



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Marta Alexandra Covas Aposta

**IMPLEMENTAÇÃO DE STANDARD WORK E
MANUTENÇÃO AUTÓNOMA NUMA
INDÚSTRIA METALOMECÂNICA**

**Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, orientada
pelo Professor Doutor Luís Ferreira e apresentada ao Departamento de
Engenharia Mecânica.**

Setembro de 2022

1 2



9 0

FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Implementação De Standard Work E Manutenção Autónoma Numa Indústria Metalomecânica

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente

**Standard work and autonomous maintenance
implementation on a metalworking industry.**

Autor

Marta Alexandra Covas Aposta

Orientador

Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira

Engenheira Bárbara Batista

Júri

Presidente

Professor Doutor José Luís Ferreira Afonso

Orientador

Vogais

Professor Doutor Cristovão Silva

Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira

Colaboração Institucional



Coimbra, Setembro 2022

Resumo

A presente dissertação insere-se no âmbito de um projeto de melhoria contínua por parte do Instituto Kaizen, nas instalações da empresa E. O projeto, com a duração de um ano tem como foco a digitalização de registos do chão de fábrica (OFs e WIP) e o standard work no setor dos lasers e posteriormente, na receção e expedição. Contudo, o foco da dissertação consistiu no aumento de produtividade no setor do corte laser de uma indústria metalomecânica, no intervalo de maio a agosto de 2022.

Na fase inicial do projeto, foi feito um estudo da situação atual do setor de lasers de maneira a identificar os principais problemas. Foram identificadas falta de rotinas de manutenção autónoma, baixa produtividade dos operadores e falta de normas de trabalho.

Durante o projeto foram implementadas várias soluções, discutidas em equipa de forma a perceber que ações teriam mais impacto e facilidade de implementação no setor. Com o auxílio da ferramenta *PowerBI* foi possível criar uma base de dados onde é possível ter acesso a todos os tempos de paragem de qualquer máquina, juntamente com o respetivo motivo, assim como o plano de ações que foram implementadas desde o início do projeto e as ações que ainda estão em aberto.

Através dos indicadores mencionados foi possível comprovar a eficácia das ações implementadas visto que houve um decréscimo no tempo de paragem das máquinas - redução em 15% no número de horas de paragem da máquina por semana. O próximo passo é replicar o trabalho nas máquinas laser de corte de tubo.

Palavras-chave: Standard Work, Manutenção Autónoma, Indústria Metalomecânica.

Abstract

This dissertation is part of a Kaizen Institute continuous improvement project at the premises of company E. The one-year project focuses on the digitization of shop floor records (OFs and WIP) and standard work in the laser sector and later in receiving and shipping. However, the focus of the dissertation was on increasing productivity in the laser cutting sector of a metalworking industry in the interval from May to August 2022.

In the initial phase of the project, a study was made of the current situation of the laser sector in order to identify the main problems. Lack of autonomous maintenance routines, low operator productivity, and lack of work standards were identified.

During the project several solutions were implemented, discussed in team in order to understand which actions would have more impact and ease of implementation in the sector. With the help of the PowerBI tool it was possible to create a database where it is possible to access all downtimes of any machine, along with the respective reason, as well as the plan of actions that have been implemented since the beginning of the project and the actions that are still open.

Through the indicators mentioned above it was possible to prove the effectiveness of the implemented actions as there was a decrease in machine downtime - a 15% reduction in the number of machine stoppage hours per week. The next step is to replicate the work on the tube cutting laser machines.

Keywords: Standard Work; Autonomous Maintenance; Metals Industry

Índice

Índice de Figuras	viii
Índice de Tabelas.....	ix
Siglas	xi
1. Introdução.....	1
2. Revisão de literatura.....	3
2.1. Conceito <i>Lean</i>	3
2.2. Standard Work.....	5
2.2.1. Standard Work vs Inovação.....	5
2.3. Kanban.....	6
2.4. Diagrama de Esparguete.....	7
2.5. Mapeamento da cadeia de valor	7
3. Caso de estudo.....	9
3.1. Apresentação do Institute Kaizen	9
3.2. Apresentação da empresa cliente.....	11
3.2.1. Processo produtivo	12
3.3. Caracterização do problema	14
3.4. Objetivos do projeto	14
4. Metodologia	17
4.1. Situação atual.....	17
4.2. Produtividade dos equipamentos chave.....	21
4.3. Funcionamento do equipamento.....	21
4.4. Carga e capacidade dos trabalhadores	27
4.5. Investigar causas raíz.....	33
4.6. Desenho de soluções propostas para atuar nas causas raíz.....	34
5. Implementação das melhorias definidas	38
5.1. Resultados.....	48
5.1.1. Controlo de dados.....	48
5.1.2. Divisão da equipa	49
6. Conclusão	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXO A- Rotas de manutenção autónoma.....	55
ANEXO B- dashboard	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Bandeira dos conceitos do Kaizen Institute.....	10
Figura 2 - Mapeamento do Fluxo de Informação da Empresa E	19
Figura 3 - Armazém de Chapa	22
Figura 4 – Transporte da Chapa para a máquina através de braço mecânico	23
Figura 5 – Iniciar programa através de computador	23
Figura 6 – Retirar Peça do Esqueleto da Chapa	23
Figura 7 – Separação do material para a fase seguinte	24
Figura 8 – Aplicação de paragens	25
Figura 9 –Dashboard inicial de registo de paragens	26
Figura 10 - Diagrama de Spaguetti do Trajeto 1 e 2	30
Figura 11 - Matriz esforço - Impacto	36
Figura 12 - Norma de Manutenção Autónoma.....	40
Figura 13 - Colocação de etiquetas para rota de manutenção autónoma	40
Figura 14 - Quadro de Manutenção Autónoma.....	41
Figura 15 - Kit de Limpeza	42
Figura 16 - Norma de Separação de Material Cliente Y	45
Figura 17 - Norma com regras de Separação de Material por Palete.....	46
Figura 18 - Implementação das Etiquetas	46
Figura 19 - Prateleira Kanban de Bicos Laser.....	47
Figura 20 - Gráfico nº de avarias semanais	48
Figura 21 - Gráfico Tempo de Paragem (Horas) por semana	49
Figura 22 - Dashboard Final.....	50

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Estudo de Ações (Valor Acrescentado / Muda) do Trajeto 1.....	28
Tabela 2 - Causas Raiz e Soluções	34
Tabela 3 - Tempos de Paragem por semana por máquina.....	49

SIGLAS

MIG/MAG – Soldadura *Metal Inert Gas/Metal Active Gas*

MA – Manutenção Autônoma

TIG – Soldadura *Tungsten Inert Gas*

VSM – *Value Stream Mapping*

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

KPIS - Indicadores

OF- Ordem de Fabrico

1. INTRODUÇÃO

Desde os anos 80 que o cliente procura produtos personalizados, obrigando a indústria em geral, a mudar o paradigma a nível do processo produtivo. Este novo panorama fez com que as empresas se preocupassem em investir em equipamentos e outras novas tecnologias com o intuito de produzir o que cliente procura, sem olharem aos desperdícios provenientes da produção, que conseqüentemente influenciam na perda de produtividade.

No clima industrial competitivo em que nos inserimos, cada vez mais empresas investem na melhoria do seu processo, adotando normas de trabalho standard e princípios de gestão certificados.

A empresa cliente, que durante a dissertação será denominada de “empresa E”, é uma indústria metalomecânica que se encarrega de transformar chapa e tubo metálico, através de processos de fabrico de deformação plástica, nos produtos desejados. No ano de 2020, a faturação da empresa E quase que duplicou, continuando nos anos seguintes a ter um grande crescimento.

Para permitir a produção de tão variados modelos num curto espaço temporal, houve também um crescimento do espaço fabril e do número de colaboradores, que motivaram a necessidade de criar processos de gestão sólidos, de maneira a proporcionar à empresa o seu desenvolvimento contínuo, sem perda de produtividade. Apesar de ter havido um alargamento do espaço fabril, este não é equiparável ao crescimento de produção, e por isso, é primordial aumentar a eficiência dos equipamentos.

Perante a situação apresentada, a empresa recorreu ao Instituto *Kaizen* que lhe propôs, numa primeira fase, a análise do trabalho em chão de fábrica, a implementação de normas de trabalho do fluxo interno de abastecimento da chapa às diferentes máquinas e definição de rotinas de manutenção autónoma, com o objetivo final de melhorar a eficiência no setor dos lasers.

A estrutura da presente dissertação está dividida em cinco secções, que são apresentados de seguida. Após este capítulo, onde foi feita a introdução da empresa e o enquadramento do projeto, segue o segundo capítulo que corresponde à revisão de literatura, onde é feito um enquadramento teórico dos conceitos utilizados na implementação do

projeto. No terceiro capítulo são apresentadas ambas as empresas envolvidas e anunciado o problema e objetivos propostos para o projeto de melhoria contínua.

No capítulo 4 é feita a descrição do estado atual da empresa E através da recolha de dados, definição de indicadores importantes para a avaliação da área a melhorar e desenho de soluções. O quinto capítulo consiste na implementação e teste das soluções propostas no capítulo anterior e alguns constrangimentos que houve durante a implementação, onde estão expostos os resultados obtidos após a implementação das melhorias propostas, assim como as conclusões sobre o desenvolvimento do projeto e possíveis ações futuras de seguimento ao trabalho desenvolvido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Conceito *Lean*

A metodologia *Lean* é uma metodologia organizacional que se baseia em aumentar a produtividade e reduzir custos através da eliminação de desperdício, ou seja, através da eliminação de operações que não criam valor para o cliente (Womack,1990).

Esta metodologia visa alinhar as operações do chão de fábrica com o pedido do cliente, provocando um impacto positivo na qualidade do produto, no prazo de entrega, nos preços, entre outros. No fundo, o *Lean* procura dominar a eficácia em fazer tudo, inculcando simultaneamente uma cultura de profundo envolvimento dos colaboradores nas atividades de trabalho (Dinis-Carvalho et al., 2015).

A filosofia *lean* é definida por cinco princípios básicos: criação de valor, identificação do fluxo de valor, criação de um fluxo contínuo de produção, implementação de um sistema Pull (produção segundo os pedidos dos clientes) e a busca da perfeição (Womack & Jones, 1996).

Segundo Pienkowski (2014) esta filosofia tende a ser aplicada devido à incerteza das necessidades da procura, que vai levar as organizações a produzir apenas o necessário, quando necessário, com o menor custo e melhor qualidade. Esta eficiência de fluxo é restringida por três conceitos de origem japonesa - Muda, Mura, Muri.

Ohno (1988) definiu em ambiente industrial, sete tipos de Muda (qualquer atividade que não acrescenta valor na cadeia produtiva):

1. Muda de produção em excesso - Deve ser produzido apenas aquilo que o cliente deseja a fim de evitar stocks desnecessários, podendo criar uma segurança ilusiva à organização. É considerado o pior de todos os desperdícios visto que contribui para os seis seguintes;
2. Muda de defeitos - São produtos com falhas e que têm como consequência a diminuição da produtividade devido ao tempo produtivo desperdiçado no reprocessamento. Podem ser minimizados aplicando sistemas de deteção de erro e uniformização de operações;

3. Muda de tempo de espera - É o tempo não produtivo de trabalhadores ou equipamentos que pode ser causado pela espera de um final de ciclo, avarias, setups, entre outros. Para eliminar estes tempos é necessário haver um balanceamento de linhas;
4. Muda de movimento de pessoas - Classificam-se como movimentações desnecessárias à execução de operações, trabalhando assim de forma pouca produtiva. Tipicamente este tipo de desperdício deve-se à falta de ergonomia nos postos de trabalho e/ou má definição do *layout* de trabalho;
5. Muda de transporte de material - Tal como referido acima, classificam-se como movimentações desnecessárias, mas neste caso, de material. Acaba por ser dos desperdícios mais rapidamente detetados pois é intuitivo perceber se após o transporte, o produto ganhou ou não valor acrescentado. Para reduzir este desperdício o *layout* deve ser corrigido, encurtando o tempo de transporte e se possível usar sistemas de transporte mais flexíveis;
6. Muda de processamento em excesso - O sobre processamento caracteriza-se por ter um conjunto de operações não otimizadas e complexas que acabam por ser repetidas devido à falta de formação e/ou comunicação entre os colaboradores;
7. Muda de inventário - Trata-se de *stock* desnecessário (quer intermediário, quer final). É responsável por gerar custos de ocupação de espaço e também perda de tempo na gestão deste. Este desperdício deve-se a um excesso de produção e por isso o planeamento deve ser revisto, havendo um maior controlo e eficiência dos processos.

Por fim Mura e Muri que, segundo Womack et al (1996) e Imai (2012) são definidos como dois fatores influenciadores do processo produtivo. Mura é referente à variabilidade / inconstância na procura ou planeamento de produção errados. Isto faz com que haja grandes picos de produção após momentos de espera. Quanto ao fator Muri, este diz respeito à sobrecarga, quer de equipamentos quer de pessoas. Consequentemente, esta sobrecarga vai gerar ritmos mais intensos, estando assim relacionada com os desperdícios Mura e Muda.

2.2. Standard Work

Grande parte das organizações consegue identificar possíveis melhorias para atenuar os problemas em discussão, no entanto a maior dificuldade é a sustentabilidade das melhorias adotadas (Misiurek, 2016).

A norma é uma solução simples de realizar uma tarefa. Esta deve ser visual, simples, ter a informação clara e ser acessível. Com a implementação de normas é mais fácil garantir a estabilidade de um processo e de prevenir erros repetitivos. Através da variabilidade de resultados é possível avaliar o desempenho dos operadores ou de um processo e assim tentar analisar a causa das irregularidades. Pouco tempo depois de a norma ser implementada, já é possível ter uma base para auditorias e diagnóstico e a partir daqui definir objetivos realísticos (Dennis 2002).

Segundo Imai, M. (2012), o processo de normalização deve seguir os seguintes passos:

1. Identificar as atividades;
2. Definir prioridades para o desenvolvimento de normas;
3. Planear o desenvolvimento de cada norma;
4. Observar situação atual- no chão de fábrica;
5. Desenvolver a norma num formato visual e validar no chão de fábrica;
6. Treinar os colaboradores segundo as novas normas;
7. Fazer follow-up e melhorar a norma.

2.2.1. Standard Work vs Inovação

Cada vez mais, as empresas têm como desafio, serem inovadoras aquando padronizam e controlam os processos organizacionais. Inovações de processo e a padronização destes podem coexistir, superando a visão tradicional de que a padronização impede a inovação (Birkinshaw et al. 2008; Wright et al. 2012).

Para evitar isto é necessário a utilização simultânea de variadas ferramentas de controlo, tais como reuniões regulares, workshops e sessões de treino. O uso destas ferramentas permite alargar o conhecimento organizacional de cada interveniente e estão dependentes umas das outras para alcançar objetivos pré-definidos (Simons, 1995). Reuniões regulares estimulam o diálogo entre funcionários e líderes, onde discutem a resolução de problemas. O facto de esta reunião ser interativa faz com que os parâmetros de

medição de desempenho e objetivos/metasp sejam discutidos e não apenas apresentados, contribuindo assim para a inovação.

2.3. Kanban

Esta ferramenta *lean*, cuja palavra japonesa significa “cartão”, foi criada com o objetivo de ter um documento onde se apresenta a informação básica de um material, como se da sua história se tratasse. A principal função é sinalizar a produção e/ou movimentação de materiais, podendo também incluir a autorização ou proibição de alguma ação, informação de fornecedores, locais de armazenamento, etc (Jones and Womack, 2017).

De acordo com Mao et al. (2014), o kanban pode ser classificado em três categorias: transporte (autoriza movimentação de material), produção (usado em processos produtivos, emitindo ordens de produção) e especial (aplicado numa curta gama de produtos).

Segundo Monden (1981), as organizações tendem a implementar sistemas kanban quando há distâncias significativas entre postos de trabalho, fluxos complexos de materiais ou tempos de processamento instáveis. Para haver um bom funcionamento da ferramenta kanban é necessário garantir que:

- Não há grandes variações, quer no tipo, quer nas quantidades do pedido do produto;
- Tempos de transporte devem ser curtos;
- Fluxo de material bem definido;
- Os operadores trabalham de forma padronizada.

A implementação desta ferramenta apresenta claras vantagens, tais como:

- Diminuição de burocracia, visto que não são precisos documentos formais de controle;
- Redução do lead time, devido ao aumento da velocidade na entrega de materiais e produção;
- Limita o stock mínimo e máximo;
- As necessidades de reposição são identificadas visualmente;

- Transparência dos problemas, pois a presença de inventário tem tendência a cobrir os problemas;
- Só é necessária a revisão das quantidades aquando de uma grande variação da procura, pois o sistema *kanban* compensa as pequenas variações;
- Aumento de autonomia do processo e da equipa, graças à gestão visual do *kanban*;
- Progresso na motivação dos colaboradores, uma vez que é crucial a participação do colaborador, valorizando assim a sua função

2.4. Diagrama de Esparguete

O diagrama de esparguete é uma ferramenta lean que permite estudar o fluxo de material, pessoas ou informação no chão de fábrica durante a realização de tarefas. Esta ferramenta tem como base determinar a distância total dos movimentos realizados pelos operadores, para de seguida, avaliar os movimentos e gerar uma análise do layout visando minimizar desperdícios, quer de pessoas quer de material (Daneshio, 2021).

De acordo com Freitas (2013), no final da avaliação dos movimentos deve ter-se todas as deslocações divididas em duas categorias:

- Movimentos de valor acrescentado- são aqueles que, em princípio, não podem ser mais otimizados e cuja deslocação agregou valor no produto/linha produtiva;
- Movimentos de valor não acrescentado- normalmente nem todos os movimentos poderão ser eliminados, mas sim minimizados. através de ações de melhoria.

As ações de melhoria podem passar fazer melhor alocação de operadores, ajustes no *layout* tais como eliminar áreas ineficazes ou reorganização dos postos de trabalho.

2.5. Mapeamento da cadeia de valor

De acordo com Rother & Shook (1999), VSM (value stream mapping) é uma ferramenta que representa, de uma maneira muito visual, toda a cadeia de criação de valor do produto ou família de produtos, identificando as informações e os fluxos de materiais (desde a entrega

de matéria-prima até ao envio dos produtos finais aos clientes), juntamente com os potenciais MUDA que perturbam o chão de fábrica.

Desta forma, o VSM é usado na fase de planeamento com o objetivo de visualizar a nível macro a organização, identificar as oportunidades de melhoria e delinear as estratégias de negócio que potenciam a qualidade e produtividade (Haefner & Kraemer, 2014).

A sequência aconselhada para usar esta ferramenta é a seguinte (Karam & Liviu & Radu (2018)):

1. Seleção dos processos e fluxos a mapear: Esta seleção é crucial para definir o âmbito da visão pretendida de maneira a que o estudo seja focado nos produtos que devem realmente entrar no mapeamento. Para isso, devem ser usados critérios condizentes com a estratégia e necessidade da empresa. Os critérios que, normalmente têm mais peso para o cliente são a criticidade, volume atual e futuro, unidades em stock e a frequência de demanda;
2. Mapeamento da situação atual do processo: O mapeamento é realizado no sentido ascendente da cadeia de valor, isto é, inicia-se no produto acabado e termina nos fornecedores. As operações devem ter a descrição o mais detalhada possível (tempos de setup/leadtime etc, recursos e possíveis pontes de bloqueio de fluxo);
3. Mapeamento da visão futura: Nesta fase desenvolve-se o mapa futuro de melhorias alinhando esta visão com todos os envolvidos. É fundamental ter bem definido em que setores e de que forma se vai atuar nestes de maneira a eliminar ou mitigar desperdícios, instituindo objetivos na implementação das oportunidades de melhoria. No que diz respeito a uma melhor exposição da visão a longo prazo é necessário priorizar as ações e colocá-las sob a forma de cronograma. A necessidade de delinear uma visão futura reside também no facto de permitir às equipas responsáveis pela implementação das ações, ter visibilidade do impacto dessas ações no fluxo de valor.

3. CASO DE ESTUDO

3.1. Apresentação do Institute Kaizen

Em 1985, na Suíça, o Professor Masaaki Imai fundou o Kaizen Institute Consulting Group (KICG), uma empresa multinacional que presta serviços de consultoria no mercado global, com o intuito de melhorar o desempenho de organizações. O KICG atua em empresas públicas ou privadas, tornando as suas atividades quotidianas mais fáceis, mais rápidas, mais eficientes e com menores custos. Atualmente o Kaizen Institute está presente em cerca de 60 países e destaca-se pelo trabalho cooperativo que desenvolve com os seus clientes, sempre com foco no desenvolvimento de líderes que garantam a continuidade do espírito Kaizen globalmente. Masaaki Imai defende que a filosofia Kaizen deve ser a estratégia corporativa de todas as empresas, tendo como foco total a melhoria dos processos, contrariamente às empresas ocidentais, que têm como paradigma o foco na obtenção de resultados.

O desenvolvimento de um projeto Kaizen tem como alicerces cinco princípios considerados essenciais para um trabalho de excelência:

- Criar valor para o cliente- Seja qual for o produto ou serviço desenvolvido deve satisfazer os interesses e expectativas do cliente; De maneira geral, deve-se minimizar o máximo possível as operações da empresa até onde o cliente estiver disposto a pagar, que normalmente se resumem aos processos de valor acrescentado;
- Criar eficiência de fluxo- Isto implica eliminar desperdícios: *Muda*, *Muri*, *Mura* que serão explicados mais à frente;
- Criar eficácia no *Gemba*- *Gemba* é uma palavra japonesa referente ao local onde a ação acontece; Este fundamento defende que a passagem de líderes na zona de valor acrescentado, recolhendo dados válidos e verificando as ações planeadas faz com que seja possível mudar os hábitos de trabalho e aumentar a eficiência do chão de fábrica- *gemba walks*;

- Obter o envolvimento das pessoas- Para se alcançar os objetivos definidos é importante haver uma cultura organizacional que não julgue e motive através de melhorias no processo e no ambiente de trabalho; O foco deste fundamento é que haja o envolvimento de todos os colaboradores e que se definam objetivos de equipa alinhados à estratégia da empresa;
- Gestão Visual- Consiste em ter indicadores de desempenho, ferramentas, peças, etc, de uma forma simples e organizada conseguindo ter uma noção rápida e abrangente do estado atual da empresa.



Figura 1 - Bandeira dos conceitos do Kaizen Institute

No logótipo do Kaizen Institute (Figura 1) destacam-se três competências que as empresas que contactam o Kaizen devem incluir para o seu desenvolvimento. A base da bandeira representa a implementação de Kaizen Diário através de normas, definição de KPIs e formas de superar os desafios, envolvendo todas as pessoas necessárias e mantendo-as motivadas. O centro da bandeira remete a uma metodologia de PDCA, trabalhando maioritariamente na mudança de paradigmas e nos eventos *Kaizen*, ou seja, análises do estado atual dos fluxos quer de informação, quer de material. Numa fase posterior, define-se o estado futuro e mais tarde, caso seja necessário, reestrutura-se os processos de maneira a atingir os objetivos para alcançar o estado futuro. O topo da bandeira é referente à gestão de topo que se baseia na identificação e seleção de pontos estratégicos que vão melhorar o *core business*. Normalmente são iniciativas disruptivas e são implementadas em todos os níveis de uma organização de forma a fomentar o potencial da empresa.

As áreas referentes às competências Kaizen estão definidas conforme o tempo que se deve dedicar cada uma a um projeto.

3.2. Apresentação da empresa cliente

A empresa E, cuja identidade não será revelada neste documento por motivos de confidencialidade, é uma empresa portuguesa de metalomecânica fundada em 1998 que integra mais de 130 colaboradores e que está situada no distrito de Aveiro. É especializada no fabrico de peças metálicas de pequeno e grande porte.

Tem área fabril tem cerca de 14.000 m² dividida em 4 unidades fabris (3 em Aveiro e 1 em Amarante), gerindo assim 1000 referências diferentes por semana. Tem como visão garantir uma elevada capacidade produtiva, prazos de resposta rápidos e grande flexibilidade no cumprimento das especificidades de cada projeto.

Garante também um canal de distribuição permanente em qualquer lugar da Europa, sendo este mercado, o principal cliente. A empresa E tem um volume de negócios para o estrangeiro que representa cerca de 2,7 milhões de euros de faturação anual, vendendo diretamente para a maioria dos países europeus.

A empresa E trabalha materiais como o aço, o inox e o alumínio para os mais diversos setores, nomeadamente na fabricação de peças para o setor automóvel, alimentar, da camionagem, dos equipamentos agrícolas, das gruas, dos equipamentos de elevação, das energias renováveis, da construção metálica e da metalomecânica em geral

Desde a sua constituição que a empresa procurou posicionar-se no segmento do setor da metalomecânica, iniciando a sua atividade com uma máquina de corte de chapa por plasma (um processo muito requerido na altura), onde a principal matéria-prima eram os metais não ferrosos. Em 2002, é das primeiras empresas do país a investir no corte laser a CO₂, tendo em 2008 quatro unidades de corte de chapa a laser e uma máquina de tubo a laser. Mais tarde, foi adquirida a quinta máquina de laser, mas desta vez com uma tecnologia de corte por fibra ótica que corta em menos tempo e com um consumo de energia mais baixo, aumentando assim os níveis de produtividade.

Excetuando as máquinas de corte laser, que é a “marca” da empresa metalomecânica, foram criadas outras células de produção (soldadura, montagem, quinagem, etc) disponibilizando um serviço integrado de execução.

Em 2010 a empresa conquistou a certificação pela NP EN ISSO 9001:2008 com a certificação de qualidade do *Bureau Veritas* como “Fabrico de Produtos metálicos e prestação de serviços de corte laser cahpa e tubo, soldadura e quinagem”. Os princípios definidos nesta norma são:

1. Focalização no cliente;
2. Liderança;
3. Envolvimento das pessoas;
4. Abordagem por processos;
5. Abordagem da gestão como um sistema;
6. Melhoria Contínua;
7. Tomada de decisão baseada em factos;
8. Relação do benefício mútuo com fornecedores.

3.2.1. Processo produtivo

O processo produtivo desta empresa varia conforme a encomenda, ou seja, para cada tipo de peça/conjunto existe um roteiro que é definido antes de entrar em produção, por parte dos técnicos do processo. Tendo em conta que há vários armazéns, várias secções diferentes e, dentro de cada secção, máquinas mais específicas para certos tipos de material, e como cada tipo de produtos pode andar para a frente e para trás entre secções, existem muitos roteiros possíveis, o que torna bastante complicada toda a logística, planeamento e operacionalização das atividades.

As atividades existentes são:

- Corte Laser de tubo e corte Laser de chapa: De uma maneira geral, esta é a primeira etapa do processo e a que implica um maior investimento. Permite a produção de lotes de peças personalizadas, com grande qualidade num curto espaço de tempo. A matéria-prima sai do armazém e, de acordo com o planeamento fino vai para o buffer da máquina que lhe corresponde. A seguir ao corte, as peças são colocadas em paletes distintas conforme a operação seguinte. Contudo, se a matéria-prima vier do cliente, a prioridade em separar será o tipo de cliente.

Este tipo de tecnologia envolve um grande investimento, mas em contrapeso, possibilita a produção de lotes de peças com um elevado índice de qualidade num

curto espaço de tempo. Permite também uma alta versatilidade de corte, incluindo formatos mais complexos e a variadas espessuras (não muito elevadas).

- Quinagem: A seguir ao corte a laser, segue-se, se necessário, a quinagem, onde é possível moldar peças com ângulos que variam entre 0° e 180° através de esforços de tração e compressão. Existem duas quinadoras CNC, com 300t de força, que dobram chapas até 4100mm de largura uma quinadora CNC com 70t e 2100mm de largura e quinagem. Tem ainda uma calandra variável CNC de quatro eixos, com potência de 3000W e 2000mm de comprimento. No caso da empresa em estudo, a secção de quinagem é um complemento à área de produção de peças.
- Serralharia: Na serralharia executam-se operações que normalmente são impossíveis de realizar na secção de corte a laser, o que faz com que seja difícil monitorizar o trabalho que é necessário ter nesta secção.
- Soldadura: Há três tipos de soldadura (TIG, MIG/MAG e SEW) que podem ser aplicados em aço, alumínio ou inox. Existem postos de soldadura manual (sendo a maioria postos de soldadura MIG/MAG- 13 postos) e três células de soldadura robotizada de maneira a ser possível responder de forma eficiente ao cliente e aos seus diversificados pedidos.
- Montagem e Montagem Soldadura: As peças são recolhidas em armazém, conforme a ordem de fabrico que lhes está associada, seguindo para a montagem de componentes.
- Qualidade: No departamento da qualidade são realizados vários tipos de trabalho tais como o controlo da qualidade das peças onde o controlo destas é realizado como forma de contenção e/ou correção de defeitos (podendo voltar a sofrer retrabalhos).
- Embalagem: Já na fase final, antes de ir para a expedição, a encomenda é revista para ter a certeza que está completa, e de seguida, é embalada.
- Subcontratos: Contratação de terceiros, para serviços que a empresa E não tem, como é o caso da pintura.

Por fim, as encomendas seguem para a expedição, indo de seguida para o cliente.

Para assegurar o bom funcionamento destas atividades existem os sistemas auxiliares da produção que são os equipamentos que não atuam diretamente no processo de produção, mas

que são essenciais e sem eles a qualidade dos produtos seguramente, diminui.

É possível dividir estes equipamentos em subcategorias, tais como:

- Ar comprimido: rede de distribuição, compressor e secador;
- Eletricidade: rede elétrica e quadros elétricos;
- Transporte: Empilhadores, porta-paletes e carrinhos;

3.3. Caracterização do problema

Atualmente, o contínuo crescimento da empresa encontra-se ameaçado pela falta de capacidade produtiva da organização para satisfazer os pedidos dos clientes, devido em parte, à pequena capacidade de retenção dos operadores (inferior a 50%), mas principalmente às alterações de planeamento, existência de muitas paragens e falta de experiência no manuseamento de chapa. Com o surgimento da guerra, intensificou-se ainda mais a falta de capacidade produtiva, devido à escassez de matéria-prima.

A empresa E destaca-se por entregar o material pedido com qualidade superior ao da concorrência, no entanto é fundamental melhorar a capacidade de resposta à procura para diminuir os incumprimentos dos prazos de entrega.

De 2020 para 2021, a faturação quase que duplicou (aumento de 83%), caminhando neste momento para um aumento de 14% em comparação ao passado ano. Para ser possível a contínua ascensão da faturação, é imperativo ter uma base sólida amparada por regras que garantam a estabilidade básica necessária para o bom funcionamento do negócio.

3.4. Objetivos do projeto

Este projeto tem como objetivo principal o aumento de produtividade global, tendo como foco a secção de corte a laser. Considerou-se como projeto piloto a secção de chapa, visando a extensão das soluções encontradas para a secção do tubo.

Foi definido entre a empresa E e o Kaizen Institute trabalhar para um aumento de, pelo menos, 10% na produtividade financeira (€ faturados/ horas homem). A definição deste valor implica melhorar a eficiência e a taxa de ocupação das máquinas de maneira a reduzir o tempo de paragens, controlar e analisar os dados de produção para decisões

estratégicas, definir rotas de manutenção autónoma e implementar normas de trabalho do fluxo interno de abastecimento da matéria-prima às diferentes máquinas (se possível, com alteração do layout) para que haja otimização da industrialização do processo.

Com esta dissertação pretende-se desenvolver mecanismos através de ferramentas mencionadas na revisão de literatura, que serão implementadas e avaliadas (através da definição de indicadores e auditorias) com o intuito de sustentar as melhorias desenvolvidas e melhorar de forma contínua a produtividade, qualidade e ergonomia.

4. METODOLOGIA

4.1. Situação atual

Caracterizar a situação atual é essencial para entender em que estado está a empresa, o que é urgente alterar e quais os passos a dar. Foram feitos então, com o auxílio da ferramenta VSM, mapeamentos de fluxo para se ir ao detalhe de cada ação realizada e perceber onde há problemas.

O grupo de trabalho decidiu focar a atenção no âmbito dos lasers, por esta ser a secção comum a todos os pedidos de encomenda, e por esse mesmo motivo, estudar e melhorar esta secção terá um maior impacto global do que qualquer outra secção escolhida.

Por consequência foi desenhado o mapeamento do fluxo (que se encontra na Figura 2), desde que o material é encomendado até ao momento que é cortado na secção dos lasers

Após o cliente fazer a encomenda, a engenharia valida esta no Sybus (software interno da empresa) com uma previsão da data de entrega consoante a capacidade da empresa E. De seguida pede orçamento ao fornecedor e acorda uma data, de maneira a encomenda estar pronta na data sugerida ao cliente e emite uma requisição interna de material a comprar externamente, ficando a aguardar validação do cliente sobre data e local de entrega. Entretanto, as compras formalizam a encomenda ao fornecedor, isto é, indicar preço, quantidades, local de entrega, data e observações. As compras também estão encarregadas de rececionar o certificado de qualidade que nem sempre chega antes do material, causando assim atrasos na entrega visto que só é possível descarregar o material se a empresa E já tiver o certificado de qualidade.

Os *post-its* a laranja simbolizam o fluxo do material, que muitas das vezes chega atrasado. Apesar de haver dia de entrega definido, o fornecedor não informa a janela de entrega de material porque está dependente de outras entregas que faz nesse dia. Acaba por ser uma situação prejudicial para ambos os lados, pois a chegada de um fornecedor pode coincidir com a chegada de outro fornecedor, obrigando-o a ficar à espera (deixando, por vezes, o material à entrada do armazém sem validação interna da empresa) e mesmo para a empresa E acaba por ser difícil arrumar tanto material no armazém (principalmente se for fora do horário de trabalho da logística). O processo de arrumar material implica validar se a documentação veio e se a qualidade e quantidades pedidas estão corretas e de seguida inserir

no sistema referência por referência. O material só é arrumado em armazém quando é gerada e colocada no malote do material uma etiqueta com o número de encomenda, número de ordem de fabrico, referência e quantidade. Convém referir que não há registo de posições do material, este é arrumado conforme o espaço disponível no momento e ao critério do responsável logístico (relativamente ao tubo) e do supervisor de lasers (relativamente à chapa).

O responsável da engenharia realiza um planeamento macro semanal de acordo com as datas de encomendas a entregar. Realiza também um planeamento fino (através de uma ferramenta de planeamento) por dia da semana e máquina, gerando agrupamentos que são compostos por várias ordens de fabrico. As ordens de fabrico (OF) são caracterizadas por terem um número único que nunca se repete e que identifica o processo de produção de uma peça. As ordens de fabrico servem como ficha de acompanhamento do processo, assim quando a peça sofre um processo e é transferida de zona, é possível saber que operações já foram feitas, se foram feitas a todas as peças e quem foi o responsável. Numa ordem de fabrico consta o nome do artigo encomendado e o respetivo número interno, as operações, materiais previstos e respetivas quantidades, tempo teórico de produção e datas. As OFs podem classificar-se em “OFs filho” que contêm o processo de produção de uma ou mais peças iguais e “OFs pai” que incluem várias OFs filho que juntas criam o produto final.

Todos os dias, no início do turno das oito horas, é dado ao supervisor dos lasers os agrupamentos do dia correspondente que devem ser seguidos pela prioridade definida pelo responsável da engenharia. Estes agrupamentos são colocados no quadro *kanban* (que estão divididos por máquinas e respetiva prioridade) para o operador poder aceder à informação necessária para começar o corte de peças.

Após a reunião do planeamento, o supervisor dos lasers trata de abastecer os *buffers* das máquinas para x horas de trabalho (até ficar com o *buffer* cheio). À medida que os operadores vão colocando a chapa na máquina, o supervisor reabastece o *buffer*. À medida que se dá a operação de corte, os operadores retiram as peças da máquina e colocam-nas em paletes para seguirem o processo seguinte.

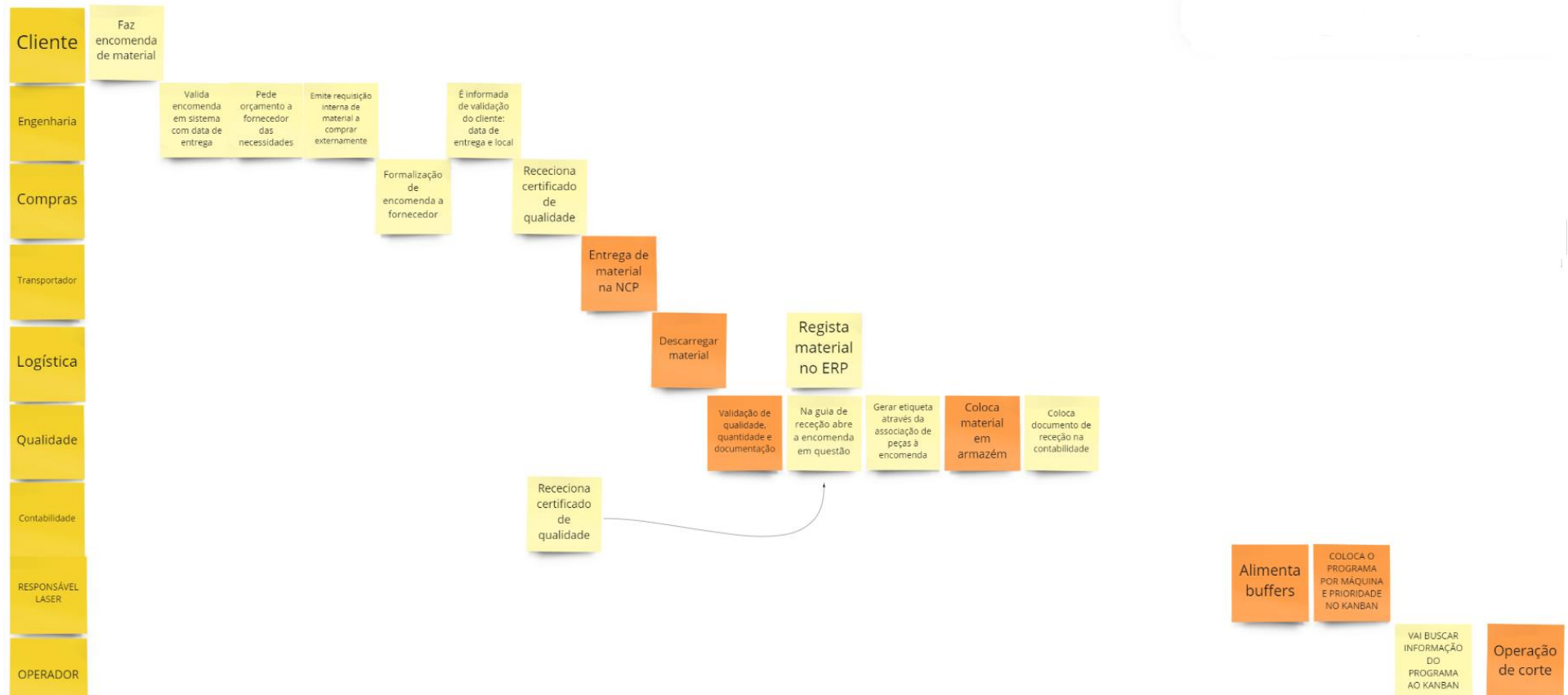


Figura 2 - Mapeamento do Fluxo de Informação da Empresa E

Assim foi possível identificar e enumerar algumas limitações internas da organização:

- Em primeiro lugar, observou-se uma falta de estabilidade básica, isto é, inexistência de reuniões entre membros da mesma equipa e entre diferentes sectores, e também falta de métodos de trabalho, normas de trabalho e meios estruturados de resolver problemas;
- Lacunas na cultura de melhoria contínua por parte dos funcionários, com mentalidades de conformismo e de desinteresse perante os problemas existentes;
- Falta de comunicação entre secções, que provoca perdas de peças e/ou peças paradas no processo;
- No ERP não é registada a matéria prima que sobra do corte (que ainda pode ser aproveitada para outras encomendas), bem como qualquer informação relativa às paragens da máquina, velocidades de funcionamento e localização de matéria prima e material em processo;
- Os dados que são registados no ERP não são possíveis de extrair para uma base de dados para uma análise posterior;
- Incapacidade produtiva devido aos elevados tempos de paragem das máquinas laser;
- Falta de cumprimento de prazos de entrega devido à falta de comunicação entre o planeamento e a produção;
- Inexistência de indicadores de desempenho na produção.

Ainda que não esteja no plano do projeto definido inicialmente, é notório que o sistema digital não está adequado às necessidades da empresa. Para se poder definir KPIs de maneira a controlar eficazmente a produção é imprescindível criar um meio de registo digital. Este torna-se assim o primeiro passo necessário para a medição dos benefícios associados às restantes ações que serão implementadas. Como não havia registos anteriores, só foi possível recolher dados a partir de abril de 2022

4.2. Produtividade dos equipamentos chave

Como referido anteriormente, não havia registos anteriores que dessem para ser usados na criação de KPIs.

Sendo assim definiu-se que se iria começar por recolher dados apenas nas máquinas laser de chapa por este setor ter um maior volume de produção que o setor de corte de tubo e por isso, as ações de melhoria irão ter um maior impacto na cadeira de valor da unidade fabril. Nesta análise não se irá incluir a máquina laser número 5 pois irá ser retirada da produção em setembro (tal como a máquina 1, no entanto esta continua a ser usada) sendo muito pouco utilizada neste momento (é importante referir que a máquina laser 2 é uma máquina mais moderna, sendo diferente das máquinas laser 1, 3 e 4). Mais tarde, a análise passará para a secção de corte do tubo.

Numa fase inicial, foi dito por parte do responsável dos lasers que as máquinas sofriam muitas avarias, o que iria afetar a produtividade destas. A produtividade está diretamente relacionada com o OEE da máquina, e por isso é necessário intervir num dos seus parâmetros: disponibilidade, rendimento e qualidade.

O principal constrangimento apontado pelos colaboradores que trabalham na secção dos lasers foi o tempo de paragem das máquinas, e por isso será neste parâmetro do OEE que se vai intervir- disponibilidade.

4.3. Funcionamento do equipamento

De maneira a ser exequível a identificação de ineficiências e possíveis melhorias é crucial obter um conhecimento geral da máquina.

O abastecimento da máquina é feito pelo supervisor de lasers que transporta a chapa com o empilhador até ao buffer da máquina (salvo exceção a máquina laser 2, onde se coloca a chapa diretamente no *liftmaster*). Quando for para iniciar o programa de corte, o operador desloca o braço da ponte para a mesa livre da máquina e quando a máquina começar a cortar, o operador tem de inspecionar a primeira peça cortada para verificar se está conforme ou não. Este conjunto de ações (desde a troca de mesa até à inspeção) é denominado de *setup*.

Durante o corte, e dependendo do tipo de material, as peças têm tendência a saltar logo após serem cortadas, batendo assim contra a cabeça do laser. Este fenómeno pode causar desajustes no laser forçando a paragem da máquina para afinar parâmetros e/ou trocar o bico da cabeça da máquina. Esta última tarefa acaba por ser maioritariamente tentativa/erro (principalmente se for um operador com pouca experiência de trabalho), acabando por se perder bastante tempo. Ao voltar a pôr a máquina em funcionamento, é necessário inspecionar novamente a primeira peça a ser cortada para confirmar se a afinação foi bem feita. Caso a peça inspecionada tenha rebarba, esta pode ser eliminada na mesa de apoio com as ferramentas disponíveis. Se for uma peça de maior dimensão com rebarba, é mais fácil eliminá-la indo à secção de serralharia.

Dependendo do tipo de corte, as peças podem ir saindo logo cortadas ou então, ainda estão no esqueleto (chapa). No último caso, é necessário transportar a chapa para outra mesa e retirar as peças do esqueleto. As peças vão sendo colocadas numa palete ao lado da ordem de fabrico. Quando esta estiver terminada, a folha da ordem de fabrico é dobrada ao meio de modo a sinalizar que já está terminada e pode passar ao processo seguinte (que está identificado na OF).



Figura 3 - Armazém de Chapa



Figura 4 – Transporte da Chapa para a máquina através de braço mecânico



Figura 5 – Iniciar programa através de computador



Figura 6 – Retirar Peça do Esqueleto da Chapa



Figura 6 – Separação do material para a fase seguinte

A primeira ação foi recolher os motivos de paragem e cronometrar o tempo que cada máquina para com o motivo associado, obtendo assim a taxa de ocupação da mesma.

Os motivos de paragens podem dividir-se em paragens planeadas ou não planeadas:

Paragens planeadas:

- Manutenção preventiva
- Manutenção autónoma
- Troca de turno
- Setup

Paragens não planeadas:

- Avaria
- Falta de operador
- Corte de não conformidade
- Afição de parâmetros
- Programa sem ordem de fabrico associada
- Retirar peças da mesa
- Abastecimento de oxigénio ou azoto
- Alteração do plano de produção
- Falta de material
- Mudança de grelhas

- Falha de rede/energia
- Formação
- Retirar peça do interior da máquina

Após terem sido recolhidos os motivos de paragem foi criada uma aplicação, através do *software PowerApps*, onde é possível o operador registar o tempo de cada paragem, juntamente com um dos motivos referidos acima e se necessário pode preencher o campo de observações com algo que ache pertinente. Esta aplicação foi instalada em todos os computadores que estão juntos às máquinas laser de chapa.

REGISTO DE PARAGENS DOS EQUIPAMENTOS | CORTE LASERS

REGISTO PARAGEM MÁQUINA

Pressione o contador para iniciar e terminar a paragem

00:00:00
0 horas 0 minutos 0 segundos

Motivo Paragem

Centro Trabalho

Observações

HISTÓRICO DE PARAGENS DE MÁQUINA

Máquina	Motivo de Paragem	Duração	Data de Paragem
Laser 2	Setup	0 horas 0 minutos 12,9 segundos	30/03/2022 12:38
Laser 1	Avaria	0 horas 0 minutos 24,4 segundos	30/03/2022 12:38

Figura 7 – Aplicação de paragens

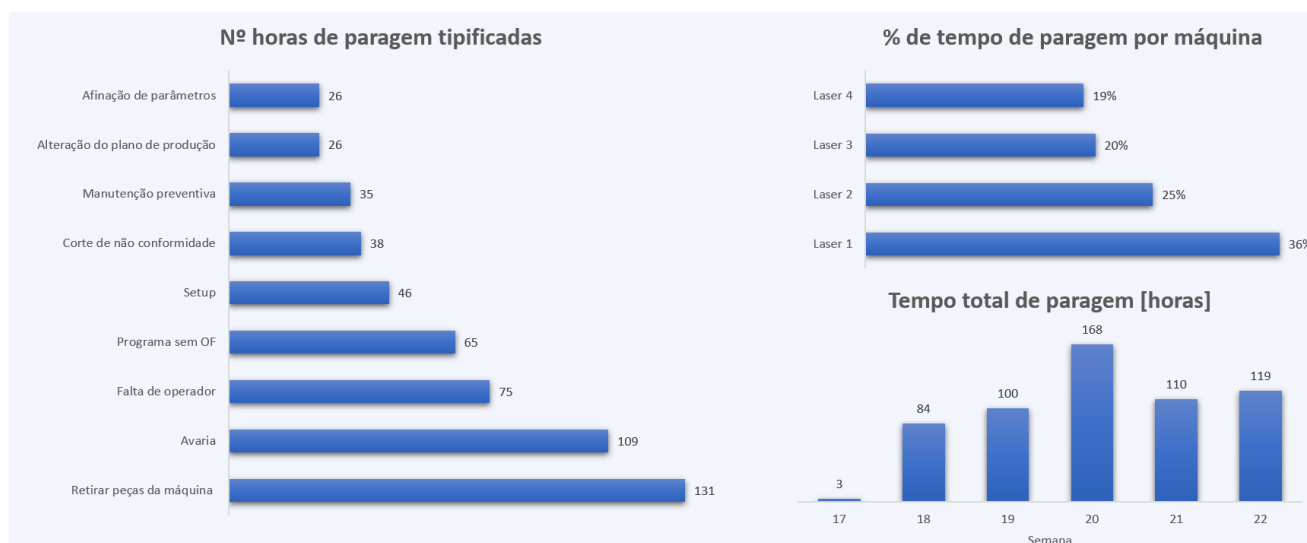


Figura 8 –Dashboard inicial de registo de paragens

Acima estão os resultados após cinco semanas de implementação do registo de paragens. Verifica-se que a semana 18 é a que tem menos horas de paragem que se deve à adaptação dos operadores para registarem todos os momentos que a máquina para.

Com estes dados percebe-se então que, a queixa feita pelo responsável dos lasers não era totalmente verdade: a máquina não para maioritariamente devido a avarias. O principal motivo de paragem é o de retirar peças da mesa e como segundo motivo de paragem surgem as avarias.

Para entender que tipo de avarias se davam nas máquinas, foram analisados os pedidos de intervenção de manutenção, que são obrigatórios fazer caso a máquina necessite ser arranjada. Verificou-se que praticamente não havia registos, pelo que foi necessário esclarecer esta questão com alguns operadores juntamente com o responsável da manutenção: percebeu-se que grande parte das paragens classificadas de “avaría” deviam-se, no fundo, a pequenos descuidos do operador (peças ficarem dentro da máquina e falta de limpeza) que provocavam paragens onde não seria necessária a presença da equipa de manutenção.

As três principais causas de paragem sustentam a ideia de que o layout e/ou a alocação dos operadores deve ser repensada e a manutenção autónoma reforçada.

4.4. Carga e capacidade dos trabalhadores

Como ponto de partida, foi realizada a caracterização da estrutura organizacional do setor dos lasers de maneira a compreender-se de que forma é que as equipas estavam organizadas e quais eram os intervenientes em cada secção

A secção dos lasers está dividida em duas áreas: corte de chapa e corte de tubo. Este setor trabalha a três turnos, trabalhando assim 24 horas por dia. No turno 1, das 8h00 às 16h00 existem cinco operadores para a zona de corte de chapa e dois para zona de corte de tubo. No turno 2, das 16h00 às 24h00 existe cinco operadores para a zona de chapa e dois para o tubo. No turno 3, das 24h00 às 8h00, à semelhança do turno 2, há quatro operadores para a chapa e apenas um para o tubo devido à pouca produção. Assim, o número de trabalhadores de turno para turno não é balanceado apesar de haver um responsável para cada turno.

O responsável de cada turno é o encarregado de analisar o planeamento diário, gerir a sua equipa, auxiliar no ajuste de parâmetros da máquina, dirigir reunião de Kaizen diário, gerir os problemas de qualidade, ir buscar matéria-prima ao armazém e abastecer cada máquina, resolver pequenas avarias/ problemas durante a produção. No entanto há algumas tarefas que apenas são realizadas pelo responsável do 1º turno, tais como dar saída no sistema das chapas/tubos utilizadas e dar entrada de retalhos/ pontas produzidas, registar não conformidades na plataforma, verificar e fazer requisição interna de consumíveis (botijas de gás e oxigénio) bem como de paletes.

Para perceber as tarefas que os operadores realizam, assim como as suas movimentações foi realizado uma análise onde se seguiram dois operadores. A análise foi feita no turno 1, visto que este é o turno mais atarefado pois a maioria do corte das chapas é feito de manhã. Através deste estudo, as tarefas foram classificadas como tarefas de valor acrescentado ou tarefas de valor não acrescentado, onde estas últimas devem ser eliminadas ou amenizadas. Nas tabelas abaixo é possível ver as ações que os operadores 1 e 2 realizaram durante o tempo de observação.

Tabela 1 - Estudo de Ações (Valor Acrescentado / Muda) do Trajeto 1

Ação	Estado da Máquina	Duração	VA / MUDA
Varrer o chão	Em funcionamento	01:32	MUDA
Iniciar novo programa na máquina	Parada	01:10	VA
Buscar o bico	Parada	01:10	MUDA
Mudar o bico	Parada	00:10	MUDA
Ajustar parâmetros da máquina	Em funcionamento	00:48	VA
Movimentar o fim da máquina (abandar a chapa)	Em funcionamento	00:21	MUDA
Máquina corta a chapa	Em funcionamento	07:21	MUDA
Retirar o retalho e colocar no buffer	Em funcionamento	00:30	MUDA
Retirar as peças da máquina e contá-las	Em funcionamento	07:21	VA
Deslocação (buscar peças)	Em funcionamento	00:30	MUDA
Deslocação (Ir buscar folha para apontar o retalho)	Em funcionamento	00:30	MUDA
Medir o retalho e apontar medidas	Em funcionamento	00:30	MUDA
Deslocação (Falar com o responsável - gestão de peças não conformes)	Em funcionamento	01:53	MUDA
Verificar o corte	Em funcionamento	00:10	VA
Esvaziar coletor de sujidade	Em funcionamento	01:49	MUDA
Chamar o responsável	Em funcionamento	00:40	MUDA
Limpeza à volta da máquina	Em funcionamento	05:39	MUDA
Passar informação ao colega do turno seguinte	Parada	01:38	MUDA

Ação	Estado da Máquina	Duração	VA / MUDA
Varrer o chão	Em funcionamento	03:32	MUDA
Alocar peças na palete (OF)	Em funcionamento	00:28	MUDA
Varrer o chão	Em funcionamento	00:38	MUDA
Procurar pá	Em funcionamento	00:41	MUDA
Deitar restos na sucata	Em funcionamento	01:14	MUDA
Contar peças por OF e fazer controlo dimensional	Em funcionamento	04:09	VA
Deslocação (buscar paquímetro)	Em funcionamento	00:49	MUDA
Contar peças por OF e fazer controlo dimensional	Em funcionamento	08:40	VA
Esvaziar os 2 coletores de sujidade	Em funcionamento	01:04	MUDA
Espera para poder parar máquina	Parada	00:51	MUDA
Contar peças por OF e fazer controlo dimensional	Parada	00:53	VA
Inserir OF no agrupamento	Em funcionamento	02:42	MUDA
Varrer	Em funcionamento	03:25	MUDA
Mudança de turno (passagem de informação)	Em funcionamento	01:15	MUDA
Espera para poder parar máquina	Em funcionamento	01:39	MUDA
Contar peças por OF e fazer controlo dimensional	Parada	01:05	VA

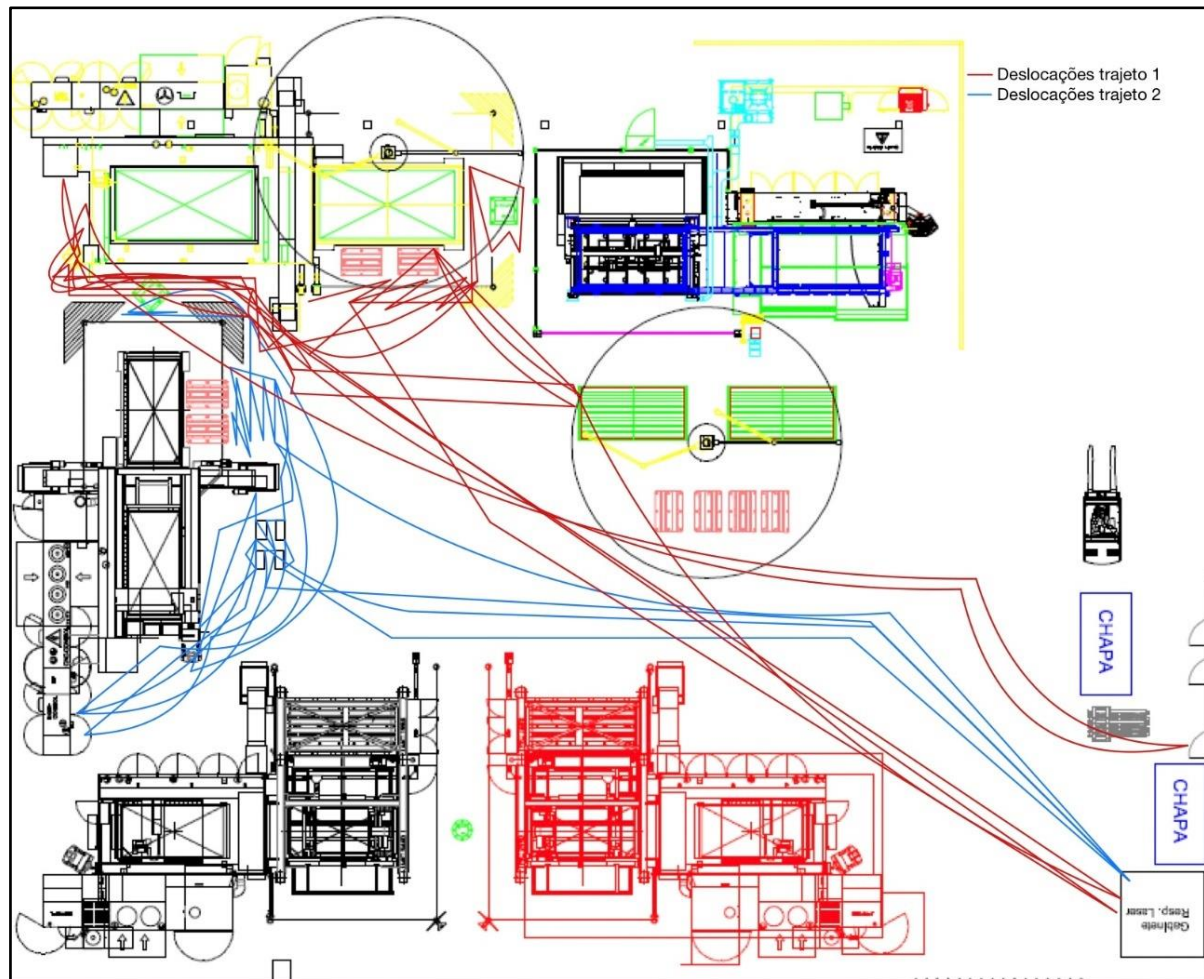


Figura 9 - Diagrama de Spaguetti do Trajeto 1 e 2

Na figura acima é possível observar as movimentações dos trajetos 1 e 2. Há claramente muitas deslocções até ao gabinete do responsável dos lasers, muito tempo perdido a varrer, bem como a procurar material.

No trajeto 1 a máquina esteve parada quatro minutos e trinta segundos, com um tempo de abertura de aproximadamente vinte e seis minutos e seis segundos, tendo assim uma indisponibilidade de 16,16%. A relação VA / MUDA é de 33,2%, com dezassete minutos e oito segundos de atividades consideradas desperdício e com oito minutos e quarenta e cinco segundos de atividades de valor acrescentado.

No trajeto 2 a máquina esteve indisponível 34,69%, ou seja, numa observação de aproximadamente uma hora, a máquina esteve parada vinte e dois minutos. A relação VA / MUDA é de 23,52%, com catorze minutos e cinquenta segundos de atividades de valor acrescentado e quarenta e nove minutos e quarenta segundos de atividades consideradas desperdício.

4.5. Investigar causas raíz

Para todos os pontos críticos serem discutidos é necessário ter uma equipa multidisciplinar. Para isso foi criada uma equipa com a diretora industrial, responsável dos lasers, responsável da melhoria contínua, responsável do planeamento/ produção, responsável da qualidade, responsável da manutenção e ocasionalmente são incluídos alguns operadores para assuntos mais específicos.

A partir da observação feita é possível dividir os desperdícios em dois: os de máquina e os de operador. De seguida, as causas foram alocadas entre estes dois grupos e para cada uma delas foi discutida em equipa, a sua causa raíz.

Relativamente aos desperdícios do operador, foram discutidas e encontradas as seguintes causas e respetivas causas raíz:

- Deslocação para ir buscar bico para afinar máquina- Operadores não têm *know-how* para trocar bicos, fazendo deslocações para ir buscar bicos que não precisavam de ser utilizados;
- Ajustar reposicionamento do raio devido a defeito de rebarba- Não existe um standard de afinação do bico da máquina;
- Varrer chão inúmeras vezes- Não estão definidas regras de limpeza do espaço, assim como a sua periodicidade;
- Procurar material- Ausência de kits de limpeza e kits de controlo dimensional junto de cada máquina;
- Inserir OF no agrupamento- Esta tarefa pode levar muito tempo caso um agrupamento tenha muitas OFs (podendo provocar paragem na máquina);
- Mudança de turno- Não há um *standard* de passagem de informação/ mudança de turno (é importante definir que a máquina não deve ser parada durante esta ação);
- Controlo dimensional de peças a serem cortadas, registar problemas, esvaziar coletores de sujidade- Não há pessoas específicas para realizar este tipo de ações sem parar a máquina;
- Tempo de espera- Desbalanceamento entre tempo homem vs tempo máquina (excesso de operadores técnicos e falta de operadores logísticos e de qualidade);
- Alocar peças na palete- Não há entreaajuda entre operadores para garantir que a máquina não para; Standard de alocação a OFs às paletes pode ser otimizado;

Quanto aos desperdícios referentes à máquina, foram encontradas as seguintes causas-causas raíz:

- Mudança de turno- Não há standard de passagem de informação/mudança de turno, onde devem estar definidas as regras de paragem de máquina;
- Manutenção Autônoma- Não estão documentadas as limpezas e verificações que devem ser feitas todos os dias em cada turno;
- Manutenção Preventiva- É realizada durante o horário de produção, desperdiçando-se tempo em que a máquina poderia estar a cortar chapa;
- Ajuste de parâmetros na máquina- Falta de *know-how* por parte dos operadores;
- Alterações no plano de corte da máquina- Surgimento de pedidos ou reclamações urgentes;
- Máquina parada por tempo de espera a retirar peças- Falta de entreajuda dos operadores para garantir que a máquina não para.

4.6. Desenho de soluções propostas para atuar nas causas raíz

Após a identificação das causas raíz, foi possível agrupar as que se referem ao mesmo tema e propor as seguintes soluções:

Tabela 2 - Causas Raiz e Soluções

Causa raíz			Soluções	
Não há entreajuda entre operadores para garantir que a máquina não para	Não há equipa dedicada ao controlo dimensional	Desbalanceamento entre tempo homem vs tempo máquina (excesso de operadores técnicos e falta de operadores logísticos e de qualidade)	1 Dividir equipas por operadores de máquina e operadores de logística/ suporte	2 Criação de regras para segregação de OFs por palete e melhorar a sua gestão visual

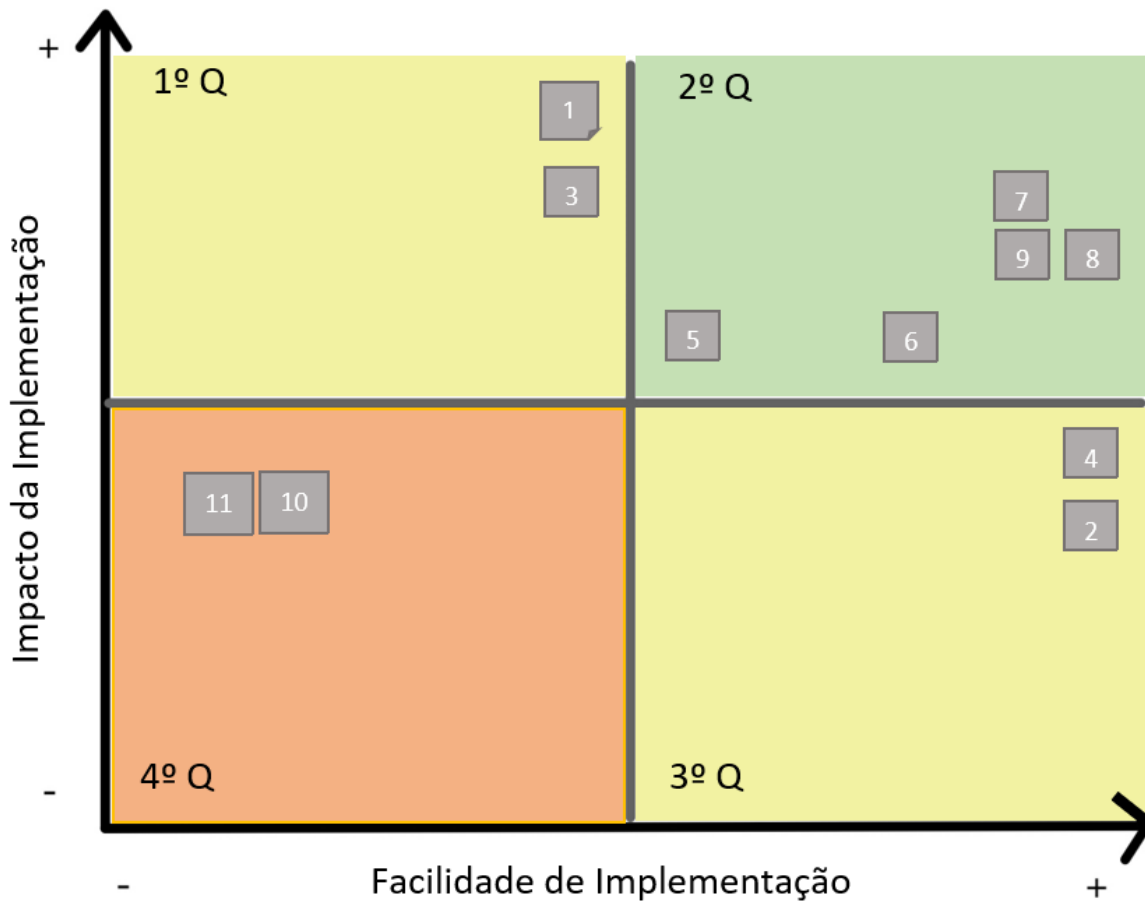
Não há standard de afinação das máquinas		Operadores não têm Know-how para troca de bicos da máquina	3 Criação de plano de formação de afinação de parâmetros e troca de bicos a 1 / 2 operadores por turno	4 Definir <i>kanban</i> e posto de stock de bicos por cada máquina	5 Formação técnica em dar baixa de consumos aos responsáveis de turno e aos 2 operadores de máquina
Ausência de kits de limpeza e kits de controlo dimensional junto de cada máquina	Ausência de regras de limpeza do espaço	Não estão documentadas as limpezas e verificações que devem ser feitas todos os turnos/dias	6 Criação de kits de limpeza por máquina	7 Criação de plano de manutenção autónoma	
Não há um <i>standard</i> de mudança de turno			8 Definir regra que máquinas não podem parar durante a troca de turno	9 Definir standard de passagem de turno	
Manutenção preventiva realizada durante o horário de produção			10 Otimizar plano de manutenção entre semana e fim de semana	11 Criação de plano de manutenção preventiva durante as férias da empresa	

De seguida, com o auxílio de uma matriz prioridade, definimos que soluções devem ser implementadas com mais urgência. A prioridade é baseada no impacto da solução:

- Baixo Esforço / Alto Impacto - *Quick-wins*
- Elevado Impacto / Alto Esforço – Projetos chave

- Baixo impacto / Alto Esforço - Tarefas ingratas
- Baixo esforço / Baixo impacto - Ação cancelada

No 2º quadrante estão então as ações que devem ser implementadas o mais cedo



possível, visto que são fáceis de implementar e vão causar um grande impacto.

Já, pelo contrário, a solução número 11 será excluída do plano de ações devido à sua dificuldade e pouco impacto de implementação. O facto de a equipa de manutenção ser muito pequena (responsável da manutenção e um funcionário) torna impossível a possibilidade de haver ações de manutenção preventiva durante as férias, tendo em conta que a equipa já trabalha o resto do ano. Aplica-se o mesmo raciocínio para a ação número 10, visto que durante a semana a equipa está sempre disponível durante o dia.

Sobram então o terceiro e o primeiro quadrante. As ações do terceiro quadrante serão implementadas facilmente, ao invés das do primeiro quadrante, devido em grande parte, à resistência em mudar.

5. IMPLEMENTAÇÃO DAS MELHORIAS DEFINIDAS

ESTABILIDADE BÁSICA

Para ser possível ter numa organização, uma cultura de melhoria contínua, é fundamental a implementação da estabilidade básica, que vai ter como consequências:

- Melhoria de indicadores de equipa;
- Aptidão da equipa na eliminação de desperdício;
- Análises mais concisas, devido à evolução e reinvenção de processos.

Neste contexto, é nítido que, é necessário incentivar à realização de reuniões de equipa, de maneira a que o líder de equipa tenha *feedback* de todos os operadores (reforçando a motivação destes). É importante que estes lancem sugestões e que sejam discutidas, contribuindo para a resolução dos problemas identificados. Para além dos problemas do dia anterior e possíveis melhorias, também deve ser exposto o plano de trabalho do próprio dia. De maneira a ficar registado e facilmente visível para todos é bastante importante ter um quadro de equipa para auxiliar estas reuniões.

Por conseguinte, definiu-se os elementos que devem estar no quadro de equipa e que vão ser analisados diariamente:

- Agenda;
- Mapa de presenças;
- Plano de ações;
- Plano de trabalho;
- Indicadores.

Aplicando este quadro para a análise de resultados da manutenção autónoma na secção de lasers de corte de chapa, usaram-se os seguintes indicadores:

- Número de avarias por semana;
- Duração da manutenção semanal.

AÇÃO N° 7- Criação do plano de manutenção autônoma

Na empresa E, já havia uma rotina semanal de limpeza das máquinas, realizada todas as sextas-feiras. No entanto, não há nenhuma *checklist* para o operador se poder orientar, nem uma base de dados onde os registos de limpeza das variadas máquinas possam ficar guardados e prontos a consultar.

Foi também necessário assistir a várias rotinas de limpeza para perceber se a rota era normalizada, eficiente ou se necessita de alterações e perceber qual o tempo médio de limpeza.

Ao observar-se uma rotina de limpeza, foram encontradas algumas oportunidades de melhoria:

- Algumas tarefas são realizadas com a máquina desligada quando podia estar em funcionamento;
- Falta de ergonomia em algumas tarefas;
- Não há controlo das tarefas que foram ou não realizadas;
- Material de limpeza pouco acessível;
- Não estão definidas rotas de limpeza diárias.

Assim sendo, foi analisado em equipa a rota que os operadores faziam e desenvolveram-se normas de limpeza, que retratam a forma mais eficiente de seguir e cumprir o plano de limpeza. Foi então feita uma rota por cada máquina, sendo as primeiras tarefas realizadas com a máquina ligada. Existem quatro tipos de ações (inspecionar, lubrificar, limpar, intervir) que estão identificadas no próprio local onde o operador deve atuar. Apesar de a norma ter maioritariamente tarefas referentes à limpeza semanal, há algumas tarefas que devem ser feitas diariamente e, por isso, foi criada uma legenda de cor para se poder distinguir a periodicidade de cada tarefa, tal como se pode ver na Figura 11. As restantes normas encontram-se no Anexo A.

KAIZEN [™] INSTITUTE Rota Manutenção Autónoma- Laser 2							KAIZEN [™] INSTITUTE Rota Manutenção Autónoma- Laser 2							
LEGENDA DOS SÍMBOLOS – DESCREVE O TIPO DE TAREFA							LEGENDA DAS CORES – DESCREVE A FREQUÊNCIA							
Nº Componentes	Componente	Tipo de Intervenção	Ferramentas	Instrução	Imagem	Máquina Parada?	Nº componentes	Componente	Tipo de Intervenção	Ferramentas	Instrução	Imagem	Máquina Parada?	
3	Radiadores dos chillers		Ar comprimido	Limpar		Não	1	Chapa Frontal		Vassoura	Varrer		Sim	
3	Filtros dos Radiadores		Manta filtrante	Substituir filtros		Não	2	Coletores/ Tabuleiros		Empilhador	Despejar coletores nos contentores de sucata		Sim	
2	Coletores/ tabuleiros		N/A	Despejar coletores nos contentores de sucata		Não	2	Carris das mesas		Vassoura	Varrer		Sim	
Vários	Armários e zona superior da máquina		Panos	Limpar		Não	1	Zonas das mesas		Vassoura	Varrer chão na zona das mesas		Sim	
2	Laterais da máquina		Pano seco ou com desengordurante	Limpar		Não	1	Acrílicos		Pano seco ou humedecido em água	Limpar		Sim	
2	Grelhas das mesas		Máquina de limpeza	Inspeccionar e limpar grelhas das mesas com máquina		Não	1	Grelhas das mesas		Máquina de limpeza	Limpar grelhas das mesas		Sim	
15	Bocais da cabeça de corte		N/A	Inspeccionar os bocais, os suportes dos bocais e as roscas dos bocais		Não	2	Potes de aspiração		N/A	Inspeccionar potes da aspiração e substituir se cheio		Sim	
2	Laterais do tapete		Martelo/ Vassoura/ Aspirador	Limpar e aspirar		Não	1	Peça cerâmica da cabeça de corte		Pano seco	Limpar peça cerâmica		Sim	

Figura 11 - Norma de Manutenção Autónoma

Foram também criadas etiquetas com o tipo de intervenção impresso (figura 13), que foram coladas na máquina ou à volta desta para ser mais fácil para o operador identificar os sítios onde tem de atuar.



Figura 12 - Colocação de etiquetas para rota de manutenção autónoma



Figura 13 - Quadro de Manutenção Autônoma

Aplicando o quadro de equipa mencionado acima (Figura 13), definiu-se em equipa os seguintes indicadores:

- Número de avarias por semana;
- Duração da manutenção semanal.

Ficou definido que a manutenção autónoma é realizada todas as sextas-feiras no início do turno, rodando mensalmente o turno responsável (indicado no calendário). Quando o operador começa a realizar as tarefas em que a máquina tem que estar desligada, deve ir à aplicação das paragens ativar o cronómetro e indicar qual o laser que vai ser limpo. Quando terminar a limpeza, o operador volta à aplicação para desligar o cronómetro. De maneira a ficar exposto a todos os trabalhadores, o operador deve preencher os indicadores, anotando quanto tempo demorou a limpeza e indicar se houve avarias. Caso tenha havido alguma anomalia ou apenas queira dar uma sugestão de melhoria, o operador pode escrevê-la no plano de ações. Todos os dias após a realização da limpeza, deve ficar marcado um “x” no plano de trabalho.

A reunião semanal, para discutir os dados deste quadro, está marcada para todas as segundas-feiras à tarde, onde devem estar presentes o supervisor dos lasers e o responsável da manutenção. Caso estes tenham dúvidas em interpretar alguma ação escrita pelo operador ou haja algum valor fora do comum, devem entrar imediatamente em contato com ele para

poderem questionar determinados valores e/ou perceber o porquê da colocação da ação de melhoria.

AÇÃO Nº 5/6 – Formação técnica e criação de kits de limpeza

O sucesso da implementação das ferramentas lean depende, em grande parte, do envolvimento dos operadores. E por isso é necessário obterem a formação necessária para a realização das suas tarefas.

De maneira a serem mais autónomos e não estarem dependentes da equipa de manutenção, foi decidido que os responsáveis de turno passariam a ter a função de dar baixa de consumo dos bicos do laser. Esta formação foi dada pelo responsável da manutenção, que era a única pessoa responsável por esta tarefa.

Quando se realizar a ação nº 1, os operadores de máquina também deverão receber esta formação de maneira a não estarem dependentes do responsável de turno para poderem continuar a produzir.

Quanto à ação nº 6: foi criado um kit de limpeza (Figura 14) para cada máquina constituído por caixote, pá, vassoura e escova para evitar deslocações entre máquinas.



Figura 14 - Kit de Limpeza

AÇÃO N° 8/9- Passagem de turno

Assistiu-se a várias trocas de turno e foi possível constatar alguns erros que têm um impacto negativo na produtividade de ambos os turnos. Foi então construída uma norma de troca de turno onde ficou definido o que se deve fazer no momento da troca de turno:

- Evitar desligar máquina;
- Registrar o que foi cortado durante o turno;
- Verificar que todas as OFs foram picadas;
- Evitar interromper OFs do mesmo agrupamento;
- Chefe de turno que vai começar o turno tem que verbalizar aos seus operadores o que está a ser produzido e notificar os problemas ocorridos no turno anterior.

AÇÃO N°1/3 – Equipa polivalente

A divisão da equipa de trabalho em operadores responsáveis por programar a máquina e operadores de logística que acabam por dar suporte a retirar e transportar peças é, dentro das soluções propostas, umas das mais disruptivas. Este teste defende a entreaajuda de operadores de diferentes máquinas, com a ambição de que não esteja nenhuma máquina parada por não haver operadores suficientes a retirar peças.

Esta ação levou muito tempo a ser posta em prática devido à grande resistência em se querer alterar e experimentar algo novo. Inicialmente a resistência foi por parte dos responsáveis e supervisores, mas quando foi ultrapassada esta barreira, surgiu resistência por parte dos operadores. O facto de estarem o turno inteiro a retirar e transportar peças (havendo peças que pesam 10 kg) acaba por desmotivar o operador e por isso, foi definido que, a meio do turno os operadores trocariam de tarefas.

Apesar de haver rotatividade, é importante focar nos operadores que têm mais facilidade em afinar a máquina, visto que também é uma das causas que faz parar muito a máquina.

A alocação que se pretende obter é ter um operador de máquina responsável por programar duas máquinas e no mínimo dois operadores de suporte responsáveis por retirar e transportar as peças:

No turno 1, das 8h00 às 16h00 existem dois operadores de máquina para a chapa e um para o tubo, juntamente com os operadores logísticos que são três na zona da chapa. No turno 2, das 16h00 às 24h00 existe um operador de máquina e quatro operadores logísticos

No turno 3, das 24h00 às 8h00, à semelhança do turno 2, há um operador de máquina para a chapa e três operadores logísticos. De notar que o número de trabalhadores de turno para turno não é balanceado apesar de haver um responsável para cada turno.

Os operadores de máquina são responsáveis por colocar a matéria-prima na mesa de abastecimento da máquina, ajustar o raio do laser devido ao defeito de rebarba, picar ordens de fabrico no agrupamento, iniciar o programa na máquina, fazer o controlo dimensional das primeiras peças a serem cortadas, gerir peças não conformes detetadas e registar pedidos de intervenção (avarias).

Os operadores de suporte, ou seja, logísticos são responsáveis por alocar as peças que saem da máquina nas respetivas paletes, fazer o controlo do número de peças cortadas, gerir peças não conformes detetadas, eliminar rebarbas, conferir stock de paletes existentes, esvaziar coletores de sujidade, varrer a zona à volta da máquina e trazer o material necessário à produção/limpeza/ medição das peças.

O responsável de turno continua com as mesmas responsabilidades e tanto os operadores de suporte como os de máquina têm a responsabilidade de garantir a passagem de informação na mudança de turno, isto inclui informar o que está a ser produzido, se há agrupamentos inacabados e que erros ocorreram durante o turno. É importante realçar que foi criada a função de *mizu* (antes de se ter implementado a divisão das tarefas dos operadores) para transportar exclusivamente o material que sai do corte e é colocado nas paletes para seguir o próximo processo. Esta implementação visa garantir um fluxo constante do material.

AÇÃO N°2- Segregação do material por palete

Atualmente existe um documento de regra para separação de material, mas apenas para um cliente em particular (Figura 15).

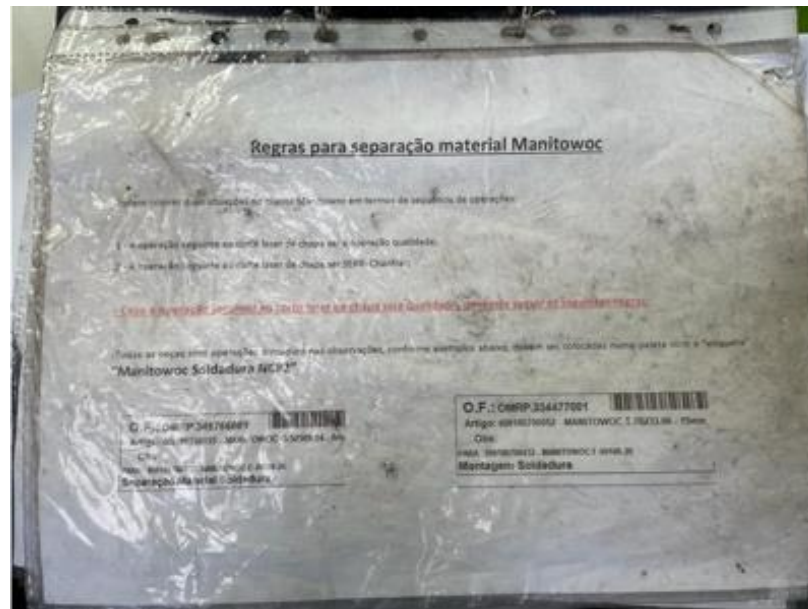


Figura 15 - Norma de Separação de Material Cliente Y

Dependo da ordem de fabrico, esta pode ter mais ou menos processos e mais ou menos material incluído, sendo assim, um documento pouco visual. Esta característica faz com que o operador facilmente misture material que não vai seguir o mesmo processo. Caso isto aconteça, há duas opções: o mizu pode reparar e retira da palete o material que não corresponde ao processo ou caso contrário, todo o material que está na palete vai seguir para a mesma secção podendo mesmo ficar dias parado nessa mesma secção até alguém se aperceber dele e transferi-lo para a secção correta, provocando um aumento do lead time de produção.

Foram então definidos critérios para definir o processo seguinte em cada ordem de fabrico:

- 1º caso: Quando a etapa “Corte Laser” não é a última etapa da peça;
- 2º caso: Quando a etapa “Corte Laser” é a última etapa da peça.

No primeiro caso, o processo seguinte aparece na sequência de produção da OF e será numa palete específica para esse processo que o operador terá de colocar o material cortado.

No segundo caso, se não houver informações no campo de observações o material pode seguir para o local de carga. Caso haja informações no campo de observações, estas indicam qual é o processo seguinte.

Através destes critérios, foi criado e colado em todas as máquinas (Figura 16).

REGRAS PARA SEPARAÇÃO DO MATERIAL POR PALETE

1 Cada palete deve corresponder a um processo seguinte à operação Corte Laser

Quais são os possíveis processos a seguir ao Corte Laser?

- NCP2**
 Montagem Soldadura
 Montagem
 Subcontratos
 Soldadura MIG MAG
 Embalagem NCP2

- NCP1**
 Soldadura TIG
 Quinagem
 Embalagem
 Serralharia
 Qualidade

2 Como consigo identificar o processo / DESTINO seguinte em cada Ordem de Fabrico (OF)?

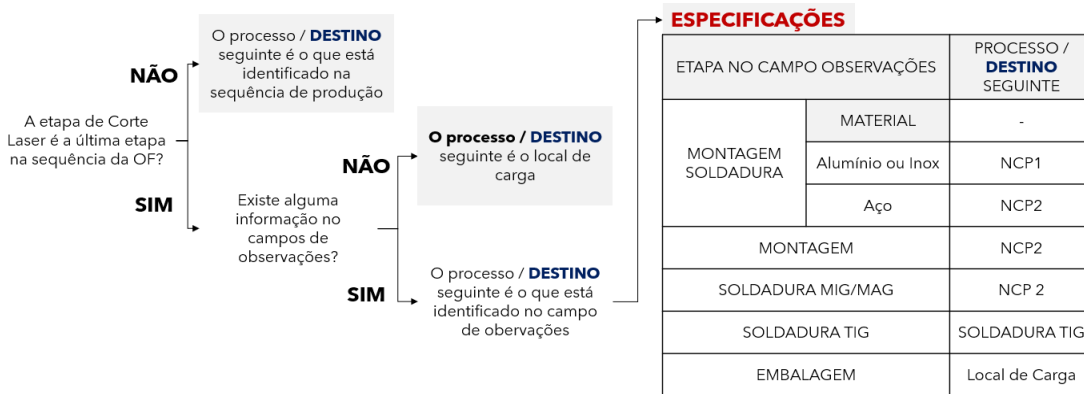


Figura 16 - Norma com regras de Separação de Material por Palete

Assim, dependendo do processo seguinte, o operador deve identificar a palete com a etiqueta do processo seguinte, Figura 17.



Figura 17 - Implementação das Etiquetas

AÇÃO N°4- Definição de kanban e posto de stock de bicos por cada máquina

Aquando do estudo das ações e deslocações dos operadores, registaram-se variadas vezes a troca de bico da máquina assim como deslocações para ir buscar outros bicos que não estavam disponíveis ao lado da máquina. De forma a diminuir este desperdício e ter um melhor controlo visual do fluxo de bicos, a prateleira onde existiam alguns bicos foi transformada numa prateleira *kanban*.

Idealmente, todos os bicos devem estar disponíveis para o operador , visto que na afinação da máquina o operador acaba por fazer vários testes com diferentes bicos. Para isso definiu-se que cada coluna da prateleira corresponde a uma medida diferente do bico e definiram-se duas regras, por meio de cores para facilitar a gestão do reabastecimento:

- Linha amarela – Quando se atinge esta linha, quer dizer que estão disponíveis 2 bicos. Esta quantidade acaba por ser equiparada ao stock operacional, ou seja, é a quantidade que, ao afinar a máquina, o operador normalmente usa;
- Linha Vermelha – Quando se atinge este nível quer dizer que se atingiu o stock de segurança (tendo apenas 1 bico disponível) e por isso é obrigatório fazer o reabastecimento desse tipo de bico

Na Figura 18 é possível ver uma das prateleiras existentes. Na parte de baixo da prateleira estão as medidas dos bicos correspondentes a cada coluna e os bicos devem ser colocados desde a linha de baixo para cima.



Figura 18 - Prateleira Kanban de Bicos Laser

Para fazer a reposição dos bicos há um armário de consumíveis, que se situa no início do armazém. Quando algo é retirado do armário o operador deve preencher uma folha a dar

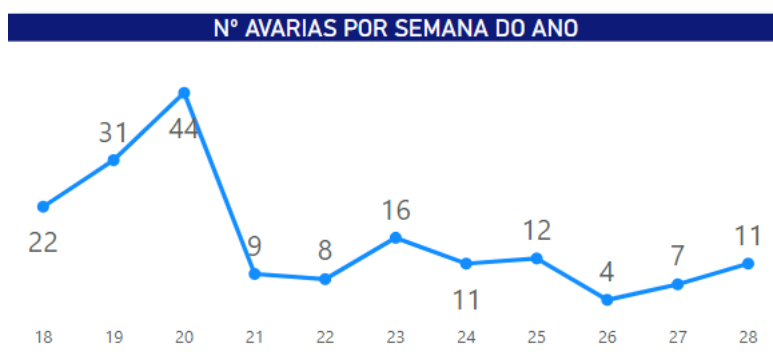
baixa de stock do respetivo consumível, para que ao final do mês o responsável de manutenção gere uma ordem de manutenção para ser repostado o stock.

5.1. Resultados

5.1.1. Controlo de dados

Foi criado um *dashboard* (Anexo B) para se poder aceder de maneira rápida a qualquer indicador que tem sido analisado durante os últimos meses. Manutenção Autónoma

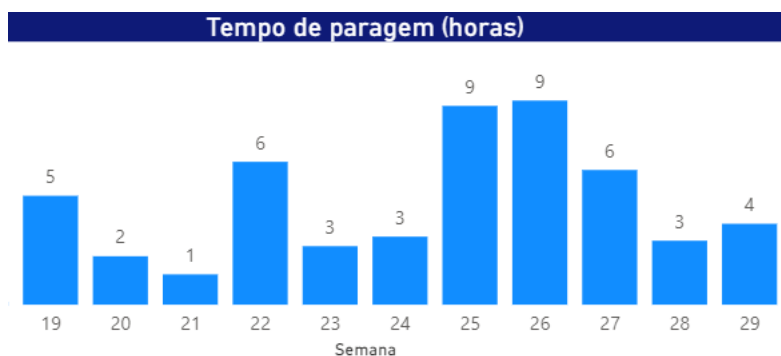
Foi dada formação em MA (manutenção autónoma) aos operadores entre a semana 21 e 22, onde foram explicadas as diversas tarefas juntamente com a periodicidade, explicação do quadro de registos e respetivos indicadores. A implementação e controlo da manutenção autónoma, trouxeram resultados positivos a nível do número de avarias, o que vem a confirmar a teoria inicial de que estas se deviam à falta de cuidado com a máquina por parte dos operadores. Não é possível indicar uma média rigorosa do número de avarias que havia anteriormente à implementação da manutenção autónoma, mas a partir do momento que foi



utilizada a aplicação de paragens, calculou-se uma média de 32 avarias semanais. Pela Figura 19 é evidente a diminuição do número de avarias ao longo das semanas, que baixou para uma média semanal de, aproximadamente, 10 avarias por semana.

Figura 19 - Gráfico nº de avarias semanais

Na Figura 20 é possível observar o número de horas semanais em que os operadores realizaram manutenção autónoma. Este valor não deveria exceder 8 horas por semana (2 horas de limpeza para cada máquina), se considerarmos que, nessa semana todas as máquinas



foram utilizadas e vão ser limpas. Neste caso as semanas onde houve 9h de limpeza, correspondem a um valor arredondado por excesso.

Como a limpeza semanal é feita à sexta-feira, algumas máquinas que eram usadas durante a semana, exceto à sexta-feira, não eram limpas de acordo com a rota semanal, mas apenas com a rota diária no dia em que eram usadas. Tal como se vê na Tabela 3 (Tempo total com a máquina parada para MA) onde estão as semanas com os valores mais baixos e

Figura 20 - Gráfico Tempo de Paragem (Horas) por semana

mais altos de tempo de paragem.

Tabela 3 - Tempos de Paragem por semana por máquina

	Laser 1	Laser 2	Laser 3	Laser 4
Semana 20	0h40	0h25	0h52	0h11
Semana 21	0h17	1h02	-	-
Semana 25	2h31	2h35	1h33	1h37
Semana 26	1h01	2h20	2h26	2h57

5.1.2. Divisão da equipa

A implementação da divisão da equipa começou na semana 30, onde se eliminou a equipa do turno 3 que passou para o setor da quinagem devido à acumulação de material

neste setor. Esta iniciativa só foi implementada no 1º turno devido a alguma resistência por parte do responsável da engenharia e supervisor dos lasers.

Na Figura 21 - Dashboard Final, é possível ver a redução do tempo total de paragens. Esta redução deve-se não só à nova alocação que permitiu parar menos a máquina para retirar peças, mas também o facto de se ter eliminado o turno 3. Apesar desta alteração não estar nos planos, acabou por ser algo positivo, pois no horário em que este turno trabalhava não estavam presentes pessoal da manutenção, engenharia nem o supervisor dos lasers. Ou seja, neste turno, a tendência para o tempo de resolução de problemas seria maior, refletindo-se na eventual paragem da máquina.

Desde que se implementou a aplicação de paragens até à semana de divisão de equipas a média semanal de paragens foi de 204 horas. Desde a implementação desta ação até à semana 34 a média foi de 174 horas de paragem por semana, o que resulta numa diminuição de 15%.

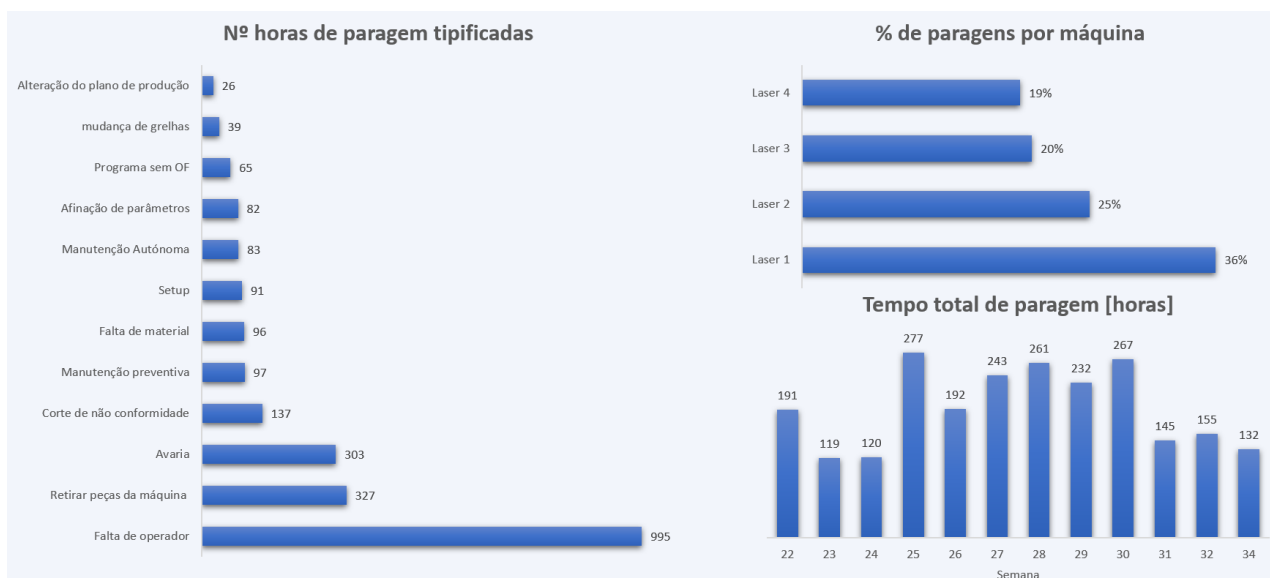


Figura 21 - Dashboard Final

6. CONCLUSÃO

O trabalho desenvolvido na presente Dissertação de Mestrado teve como principal objetivo a redução dos tempos de paragem de máquinas laser para o consequente aumento da produtividade da empresa.

Inicialmente, foi realizado um VSM para análise da situação atual, deteção de problemas e recolha de dados para em seguida serem desenhadas e discutidas soluções: Estabilidade Básica, Manutenção Autônoma, Definição de rotas de trabalho.

De seguida, passou-se para a fase de implementação focada na execução das soluções propostas pela equipa multidisciplinar. Para a implementação ser eficaz foi necessário introduzir aos operadores as ferramentas que iriam ser utilizadas. Esta ação é muito importante pois é normal haver muita resistência à mudança. Conseguir introduzir uma cultura de melhoria contínua e trabalho de equipa para combater possíveis constrangimentos é fulcral para sustentar o trabalho feito até agora e implementar novas ações de melhoria.

A segunda etapa passou por testar as ferramentas, verificar se estavam a ser corretamente usadas e recolher os dados obtidos dessas implementações. À medida que se foram acumulando dados foi possível perceber se as implementações estavam a ter impacto na eficiência dos equipamentos.

Este projeto acabou por ficar em pausa e pretende-se dar continuação a partir do momento em que forem retiradas as máquinas 1 e 5. A máquina 1 vai ser substituída por uma semelhante à máquina 2 (é a máquina com menos tempos de paragem) e o espaço da máquina 5 vai permitir ter mesas de apoio para retirar peças. Com estas alterações acredita-se que o número de paragens irá baixar acentuadamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carvalho, D; Moreira, J; Bragança, F; S; Costa, E; Alves A. Waste identification diagrams. *Prod. Plan Control*, 6, 235-247 (2015). Doi: 10.1080/09537287.2014.891059. Retirado de: <https://sci-hub.hkvisa.net/10.1080/09537287.2014.891059>

Dinis, J; Carvalho, F; Moreira, S; Bragança, E; Costa, A; Alves; Sousa, R. Waste idnetification diagrams. *Production Planning and Control*. Vol. 26, no3, pp. 235-247. (2015).

Haefner, B; Kraemer, A; Stauss, T; Lanza, G. “Quality Value Stream Mapping”. *Orocedia CIRP*, vol. 17, pp.254-259. (2014).

Hunt, V.D. *Process Mapping: How to Reengineer Your Business Process*. Jonh Wiley & Sons, New Yoor. (1996).

Imai, M. *Gemba Kaizen: A commonsense Approach to a Continous Improvement Strategy*. Second ed. 2012: Mc Graw Hill.

Jones, D.T; Womack, J.P. (2017). The evolution os Lean Thinking and Practice. In: Nethland, T.H. and Powell, D.J. *The Routledge Companion to Lean Management*. Routledge, New York.

Mao, F; Yang, H.B; Xu, J. (2014). Determination of number of Kanban for classis control system production lines. *Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, ICNSC 2014*, 480-483.

Monden, Y. (1981). Adaptable Kanban Sytem Helps Toyota Maintain Just-In-Time Production. *Industrial Engineering*. Vol 13.

Pillat, R.M.; Oliveira, T.C; Alencar, P.S.C; Cowan, D.D. BPMNt: a BPMN extension for specifying software process tailoring. *Inf. Softw. Tecnhonol*. Vol. 57, pp 95-115. (2015). Doi: 10.1016/j.infsof.2014.09.004]. Retirado de: <https://sci-hub.hkvisa.net/10.1016/j.infsof.2014.09.004>

Rocha, A; Correia, A M; Adeli, H; Reis, LP; Costanzo, S (2017). Recent Advances in Information Sytems and Techonologies. *Collaborative Process Mapping to Improve Work Instructions and Standardized Work*. 569 (60), 603-615. Doi: 10.1007/978-3-319-56535-4_60. Retirado de: https://sci-hub.hkvisa.net/10.1007/978-3-319-56535-4_60.

Rother, M; Shook, J. *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Productivy Press, Cambridge. (1999).

Savén, A; R.S. Business process modelling review and framework. Int. J. Prod. Econ. Vol. 90.pp, 129-149. (2004). Doi: doi:10.1016/S0925-5273(03)00102-6. Retirado de: [https://sci-hub.hkvisa.net/10.1016/s0925-5273\(03\)00102-6](https://sci-hub.hkvisa.net/10.1016/s0925-5273(03)00102-6)

Smalley, A., Basic stability is basic to lean manufacturing success. Lean Enterprise Institute, 2006. 617: p.. 1-5

Tanco, M. How to implemente Lean Manufacturing. Quality Progress. Vol. 43, no.7, pp. 67. (2010).

ANEXO A- ROTAS DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

KAIZEN
MANUTENÇÃO

Rota Manutenção Autónoma- Laser 1





LEGENDA DOS SÍMBOLOS – DESCRICÃO DO TIPO DE AÇÃO

LEGENDA DAS CORES – DESCRICÃO DA FREQUÊNCIA

Imagem	Componente	Nº Componentes	Tipo de Ação	Ação	Material Necessário	Máquina Parada?
	Armários e zona superior da máquina	vários		Limpar armários e zona superior da máquina	Panos	Não
	Laterais da máquina	2		Limpar laterais da máquina	Pano seco ou com desengordurante	Não
	Radiadores	3		Limpar radiadores (chillers)	Ar comprimido	Não
	Filtros dos Radiadores	3		Substituir filtros dos radiadores (chillers)	Manta filtrante	Não
	Grelhas	2		Inspeccionar grelhas das mesas e substituir se necessário	Grelhas e chave 10	Não
	Potes de aspiração	2		Inspeccionar potes da aspiração	-	Sim
	Laterais do tapete	2		Limpar e aspirar laterais do tapete	Vassoura/Aspirador	Sim
	Laterais do tapete	2		Limpar	Martelo/vassoura	Sim
	Chapa frontal	1		Varrer chapa frontal	Vassoura	Sim
	Coletores de Sucata	2		Esvaziar coletores de recolha da sucata	-	Sim
	Carris das mesas	2		Limpar carris das mesas	Vassoura	Sim
	Chão	1		Varrer chão da zona das mesas	Vassoura	Sim
	Acrílicos	1		Limpar acrílicos	Pano seco ou humedecido em água	Sim

















KAIZEN™ INSTITUTE Rota Manutenção Autónoma- Laser 2

LEGENDA DOS SÍMBOLOS – DESCREVE O TIPO DE TAREFA

			
INSPEÇÃO	LUBRIFICAÇÃO	LIMPEZA	INTERVENÇÃO

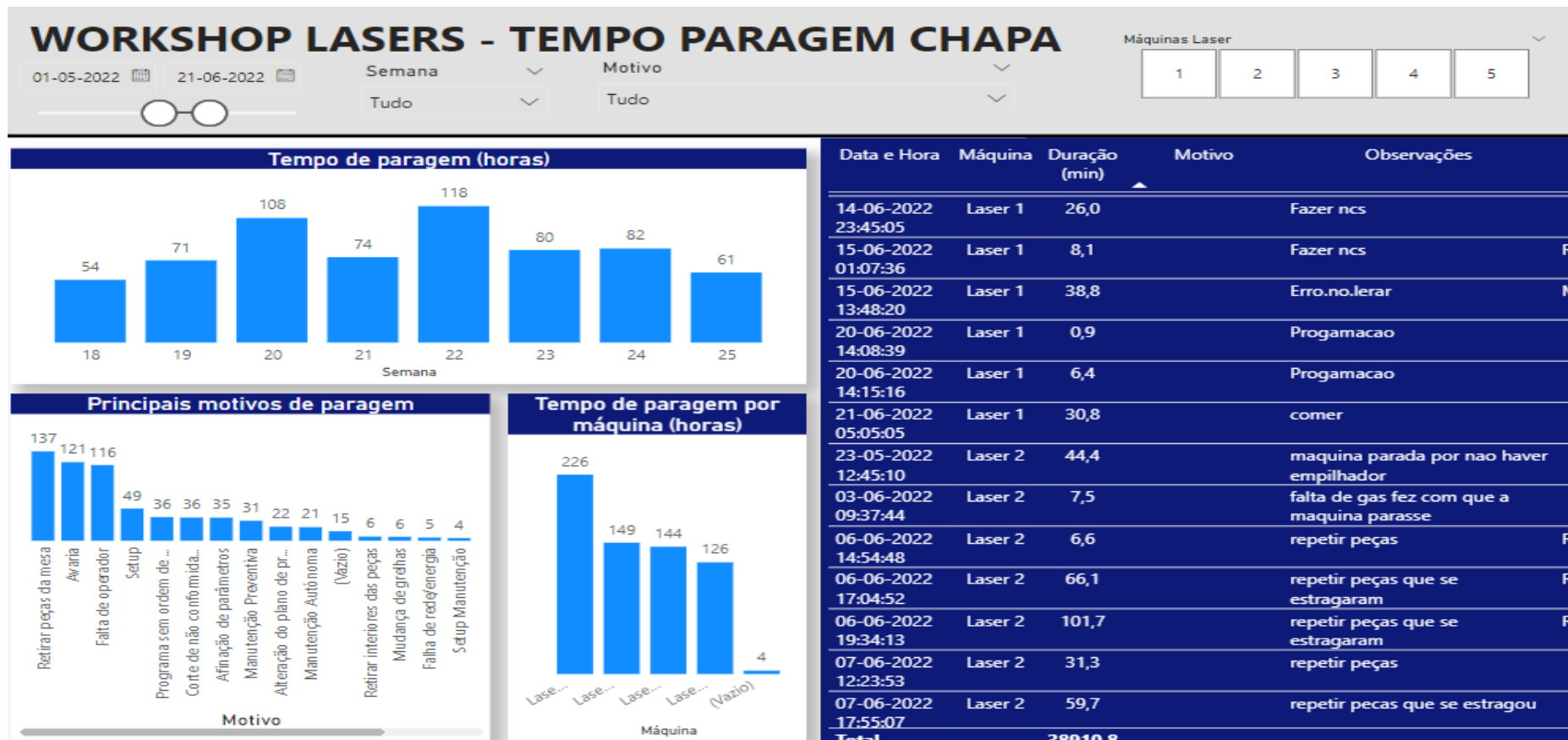
LEGENDA DAS CORES – DESCREVE A FREQUÊNCIA

DIÁRIA	SEMANAL

Nº Componentes	Componente	Tipo de Intervenção	Ferramentas	Instrução	Imagem	Máquina Parada?
3	Radiadores dos chillers		Ar comprimido	Limpar		Não
3	Filtros dos Radiadores		Manta filtrante	Substituir filtros		Não
2	Coletores/ tabuleiros		N/A	Despejar coletores nos contentores de sucata		Não
Vários	Armários e zona superior da máquina		Panos	Limpar		Não
2	Laterais da máquina		Pano seco ou com desengordurante	Limpar		Não
2	Grelha das mesas		Máquina de limpeza	Inspeccionar e limpar grelhas das mesas com máquina		Não
15	Bocais da cabeça de corte		N/A	Inspeccionar os bocais, os suportes dos bocais e as rosca dos bocais		Não
2	Laterais do tapete		Martelo/ Vassoura/ Aspirador	Limpar e aspirar		Não

 Rota Manutenção Autónoma- Laser 2						
LEGENDA DOS SÍMBOLOS – DESCREVE O TIPO DE TAREFA				LEGENDA DAS CORES – DESCREVE A FREQUÊNCIA		
						
INSPEÇÃO	LUBRIFICAÇÃO	LIMPEZA	INTERVENÇÃO	DIÁRIA	SEMANAL	
Nº componentes	Componente	Tipo de Intervenção	Ferramentas	Instrução	Imagem	Máquina Parada?
1	Chapa Frontal		Vassoura	Varrer		Sim
2	Coletores/ Tabuleiros		Empilhador	Despejar coletores nos contentores de sucata		Sim
2	Carris das mesas		Vassoura	Varrer		Sim
1	Zonas das mesas		Vassoura	Varrer chão na zona das mesas		Sim
1	Acrílicos		Pano seco ou humedecido em água	Limpar		Sim
1	Grelhas das mesas		Máquina de limpeza	Limpar grelhas das mesas		Sim
2	Potes de aspiração		N/A	Inspeccionar potes da aspiração e substituir se cheio		Sim
1	Peça cerâmica da cabeça de corte		Pano seco	Limpar peça cerâmica		Sim

ANEXO B- DASHBOARD



PLANO DE AÇÕES

01-01-2022 17-09-2022

11 Lead Time [dias] **8** Ações Abertas **(Vazio)** Nº Ações Concluid...

Líder: Tudo

Setor/Workshop: MANUTENÇÃO AUTONOMA

Estado: Tudo

Status (PDCA): Múltiplas seleções

Ação	Data Prevista Fim	Prioridade	Estado	Líder	Responsável	Observações
Reforçar com responsáveis de Turno a importância da Manutenção Autónoma e o registo	05-09-2022	Média	Aberta atrasada	Sofia Neves	Cristiano Peixoto	
Continuar a acompanhar / auditar as próximas MA	09-09-2022	Alta	Aberta atrasada	Sónia Fernandes	Sónia Fernandes	
Colocar as rotas mais visíveis / "apelativas". Por exemplo Criar Painel de Informação	30-09-2022	Alta	Aberta dentro do prazo	Kaizen	Kaizen	
Passar a SEGIN a questão da leitura dos códigos de Barra das Ordens de Manutenção / testar se é possível imprimir no SEGIN, e se sim se dão leitura.	30-09-2022	Alta	Aberta dentro do prazo	Sónia Moreira	Sónia Moreira	
Reforçar a formação dos operadores – voltar a dar formação / sensibilização	30-09-2022	Alta	Aberta dentro do prazo	Cristiano Peixoto	Tiago Campos	
Responsável Laser acompanhar rotas de MA, e garantir que são cumpridas	30-09-2022	Alta	Aberta dentro do prazo	Cristiano Peixoto	Tiago Campos	
Fazer extensão para as vassouras de forma a que os operadores NUNCA tenham de se colocar de baixo da máquina. Prevenir acidentes de baixar a mesa, ou outro tipo de lesões: ergonómicas, bater com a cabeça na mesa, etc	30-10-2022	Alta	Aberta dentro do prazo	Sofia Neves	Cristiano Peixoto	
Comprar tubo mais comprido para o aspirador, de forma que este possa ser utilizado	31-10-2022	Média	Aberta dentro do prazo	Humberto Lopes	Humberto Lopes	http://www.macocer.com/Store/Catalog?code=aspiracao

