

Desenvolvimento de um programa de melhorias numa célula de produção numa unidade de ferramentas de corte

Francisca Pinto Barbosa Machado Aires

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2021-02-25

*“I am no longer accepting the things I cannot change.
I am changing the things I cannot accept.”*
Angela Y. Davis

Resumo

A presente dissertação é integrada no plano de estudos do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, com especialização em Gestão da Produção, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e foi realizada em coordenação com o departamento de produção da Unidade de Metal do Grupo Frezite, que produz ferramentas de corte.

O projeto que suporta a dissertação tem como principal objetivo o desenvolvimento de um programa de melhorias na linha de produção de metal duro, entre elas a implementação de uma nova célula de trabalho, responsável pelo acabamento das ferramentas.

Esta necessidade surgiu da aquisição de um novo equipamento, mais especificamente uma máquina de acabamento por arrasto, com o intuito de melhorar não só a qualidade superficial das ferramentas como também a sua performance, acrescentando valor ao produto final.

De forma a assegurar a integração desta nova célula, sem comprometer a fluidez da produção, foram considerados vários fatores, tais como o seu posicionamento no layout atual da fábrica, o espaço de trabalho, o plano de testes que permitirá a definição do fluxo produtivo e por fim, os procedimentos operativos que possibilitarão uma manipulação acessível e normalizada do equipamento.

Foram identificadas ainda outras oportunidades de melhoria, relativamente à manutenção e organização dos centros.

No caso da manutenção, foram implementadas rotinas de limpeza que incluem tarefas CLIT, de forma a integrar o conceito de manutenção autónoma na produção e inculcar um sentido de responsabilidade face aos equipamentos nos colaboradores.

Quanto à organização dos centros destacam-se duas situações, a primeira diz respeito à difícil identificação de casquilhos num dos centros de produção, por não possuírem nenhuma característica distintiva que permita identificar os vários tamanhos existentes. A segunda é relativa ao facto de elementos que são utilizados de forma recorrente, neste caso em específico de tacos, mas que não estão numa localização favorável, acabando por provocar grandes movimentações, paragens e tempos de espera, para os obter.

Para a primeira situação, é proposta a transformação dos casquilhos de forma a atribuir-lhes uma característica visual de acordo com o seu diâmetro, que permita a sua fácil identificação.

Para a segunda situação, é proposta a criação de um stock mínimo no centro em questão, recorrendo-se a uma análise ABC que permita selecionar os tipos de tacos que representam 95% do consumo.

Devido à limitação de tempo disponível para o projeto de dissertação, não houve possibilidade de implementar todas as medidas propostas, mas o desenvolvimento deste programa demonstrou um grande potencial de melhoria nesta unidade industrial e poderá ter um impacto muito positivo na sua produção.

Development of an improvement program on a production cell at a cutting tool unit

Abstract

This dissertation is integrated in the study plan of the Integrated Master's in Mechanical Engineering, with specialization in Production Management, of the Faculty of Engineering of the University of Porto and was carried out in coordination with the production department of the Metal Unit of the Frezite Group, which produces cutting tools.

The main objective of the project that supports the dissertation is the development of an improvement program in the hard metal production line, including the implementation of a new work cell, responsible for finishing the tools.

This need arose from the acquisition of new equipment, more specifically a drag finishing machine, as to improve not only the surface quality of the tools but also their performance, adding value to the final product.

In order to ensure the integration of this new cell without compromising the flow of the production, several factors were considered, such as its positioning in the current layout of the factory, the workspace, the test plan that will allow the definition of the productive flow and finally, the operating procedures that will allow accessible and standardized handling of the equipment.

Other opportunities for improvement were also identified regarding the maintenance and organization of the centers.

In regard of the maintenance, cleaning routines that included CLIT tasks were implemented, in order to integrate the concept of autonomous maintenance in production and instil a sense of responsibility towards the equipment in the employees.

As for the organization of the centers, two situations stood out. The first concerns the difficult identification of bushings in one of the production centers, as they do not have any distinctive characteristic that makes it possible to identify the various existing sizes. The second is related to the fact that elements that are used on a recurring basis, in this case specifically for carbide pins, but are not in a favorable location, demanding a lot of movements, stops and waiting periods to obtain them.

For the first situation, it is suggested to transform the bushings in order to give them a visual characteristic according to their diameter, which allows an easy identification.

For the second situation, it is suggested to create a minimum stock in the center in question, using an ABC analysis that allows to select the types of pins that represent 95% of the consumption.

Due to the limited time available for the dissertation project, it was not possible to implement all the proposed measures, but the development of this program demonstrated a great potential for improvement in this industrial unit and could have a very positive impact on its production.

Agradecimentos

A todos aqueles que estiveram ligados diretamente a este projeto de dissertação.

À Frezite, pela oportunidade de integrar uma empresa de origem nacional e de renome no mercado de ferramentas de corte e em particular aos Engenheiros Diogo Costa e André Leite, pelo voto de confiança e orientação.

A todos os colaboradores da FMT, sobretudo aos que integram a linha de metal duro, que me acolheram e acompanharam diariamente nesta viagem e se mostraram incansáveis ao longo de todo o percurso.

Ao Professor Eduardo Gil da Costa por todo o apoio, disponibilidade e pela segurança que sempre me conseguiu transmitir.

Aos meus amigos, que me acompanharam ao longo destes anos e fizeram desta luta tanto deles como minha. São um orgulho imenso, como colegas e profissionais, mas ainda mais como pessoas.

E por fim, à minha família. Aos meus pais e irmão, por serem o meu porto seguro, por me amarem incondicionalmente e por acreditarem em mim, mesmo quando eu duvido.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da Empresa.....	1
1.2	Enquadramento do Projeto e Motivação	2
1.3	Metodologia.....	2
1.4	Estrutura da Dissertação	3
2	Enquadramento Teórico.....	4
2.1	Produção <i>Lean</i>	4
2.1.1	Origem.....	4
2.1.2	Princípios	5
2.2	Cultura <i>Kaizen</i>	5
2.2.1	Eliminação de Desperdícios	6
2.2.2	5S	7
2.2.3	Gestão Visual	7
2.2.4	Normalização do Trabalho.....	8
2.3	Total Productive Maintenance.....	8
2.3.1	A Evolução do Total Productive Maintenance	9
2.3.2	Pilares do Total Productive Maintenance.....	10
2.3.3	Grandes Falhas Produtivas	11
2.4	Layout	12
2.5	Análise ABC	14
3	Descrição da Situação Atual	16
3.1	Estrutura organizacional.....	16
3.2	Fluxo de trabalho	16
3.3	OTEC DF-3 HD	17
3.3.1	Arredondamento da Aresta.....	18
3.3.2	Polimento	21
3.3.3	Acabamento por Arrasto	22
3.4	Estado atual	23
4	Soluções Propostas, Implementação e Resultados Obtidos	26
4.1	Nova Célula de Trabalho.....	26
4.1.1	Layout.....	26
4.1.2	Espaço de Trabalho.....	27
4.1.3	Plano de testes	31
4.1.4	Procedimentos Operativos.....	32
4.2	Manutenção	33
4.3	Criação de Stock de Tacos	34
4.4	Transformação dos Casquilhos.....	36
4.5	Normalização do Trabalho	37
5	Conclusões e Sugestões Futuras	39
	Referências	41
	ANEXO A: Procedimento Operativo – Manuseamento Ecrã Tátil	43
	ANEXO B: Checklist de Manutenção Autónoma	49
	ANEXO C: Procedimento Operativo – Retificação de Mós	51

Siglas

CBN – *Cubic Boron Nitride*

CHHM – Centro de Helicoides de Metal Duro

CLIT – *Clean, Lubricate, Inspect, Tighten*

CTDT – Centro de Diamante

EUA – Estados Unidos da América

FMT – *Frezite Metal Tooling*

HSK – *Hollow Taper Shank*

HSS – *High Speed Steel*

JIPM – *Japanese Institute of Plant Maintenance*

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

PCBN – *Polycrystalline Cubic Boron Nitride*

PCD – *Polycrystalline Diamond*

PQCDSM – *Production, Quality, Cost, Delivery, Safety, Moral*

RFHM – Retificação de Metal Duro

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

UEN – Unidade Estratégica de Negócio

WIP – *Work In Process*

Índice de Figuras

Figura 1 - UEN's do FREZITE Group.....	1
Figura 2 - Pilares do TPM (Almada-Lobo 2013).	10
Figura 3 - Exemplo de um layout em linha (Miranda 2018).	12
Figura 4 - Construção de um estádio como exemplo de layout fixo (Williams).	13
Figura 5 - Indústria do cimento como exemplo de layout de fluxo contínuo (Indústria 2014).	13
Figura 6 - Exemplo de um layout por processo (Hilario 2014).	14
Figura 7 - Diagrama de Pareto (Monma 2015).	15
Figura 8 - Hierarquia do chão de fábrica.	16
Figura 9 - Processo produtivo geral.	17
Figura 10 - Máquina OTEC DF-3 HD.	18
Figura 11 – Detalhe de uma fresa antes (esquerda) e depois (direita) da preparação da aresta com um processo de acabamento por arrasto (OTEC 2020).	18
Figura 12 - Tipos de geometria mais comuns em arestas de corte (Rodríguez 2009).	19
Figura 13 - Relação entre o raio de corte, tempo de vida e esforço da ferramenta (Denkena and Biermann 2014).	20
Figura 14 - Relação entre o tempo de vida útil e o raio da aresta de corte (OTEC 2020).	20
Figura 15 - Fiabilidade das ferramentas sem e com arredondamento de aresta (OTEC 2020).	21
Figura 16 - Exemplo de uma ferramenta com (esquerda) e sem (direita) o processo de polimento.	22
Figura 17 - Modo de funcionamento da OTEC DF-3 HD.	22
Figura 18 - Desenho técnico das cavilhas de metal.	24
Figura 19 - Rota entre o centro de soldadura e o centro de logística.	25
Figura 20 - Distribuição dos casquilhos na gaveta.	25
Figura 21 - Introdução da célula de trabalho no layout do chão de fábrica.	26
Figura 22 - Posicionamento da máquina em relação ao centro.	27
Figura 23 - Proposta para a bancada de trabalho.	28
Figura 24 - Sugestão do sistema de organização para as pinças.	28
Figura 25 - Representação do sistema de organização com o tapete de anti derrapagem.	29
Figura 26 - Representação do sistema de organização para os adaptadores.	29
Figura 27 - Troca de mídias com recurso ao trolley designado para o efeito.	30
Figura 28 - Posicionamento das mídias em relação à máquina.	30
Figura 29 - Sugestão para tampa dos contentores.	31
Figura 30 - Cronograma do plano de testes.	32
Figura 31 - Detalhe do procedimento operativo sobre o manuseamento do ecrã tátil.	33
Figura 32 - Checklist de manutenção autónoma.	34

Figura 33 - Classificação ABC dos tacos.	36
Figura 34 - Proposta para armazenagem dos tacos.	36
Figura 35 - Distribuição dos casquilhos no CTDT.....	37
Figura 36 - Representação da nova apresentação dos casquilhos.	37
Figura 37 - Excerto do procedimento operativo relativo à retificação de mós.....	38
Figura A.1 - Manuseamento ecrã tátil, página 1.....	44
Figura A.2 - Manuseamento ecrã tátil, página 2.....	45
Figura A.3 - Manuseamento ecrã tátil, página 3.....	46
Figura A.4 - Manuseamento ecrã tátil, página 4.....	47
Figura A.5 - Manuseamento ecrã tátil, página 5.....	48
Figura B.1 - Checklist de Manutenção Autónoma.	50
Figura C.1 - Retificação de mós, página 1.	52
Figura C.2 - Retificação de mós, página 2.	53
Figura C.3 - Retificação de mós, página 3.	54

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Resultado do arredondamento de aresta por escovado e por acabamento por arrasto.	23
Tabela 2 - Classificação ABC dos tacos.....	35

1 Introdução

A presente dissertação é integrada no plano de estudos do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, com especialização em Gestão da Produção, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O seu foco é o desenvolvimento de um programa de melhorias na linha produtiva da Unidade de Metal do Grupo FREZITE.

Neste capítulo é feita uma breve apresentação do projeto, da empresa em que este se insere e os seus principais objetivos. Apresenta-se também a metodologia seguida e a estrutura da dissertação.

1.1 Apresentação da Empresa

Fundada em 1978, a FREZITE foi constituída com o objetivo de produzir e comercializar ferramentas de alta tecnologia e precisão para aplicação na transformação de madeira, materiais derivados, plásticos e metais.

Na Figura 1 são apresentadas as diferentes áreas de negócio que constituem o FREZITE Group.

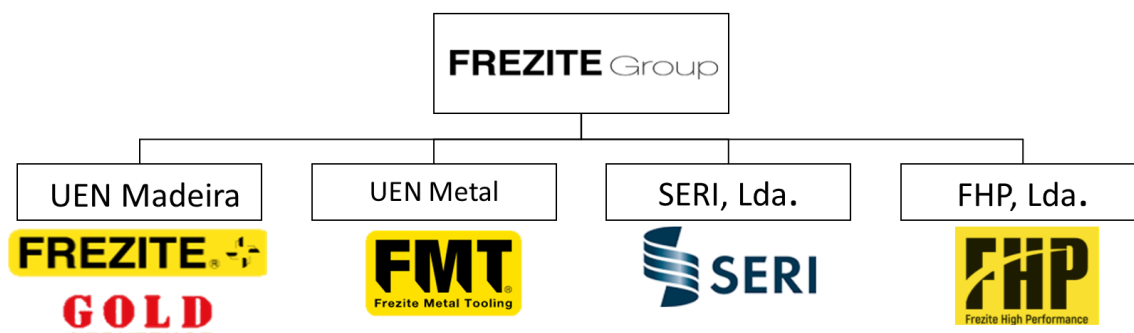


Figura 1 - UEN's do FREZITE Group.

As oportunidades proporcionadas pelo rápido crescimento dos setores automóvel e aeroespacial, conduziram à autonomização da divisão de metal e à criação da marca FMT - Frezite Metal Tooling, em 2005.

Esta divisão dedica-se ao desenvolvimento de soluções de ferramentas especiais para trabalhar metal, feitas à medida das necessidades específicas de cada cliente e é nesta unidade que foi desenvolvido o corrente projeto.

1.2 Enquadramento do Projeto e Motivação

O presente projeto de dissertação foi desenvolvido no departamento de Produção da FMT – Frezite Metal Tooling, no período de setembro de 2020 a janeiro de 2021.

Uma vez que se destaca no mercado pela qualidade dos seus produtos, e com o objetivo de lhes adicionar continuamente valor acrescido, a empresa pretende introduzir uma nova etapa no processo produtivo, com o intuito de melhorar o acabamento e performance das ferramentas de corte.

Desta situação, surge a necessidade de desenvolver um programa para implementar uma nova célula de trabalho, que permita a inclusão destes processos, sem comprometer a fluidez do fluxo produtivo.

Para tal, será necessário:

- Definir fluxos;
- Eleger uma área para esta célula, tendo em conta o layout atual;
- Organizar o posto de trabalho;
- Conduzir um plano de testes eficiente.

1.3 Metodologia

Esta dissertação resulta de um processo de trabalho com as diversas fases que são aqui apresentadas:

1. Compreensão do processo produtivo e fluxos gerais da fábrica;
2. Compreensão do funcionamento e propósito do equipamento a implementar;
3. Caracterização da nova célula de trabalho;
4. Implementação das propostas de melhoria;
5. Enquadramento das necessidades futuras.

Numa primeira fase, procurou-se conhecer o processo produtivo e fluxos gerais da fábrica. Este estudo foi conduzido sobretudo através da observação, contando com uma grande contribuição por parte dos colaboradores.

De seguida, procedeu-se à caracterização da máquina de acabamento, com auxílio do manual de instruções, formações e pesquisa sobre os processos que esta realizava.

Na terceira fase, fez-se um levantamento dos pontos a tratar na implementação da nova célula, nomeadamente o seu posicionamento em relação ao layout, a disposição do espaço de trabalho e a definição do fluxo através da condução de um plano de testes.

Numa quarta fase, são apresentadas as soluções propostas para os pontos anteriormente referidos e a sua implementação, consoante as limitações da produção.

Por fim, apresentam-se outras oportunidades de melhoria e questões a atentar, tendo em conta as novas necessidades da empresa.

1.4 Estrutura da Dissertação

O presente documento encontra-se dividido em 5 capítulos.

Neste primeiro capítulo foi realizada uma introdução que consiste na identificação do projeto, definição dos objetivos e metodologia adotada para os alcançar e ainda uma breve apresentação da empresa onde este foi desenvolvido.

No segundo capítulo é feito um levantamento dos conceitos teóricos mais relevantes ao desenvolvimento deste projeto, entre eles a produção *Lean*, a cultura *Kaizen* e ainda o sistema TPM.

O terceiro capítulo descreve a situação atual da unidade industrial e o modo de trabalho da fábrica. Neste capítulo são ainda identificados alguns problemas e potenciais ações de melhoria.

No quarto capítulo são caracterizadas as propostas de melhoria mais significativas. Os resultados obtidos com a implementação das propostas que foram possíveis no tempo disponível do projeto de dissertação são também brevemente descritos.

O quinto e último capítulo apresenta as conclusões do trabalho desenvolvido e potenciais trabalhos futuros para a concretização do programa de melhorias do processo produtivo.

2 Enquadramento Teórico

Neste capítulo são apresentados os conceitos teóricos que sustentam as decisões tomadas e linhas de pensamento seguidas ao longo do projeto. O enquadramento aqui feito suporta a leitura do restante documento.

A produção *Lean*, a cultura *Kaizen* e a *Total Productive Maintenance* são princípios essenciais para qualquer organização moderna. As ideias simples, mas muitas vezes contrárias ao que é tradicionalmente praticado, têm como fim a criação de um ambiente de trabalho eficiente e rentável.

2.1 Produção *Lean*

Com origem no Japão e baseada no sistema de produção da Toyota, a filosofia *lean* nasceu com o objetivo de identificar aquilo que acrescenta valor ao produto/serviço apresentado ao cliente final e reduzir os desperdícios. Rapidamente se estendeu a várias áreas da indústria por ter a produção em fluxo como prioridade.

Os benefícios da filosofia *lean* são:

- Redução do desperdício;
- Redução do *lead time*;
- Redução do reprocessamento;
- Redução do inventário;
- Conhecimento acrescido do processo (Melton 2005).

2.1.1 Origem

Com o intuito de tornar a produção mais flexível, sem comprometer o tempo de produção, a empresa automóvel Toyota apresentou o *Toyota Production System* (TPS).

Ao passar o foco do potencial individual de cada máquina para o fluxo do produto ao longo do processo - eliminando desperdícios e atividades que não lhe acrescentam valor - este sistema produtivo permitiu à empresa oferecer, de forma eficiente, uma grande variedade de produtos, com alta qualidade, a um preço reduzido.

Nos anos 90, durante um estudo desenvolvido pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), concluiu-se que no Japão eram capazes de produzir, em metade do tempo, produtos quase perfeitos - de tal modo que os defeitos eram contabilizados em partes por milhão (PPM) e não em percentagem, como acontecia no ocidente. Como resultado, a Toyota tornou-se reconhecida pela invenção da *Lean Production*, como se referiram a este processo na obra publicada posteriormente “*The Machine That Changed The World*”.

2.1.2 Princípios

No livro “*Lean Thinking*” a produção *Lean* foi definida como um processo que se divide em 5 passos (Womack and Jones 1996):

1. Especificar valor do ponto de vista do cliente

O valor reside nas características entendidas pelo cliente como diferenciadoras no momento de adquirir determinado produto ou serviço. Essas características associadas a um custo num tempo específico, definem o esforço de aquisição para o cliente. Quanto maior a percepção de valor, maior o nível de satisfação.

2. Mapear a cadeia de valor

Como cadeia de valor entende-se o conjunto de etapas que acrescentam valor ao produto/serviço. Este princípio consiste na identificação dessas etapas e eliminação das restantes, que deverão ser consideradas como um desperdício. Esta análise permite otimizar o processo e aumentar o valor entregue ao cliente.

3. Criar um fluxo de produção contínuo

Um fluxo uniformizado de pessoas, materiais e informação promove a criação de valor. A existência de um fluxo contínuo é essencial para evitar paragens e tempos de espera desnecessários, de forma a dar rapidamente resposta ao cliente.

4. Implementar um sistema *Pull*

Inventário é considerado um dos principais desperdícios do sistema produtivo.

Ao adotar um sistema *pull*, permite-se que seja a procura a desencadear o processo produtivo, levando a que apenas se produza o que é necessário quando é necessário.

5. Procurar a perfeição

Este princípio está na base dos conceitos da cultura *kaizen* e incide na busca pela melhoria contínua dos processos, pessoas e produtos, com o intuito de eliminar sistematicamente desperdícios e proporcionar valor acrescido ao cliente.

2.2 Cultura *Kaizen*

O *kaizen*, palavra japonesa para melhoria contínua, engloba processos, pessoas e capacidade de resolução de problemas. Uma vez que, mais importante do que a implementação de ferramentas práticas que procuram eliminar o desperdício, é criar uma aprendizagem organizacional contínua. Assim, o desafio maior assenta em abraçar a filosofia *lean* a longo prazo e colocá-la em prática, diariamente, em todos os níveis de gestão.

Esta melhoria assenta num conjunto alargado de ferramentas, sendo as mais populares e de maior utilização a eliminação de desperdícios, os 5S, a gestão visual e a normalização do trabalho, que serão descritas nos pontos apresentados a seguir (Coimbra 2013).

2.2.1 Eliminação de Desperdícios

O *Lean Enterprise Research Centre* que está ligado à *Cardiff Business School* realça que, em grande parte dos processos produtivos, 5% das atividades acrescentam valor, 35% das atividades são necessárias, mas não acrescentam valor e, por fim, 60% não qualquer valor, evidenciando que a eliminação do desperdício representa um enorme potencial em termos de melhoria produtiva (LERC 2006).

Desta forma, torna-se essencial definir o que é valor e o que é desperdício. O conceito de valor tem de ser analisado segundo a perspetiva do cliente, uma vez que diz respeito às características do produto que este irá valorizar. O que define valor é a resposta à questão “O que é que o cliente quer deste processo?”. Qualquer atividade num processo que não acrescenta valor ao cliente é considerada um desperdício. Por vezes, esse desperdício é uma etapa necessária ao processo e não pode ser totalmente eliminada. Nesse caso, o objetivo passa por melhorá-la.

A eliminação de desperdícios, *mudas* na designação japonesa, é uma das principais formas de criar fluxo e de ser competitivo. A cultura *kaizen* identifica sete formas de desperdício (Imai 2012; Pereira 2009):

1. **Defeitos** – produção de peças defeituosas ou correções. Reparações e retrabalho são desperdícios não só de manuseamento, como também de tempo e esforço. Tudo isto conduz a custos adicionais;
2. **Pessoas em espera** – operadores limitados a assistir máquinas automáticas ou à espera do próximo processo, ferramenta, fornecimento ou simplesmente com falta de trabalho devido a atrasos no posto anterior, tempos de inatividade do equipamento ou estrangulamento de capacidade;
3. **Pessoas em movimento** – todos os movimentos desnecessários que os operadores realizam no decurso do seu trabalho: desde procurar algo, a empilhar materiais ou ainda ter de se deslocar para alcançar ferramentas. Muitas vezes está relacionado com a desorganização e falta de 5S na área de trabalho;
4. **Excesso de produção** – produzir mais do que o necessário, ou antes do tempo, gerando outros desperdícios relacionados com armazenamento e custos de transporte devido ao excesso de inventário;
5. **Material em espera** – excesso de matéria prima, trabalho em curso de fabrico ou produto acabado que leva ao aumento do *lead time*, produtos obsoletos ou danificados, custo extra de transporte e armazenamento. Este desperdício é também responsável por esconder diversos problemas relacionados com atrasos dos fornecedores, defeitos ou falhas nos equipamentos.
6. **Material em movimento** – este desperdício ocorre sempre que qualquer produto ou material é movimentado, pois mesmo que seja necessário, não lhe acrescenta qualquer valor e, por isso, deve ser evitado;
7. **Excesso de processamento** – processos desnecessários ou ineficientes devido a ferramentas de baixa qualidade, design do produto, movimentos desnecessários ou produtos defeituosos. O processo produtivo deve ser otimizado e deve eliminar etapas desnecessárias, reduzindo o excesso de operações e direcionando o foco para as que acrescentam valor ao produto.

A chave do sucesso neste aspeto é identificar o desperdício e assegurar que a causa raíz, que é a verdadeira fonte da perda, é eliminada, e não apenas os seus sintomas, resultando num processo com fluxo contínuo que permitirá reduzir lead times e melhorar o desempenho da organização.

2.2.2 5S

A designação 5S surge de 5 palavras japonesas que se focam na organização e limpeza do posto de trabalho com o objetivo de aumentar a eficiência e rentabilidade. As palavras que representam cada um dos S são: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke* (Hirano 1995; Michalska and Szewieczek 2007)

1. **Seiri** – Começa-se pela triagem de tudo aquilo que é desnecessário no espaço de trabalho, mantendo apenas aquilo que é efetivamente essencial;
2. **Seiton** – Depois de se identificar o que é essencial, estes itens devem ser arrumados e organizados de modo a facilitar a sua utilização. Tudo deve ter um lugar e deve estar sempre nesse lugar;
3. **Seiso** – Corresponde à limpeza necessária para que tudo esteja no seu devido lugar. Os colaboradores são responsáveis por deixar tudo limpo e organizado após o seu trabalho;
4. **Seiketsu** – A normalização das práticas de trabalho é essencial para que tudo seja aplicado e feito da mesma maneira. Todos devem seguir os mesmos princípios e rotinas;
5. **Shitsuke** – A disciplina e o compromisso de cumprir com as normas e com os planos estipulados, procurando sempre melhorar continuamente (Hirano 1995; Michalska and Szewieczek 2007).

Os 5S têm um papel fundamental na definição de uma empresa de qualidade. Estas ideias vão para além da importância da limpeza e da arrumação, focam-se também na norma e na disciplina. Conseguem criar um ambiente de trabalho seguro, eficiente e com equipamentos em boas condições disponíveis. A aplicação de 5S nas áreas de trabalho e nas organizações como um todo, mostra o respeito pelos locais de trabalho, promovendo o sentimento de responsabilidade, pertença e fomentando o envolvimento de todos os colaboradores (SixSigma 2017).

2.2.3 Gestão Visual

A gestão visual permite perceber rapidamente se um determinado processo está em controlo ou não, através de quadros, gráficos, listas e indicadores de leitura rápida e intuitiva. Permite ainda que os possíveis problemas sejam visíveis e rapidamente identificados.

Os elementos usados estão geralmente relacionados com o estado dos 5M - mão de obra, máquinas, materiais, métodos e medidas - e devem estar à vista de todos. Desta forma, tanto a supervisão como os operários podem considerar e interpretar a informação, nivelando toda a equipa em termos informativos, o que serve de incentivo ao compromisso de todos se regerem pelos mesmos valores (Imai 2012).

O primeiro objetivo da gestão visual é detetar problemas. Uma máquina equipada com um sistema *jidhoka* (de deteção de defeitos) para assim que um defeito é produzido. Esta paragem torna o problema visível, impedindo a repetição e a passagem da peça não conforme para o resto da cadeia.

O segundo objetivo é ajudar, tanto os operadores como os supervisores, a estar informados do estado da produção e a perceber rapidamente se está tudo sob controlo ou se há anomalias.

O terceiro objetivo da gestão visual é clarificar os objetivos para a melhoria. Colocar a informação no *gemba* junto do processo e trabalhar diretamente com as pessoas envolvidas, proporcionando treino e desenvolvendo soluções/melhorias em conjunto, cria no operador a consciência do desafio e expectativas que a administração (ou os seus superiores diretos) espera que ele seja capaz de atingir. A regra passa a ser a busca desse objetivo, promovendo uma atitude mais crítica e reativa sempre que falta uma ferramenta ou um material, refletindo-se no seu desempenho.

Os números por si só não são motivadores. Seguir um gráfico com a evolução dos resultados e ter presente a distância e o caminho a percorrer até atingir o desafio, permite visualizar e quantificar o valor definido (Imai 2012).

2.2.4 Normalização do Trabalho

Uma das etapas essenciais na busca pela perfeição e eliminação de desperdício é a normalização do trabalho. A normalização representa a melhor maneira de fazer determinada tarefa e serve de padrão, reduzindo a variabilidade (Coimbra 2013).

Para isso, esta ferramenta procura documentar os modos operatórios, de forma a uniformizar tarefas, procedimentos, utilização de ferramentas e reações a diferentes situações.

O trabalho normalizado, designação portuguesa para *standard work*, constitui a linha de base para o *kaizen* ou a melhoria contínua. À medida que o padrão é aprimorado, o novo padrão torna-se a linha de base para outras melhorias e assim sucessivamente. Melhorar o trabalho normalizado é um processo sem fim (Lean Enterprise Institute 2020).

Em resumo, o *standard work* compreende três elementos:

- **Takt time ou tempo de ciclo normalizado** – é a taxa na qual os produtos devem ser feitos num processo para atender à procura do cliente;
- **Sequência de trabalho normalizado** – é o conjunto de atividades sequenciais, que representam a melhor forma de executar o trabalho, no *takt time*, diminuindo as oscilações do tempo de ciclo;
- **Inventário de WIP (Work In Process) normalizado** – o inventário padrão, incluindo unidades em máquinas, é a quantidade mínima de stock necessário para manter o processo sem interrupção do fluxo de produção.

2.3 Total Productive Maintenance

Total Productive Maintenance (TPM) pode ser descrito como um processo estruturado de melhoria contínua, centrado no equipamento, que permite otimizar a eficiência das máquinas, eliminar paragens e promover a manutenção autónoma, envolvendo todos os colaboradores da organização (Ahuja and Khamba 2008).

De forma geral, uma implementação bem-sucedida do TPM procura alcançar custos de operação e de manutenção mais baixos e equipamentos com vida útil mais elevada.

2.3.1 A Evolução do Total Productive Maintenance

A abordagem de planejar a manutenção foi introduzida no Japão pelos EUA em meados de 1950. Seiichi Nakajima, do *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) foi pioneiro no desenvolvimento do conceito que evoluiu através das etapas de manutenção preventiva (baseada no tempo), manutenção preditiva (baseada na condição) e mais tarde, em *Total Productive Maintenance* (TPM) (Nakajima 1988).

Em 1971, a Nippon Denso, uma empresa fornecedora da Toyota Motor Company, foi a primeira organização a pôr em prática o TPM, e os resultados foram muito positivos, acabando por ser galardoados com o *PM Prize*, atualmente designado Prémio de Excelência TPM.

Depois do sucesso da Nippon Denso, várias empresas com ligação ao grupo Toyota aplicaram o modelo, focando-se na manutenção das condições iniciais dos equipamentos.

Segundo Nakajima (1988), a palavra total em TPM recai sob três pontos:

1. **Total eficácia** – que se relaciona com a busca pela eficiência económica e rentabilidade. Inclui os fatores produtividade, qualidade, custo, entrega, segurança e moral (PQCDSM);
2. **Total manutenção** – que inclui a manutenção preventiva e a melhoria da manutabilidade, que está relacionada com a capacidade de conceber equipamentos fáceis de manter;
3. **Total participação** – pela participação de toda a organização desde a gestão de topo até aos operadores, que têm um papel ativo em todo o processo, através de atividades em pequenos grupos que potenciam a motivação das equipas.

O TPM pode ser entendido como uma metodologia usada para manter os equipamentos em condições ótimas - de forma a prevenir falhas inesperadas, perdas de velocidade e defeitos que ocorrem durante o processo produtivo. Deste modo, o TPM tem como objetivo final alcançar zero defeitos, zero acidentes e zero falhas (Jain, Bhatti, and Singh 2014).

O JIPM (Nakajima 1988) considera uma implementação TPM bem-sucedida quando cumpre os seguintes requisitos:

- Procura maximizar a eficiência dos equipamentos;
- Desenvolve um sistema de manutenção produtivo para o ciclo de vida do equipamento;
- Envolve todos os departamentos que planeiam, desenham, usam ou mantêm os equipamentos na implementação do TPM;
- Envolve de forma ativa todos os colaboradores, desde a gestão de topo até aos operários do chão de fábrica;
- Promove o TPM através da gestão de motivação, possibilitando atividades em pequenos grupos autónomos.

Assim, o principal objetivo da implementação deste tipo de programas é interligar a manutenção e a produção. Permitindo que trabalhadores especializados em atividades de manutenção trabalhem em simultâneo com os operadores dos equipamentos, promovendo a compreensão das necessidades dos equipamentos e a deteção de falhas numa fase inicial por parte dos operadores, que passam a desempenhar atividades de manutenção básica.

2.3.2 Pilares do Total Productive Maintenance

No TPM clássico estão definidas cinco áreas principais, nas quais a gestão de topo é responsável por delinear os padrões a seguir pela organização. São eles: melhoria contínua, manutenção autónoma, manutenção planeada, formação e treino e por fim, gestão antecipada.

À medida que se foi chegando a posições e formas de trabalho mais produtivas, as funções de suporte à produção tornaram-se o novo foco de aplicação do TPM. Como tal, foram desenvolvidos novos pilares como Processos de Administração, Segurança e Ambiente e Manutenção da Qualidade, que permitem reforçar a ideia de que o TPM é uma abordagem com total envolvimento (McCarthy and Rich 2015). Neste seguimento, o JIPM defende que a implementação das práticas do TPM deve assentar numa metodologia de oito pontos, que resulta num crescimento substancial na produtividade, graças à manutenção controlada, à redução de custos de manutenção e também à redução das paragens produtivas (Wakjira and Singh 2012).

Os oito pilares reconhecidos pelo JIPM estão representados na Figura 2.

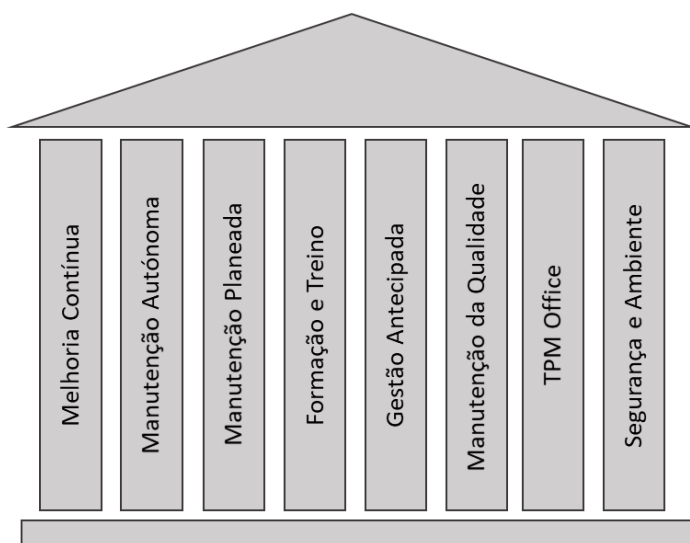


Figura 2 - Pilares do TPM (Almada-Lobo 2013).

Estes princípios constituem um sistema orientado à maximização da eficiência produtiva de qualquer indústria, e podem ser descritos da seguinte forma (Almada-Lobo 2013):

1. **Melhoria Contínua** – Melhoria contínua com o objetivo de eliminar todo o tipo de perdas que reduzem a eficácia global do equipamento (OEE);
2. **Manutenção Autónoma** – Melhoria da eficácia dos equipamentos através da alocação de pequenas tarefas CLIT aos próprios operadores. Desta forma, permite-se que a equipa de manutenção – com conhecimentos mais especializados – se foque em

pontos mais exigentes como projetos de melhoria, manutenção planeada e manutenção corretiva;

3. **Manutenção Planeada** – Estruturação do planeamento das intervenções de manutenção, minimizando as paragens por avaria e aumentando a disponibilidade dos equipamentos;
4. **Formação e Treino** – Promoção de uma estratégia de formação e treino para todos os colaboradores envolvidos, de forma a aumentar a sua eficácia e as suas aptidões no desempenho das respetivas atividades;
5. **Gestão Antecipada** – Centra-se em técnicas de planeamento de projetos, com o objetivo de diminuir as fases de arranque de fábricas e produtos, otimizando o tempo para o seu desenvolvimento;
6. **Manutenção da Qualidade** – Compreende atividades que se destinam a manter o equipamento em condições de obter produtos conformes;
7. **TPM Office** – O TPM não se pretende estender a processos da empresa não relacionados com o equipamento (administrativos, comerciais, etc.), como o *Lean Office*), mas especificamente aos processos de suporte da área de manutenção;
8. **Segurança e Ambiente** – O TPM não pretende ser um processo autónomo relacionado com a segurança e ambiente, que se sobrepõe a toda empresa, mas sim assegurar as questões específicas da manutenção, não cobertas por um sistema mais geral.

2.3.3 Grandes Falhas Produtivas

A grande revelação que o TPM é capaz de trazer é que, quando um equipamento falha, ou seja, não funciona a 100% do seu potencial, deve-se a algum fator físico, passível de ser identificado, controlado, minimizado e possivelmente eliminado. O JIPM (Sharma and Kumar 2006) identificou seis categorias de falhas dos equipamentos:

- Paragens devido a falhas nos equipamentos;
- *Setups* e ajuste de parâmetros;
- Pequenas paragens;
- Velocidade reduzida;
- Perdas de *start-up*;
- Retrabalho e sucata.

Outros estudos referem um conjunto de dezasseis grandes perdas que impossibilitam uma produção eficiente. Estas perdas estão categorizadas em quatro grupos, de acordo com a sua área de incidência (Shirose 1997):

1. **Eficiência global dos equipamentos** – falhas dos equipamentos, *setups* e ajustes, velocidade reduzida, pequenas paragens, perdas de *startup* e perdas de troca de ferramentas;
2. **Disponibilidade do equipamento** – perdas por paragens programadas;

3. **Eficiência do trabalhador** – perdas logísticas, desorganização da linha, perdas de medição e ajustes, perdas de gestão e movimentos;
4. **Eficiência dos recursos produtivos** – perdas de rendimento dos consumíveis, perdas de energia e perdas produtivas em material.

Através da identificação destas falhas é possível definir ações estruturadas e minimizar o seu impacto.

2.4 Layout

Para Carravilla (1998) e Jacobs (2020), o termo layout refere-se ao posicionamento de departamentos, postos de trabalho, equipamentos e zonas de armazenamento de produtos em curso. A decisão sobre o layout tem implicações sobre o nível de stocks utilizados, número de operários necessários, relações entre eles e ainda a sua produtividade (Carravilla 1998).

Desta forma, o layout deve ser definido de forma a garantir um fluxo produtivo suave (Jacobs and Chase 2020): minimizando as necessidades de movimentações dos operários e materiais e a distância de movimentações e maximizando os departamentos relacionados (Carravilla 1998).

De forma a satisfazer as diferentes necessidades produtivas, podem-se distinguir quatro tipos de layout, havendo ainda a possibilidade de os combinar entre si:

1. **Layout em linha** – este layout é conseguido através do agrupamento de pessoas e equipamentos de forma sequencial, de acordo com as diferentes etapas de um determinado produto. É adequado para empresas com grandes volumes e uma pequena gama de produtos, como é o caso da indústria de montagem de automóveis ou fábricas de produção de alimentos. Como o próprio nome indica, os produtos são movidos em linha, como representado na Figura 3, com recurso a transportadores automáticos com a mesma forma;

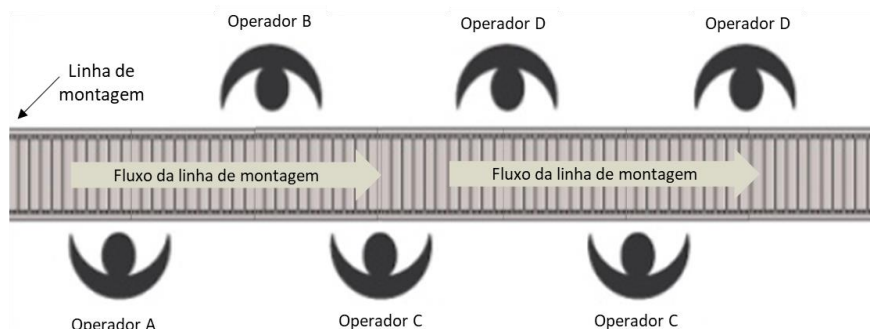


Figura 3 - Exemplo de um layout em linha (Miranda 2018).

2. **Layout fixo** – neste cenário, todos os recursos se deslocam até ao local onde o trabalho vai ser realizado, como representado na Figura 4. Aplica-se quando uma atividade não é recorrente, como por exemplo, na construção de infraestruturas ou produtos de elevada dimensão;

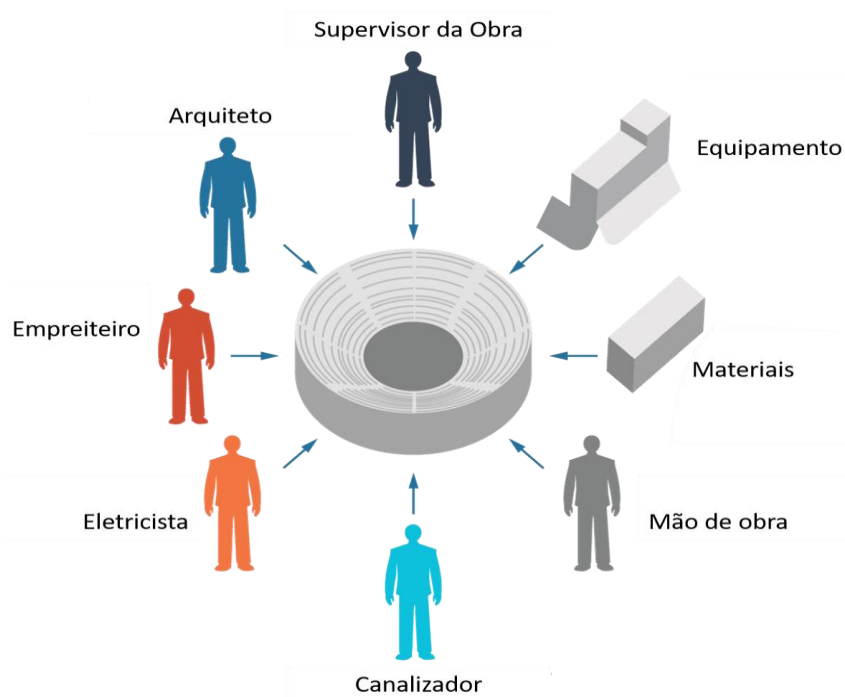


Figura 4 - Construção de um estádio como exemplo de layout fixo (Williams).

3. **Layout em fluxo contínuo** – este tipo de layout está ligado à estrutura básica da fábrica, que por norma representa um elevado investimento de capital, e tem diretamente a ver com o processo. Como tal, é utilizado maioritariamente em indústrias de processo, como a indústria do cimento por exemplo, representada na Figura 5.

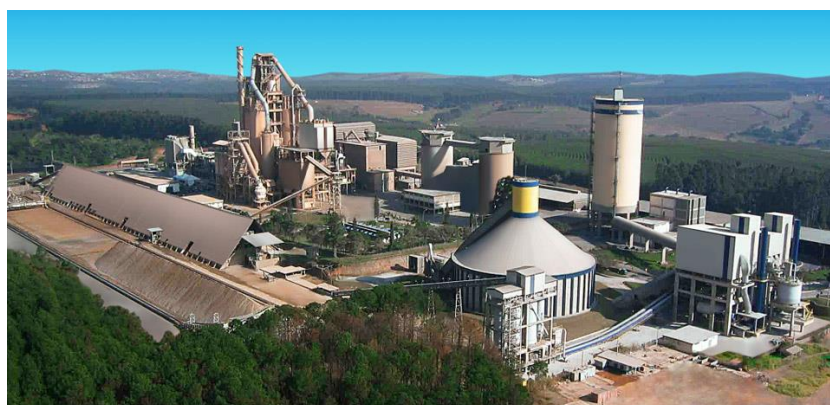


Figura 5 - Indústria do cimento como exemplo de layout de fluxo contínuo (Indústria 2014).

4. **Layout de processos intermitentes** – neste caso, agrupam-se grupos de pessoas e máquinas que desempenham funções semelhantes, como representado na Figura 6, e os produtos passam pelas diferentes áreas conforme as suas necessidades. Este layout vê-se com frequência na indústria metalomecânica e em hospitais.

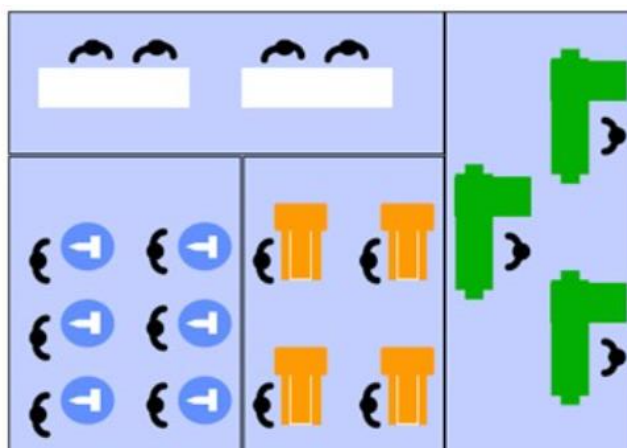


Figura 6 - Exemplo de um layout por processo (Hilario 2014).

2.5 Análise ABC

A análise ABC é um método baseado no princípio de Pareto, uma das sete ferramentas de gestão da qualidade total (Kiran 2017).

O princípio de Pareto conclui que aproximadamente 80% dos efeitos surgem de cerca de 20% das causas. Isto é aplicável a máquinas, materiais, operadores, entre outros. Os dados, quando apresentados num gráfico de Pareto como na Figura 7, estão por ordem decrescente da sua frequência, o que evidencia os fatores mais importantes, nos quais se deve focar a atenção (Kiran 2017; Balaji and Kumar 2014).

Por exemplo, em qualidade, a análise de Pareto consiste em identificar oportunidades de melhoria e redução de custos através de dados apresentados por categorias, produtos ou defeitos. Nestes casos, a redução de custos (efeitos) virá da resolução dos poucos problemas (causas) responsáveis pela maioria dos custos de qualidade (Montgomery 2009).

A análise ABC organiza os produtos em famílias com base na sua rotação ou valor de uso (Balaji and Kumar 2014).

A classificação é feita da seguinte forma:

- Classe A - cerca de 20% dos artigos correspondem a 80% do valor de uso;
- Classe B - cerca de 30% dos artigos correspondem a 15% do valor de uso;
- Classe C - cerca de 50% dos artigos correspondem a 5% do valor de uso (Vasconcelos 1991).

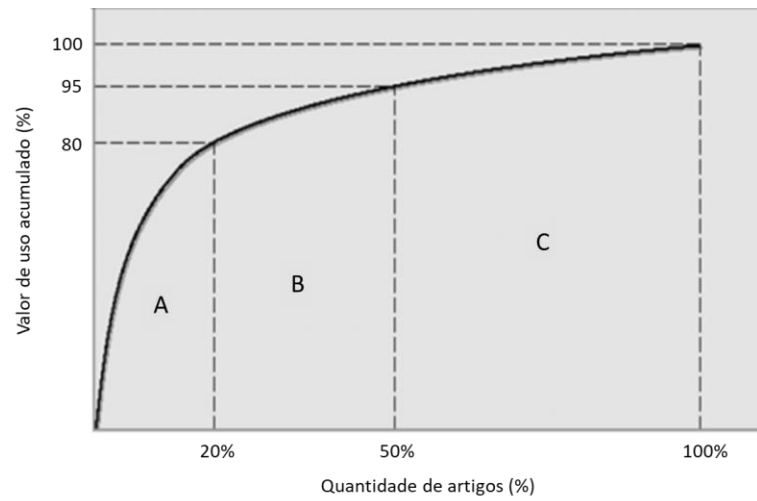


Figura 7 - Diagrama de Pareto (Monma 2015).

3 Descrição da Situação Atual

Neste capítulo é feita uma introdução às práticas de trabalho da FMT. Apresenta-se a estrutura organizacional da empresa, o fluxo de trabalho existente e ainda o estado inicial do processo produtivo. É também dada uma breve explicação sobre as características do equipamento a implementar e as razões que o tornam uma mais valia para a produção. Por fim, são salientadas algumas das situações consideradas como oportunidades de melhoria.

3.1 Estrutura organizacional

Numa primeira fase foi necessário criar uma ideia geral de como o chão de fábrica está organizado.

Como é recorrente nesta indústria, é possível identificar um layout funcional (ou por processo), o que significa que a produção está dividida em centros produtivos encarregues de um processo em concreto, que funcionam, na maioria dos casos, com equipamentos semelhantes, responsáveis pelas mesmas operações. Estes centros produtivos são coordenados pelos respetivos chefes, que têm como função organizar o trabalho e gerir as equipas de forma a cumprir os objetivos da fábrica. Por sua vez, os chefes de equipa respondem diretamente à supervisão de produção e por fim, à direção de operações, como sugere a Figura 8.

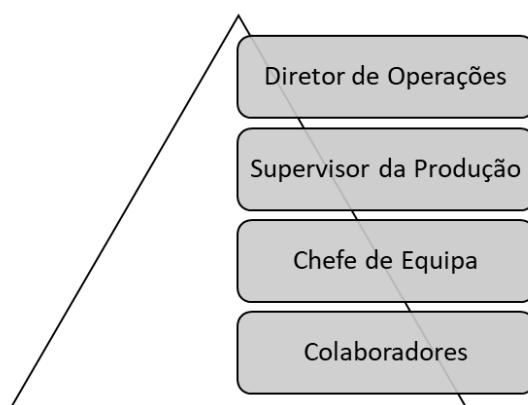


Figura 8 - Hierarquia do chão de fábrica.

3.2 Fluxo de trabalho

Uma vez que a FMT se dedica à fabricação de ferramentas de corte especiais, desenvolvidas segundo as necessidades ou requisitos do cliente, ou seja, essencialmente protótipos, é fundamental que a produção seja flexível e tenha uma grande capacidade de adaptação, acabando por haver vários fluxos de trabalho, que se conseguem resumir segundo as características apresentadas na Figura 9.

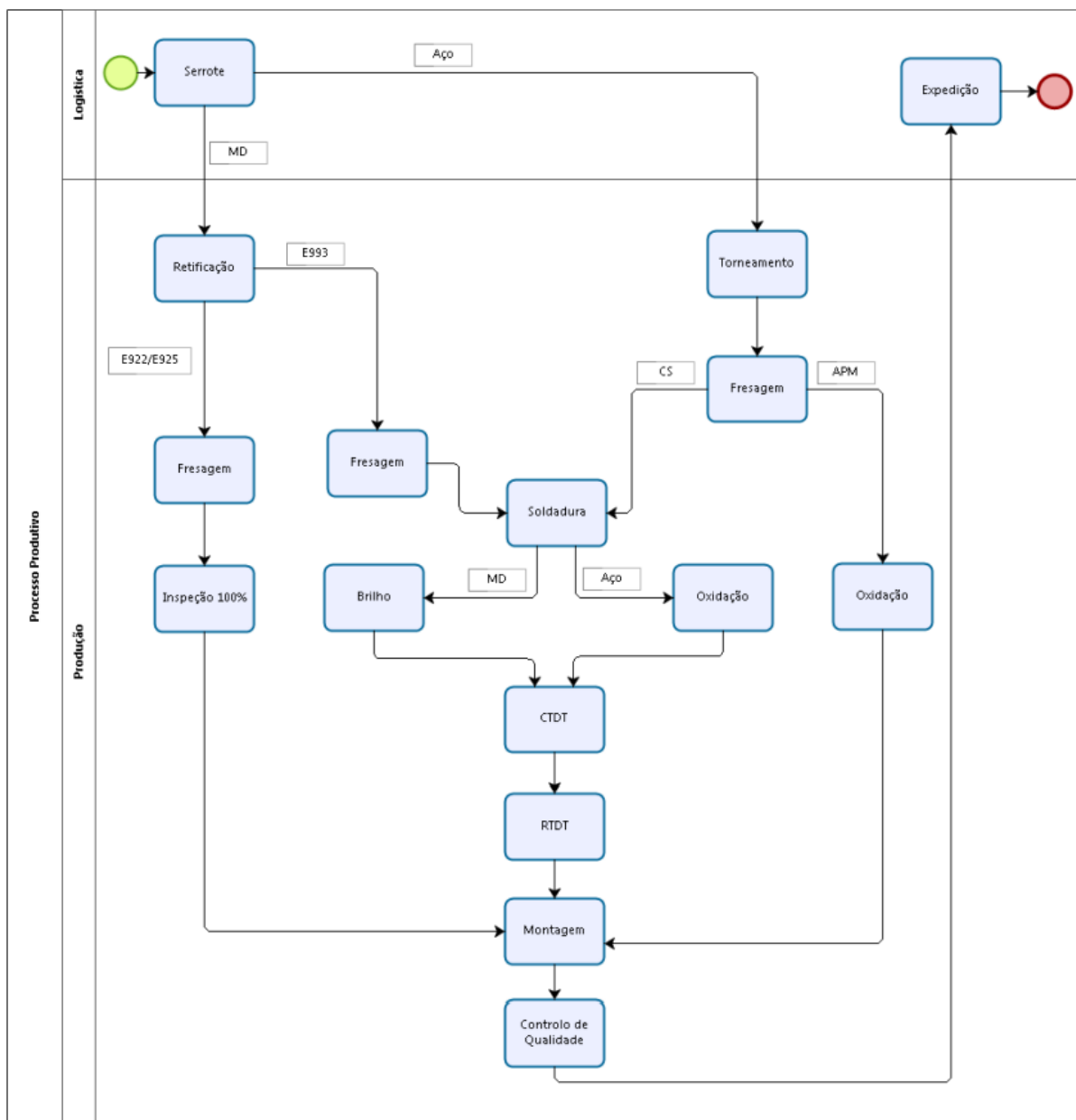


Figura 9 - Processo produtivo geral.

Desta forma, é possível distinguir duas linhas de produção principais: a linha de metal duro e a linha de PCD. As ferramentas que são integralmente constituídas por metal duro (E922) cingem-se à primeira linha, tendo um processo mais curto. Enquanto as ferramentas que possuem plaquetas de PCD (E993) seguem para a linha seguinte, onde se acopla o corpo e as plaquetas.

Existe ainda uma linha para ferramentas com corpos em aço, que se divide em ferramentas em construção soldada e ferramentas de aperto mecânico.

Para perceber em que área é que deverá ser inserida a nova célula, é necessário compreender qual o papel que irá desempenhar.

3.3 OTEC DF-3 HD

A nova célula a ser implementada na linha de produção, estará encarregue do acabamento da ferramenta, onde ocorrerão os seguintes processos: arredondamento de aresta e polimento.

Para desempenhar estas funções, foi adquirida uma máquina de acabamento por arrasto (*drag finishing*), nomeadamente o modelo DF-3 HD da OTEC, representado na Figura 10.



Figura 10 - Máquina OTEC DF-3 HD.

O método utilizado para acabamento das ferramentas, antes da aquisição desta máquina, designa-se escovado e é efetuado com uma mó com filamentos de nylon, revestido de um abrasivo à base de diamante, em que o material é removido por abrasão. Este processo permite criar diversos arredondamentos diferentes num período muito curto, comparado com métodos semelhantes (Wang et al. 2020).

Por outro lado, como atua por contacto, de forma manual e localizada, resulta numa superfície pouco homogênea, com arestas imperfeitas.

3.3.1 Arredondamento da Aresta

O arredondamento, ou preparação, da aresta é um processo que modifica a geometria da aresta, eliminando defeitos provocados pela fresagem e criando um perfil liso, como se pode verificar na Figura 11, com o intuito de aumentar a qualidade da ferramenta.

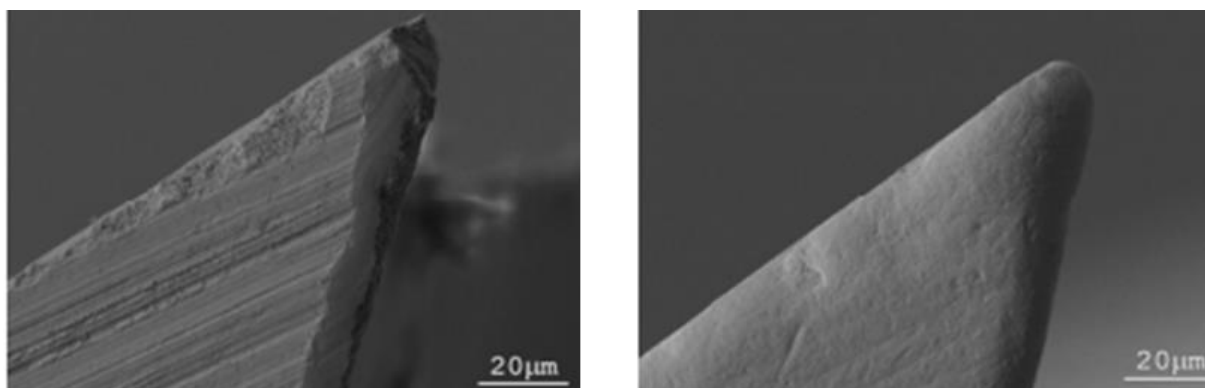


Figura 11 – Detalhe de uma fresa antes (esquerda) e depois (direita) da preparação da aresta com um processo de acabamento por arrasto (OTEC 2020).

Existem vários tipos de geometria de aresta, podendo-se destacar três deles, nomeadamente aresta arredondada (*rounded edge*), aresta viva (*sharp edge*) e aresta chanfrada (*chamfered edge*). Existe ainda um quarto tipo de geometria que corresponde à combinação da aresta arredondada com a chanfrada.

A aresta arredondada pode ter diversas variações conforme o perfil que liga a face de ataque A_γ e a de saída A_α da ferramenta. Se a curvatura que une estas duas faces for uniforme e sem grandes variações, é considerada uma geometria de raio único (*single radius*). Por outro lado, se a curvatura tiver uma variação acentuada, será caracterizada segundo uma das duas geometrias:

- Trompette (*trumpet*) - caso a curvatura seja maior no fim do perfil que faz a conexão com a saída A_α e menor no perfil que conecta com a face A_γ ;
- Cascata (*waterfall*) - caso a curvatura seja maior no fim do perfil que faz a conexão com a face A_γ e menor no perfil que conecta com a saída A_α ;

Esta geometria é essencialmente aplicada a ferramentas de corte de metal duro, diamante policristalino (PCD) e aço rápido (HSS), que realizam operações de acabamento ou semi-acabamento e maquinação de precisão.

Já a aresta viva é caracterizada pela interceção da face A_γ com a saída A_α da ferramenta.

Por último, relativamente à aresta chanfrada, esta geometria é caracterizada por uma superfície plana que liga a saída A_α e a face de ataque da ferramenta A_γ . Este tipo de aresta pode ser encontrado em ferramentas de nitreto cúbico de boro (CBN), nitreto cúbico de boro policristalino (PCBN) e cerâmica, que realizam operações de difícil torneamento, grande desbaste e corte interrompido.

Os diferentes tipos de geometria podem ser visualizados na Figura 12.

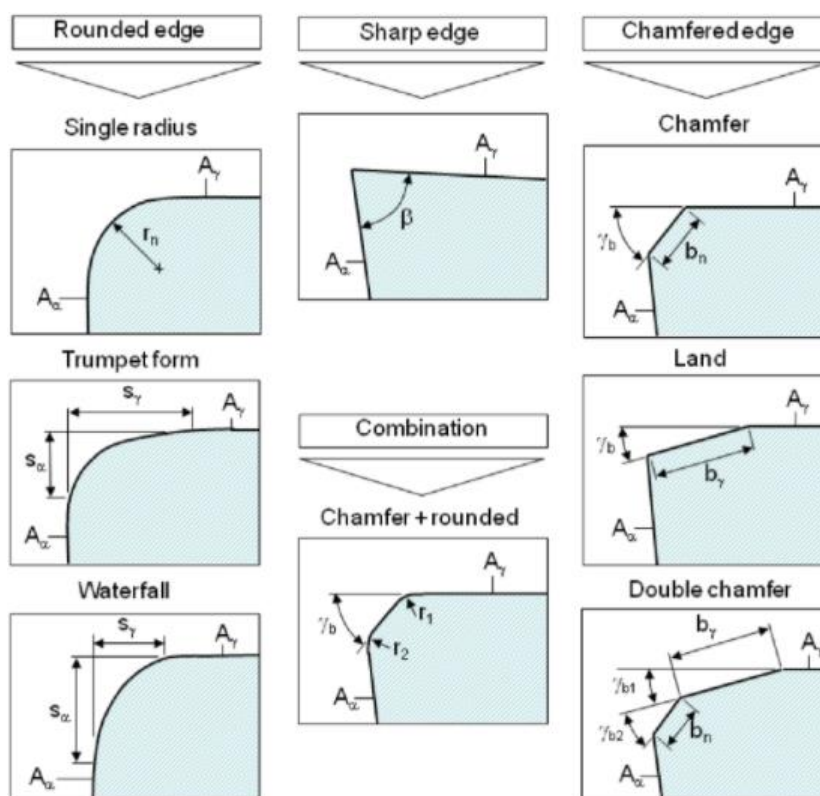


Figura 12 - Tipos de geometria mais comuns em arestas de corte (Rodríguez 2009).

O objetivo deste processo é criar uma aresta de corte que possua maior estabilidade, menor tendência para lascar e uma superfície aprimorada. Desta forma, é possível aperfeiçoar a formação da apara e o poder de corte. Como resultado, a vida útil da ferramenta e a fiabilidade do processo aumentam, enquanto a taxa de desgaste da ferramenta diminui, alcançando-se assim uma peça de trabalho melhor (Wang et al. 2020).

A preparação da aresta de corte é um fator determinante na vida da ferramenta, especialmente num primeiro momento de maquinação. As características do primeiro contacto da aresta de corte definem a performance da ferramenta. De forma geral, e sobretudo em testes de maquinação com aço, as ferramentas sem preparação de aresta falham num primeiro momento de maquinação, provocando um desgaste da aresta.

No entanto, a relação entre o raio e desempenho da ferramenta não é linear. Pelo contrário, análises das forças e do desgaste da aresta ao longo do tempo de maquinação revelam que após um certo raio, o tempo de vida reduz drasticamente. De facto, os resultados indicam que o tempo de vida segue uma distribuição Weibull, existindo uma gama ótima de valores de raio que permitem minimizar o esforço feito pela ferramenta enquanto se maximiza o seu tempo de vida, como representado na Figura 13 (Denkena and Biermann 2014).

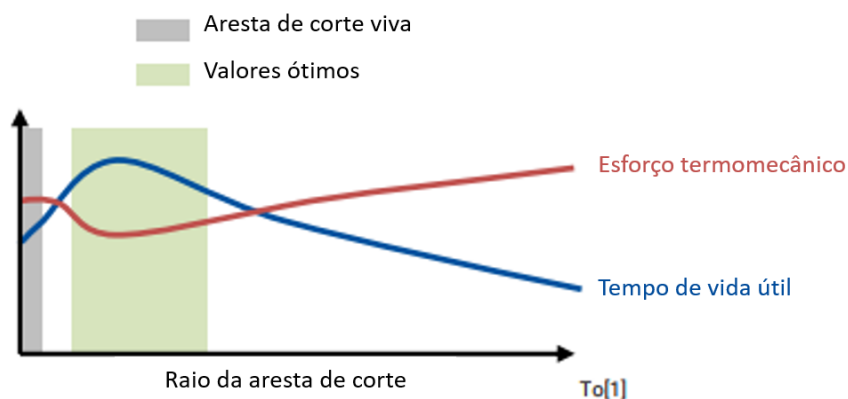


Figura 13 - Relação entre o raio de corte, tempo de vida e esforço da ferramenta (Denkena and Biermann 2014).

Os intervalos de arredondamento preferíveis variam consoante o tipo de ferramenta. No entanto, os valores mais praticados para ferramentas de ferro fundido e aço estão entre 15 μm e 25 μm , como se pode verificar na Figura 14, que apresenta a relação entre o tempo de vida útil e o raio da aresta de corte de uma fresa de topo em aço.

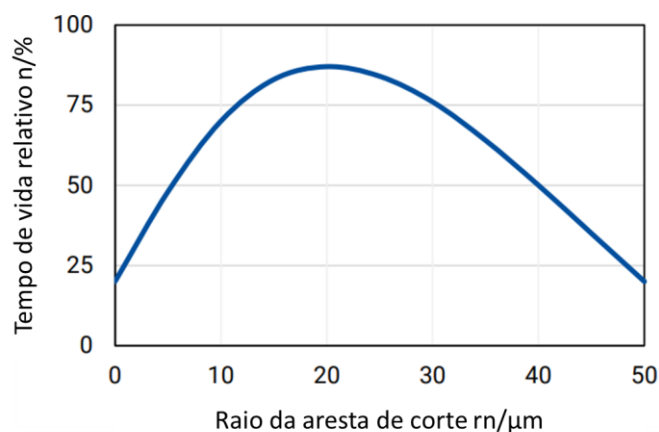


Figura 14 - Relação entre o tempo de vida útil e o raio da aresta de corte (OTEC 2020).

A fiabilidade das ferramentas também é um fator essencial em todo o processo, especialmente por questões comerciais. Ao produzir um conjunto de ferramentas que apresentam diferentes desempenhos, o fabricante apenas pode garantir o seu desempenho mínimo, mesmo que haja ferramentas que apresentem desempenhos muito superiores, como é possível observar no caso apresentado à esquerda, na Figura 15. Se este desempenho superior for uniformizado, o fabricante oferece um produto com melhor desempenho em geral.

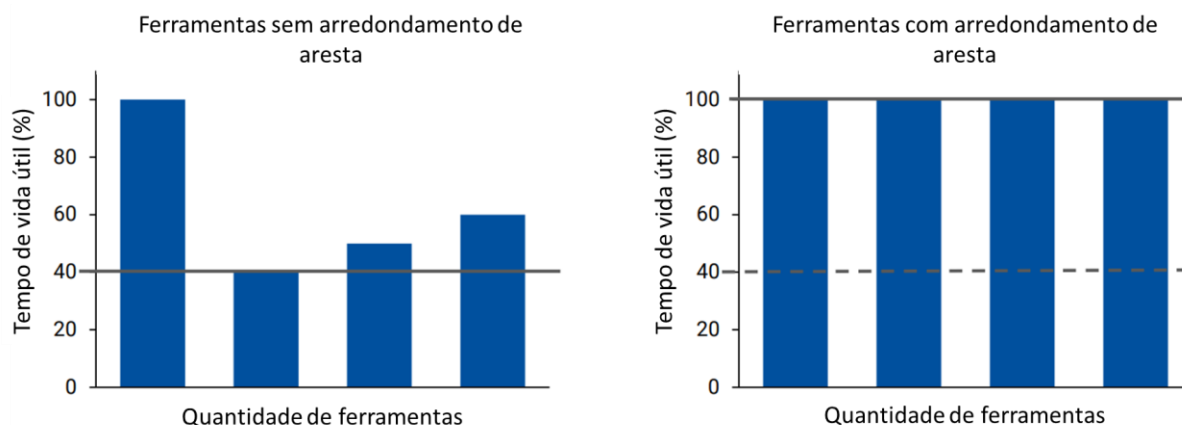


Figura 15 - Fiabilidade das ferramentas sem e com arredondamento de aresta (OTEC 2020).

3.3.2 Polimento

O processo de polimento tem como principal objetivo reduzir a rugosidade da ferramenta, criando uma superfície lisa, como se pode ver na Figura 16, uma vez que traz inúmeras vantagens à ferramenta e ao seu trabalho, nomeadamente:

- Redução da suscetibilidade à rotura do material a ser processado;
- Redução do risco de fusão da ferramenta com o material a ser processado;
- Aumento da área de contacto entre as superfícies da ferramenta e do produto;
- Aumento da vida da ferramenta;
- Redução da fricção entre a ferramenta e a peça processada;
- Redução da pressão na aresta de corte;
- Aumento da qualidade da superfície dos produtos e da sua durabilidade.

Ao facilitar a ação de corte, através da redução da rugosidade, fricção e esforço da ferramenta, é possível atingir-se maiores velocidades de corte, aumentando assim a produção (OTEC 2020).



Figura 16 - Exemplo de uma ferramenta com (esquerda) e sem (direita) o processo de polimento.

3.3.3 Acabamento por Arrasto

Tanto o arredondamento da aresta como o polimento são etapas que serão executadas na OTEC DF-3 HD por acabamento por arrasto.

Durante este processo, as ferramentas são fixas e submersas num contentor com mília, através da qual são arrastadas num movimento circular a alta velocidade, como indica a Figura 17. Este movimento rápido cria um contacto de alta pressão entre a peça de trabalho e a mília, o que proporciona um acabamento uniforme.

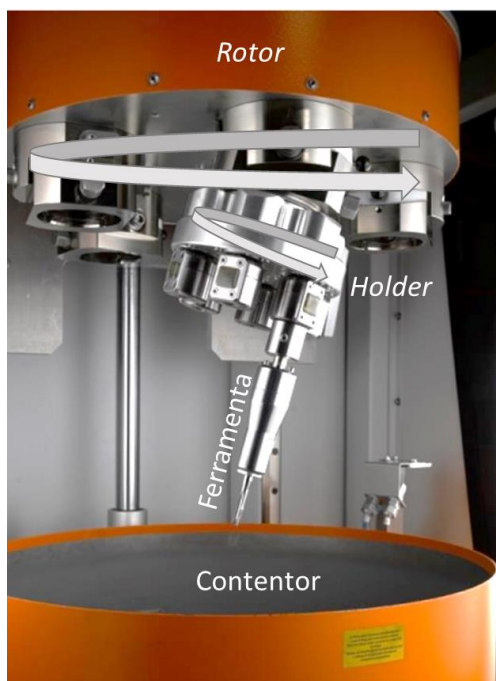


Figura 17 - Modo de funcionamento da OTEC DF-3 HD

O que diferencia um processo de arredondamento de aresta de um polimento é o tipo de mília utilizada:

- HSC1/300 – Indicada para arredondamentos entre 2 μm a 15 μm , composta por casca de noz granulada e carbonetos de silício;

- HSC1/200 – De composição igual à mídia anterior, mas maior granulometria, é indicada para arredondamentos entre 10 μm a 30 μm ;
- H4/400 – Indicada para polimento de metal duro, composta por casca de noz granulada, pó de diamante e óleo adesivo.

É possível variar o resultado obtido conforme os seguintes fatores:

- Tempo de ciclo – o arredondamento de aresta em função do tempo de ciclo não segue uma relação linear;
- Estado e tipo de mídia – é necessário fazer uma monitorização rigorosa do estado da mídia;
- Rotação e sentido do *holder* e do *rotor* – uma rotação no sentido horário irá promover o arredondamento de aresta, enquanto a rotação no sentido anti-horário irá promover o polimento das superfícies exteriores;
- Profundidade de submersão da peça – a peça deverá estar completamente submersa de forma a obter um resultado uniforme ao longo de todo o corpo;
- Ângulo de incidência – a máquina permite criar uma inclinação num ângulo de 15° para ferramentas que apresentem canais retos. No caso das ferramentas helicoidais, não deverá haver qualquer inclinação.

Por sua vez, na definição do ciclo é importante ter em conta o diâmetro da ferramenta, o raio da aresta e a rugosidade inicial, a dureza e geometria da ferramenta e por fim, a sua aplicação. É necessário também considerar o número de ferramentas a serem processadas em simultâneo, uma vez que o esforço será inversamente proporcional à quantidade.

De forma a comparar o processo de escovado com acabamento por arrasto, foram selecionadas 20 unidades de uma ferramenta para serem submetidas ao primeiro processo e 10 unidades ao segundo, obtendo-se os valores apresentados na Tabela 1 para um arredondamento de 25 μm :

Tabela 1 - Resultado do arredondamento de aresta por escovado e por acabamento por arrasto.

Parâmetros	Inicial	Após escovado	Após acabamento por arrasto
Raio da aresta (μm)	36,051	42,212	22,924

Como se pode observar pelos resultados obtidos, o acabamento por arrasto permite um arredondamento muito mais preciso do que o escovado, que acabou por criar um arredondamento excessivo.

3.4 Estado atual

Analisando o estado atual da empresa, é possível detetar algumas perdas relacionadas com os equipamentos, os trabalhadores e ainda recursos.

Relativamente aos equipamentos, a manutenção é feita apenas de forma corretiva e é da responsabilidade exclusiva do departamento de manutenção, sem o envolvimento direto dos operadores, que reconhecem a falta de comunicação entre as partes envolvidas como um problema. Apesar de haver uma plataforma informática que permite aos operadores submeterem pedidos de manutenção, a lista é extensa em todos os centros produtivos, fazendo com que o departamento de manutenção não consiga agir de forma expedita em caso de emergência. Outra questão problemática é o facto do departamento de manutenção não precisar de *feedback* por parte de quem iniciou o pedido para o encerrar, e o que se verificava com frequência, é que não havia consenso na produção relativamente ao estado do pedido, ou seja, o departamento de manutenção encerrava o pedido e chegava-se à conclusão de que o problema não tinha ficado resolvido. Isto leva a que seja necessário fazer o levantamento do ponto de situação de forma recorrente para voltar a abrir os pedidos que foram fechados erradamente. O levantamento dos pedidos é dificultado pelo facto desta lista ser apenas acessível ao departamento de manutenção, ou seja, os pedidos apenas podem ser consultados nos respetivos centros que os abriram, impossibilitando ao supervisor de produção ou ao diretor de operações avaliar o estado da situação.

O facto de não serem efetuadas manutenções preventivas leva ainda a que a qualidade do processo não esteja garantida, originando perdas de qualidade e consequente retrabalho.

É possível ainda mencionar as perdas por substituição de ferramentas que apresentam desgaste, como no caso das mós de retificação e fresagem, que são mais demoradas do que o expectável, devido à não antecipação das necessidades de *setup*.

Em relação às perdas que afetam a eficiência do trabalhador, o que se constata é a desorganização generalizada dos centros produtivos, patente pela ausência de rotinas de limpeza, que originam perdas por movimentos e esperas. Por outro lado, originam ainda perdas em medição e ajustes desnecessários, nomeadamente tempos de *setup* elevados e perdas relacionadas com a gestão do trabalho, quer pela inexistência de procedimentos, quer pela falta de métodos estruturados para que o fluxo seja contínuo e se cumpram os padrões de trabalho.

Por exemplo, no centro de soldadura, é frequente haver necessidade de trocar os tacos das ferramentas quando há não conformidades. Estes tacos, representados na figura 18, tratam-se de cavilhas de metal que servem para fechar os furos de refrigeração.

6.7 CARBIDE DOWELS FOR CLOSING OF COOLANT HOLES

Figure 1 shows the basic geometry for the carbide pins including tolerances. For dowel diameter and length please consult Table 6.

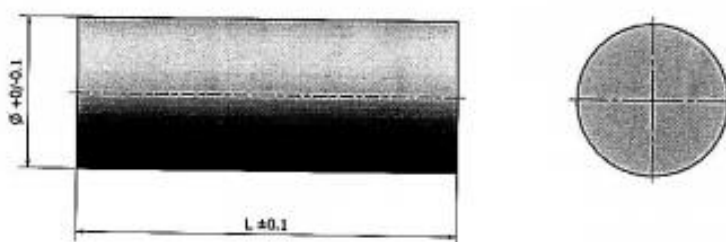


Figure 1 – Carbide dowels geometry

Figura 18 - Desenho técnico das cavilhas de metal.

Sempre que é necessário efetuar esta operação, um operador tem de se dirigir ao centro de logística para requisitar novos tacos, de acordo com a rota sinalizada na Figura 19.

Acontece que o centro fica numa zona da fábrica que tem acesso restrito aos respetivos membros da equipa, obrigando o operador a aguardar até que alguém abra a porta, o que muitas vezes acontece por coincidência, uma vez que quem está no centro não se consegue aperceber se está alguém do lado de fora, criando grandes tempos de espera e interrupções no trabalho dos funcionários.

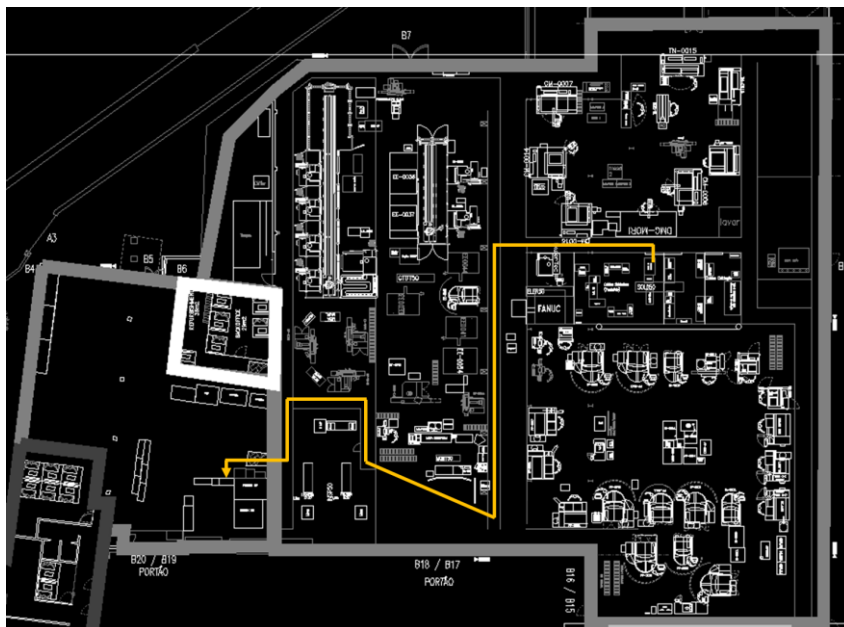


Figura 19 - Rota entre o centro de soldadura e o centro de logística.

Outra situação que é consequência da falta de organização e consome muito tempo aos operadores de forma desnecessária, ocorre no centro de helicoides da linha de metal duro (CHHM), onde se recorre ao uso de casquilhos quando se pretende produzir as ferramentas com recurso ao robot. Estes casquilhos têm dimensões semelhantes, distinguindo-se apenas pelo diâmetro interno que varia entre 4 mm e 25 mm e encontram-se distribuídos aleatoriamente por três gavetas, sendo que não há nenhuma característica que permita identificar de forma intuitiva qual a dimensão em questão, como se pode verificar na Figura 20. Desta forma, os operadores são obrigados a fazer a seleção de forma iterativa e a testar a ferramenta até encontrar o casquilho pretendido.

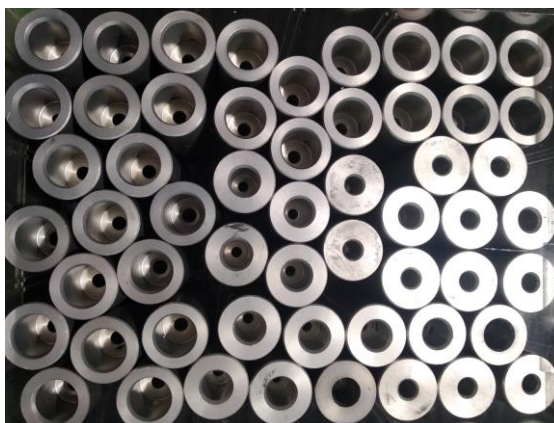


Figura 20 - Distribuição dos casquilhos na gaveta.

4 Soluções Propostas, Implementação e Resultados Obtidos

Neste capítulo apresenta-se um conjunto de propostas de melhoria de forma a ir de encontro às necessidades e oportunidades identificadas. Se algumas das propostas foram efetivamente implementadas, outras propostas não foram possíveis de executar dentro do tempo útil do projeto de dissertação.

4.1 Nova Célula de Trabalho

Quanto à implementação da nova célula, há vários fatores a considerar, nomeadamente o seu posicionamento em relação ao layout, a disposição do espaço de trabalho, a definição do plano de testes e por fim, a criação de procedimentos operativos de forma a tornar o seu funcionamento acessível a todos os operadores.

4.1.1 Layout

Uma vez analisadas as características da nova máquina de acabamento, e confrontando essa análise com o layout da fábrica e o fluxo de trabalho, é possível concluir que o processo de acabamento irá ser antecedido pelo processo de fresagem, que se realiza na linha de metal duro, apresentada na Figura 21.



Figura 21 - Introdução da célula de trabalho no layout do chão de fábrica.

Para a maioria das ferramentas esta será a operação final antes da montagem, caso se trate de um conjunto, ou da inspeção.

Por esta razão, foi considerado coerente que esta célula se enquadrasse na imediação destes centros, como indica a figura 21, com o intuito de facilitar o seu acesso, até porque de momento, não existe a intenção de alocar um novo funcionário a esta função e o objetivo será que esta seja coordenada com as restantes responsabilidades.

É preciso ter também em conta que, dada a utilização da mídia, e a importância do estado da mesma para o sucesso dos processos, é necessário que esta célula fique resguardada, de forma a evitar possíveis acidentes ou contaminações da mídia.

Deste modo, a nova célula foi inserida no centro de helicoides de metal duro (CHHM), em frente à passagem para o centro de montagem, ocupando uma posição mais protegida do contacto com o óleo e grandes movimentações, mas igualmente acessível a qualquer outra máquina do centro, como indica a Figura 22.



Figura 22 - Posicionamento da máquina em relação ao centro.

4.1.2 Espaço de Trabalho

Tendo em conta o número elevado de acessórios que a máquina possui, entre eles:

- Adaptadores para ferramentas de diâmetros pequenos, entre 3 mm a 17 mm;
- Adaptadores para ferramentas de diâmetros grandes, entre 17 mm a 26 mm;
- Adaptadores do sistema antigo para diâmetros entre 28 mm a 32 mm;
- Adaptadores para ferramentas com aperto HSK;
- Pinças com mais de 13 tipos de diâmetro,

procurou-se uma bancada de trabalho que armazenasse todos estes acessórios, mas que também permitisse ao operador montar e desmontar as ferramentas de forma confortável, visto que alguns dos acessórios têm um tamanho e peso consideráveis.

Foram analisados vários catálogos de diferentes fornecedores, com diferentes sistemas de organização, com o intuito de selecionar um sistema que não ocupasse demasiado espaço, que permitisse uma disposição clara de todos os acessórios, que fosse acessível e fácil de manter organizado.

Com a colaboração dos funcionários, e de forma a satisfazer os requisitos dimensionais, um dos fornecedores apresentou a seguinte proposta para a bancada, apresentada na Figura 23.



Figura 23 - Proposta para a bancada de trabalho.

As duas primeiras gavetas, de 75 mm, destinam-se às pinças pequenas e grandes, respetivamente. Como sistema de organização optou-se pelo sistema apresentado na Figura 24. Este sistema permite armazenar um número considerável de acessórios, sem ocupar grande espaço.



Figura 24 - Sugestão do sistema de organização para as pinças.

A terceira gaveta, de 150 mm, destina-se a acessórios intermédios, como as chaves que auxiliam o manuseamento das ferramentas.

Por fim, as últimas três gavetas, de 300 mm, destinam-se aos adaptadores HSK, adaptadores pequenos e adaptadores grandes, respetivamente.

O sistema de organização pensado para a gaveta dos adaptadores HSK consiste num tapete antiderrapante, como apresentado na Figura 25.



Figura 25 - Representação do sistema de organização com o tapete de anti derrapagem.

Relativamente aos adaptadores standard, sugere-se o uso de separadores individuais com dois diâmetros diferentes, que sirvam os adaptadores maiores e os mais pequenos, como indica a Figura 26.



Figura 26 - Representação do sistema de organização para os adaptadores.

Além da bancada de trabalho, é necessário considerar também os contentores com as mídias. Para cada mídia, existe um contentor e o respetivo trolley que possibilita a troca de mídias rapidamente, como se pode verificar na Figura 27.

É essencial que os contentores fiquem posicionados de tal forma que o operário lhes tenha fácil acesso e espaço para efetuar a troca, mas em simultâneo que não perturbem o espaço de trabalho nem estejam numa zona movimentada que possa provocar acidentes.



Figura 27 - Troca de mídias com recurso ao trolley designado para o efeito.

De forma a identificar e manter o seu lugar, sinalizou-se a respetiva área com fita adesiva amarela, criando um espaço para cada *trolley*, como se pode verificar na Figura 28.



Figura 28 - Posicionamento das mídias em relação à máquina.

Apesar dos contentores serem abertos, não convém que as mídias fiquem expostas ao ar, pois poderá deteriorar o seu estado mais rapidamente, ou de forma permanente, especialmente numa indústria que lida recorrentemente com óleo.

Uma vez que os fornecedores recomendam, mas não disponibilizam nenhum tipo de cobertura, foi necessário arranjar uma alternativa para tapar os contentores. Desta forma foi criada a proposta indicada na Figura 29.

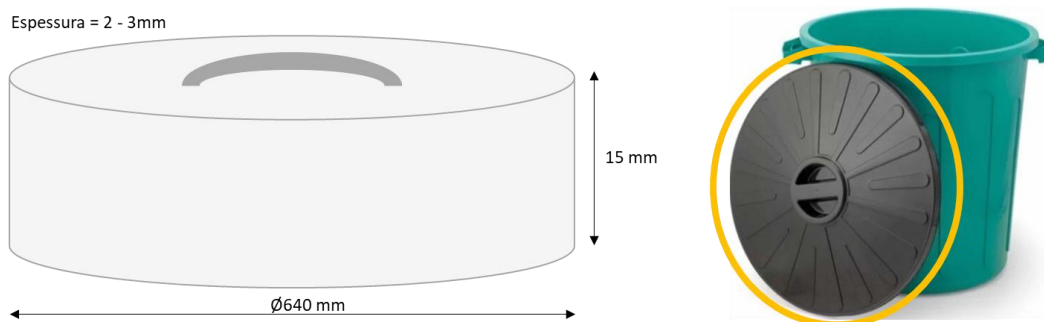


Figura 29 - Sugestão para tampa dos contentores.

Numa primeira fase ponderou-se utilizar acrílico ou policarbonato, mas tendo em conta o seu propósito, não existe razão para se dar preferência às características técnicas destes materiais, acabando por se considerar polipropileno mais adequado, uma vez que não é tão pesado e é menos dispendioso.

4.1.3 Plano de testes

Dadas as variáveis do processo, referidos no capítulo anterior, elaborou-se o seguinte plano de testes:

- Numa primeira fase irão ser testados seis tipos de ferramentas com um perfil simples. Três brocas de diferentes diâmetros entre si e três fresas de diâmetros equivalentes às brocas. Por sua vez, cada ferramenta será produzida em três unidades: uma será sujeita a um arredondamento de aresta de 15 μm , outra a um arredondamento de aresta de 25 μm e a terceira a um polimento. Desta forma será possível testar não só a influência do diâmetro, como da aplicação da ferramenta;
- Numa segunda fase deverá ser testada a influência da dureza. Recorrendo aos três tipos de matéria prima mais utilizados na fábrica, ir-se-á produzir três unidades da mesma ferramenta em cada um deles. Cada unidade será submetida a um processo diferente e pretende-se verificar qual impacto da dureza nestes processos;
- Numa terceira fase deverá ser testada a influência da quantidade de ferramentas por processo. Uma vez que o processo consiste no arrastamento das ferramentas pela mídia, quanto maior for o número de ferramentas, menor será o esforço feito neste movimento, podendo oferecer diferentes resultados. Nesta fase, além da quantidade, deverá também ser testada a distribuição das ferramentas, ou seja: será que ao ter três ferramentas num só *holder* se irá obter resultados diferentes do que caso se distribua uma ferramenta por cada *holder*?
- Por fim, recorrendo ao *feedback* dos clientes, será possível ter uma noção mais realista do impacto destes processos no desempenho e tempo de vida útil da ferramenta.

O plano pode-se resumir segundo o cronograma apresentado na figura 30.

Plano de Testes	1ª Fase	2ª Fase	3ª Fase	4ª Fase
Aplicação				
Diâmetro				
Dureza				
Quantidade				
Clientes				

Figura 30 - Cronograma do plano de testes.

À medida que se vai avançando no plano, é importante fazer-se também um ajuste dos ciclos, de forma a obter-se um quadro claro dos diferentes programas a aplicar conforme a tipologia de ferramenta e material a maquinar.

4.1.4 Procedimentos Operativos

De forma a facilitar a integração do novo equipamento na linha de produção, elaboraram-se três procedimentos operativos: o primeiro relacionado com o manuseamento do ecrã tátil, o segundo com o processo de arredondamento de aresta e o terceiro com o processo de polimento. Estes procedimentos também dão as indicações necessárias para os operadores poderem fazer a monitorização das respetivas mídias.

Na Figura 31, está apresentado um excerto do procedimento relativo ao manuseamento do ecrã tátil. Uma vez que o sistema está em inglês, as instruções são todas acompanhadas de imagens, de forma a tornar esta operação o mais intuitiva e objetiva possível. Estes procedimentos podem ser analisados em maior detalhe nas Figuras 1, 2, 3, 4 e 5 no Anexo A.

Um quarto procedimento operativo deverá ser redigido, assim que os ciclos forem testados e os fluxos definidos, de forma a relacionar as características da ferramenta com os programas a chamar.

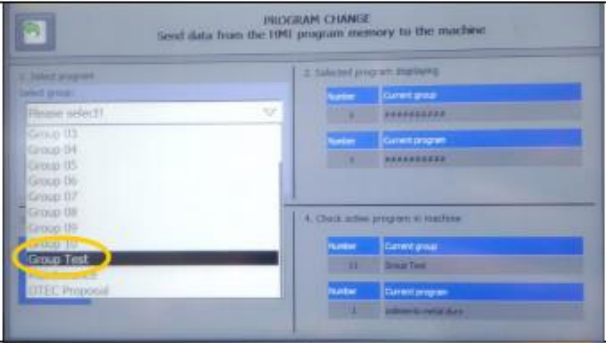
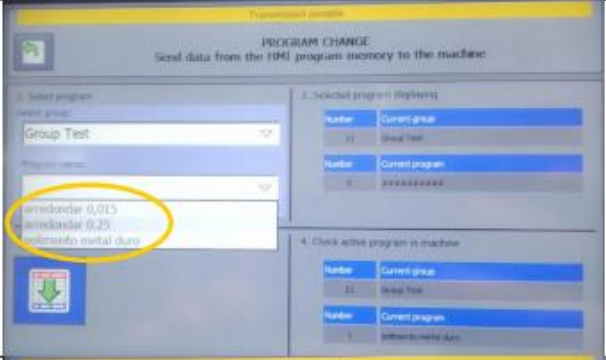
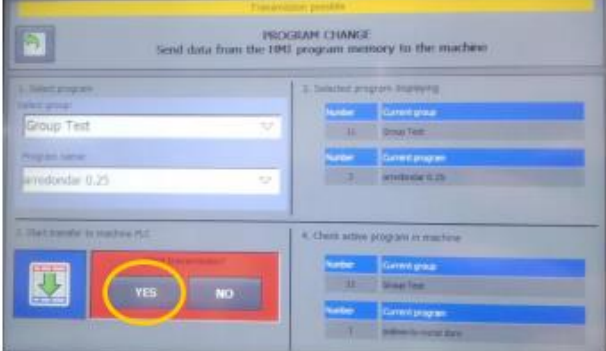
3	Em "1. Select Group", selecionar opção "Group test"; On "1. Select Group", select option "Group test";	
	Em "Programme name" escolher o programa pretendido On "Programme name" choose the desired program;	
4	Em "3. Start transfer to machine", selecionar "Start transmission" e "Yes". On "3. Start transfer to machine", select "Start transmission" and then "Yes".	

Figura 31 - Detalhe do procedimento operativo sobre o manuseamento do ecrã tátil.

4.2 Manutenção

Com o intuito de melhorar a situação da manutenção, mas também a organização dentro dos centros, foram desenvolvidos novos procedimentos de rotinas de limpeza, em conjunto com o departamento de manutenção e os chefes de centro, de forma a incluir tarefas CLIT na nova rotina e evitar avarias mais graves que poderiam ser facilmente controladas.

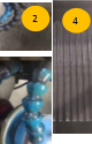
Neste seguimento, o departamento de manutenção fez o levantamento dos pontos mais críticos em cada centro, em termos de preservação do estado das máquinas, tais como a monitorização dos filtros do ar e do óleo, do nível de óleo nas aparadeiras, da sinalização e das emulsões.

As tarefas dividem-se em categorias diárias, semanais, mensais e trimestrais. Estas deverão ser executadas de forma repartida por todos os membros do centro, que deverão assinar o procedimento após a sua execução. Cabe ao chefe de cada centro certificar-se de que a rotina está a ser seguida e o centro se mantém limpo e organizado.

Após a apresentação da rotina ao chefe de centro, foi explicado a toda a equipa o que implicava cada ponto que constava no procedimento. Para facilitar a sua interpretação, cada tarefa foi numerada e cada número corresponde a uma fotografia do objeto sob a qual esta se debruça, como é possível verificar na Figura 32. É possível analisar a *checklist* em maior detalhe na Figura 1 do anexo B.

FMT										CHECK-LIST DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA CTAF										Data:		Aprovado por:	
										Capitão:				Membros da Equipa:									
Nr Foto	Operação	2ª feira			3ª feira			4ª feira			Assinaturas			5ª feira			6ª feira			Sábado	Frequência	Assinatura/Data	
		TN	TM	TT	TN	TM	TT	TN	TM	TT	TN	TM	TT	TN	TM	TT	TN	TM	TT				
1	Inspeção e remoção de resíduos da máquina e limpeza do espaço de trabalho da máquina																						
	Calibração da máquina (tirar zeros)																						
2	Verificação do desgaste das mós																						
3	Verificação do estado e estabilidade das manguelras de abastecimento																						
4	Verificação do estado foles + desobstrução dos canais																						
5	Verificação do nível do óleo na aparadeira																						
6	Verificação do estado de pressão no manómetro do sistema pneumático (6 - 6.5 bar)																						
7	Verificação visual da limpeza do sistema de extinção de fogo																						
8	Verificação do estado do filtro do ar condicionado																						
9	Limpeza das lâmpadas no interior da máquina e verificação do seu correto funcionamento																				Mensal		
10	Limpeza das portas laterais da máquina																				Mensal		
11	Limpeza das calhas das portas																				Mensal		
12	Limpeza das grelhas de proteção dos motores																				Mensal		
13	Verificação do estado do apalpador																				Mensal		
14	Verificação do nível de lubrificação																				Mensal		
15	Inspeção do estado do filtro do óleo																				Mensal		
16	Limpeza das janelas da máquina																				Mensal		
	Remoção de resíduos e limpeza de toda a estrutura das máquinas																				4 meses		







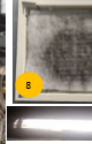
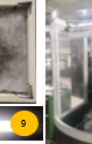










Figura 32 - Checklist de manutenção autónoma.

4.3 Criação de Stock de Tacos

Quanto à questão da substituição dos tacos no centro de soldadura, a solução implementada consistiu na criação de um stock mínimo dentro do próprio centro. Ou seja, entre os 27 tipos de tacos existentes, foi feita uma análise ABC de acordo com o seu consumo nos últimos três anos, como se pode verificar na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação ABC dos tacos

<i>Referência</i>	<i>% QTD</i>	<i>% AC QTD</i>	<i>Classificação</i>
P6.02939	29.47%	29.47%	A
P6.02930	18.15%	47.62%	A
P6.02945	14.69%	62.31%	A
P6.02936	7.04%	69.35%	A
P6.02946	4.17%	73.52%	A
P6.02940	3.97%	77.49%	A
P6.02937	2.78%	80.28%	B
P6.02951	2.69%	82.97%	B
P6.02942	2.64%	85.61%	B
P6.02944	2.58%	88.19%	B
P6.02933	2.18%	90.37%	B
P6.02941	1.96%	92.33%	B
P6.02952	1.36%	93.69%	B
P6.02931	1.17%	94.87%	B
P6.02934	0.92%	95.78%	C
P6.02947	0.59%	96.38%	C
P6.02938	0.56%	96.94%	C
P6.02953	0.53%	97.46%	C
P6.02932	0.49%	97.95%	C
P6.02954	0.41%	98.37%	C
P6.02957	0.40%	98.77%	C
P6.02955	0.39%	99.16%	C
P6.02943	0.29%	99.45%	C
P6.02935	0.25%	99.70%	C
P6.02956	0.23%	99.93%	C
P6.02948	0.06%	99.99%	C
P6.02949	0.01%	100.00%	C

Tal como referido no Capítulo 2, esta classificação resulta num diagrama de Pareto, como indica a Figura 33. A vermelho está destacada a ordenada que diz respeito a 80% do consumo, delimitando os itens de classificação A e a verde a ordenada que diz respeito a 95% do consumo, delimitando os itens de classificação B, sendo os restantes 50% dos itens de classificação C.

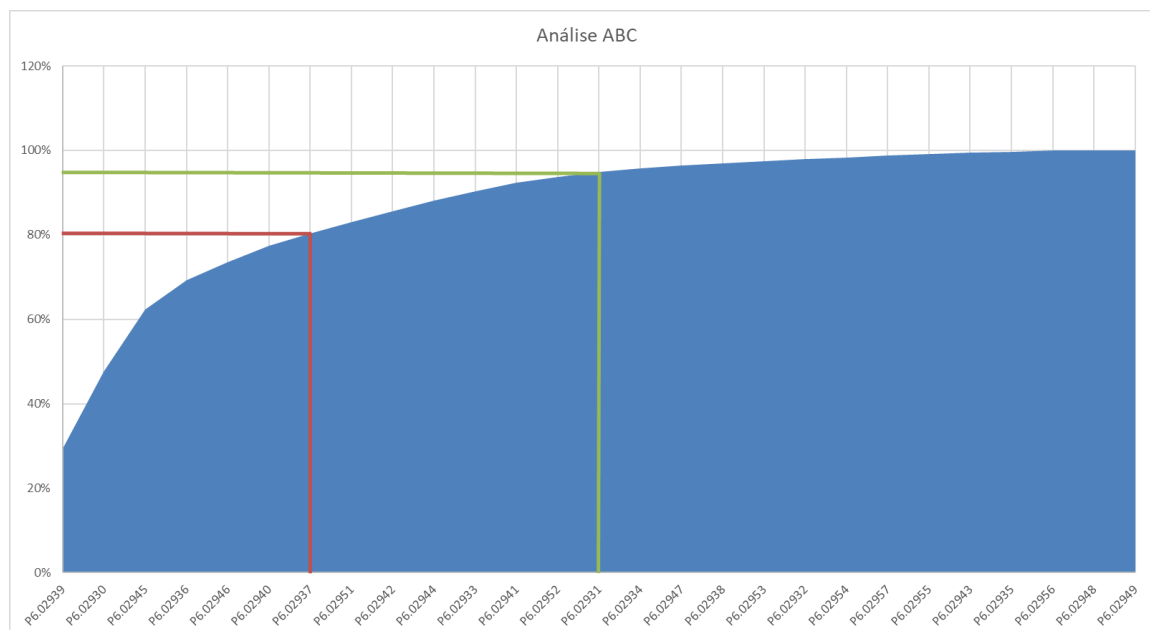


Figura 33 - Classificação ABC dos tacos.

Foram assim seleccionadas as referências que representam 95% do consumo de tacos para passarem a ser guardados numa caixa semelhante à apresentada na Figura 34, uma vez que permite uma fácil organização, não é dispendiosa, é flexível na medida em que se pode alterar o tamanho e número de divisões conforme necessário e não ocupa muito espaço.



Figura 34 - Proposta para armazenagem dos tacos.

4.4 Transformação dos Casquilhos

Uma medida já praticada para a identificação dos casquilhos pode ser verificada no centro CTDT, em que a face superior está pintada de forma a que a cada cor ou padrão de cores corresponde um diâmetro. Contudo, tendo em conta o contacto direto com o óleo, esta iniciativa acabou por não se mostrar eficaz, uma vez que a tinta se desgastou com facilidade, como é possível observar na Figura 35.

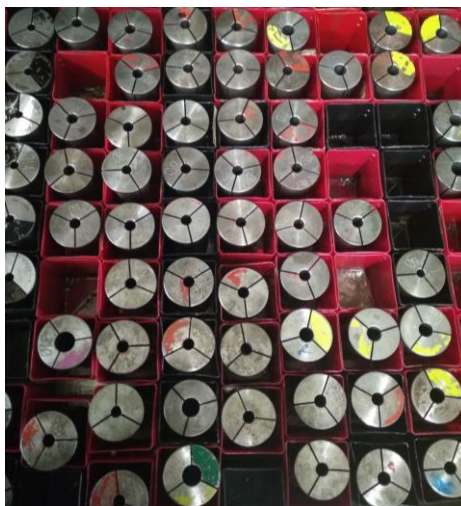


Figura 35 - Distribuição dos casquilhos no CTDT.

De forma a contornar este problema, sugeriu-se que fosse feito um pequeno rasgo, entre 1 mm e 2 mm, na face superior do casquilho e se pintasse esse patamar inferior, como sugere a Figura 36, que já não estaria sujeito a um contacto tão intenso com o óleo. Uma vez que a tinta já não estaria à superfície, conservar-se-ia melhor, tornando esta medida mais eficiente e duradoura.

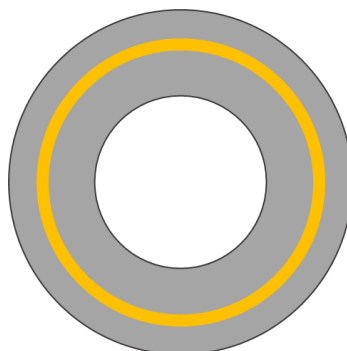


Figura 36 - Representação da nova apresentação dos casquilhos.

Este projeto poderia ser desenvolvido dentro da própria fábrica, recorrendo ao centro de maquinagem para fazer o rasgo no torno e às tintas que foram utilizadas para o mesmo fim no CTDT.

4.5 Normalização do Trabalho

Com o intuito de estabelecer padrões de trabalho, definir métodos estruturados e garantir uma produção fluida com resultados fiáveis, independentemente de quem executa as tarefas, foram criados e revistos diferentes procedimentos operativos, consoante as maiores necessidades dos centros da linha de metal duro.

No caso do centro de retificação (RFHM) foi criado um procedimento relativo à retificação de mós, como se pode ver na Figura 37. É possível consultar este procedimento em maior detalhe nas Figuras 1, 2 e 3 do anexo A.

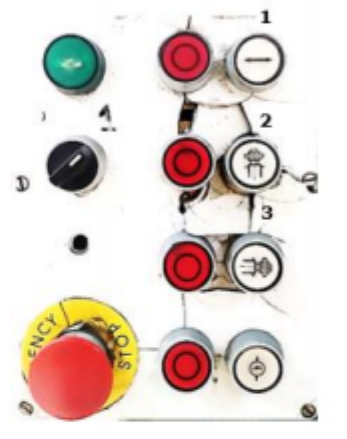
1	Colocar a mó na máquina RT-0022. <i>Place the grinding wheel in RT-0022 machine.</i>	
2	Pressionar na seguinte ordem: Botão 1 – Ativa movimento pendular da máquina; Botão 2 – Ativa rotação da mó retificadora; Botão 3 – Ativa rotação da mó a retificar; <i>Press in the following order:</i> <i>Button 1 - Activates the pendulum movement of the machine;</i> <i>Button 2 - Activates rotation of the rectifying grinding wheel;</i> <i>Button 3 - Activates the rotation of grinding wheel to be rectified;</i>	
3	Regular a velocidade (na parte de trás da máquina) da mó de acordo com o seu tamanho – quanto maior a mó, menor deve ser a velocidade: • Sentido horário: acelera; • Sentido anti-horário: abranda; <i>Adjust the speed (in the back of the machine) of the grinding stone according to its size - the bigger the size, the lower the speed must be:</i> • Clockwise: speeds up; • Counterclockwise: slows down;	
4	Verificar ao longo do processo se a mó já apresenta o estado desejado; <i>Check throughout the process if the grinding wheel already shows the desired state;</i>	

Figura 37 - Excerto do procedimento operativo relativo à retificação de mós.

Uma vez que esta tarefa consta na rotina de limpeza do centro com uma frequência semanal, foi criado um documento que procura definir este processo, tornando-o mais claro.

O estado das mós é um fator crítico na maquinagem das ferramentas, uma vez que se não houver preocupação em assegurar as boas condições das mós, será provável que estas partam durante uma operação, danificando a ferramenta, o que não só implica retrabalho, como custos acrescidos para a produção.

Foram ainda revistos os procedimentos operativos existentes para o centro de afiamentos (CTAF), uma vez que os que existiam já não se aplicavam ao modo de trabalho atual do centro. Esta revisão, feita em conjunto com o chefe do centro, permitiu identificar algumas lacunas que existiam a nível de documentação de processos, que foram posteriormente redigidos, como por exemplo sobre o posicionamento das mós e novos procedimentos para a identificação das operações a que foram sujeitas as ferramentas.

5 Conclusões e Sugestões Futuras

Apesar de parte das soluções propostas não terem sido totalmente implementadas, tais como a encomenda da bancada e das tampas, ou a transformação dos casquilhos, o programa de melhorias foi desenvolvido e é possível verificar progresso entre a situação inicial e a situação final deste projeto.

As medidas de manutenção autónoma foram implementadas e o rastreio dos pedidos não só alertou a direção para a falta de comunicação que por vezes surgia entre este departamento e os restantes centros, como permitiu um avanço considerável na execução destas tarefas. Os chefes de centro também se tornaram mais dinâmicos neste processo, ao atentar ao estado dos pedidos e definir prioridades.

No seguimento desta implementação, as equipas tornaram-se mais conscientes não só dos equipamentos, mas como também da limpeza e organização dos centros em geral. Ao atribuir-se um determinado dia da semana para estas tarefas, os funcionários encaram-nas como parte do seu trabalho e da sua rotina e não como trabalho extra ou trabalho que não é valorizado por não estar diretamente relacionado com a produção.

No futuro, poderá ser benéfico adotar um programa que permita à direção aceder diretamente a todos os pedidos feitos pela produção, e que seja necessário haver consenso entre as duas partes (quer do departamento de manutenção, quer do centro que fez o pedido) para os pedidos poderem ser dados como encerrados.

Relativamente à introdução da nova célula de trabalho, será então necessário proceder à concretização das propostas apresentadas. É um passo que, naturalmente, requer investimento quer a nível financeiro, devido ao equipamento, quer a nível de tempo, uma vez que será necessário alocar pessoal à execução e análise do plano de testes, para se poder proceder à validação e ajuste dos ciclos existentes e posterior definição de fluxos. Contudo, assim que esta etapa for concluída, será muito mais fácil normalizar os processos e torná-los fluidos dentro da produção. É também essencial que este estudo seja feito de forma a potenciar o equipamento adquirido, adotando os melhores resultados e não permitindo que haja variações na sua qualidade.

No que toca aos clientes, será importante incluí-los e informá-los sobre esta transição, para que se possam aperceber da diferença e dar o seu *feedback* relativamente aos resultados obtidos com as novas ferramentas. Surgiu uma situação de teste muito positiva, em que após consulta e autorização do cliente, se submeteram dez unidades, num total de trinta, a um processo de polimento na máquina de acabamento, enquanto as outras vinte seguiram a rota usual. Após confronto com os resultados, o cliente ficou tão satisfeito com o novo processo que optou por quadruplicar o volume da encomenda.

Desta forma, é possível concluir que, apesar de se estar a aumentar ligeiramente o tempo de produção (num intervalo que não deverá exceder os 10 minutos), estará a acrescentar-se consideravelmente mais valor ao produto, justificando que essa melhoria se reflita no preço e contribuindo para o rendimento da empresa.

Quanto ao projeto do stock mínimo de tacos no centro de soldadura, irá permitir eliminar um desperdício na produção. Foram identificadas situações semelhantes noutros centros, que serão de fácil análise e resolução e poderão ter um grande impacto no fluxo geral da fábrica, sem exigir grandes recursos.

Relativamente à transformação dos casquilhos de acordo com as suas dimensões, é uma medida que poderá não ter um impacto muito grande à primeira vista, mas que irá facilitar o trabalho aos funcionários e se for adotada noutros elementos que provoquem situações semelhantes, acabará por fazer a diferença, não só no tempo que se demora a preparar e executar determinadas tarefas, como também no método e organização de como são feitas.

Por fim, a revisão e criação de procedimentos operativos, além de promover a normalização das tarefas em questão, permitiu o confronto com o método de trabalho atual, evidenciando as lacunas que existiam no repositório da linha de produção. O processo de redação destes documentos em colaboração com os funcionários deu ainda origem a formações, nivelando o conhecimento pela equipa, em vez de o concentrar num ou dois funcionários mais experientes. É essencial que estas medidas se estendam a todos os centros, de forma a que seja feita essa reflexão e consequente formação, resultando numa equipa mais flexível, informada e polivalente.

Referências

- Ahuja, I. P. S., and J. S. Khamba. 2008. "Total productive maintenance: literature review and directions." *International Journal of Quality & Reliability Management* 25 (7): 709-756. <https://doi.org/10.1108/02656710810890890>.
<https://doi.org/10.1108/02656710810890890>.
- Almada-Lobo, Bernardo. 2013. TPM – Total Productive Maintenance. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Balaji, K., and V. S. Senthil Kumar. 2014. "Multicriteria Inventory ABC Classification in an Automobile Rubber Components Manufacturing Industry." *Procedia CIRP* 17: 463-468. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.044>.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114003849>.
- Carravilla, Maria Antónia. 1998. "Layouts: Balanceamento de linhas."
- Coimbra, E. 2013. *Kaizen in Logistics and Supply Chains*. McGraw-Hill Education.
- Denkena, B., and D. Biermann. 2014. "Cutting edge geometries." *CIRP Annals* 63 (2): 631-653. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cirp.2014.05.009>.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850614001917>.
- Hilario, Igor. 2014. "Processos e Layouts Produtivos." <https://slideplayer.com.br/slide/1228014/>.
- Hirano, H. 1995. *5 Pillars of the Visual Workplace*. Taylor & Francis.
- Imai, M. 2012. *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy, Second Edition*. McGraw-Hill Education.
- Indústria, Redação. 2014. "Como é produzido o Cimento?". <https://industria hoje.com.br/fabricacao-de-cimento>.
- Institute, Lean Enterprise. Standardized work the foundation for kaizen.
- Jacobs, F.R., and R.B. Chase. 2020. *Operations and Supply Chain Management*. McGraw-Hill Education.
- Jain, Abhishek, Rajbir Bhatti, and Harwinder Singh. 2014. "Total productive maintenance (TPM) implementation practice: A literature review and directions." *International Journal of Lean Six Sigma* 5 (3): 293-323. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2013-0032>. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2013-0032>.
- Kiran, D. R. 2017. "Seven Traditional Tools of TQM." 271-290.
- LERC. 2006. "What is Lean Thinking?".
- McCarthy, D., and N. Rich. 2015. *Lean TPM: A Blueprint for Change*. Elsevier Science.
- Melton, T. 2005. "The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries." *Chemical Engineering Research and Design* 83 (6): 662-673.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.1205/cherd.04351>.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263876205727465>.
- Michalska, J., and D. Szewieczek. 2007. "The 5S methodology as a tool for improving the organisation." *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 24.
- Miranda, Douglas. 2018. "Layout - Arranjo Físico." <https://www.slideshare.net/easyway0/administrao-de-produdo-layoutarranjo-fisico>.
- Monma, Hiroyuki. 2015. "ABC Production Analysis." *Japanese Gemba Kaizen Web* (blog). <https://takuminotie.com/english/2015/09/30/abc-production-analysis/>.
- Montgomery, D.C. 2009. *Introduction to Statistical Quality Control*. Wiley.
- Nakajima, S. 1988. *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- OTEC. 2020. Better performance for cutting and forming tools by OTEC finishing machines.
- Pereira, Ron. 2009. "The Seven Wastes." *iSixSigma*, 3.
- Rodríguez, C.J.C. 2009. *Cutting Edge Preparation of Precision Cutting Tools by Applying Micro-abrasive Jet Machining and Brushing*. Kassel University Press.
- Sharma, Rajiv, and Pradeep Kumar. 2006. "Manufacturing excellence through TPM implementation: A practical analysis." *Industrial Management and Data Systems* 106: 256-280. <https://doi.org/10.1108/02635570610649899>.
- Shirose, K. 1997. *TPM: Total Productive Maintenance : New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries*. Japan Institute of Plant Maintenance.
- SixSigma. 2017. "Relation between 5S and Kaizen." <https://www.6sigma.us/six-sigma-articles/relation-between-5s-and-kaizen/>.
- Vasconcelos, Bernardo. 1991. *Gestão de Stocks*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Wakjira, Melesse Workneh, and Ajit Pal Singh. 2012. "Total Productive Maintenance: A Case Study in Manufacturing Industry." *Global Journal of researches in engineering* 12 (1): 9. https://globaljournals.org/GJRE_Volume12/4-Total-Productive-Maintenance-A-Case-Study.pdf.
- Wang, Wanting, Md Saifullah, Robert Aßmuth, Dirk Biermann, Abul Fazal Arif, and S. C. Veldhuis. 2020. "Effect of edge preparation technologies on cutting edge properties and tool performance." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 106: 1-16. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04702-1>.
- Williams, Linda. "Facility Location and Layout." <https://courses.lumenlearning.com/wm-introductiontobusiness/chapter/facility-location-and-layout/>.
- Womack, James, and Daniel Jones. 1996. *Lean Thinking : Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Vol. 48.

ANEXO A: Procedimento Operativo - Manuseamento Ecrã Tátil



PO – Manuseamento ecrã tátil OTEC DF-3 HD

OTEC DF-3 HD Polishing Process

Rev. 0

29.10.2020

Pág. 1 de 5

1. OBJETIVO E ÂMBITO | OBJECTIVE AND SCOPE

Este documento tem como objetivo discriminar as principais funções utilizadas na interface HMI.

This document aims to describe the polishing process at OTEC.

2. PROCEDIMENTO, ATIVIDADES E RESPONSABILIDADES | PROCEDURE, ACTIVITIES AND RESPONSIBILITIES

O manuseamento do ecrã tátil deve ser sempre feito por intermédio da caneta designada para o efeito (ver figura 1).

The touch screen must always be handled with the designated pen.



Figura 1 - Ecrã tátil e respetiva caneta

2.1 Chamar Programas

1	Clicar em "Programs" no ecrã principal; <i>Click on "Programs" on the main screen;</i>	
2	Clicar em "Change Program"; <i>Click on "Change Program";</i>	

Figura A.1 - Manuseamento ecrã tátil, página 1.



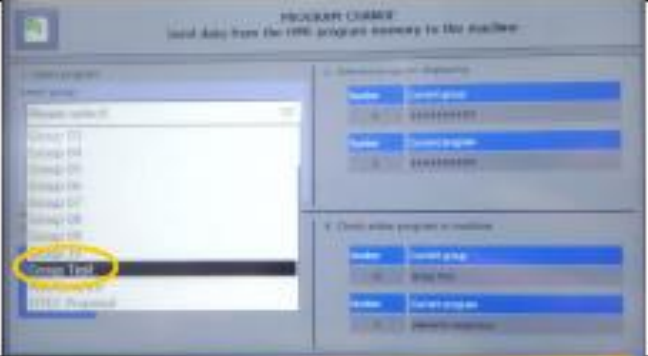
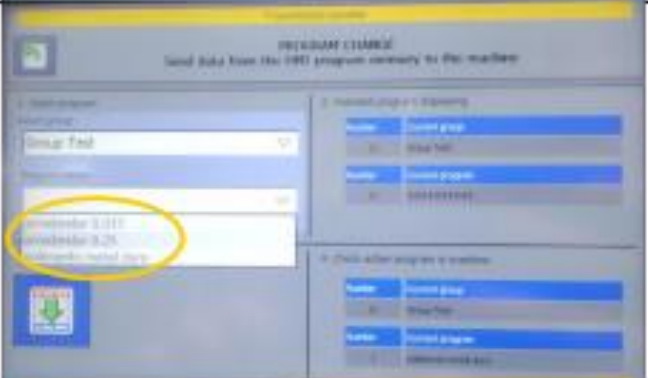
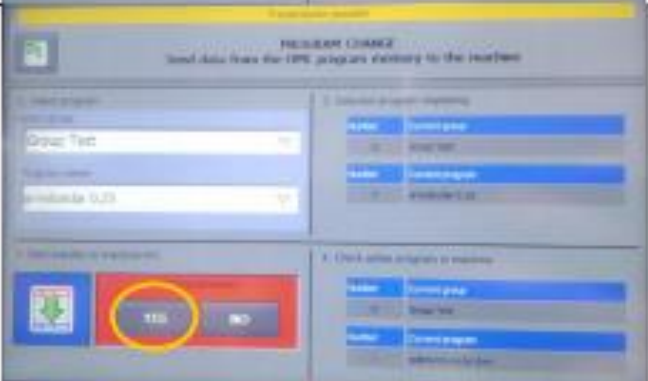
PO – Manuseamento ecrã tátil OTEC DF-3 HD

OTEC DF-3 HD Polishing Process

Rev. 0

29.10.2020

Pág. 2 de 5

3	Em "1. Select Group", selecionar opção "Group test"; <i>On "1. Select Group", select option "Group test";</i>	
	Em "Program name" escolher o programa pretendido <i>On "Program name" choose the desired program;</i>	
4	Em "3. Start transfer to machine", selecionar "Start transmission" e "Yes". <i>On "3. Start transfer to machine", select "Start transmission" and then "Yes".</i>	

2.2 Abrir/fechar a janela

1	Clicar em "Options" no ecrã principal; <i>Click on "Options" on the main screen;</i>	
---	--	--

Figura A.2 - Manuseamento ecrã tátil, página 2.



PO – Manuseamento ecrã tátil OTEC DF-3 HD

OTEC DF-3 HD Polishing Process

Rev. 0

29.10.2020

Pág. 3 de 5

2	Em "Loading door" clicar em "Manual"; <i>On "Loading door" click on "Manual";</i>	
3	^ Fecha a janela v Abre a janela ^ Closes window v Opens window	

2.3 Ligar/desligar a luz manualmente

1	Selecionar o ecrã de "Options"; <i>Click on "Options" on the main screen;</i>	
2	Em "Lighting": - Se estiver na opção "On", clicar para desligar; - Se estiver na opção "Off", clicar para ligar. <i>On "Lighting"</i> - If it says "On", click to turn off; - If it says "Off", click to turn on	

Figura A.3 - Manuseamento ecrã tátil, página 3.



PO – Manuseamento ecrã tátil OTEC DF-3 HD

OTEC DF-3 HD Polishing Process

Rev. 0 29.10.2020

Pág. 4 de 5

2.4 Verificar a mídia no programa

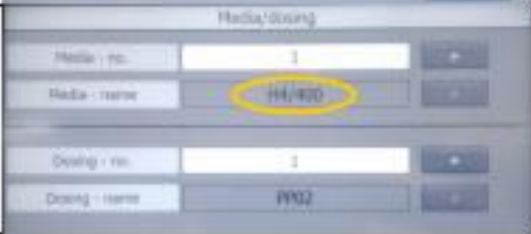
1	Clicar em "Parameters" no ecrã principal; <i>Click on "Parameters" on the main screen;</i>	
2	Clicar em "Media/dosing"; <i>Click on "Media/dosing";</i>	
3	Verificar "Media - name"; <i>Verify "Media - name";</i>	

Figura A.4 - Manuseamento ecrã tátil, página 4.



PO – Manuseamento ecrã tátil OTEC DF-3 HD

OTEC DF-3 HD Polishing Process

Rev. 0

29.10.2020

Pág. 5 de 5

2.5 Colocar altura no programa (Altura Standard = 540mm)

1	Clicar em "Parameters" no ecrã principal; <i>Click on "Parameters" on the main screen;</i>	
2	Clicar em "Operating Mode"; <i>Click on "Operating Mode";</i>	
3	Clicar em "Absolute travel"; <i>Click on "Absolute travel";</i>	
	Introduzir o valor da altura da ferramenta. Enter the tool height value.	

Figura A.5 - Manuseamento ecrã tátil, página 5.

ANEXO B: Checklist de Manutenção Autónoma

 CHECK-LIST DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA CTAF																	Data:		Aprovado por:	
																	Capitão:		Membros da Equipa:	
Nº Foto	Operação	Assinaturas															Frequência	Assinatura/Data		
		2ª feira			3ª feira			4ª feira			5ª feira			6ª feira					Sábado	
		TN	TM	TT	TN	TM	TT	TN	TM	TT	TN	TM	TT	TN	TM	TT				
1	Inspeção e remoção de resíduos da máquina e limpeza do espaço de trabalho da máquina																			
	Calibração da máquina (tirar zeros)																			
2	Verificação do desgaste das mós																			
3	Verificação do estado e estabilidade das mangueiras de abastecimento																			
4	Verificação do estado foles + desobstrução dos canais																			
5	Verificação do nível do óleo na aparadeira																			
6	Verificação do estado de pressão no manómetro do sistema pneumático (6 - 6,5 bar)																			
7	Verificação visual da limpeza do sistema de extinção de fogo																			
8	Verificação do estado do filtro do ar condicionado																			
9	Limpeza das lâmpadas no interior da máquina e verificação do seu correto funcionamento																	Mensal		
10	Limpeza das portas laterais da máquina																	Mensal		
11	Limpeza das calhas das portas																	Mensal		
12	Limpeza das grelhas de proteção dos motores																	Mensal		
13	Verificação do estado do apalpador																	Mensal		
14	Verificação do nível de lubrificação																	Mensal		
15	Inspeção do estado do filtro do óleo																	Mensal		
16	Limpeza das janelas da máquina																	Mensal		
	Remoção de resíduos e limpeza de toda a estrutura das máquinas																	4 meses		



Figura B.1 - Checklist de Manutenção Autónoma.

ANEXO C: Procedimento Operativo - Retificação de Mós



PO zzz... - Retificação de Mós

CCC

Rev. 0

29.10.2020

Pág. 1 de 4

1. OBJETIVO E ÂMBITO | OBJECTIVE AND SCOPE

Este documento tem como objetivo definir o procedimento de retificação de mós, por máquina, no RFHM.

This document aims to define the rectification process of grinding wheels, by machine, in the RFHM.

2. PROCEDIMENTO, ATIVIDADES E RESPONSABILIDADES | PROCEDURE, ACTIVITIES AND RESPONSIBILITIES

2.1 RT-0036 | RT-0034

Estas mós devem apresentar arestas vivas (afiadas - figura 1.a), quando se verifica arredondamento de aresta considerável (raio - figura 1.b), é necessário retificá-las:

These grinding wheels should have sharp edges (sharp - Figure 1a), when there is considerable edge rounding (radius - Figure 1.b), you must rectify them:



Figura 1.a) - Mó OK



Figura 1.b) Mó NOK

Figura C.1 - Retificação de mós, página 1.

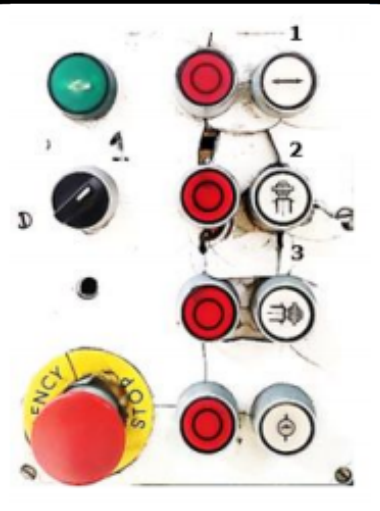
1	Colocar a mó na máquina RT-0022. <i>Place the grinding wheel in RT-0022 machine.</i>	
2	Pressionar na seguinte ordem: Botão 1 – Ativa movimento pendular da máquina; Botão 2 – Ativa rotação da mó retificadora; Botão 3 – Ativa rotação da mó a retificar; <i>Press in the following order:</i> <i>Button 1 - Activates the pendulum movement of the machine;</i> <i>Button 2 - Activates rotation of the rectifying grinding wheel;</i> <i>Button 3 - Activates the rotation of grinding wheel to be rectified;</i>	
3	Regular a velocidade (na parte de trás da máquina) da mó de acordo com o seu tamanho – quanto maior a mó, menor deve ser a velocidade: • Sentido horário: acelera; • Sentido anti-horário: abranda; <i>Adjust the speed (in the back of the machine) of the grinding stone according to its size - the bigger the size, the lower the speed must be:</i> • Clockwise: speeds up; • Counterclockwise: slows down;	
4	Verificar ao longo do processo se a mó já apresenta o estado desejado; <i>Check throughout the process if the grinding wheel already shows the desired state;</i>	
5	Para desligar a máquina, devem ser pressionados os botões vermelhos assinalados. <i>To turn the machine off, press the marked red buttons.</i>	

Figura C.2 - Retificação de mós, página 2.



PO zzz... - Retificação de Mós

CCC

Rev. 0

20.10.2020

Pág. 4 de 4

2.2 RT-0014 | RT-0017 | RT-0051

Estas mós não apresentam nenhuma característica **visível** quando precisam de ser retificadas, porém produzem um barulho (tipo "chiar") quando começam a trabalhar mal.

1	Colocar na máquina o adaptador para Ø32 e em seguida a mó retificadora; <i>These grinding wheels do not have any visible feature when they need to be rectified, but produce a noise (like "squeaking") when they begin to work poorly;</i>	
2	Chamar o programa adequado; <i>Call the designated program;</i>	
	Introduzir diâmetro inicial e final no programa; <i>Enter initial and final diameter of the grinding wheel on the program;</i>	
3	Retirar mó retificadora. <i>Remove grinding wheel.</i>	

Figura C.3 - Retificação de mós, página 3.