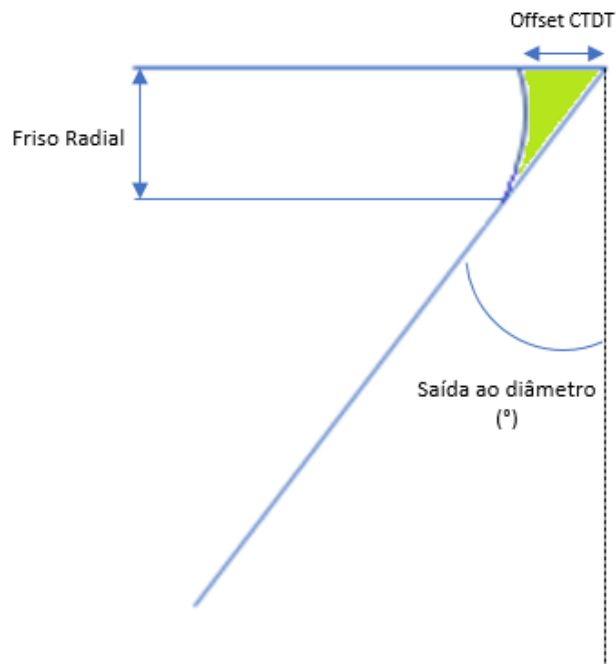


Figura 26 - Esboço da plaquete (vista frontal)

Durante o período de análise, em 100% das referências foi necessário corrigir o valor de friso radial no CTDT. Segundo informações dos operadores, a correção após realizar o friso radial foi sempre necessária.

Ao analisar o tempo necessário para a correção do friso, obtiveram-se as seguintes conclusões:

- O aumento do tempo de produção da ferramenta é de 80%;
- Considerando a carga semanal destas referências, o impacto no objetivo diário é um decréscimo de 5%.

Passo 3 da Análise PM - Isolar cada possível causa para o problema

As causas que se consideraram para influenciar os valores do micro friso radial, são semelhantes às causas que originam os raios cegos:

- Batimento da ferramenta

Quanto maior o comprimento da ferramenta, maior é o batimento que esta irá ter no topo. Esta referência tem um comprimento elevado, e por esse motivo é propícia a ter batimento após o processo de afiamento.

A análise efetuada permitiu concluir que após afiamento na máquina laser, a ferramenta tinha batimento. A causa raiz para haver o batimento é que quando a ferramenta é apertada no conjunto hidro e pinça, o batimento não é garantido.

Na Figura 27 é possível verificar a influência do batimento nos valores de micro friso radial (espessura mais brilhante). Estas imagens foram retiradas na mesma ferramenta, em plaquetes de PCD opostas.

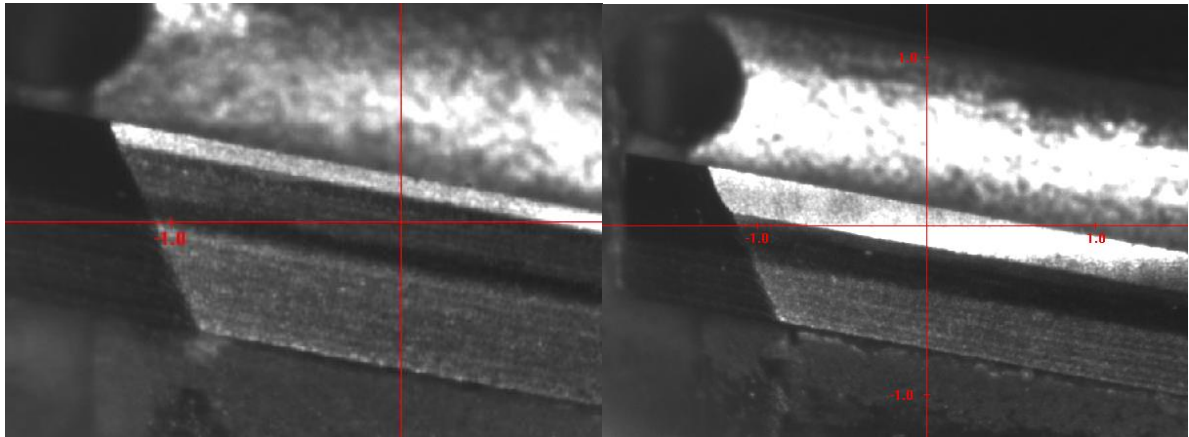


Figura 27 - micro friso radial

- Cálculo realizado para obter o valor de *offset*

O cálculo do *offset* influencia o valor do friso final. Quanto maior é o valor de *offset*, maior será o valor do friso, como é possível verificar na Figura 28.

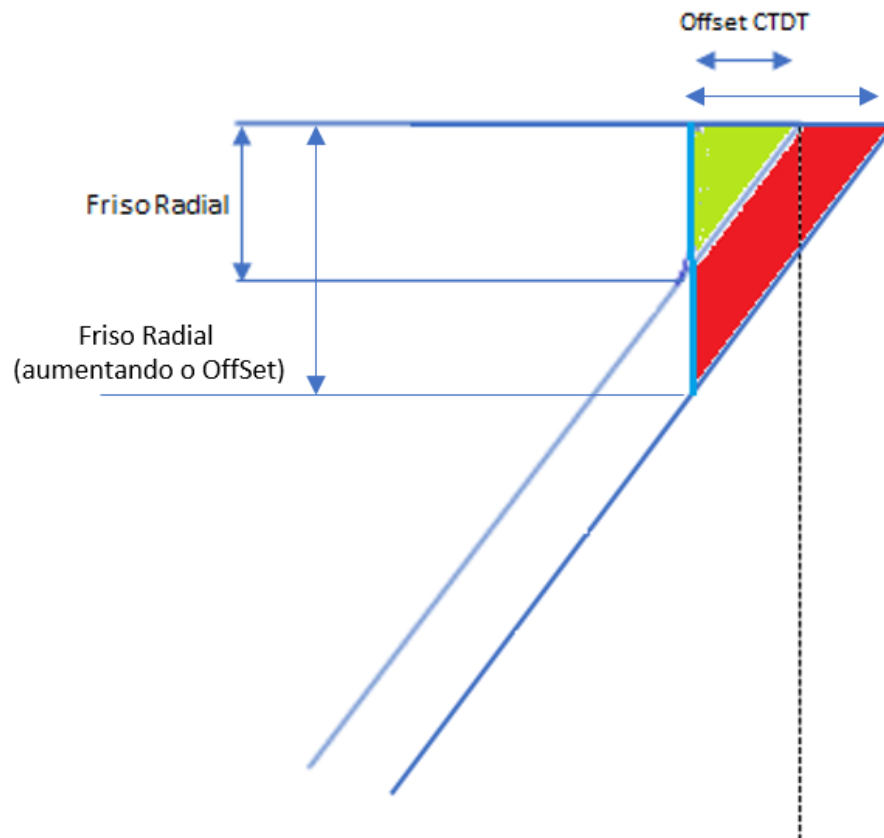


Figura 28 - Esboço da influência OffSet no friso radial

- Valor de *offset* está a ser o correto após o afiamento?

Os valores do friso eram sempre mais elevados do que o esperado. A análise aos protocolos de medição após o CTDT permitiu expor que os operadores não estavam a cumprir o estipulado no desenho.

Passo 4 da Análise PM - Estudo dos 4M

O estudo dos fatores 4M foi semelhante ao estudo realizado com os raios cegos.

Uma vez mais, o material não influencia este problema, e o impacto que as máquinas e o Homem têm são idênticos aos da análise anterior.

- Métodos

Concluiu-se que os métodos utilizados para produzir a ferramenta não eram os mais corretos. Para garantir as tolerâncias desejadas, o afiamento das plaquetas de diamante não pode ser realizado com batimento numa ferramenta onde é necessário obter um valor do mesmo com tolerâncias apertadas. É também necessário que os operadores cumpram com o estipulado no desenho de valores de *offset*.

Passo 5 da Análise PM - Estabelecer Valores Standard dos Constituintes

Através desta análise foram definidas diversas ações. Algumas são idênticas às ações definidas no ponto 4.3.1, para os raios cegos.

O objetivo das ações é de aproximar os valores dos constituintes dos valores ideais dos mesmos.

As ações definidas estão em evidência na Tabela 7:

Tabela 7 - Ações relativas a 4M (friso radial)

Problema	Ação	Em conjunto com análise raios cegos?
Máquinas	Criação de um procedimento de calibração semanal obrigatório	Sim
	Criação de um procedimento de limpeza aos materiais necessários para apertar as ferramentas	Sim
Homem	Criação de uma apresentação de formação sobre o problema, com ênfase no impacto nos objetivos da empresa	Sim
Método	Criação de um documento de normalização para o processo de tirar o batimento da ferramenta antes de afiar	Não

Passo 6 da Análise PM - Levantamento dos Fatores Causa das Anomalias

Na análise aos diferentes fatores, concluiu-se que o batimento da ferramenta era a grande causa do problema.

Se a ferramenta tiver batimento, o RTDT ao retificar o diâmetro vai retirar mais material de um lado do que noutro. Isto é possível verificar em termos teóricos na Figura 28, onde o batimento provoca que o diâmetro no CTDT de um lado da ferramenta seja menor (a verde na Figura 28), que no outro (a vermelho), e assim temos valores de frisos diferentes.

As ferramentas estavam a voltar ao CTDT de forma a corrigir esta diferença.

O *offset* também foi alvo de um estudo aprofundado, o ângulo de posicionamento da plaquete de PCD em relação ao eixo da ferramenta não era considerado no cálculo final.

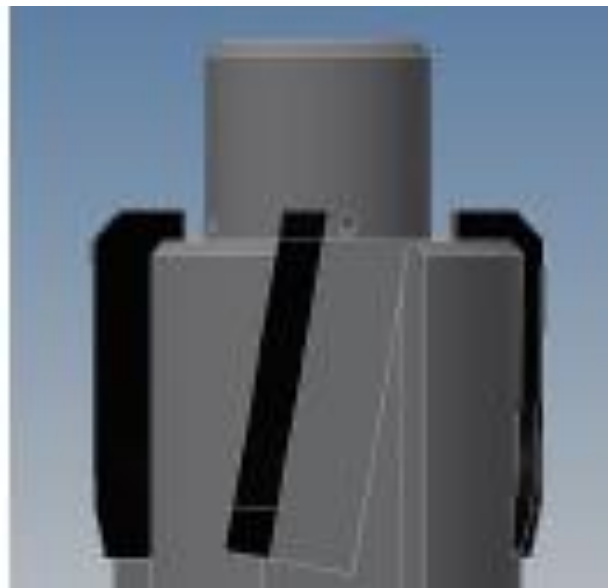


Figura 29 - ângulo da plaquete em relação ao eixo

Os cálculos foram revistos e obteve-se o valor ideal de *offset* para o CTDT maquinar a ferramenta.

Passo 7 e 8 - Testar e implementar melhorias

As melhorias identificadas são:

- Um novo cálculo para o *offset* da ferramenta. Este novo valor já foi calculado e já está atualmente alterado na produção;
- Criação de um documento de normalização para o processo de tirar o batimento da ferramenta antes de afiar

O material necessário para os operadores retirarem o batimento da ferramenta antes do afiamento não estava disponível no centro. É necessário aos operadores deslocarem-se a outro local na fábrica para cumprirem este novo procedimento, sendo que por vezes a máquina necessária está ocupada.

Para evitar estes desperdícios e dispor de um centro autónomo, foi efetuado o estudo do retorno sobre o investimento (ROI) da compra do material necessário.

Conclui-se assim que o ROI a seis meses é de 75% e o tempo de que demora a recuperar o investimento é de 3,4 meses.

5 Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro

Este capítulo aborda as principais conclusões do projeto e prevê projetos futuros a realizar em todas as células da fábrica envolvidas na produção de ferramentas com plaquetes de diamante.

5.1 Conclusões e Resultados

Numa fase inicial, após análise dos processos com diagnóstico da situação inicial, levantamento de informação e a utilização de ferramentas *Lean*. A implementação dos princípios de estabilidade básica -5S e gestão visual- permitiu consolidar um ambiente de trabalho mais limpo, mais estruturado e mais seguro, reduzindo o tempo de deslocações de operadores, a movimentação de materiais e permitindo um melhor planeamento da produção na célula de afiamento de diamante.

As propostas de melhoria contínua ao processo de planeamento do CTDT permitiram reduzir o tempo despendido dos operadores na análise da folha de planeamento das máquinas das quais é responsável. O tempo necessário do chefe de equipa para realizar o planeamento foi reduzido em 87,5%. Os processos ficaram mais claros e transparentes e é possível uma melhor inspeção do cumprimento do planeamento pelo diretor de operações da fábrica. A implementação destas melhorias, em conjunto com a implementação de 5S e gestão visual, traduziu-se na redução gradual dos atrasos na produção. O maior valor de tempo em atraso registado numa ordem de fabrico no CTDT era de dois meses e, igualmente num prazo de dois meses, foi eliminado qualquer atraso.

Na fase seguinte foram recolhidos os dados para analisar possíveis perdas de oportunidade. A necessidade de constante retrabalho nas ferramentas foi identificado como um ponto de melhoria com um grande potencial. A análise permitiu concluir a eliminação a 100% dos problemas de raios cegos e frisos terá um aumento de 27% na capacidade produtiva no centro- e foi através destes dados que se optou por iniciar a análise aos erros do centro com estes problemas em específico.

Com a progressão da análise PM, os diversos problemas gerais foram sendo identificados e o conjunto de pequenas ações tomadas para eliminar pequenos problemas como limpeza de máquinas ou acessórios de produção, permitiu aumentar a eficiência do centro do CTDT. (Tabela 8). Também se observou um aumento no *output* (considerando 100% o objetivo da empresa) obtido ao diminuir as não conformidades do CTDT e as repassagens.

Tabela 8 - Eficiência CTDT

Mês	Eficiência	Output
Primeiro Trimestre 2018	76%	60%
Abril 2018	74%	62%
Maio 2018	80%	60%
Junho 2018	88%	71%

As ações de formação e sensibilização com base nos novos procedimentos relativamente a estas oportunidades foram finalizadas no final do projeto, sendo necessária a sua consolidação e monitorização continua para verificar e fazer cumprir os procedimentos e normas definidos.

5.2 Trabalhos Futuros

Com o objetivo de aumentar os valores de *output* e eficiência do centro, são propostos diversos projetos a desenvolver no futuro, para dar continuidade ao bom trabalho até aqui desenvolvido.

- Realização de uma análise PM para diminuição das micro paragens das máquinas e, consequentemente, aumento do valor de OEE para os valores objetivo.
- Realização de uma análise às causas raiz das não conformidades detetadas na fábrica e imputadas ao CTDT.
- Implementação da melhoria proposta ao planeamento do centro CTDT e uma eventual expansão para toda a fábrica. O objetivo de atingir uma indústria 4.0 é possível com melhorias contínuas. O primeiro passo deverá ser a automatização do processo de planeamento da fábrica, de acordo com as premissas implementadas.

Referências

- Brecher, Christian, Michael Emonts, Jan-Patrick Hermani, and Thomas Storms. 2014. "Laser Roughing of PCD." *Physics Procedia* 56:1107-1114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2014.08.024>.
- Drira, Amine, Henri Pierreval, and Sonia Hajri-Gabouj. 2006. "FACILITY LAYOUT PROBLEMS: A LITERATURE ANALYSIS." *IFAC Proceedings Volumes* 39 (3):389-400. doi: <https://doi.org/10.3182/20060517-3-FR-2903.00208>.
- Dunn, T. 2014. *Manufacturing Flexible Packaging: Materials, Machinery, and Techniques*: Elsevier Science.
- Element6. 2018. "PCD." accessed 2-3-2018. <http://www.e6.com/en/Home/Materials+and+products/Synthetic+Polycrystalline+Diamond+%28PCD%29/>.
- Feld, W.M. 2000. *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*: CRC Press.
- Liker, J., and D. Meier. 2006. *The Toyota Way Fieldbook*: McGraw-Hill Education.
- Rich, N., N. Bateman, A. Esain, L. Massey, and D. Samuel. 2006. *Lean Evolution: Lessons from the Workplace*: Cambridge University Press.
- Team, P.P.D. 2017. *Pull Production for the Shopfloor*: Productivity Press.
- Vollmer. 2018. "PCD Material." accessed 5-3-2018. <https://www.vollmer-group.com/en-us/solutions/expertise/know-how-pcd-tools/>.
- Womack, J.P., and D.T. Jones. 2010. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*: Free Press.
- Womack, J.P., D.T. Jones, D. Roos, and Massachusetts Institute of Technology. 1990. *The machine that changed the world: based on the Massachusetts Institute of Technology 5-million dollar 5-year study on the future of the automobile*: Rawson Associates.

Anexo A: Folha de Checklist 5S

FMT		5S AUDIT CHECK-LIST					
Audited Center: <u>CTDT</u>		Date: <u>12/06/2018</u>		Subtitle: 1 - Bad 2 - Reasonable 3 - Good 4 - Very Good			
Auditor: <u>Susana Costa e Luis Salvo</u>							
SENSES	Nº	Avaliation Criteria	1	2	3	4	
SEIRI SEPARATE	1	There are only materials and/or objects for work execution				X	
	2	There is nonconforming material in the work area			X		
	3	The visual aspect of the section proves to be pleasant				X	
	4	Access to items used every day during work have adequate location			X		
	5	There are air, water or oil leaks				X	
SEIRI AVERAGE SCORE			0% <u>13</u>				
SEITON ORGANIZE	6	There are materials or tools spread out in the aisles, floor, or tables			X		
	7	Materials in good condition, without deterioration, oxidation or moisture			X		
	8	Materials or tools are in their own locations and easily accessible		X			
	9	Identified accessories, equipment and materials, correctly positioned and if necessary quantified			X		
	10	Visual aspect of section conveys organization			X		
SEITON AVERAGE SCORE			0% <u>14</u>				
SEISO CLEAN	11	There are equipment, utensils or tools dirty or in poor condition (painting and cleaning)				X	
	12	The centre has standard cleaning routines		X			
	13	There is oil, water, chemicals or litter on the floor				X	
	14	Existing products may impair or compromise the quality of them				X	
	15	Affordable cleaning materials and an identified location				X	
	16	Center seems to be a clean environment			X		
SEISO AVERAGE SCORE			0% <u>21</u>				
SHEIKETSU STANDARIZE	17	Equipment with good appearance (Paint, ironmongery, etc)				X	
	18	The lights are clean and running				X	
	19	Employees have the IPE suitable for the center and the work uniforms are clean				X	
	20	Center shows an environment with hygiene			X		
	21	Clear indications of minimum and maximum stock quantities for consumable materials			X		
SHEIKETSU AVERAGE SCORE			0% <u>18</u>				
SHITSUKE SUSTAIN	22	Objects and equipment are stored after use in a determined and appropriate place			X		
	23	At shift change and after work day, the organization's pattern is maintained			X		
	24	In the workplace all conditions are safe and accident-free				X	
	25	Results of the last 5S audit are posted in each board of the areas				X	
	26	Generally the section conveys a disciplined environment			X		
SHITSUKE AVERAGE SCORE			0% <u>17</u>				
FINAL TOTAL			0% <u>84%</u>				

Anexo B: Folha de Reclamação entre Centros



Devoluções ao CTD

Semana: _____

Problema	Quantidade					
	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	Sabado
Raios Cegos						
Frisos						
Diametro forte						
Raios com Batimento						