

• U • C •

FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

# **Definição de um plano de manutenção e aplicação do ciclo DMAIC para a melhoria do desempenho de equipamentos para produção de paletes**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

## **Definition of a maintenance plan and application of the DMAIC cycle for the performance improvement of equipment for the production of pallets**

Autor

**João Miguel Martins Frazão**

Orientador

**Professor Doutor Cristóvão Silva**

Júri

Presidente	<b>Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira</b> Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra Professor Doutor <b>Cristóvão Silva</b>
Vogais	Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra Mestre <b>Pedro Miguel Fernandes Coelho</b> Assistente Convidado da Universidade de Coimbra
Orientador	<b>Professor Doutor Cristóvão Silva</b> Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional

---



Madeca – Madeiras de  
Caxarias, S.A.

Coimbra, Julho, 2017



The function of education is to teach one to think intensively and to think critically. Intelligence plus character – that is the goal of true education.

Martin Luther King Jr., 1947.

Aos meus pais.



## Agradecimentos

O presente documento apenas pode ser realizado com o apoio e colaboração de algumas pessoas, às quais sinto necessidade de prestar o meu agradecimento.

Ao professor Doutor Cristóvão Silva que me orientou na elaboração deste documento e me ajudou a concretizá-lo da melhor forma.

Ao administrador da Madeca, João Verdasca, pela receptividade com que me acolheu neste estágio curricular e a disponibilidade que mostrou em ajudar-me nas dificuldades que tive de enfrentar ao longo do mesmo.

A todos os funcionários da Madeca, que, de uma forma ou de outra, possibilitaram a conclusão deste relatório com sucesso.

Aos amigos que levo de Coimbra, que me acompanharam neste percurso académico, Ana Batista, Rato, Joca, Inês Pinto e Ana Raquel.

Aos meus colegas de casa e companheiros de todas as horas, David, Lains e Marujo.

À minha namorada, Beatriz, pelo constante companheirismo e compreensão, assim como pela ajuda na elaboração deste documento.

E, por fim, aos meus pais e família, que possibilitaram todo este percurso académico com todo o tipo de apoio.

A todos os mencionados, o meu sincero agradecimento.



## Resumo

O trabalho que se apresenta neste documento tem como principais objetivos a aplicação do ciclo DMAIC para a redução de paragens e a definição de um plano de manutenção para os equipamentos de uma empresa de produção de paletes.

Na implementação do ciclo DMAIC foi definido o problema através da criação de um *charter*, bem como de um diagrama SIPOC, estabelecendo como meta a redução das improdutividades em 20%. Após a recolha de dados da produção, procedeu-se à análise dos dados recolhidos através de diagramas de Pareto e diagramas de *Ishikawa*, tendo-se encontrado por essa via soluções para os problemas identificados.

A elaboração do plano de manutenção teve por base a metodologia TPM, incidindo maioritariamente em três dos seus pilares: manutenção planeada, manutenção autónoma e melhoria contínua. A informação recolhida de manuais de instruções dos equipamentos e diálogo com os operadores e com equipa de manutenção resultou na elaboração desse plano. Para tal foram criadas três folhas: folha de atividades de manutenção, folha de registo da manutenção e folha de registo de anomalias.

Os resultados da implementação do DMAIC e do plano de manutenção não puderam ainda ser quantificados devido às suas soluções não terem sido aplicadas na totalidade. No entanto, prevê-se que caso sejam implementadas, a fábrica venha a reduzir o número de paragens em 50% e o tempo de paragem em 8%. O plano de manutenção trará melhorias ao nível dos índices de produção visto que a limpeza, lubrificação e inspeção da máquina serão obrigatórias e registadas.

**Palavras-chave:** Plano de manutenção, DMAIC, TPM, Improdutividades, Soluções.



## Abstract

The work presented in this document has as main objectives the application of DMAIC cycle for the reduction of stops and the definition of a maintenance plan for the equipment of a company of production of pallets.

In the implementation of the DMAIC cycle the problem was defined through the creation of a charter, as well as a SIPOC diagram, establishing as goal the reduction of unproductivity by 20%. After the data collection of production, the collected data were analyzed through Pareto diagrams and *Ishikawa* diagrams, so that solutions were found for this problem.

The preparation of the maintenance plan was base on the TPM methodology, focusing mainly on three of its pillars: planned maintenance, autonomous maintenance and continuous improvement. The information collected from the instruction manuals of the equipment and dialogue with the operators and maintenance team resulted in the elaboration of this plan. Three sheets were created: maintenance activity sheet, maintenance registration sheet and anomaly registration sheet.

The results of the implementation of the DMAIC and maintenance plan cannot be quantified yet because their solution have not been fully implemented. However, it is expected that if implemented, the factory will reduce the number of stops by 50% and the stoppage time by 8%. The maintenance plan will bring improvements to the production levels since the cleaning, lubrication and inspection of the machine will be obligatory and registred.

**Keywords** Maintenance plan, DMAIC, TPM, Unproductivity, Solutions



## Índice

Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas .....	xii
Siglas .....	xiii
Siglas .....	xiii
1. INTRODUÇÃO .....	15
2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....	19
2.1. História da Empresa .....	19
2.2. Processo Produtivo .....	21
2.3. Produtos Comercializados .....	24
3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO .....	27
3.1. Manutenção .....	27
3.2. <i>Total Productive Maintenance</i> .....	28
3.2.1. Origem .....	28
3.2.2. Definição .....	29
3.2.3. Pilares .....	30
3.2.4. Fases de Implementação .....	31
3.2.5. Benefícios .....	32
3.3. DMAIC .....	32
4. IMPLEMENTAÇÃO DO CICLO DMAIC .....	35
4.1. Fase Definir .....	35
4.1.1. <i>The Charter</i> .....	35
4.1.2. SIPOC .....	36
4.2. Fase Medir .....	37
4.3. Fase Analisar .....	40
4.3.1. Improdutividades por linha .....	41
4.3.2. Improdutividades por máquina .....	42
4.3.3. Improdutividades por local .....	46
4.3.4. Discussão de resultados .....	51
4.3.5. Apuramento das causas .....	52
4.3.6. Impacto da eliminação das improdutividades .....	57
4.4. Fase Melhorar .....	57
4.5. Fase Controlar .....	60
5. PLANO DE MANUTENÇÃO .....	61
5.1. Estado atual da manutenção .....	61
5.2. O plano de manutenção (PM) .....	62
5.2.1. Folha de atividades de manutenção .....	62
5.2.2. Folha de registo da manutenção .....	65
5.2.3. Folha de registo de anomalias .....	67
5.2.4. Resultados da implementação .....	68

6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES FUTURAS .....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75
ANEXO A – FOLHA DE CONTROLO DE PARAGENS .....	77
.....	78
ANEXO B – IMPRODUTIVIDADE NA MÁQUINA 3º FIO (03/05/2017).....	79
ANEXO C – DIAGRAMAS DE PARETO DA MÁQUINA SERRA DUPLA.....	80
ANEXO D – DIAGRAMAS DE PARETO DA MÁQUINA RETESTADEIRA GRANDE .....	82
ANEXO E – DIAGRAMAS DE PARETO DA MÁQUINA MULTISSERRA GRANDE	84
ANEXO F – DIAGRAMAS DE PARETO DA MÁQUINA ALINHADEIRA PEQUENA .....	86
ANEXO G – DIAGRAMAS DE PARETO DA MÁQUINA MULTISSERRA PEQUENA .....	88
ANEXO H – DIAGRAMAS DE PARETO DA MÁQUINA TAPETE 1.....	90
ANEXO I – DIAGRAMA DE <i>ISHIKAWA</i> DAS CAUSAS DE PARAGEM NA MÁQUINA ALINHADEIRA PEQUENA .....	92
ANEXO J – DIAGRAMA DE <i>ISHIKAWA</i> DAS CAUSAS DE PARAGEM NA MÁQUINA SERRA DUPLA .....	93
ANEXO K – DIAGRAMA DE <i>ISHIKAWA</i> DAS CAUSAS DE PARAGEM NA MÁQUINA MULTISSERRA PEQUENA .....	94

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Processo produtivo da Madeca – Madeiras de Caxarias, S.A.....	21
Figura 2.2. Processo de transformação de toros serrados na LSTP.....	23
Figura 3.1. Pilares da metodologia TPM, sugerido pelo JIPM (Ahuja & Khamba, 2008, p. 721).....	31
Figura 3.2. Metodologia DMAIC (Eckes, 2003, p. 29).....	33
Figura 4.1. Diagrama SIPOC.....	38
Figura 4.2. Exemplo de registos de paragens na folha de <i>Excel</i> . ....	39
Figura 4.3. Exemplo de resultados obtidos da folha de <i>Excel</i> . ....	39
Figura 4.4. Improdutividades por linha. ....	41
Figura 4.5. Improdutividades na LSTP. ....	43
Figura 4.6. Improdutividades na LA. ....	44
Figura 4.7. Improdutividades na LD. ....	45
Figura 4.8. Diagram de Pareto da máquina traçador (Nº de paragens/Locais de paragem).47	
Figura 4.9. Diagrama de Pareto da máquina traçador (Tempo de paragem/Locais de paragem).....	48
Figura 4.10. Diagrama de <i>Ishikawa standard</i> .....	53
Figura 4.11. Diagrama de <i>Ishikawa</i> da máquina retestadeira grande.....	53
Figura 5.1. Folha de atividades de manutenção.....	63
Figura 5.2. Exemplo de imagem de identificação dos copos da máquina.....	64
Figura 5.3. Tabela síntese das atividades de manutenção. ....	65
Figura 5.4. Folha de registo da manutenção.....	65
Figura 5.5. Exemplo de preenchimento da folha de registo da manutenção em caso de execução da tarefa. ....	66
Figura 5.6. Exemplo de preenchimento da folha de registo da manutenção em caso de não execução da tarefa. ....	67
Figura 5.7. Excerto da folha de registo das anomalias.....	67

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Linhas e máquinas presentes na Madeca – Madeiras de Caxarias, S. A. ....	22
Tabela 4.1. <i>Milestones</i> do ciclo DMAIC.....	36
Tabela 4.2. Dias e horário da realização do estudo.....	40
Tabela 4.3. Distribuição do número e tempo de paragem por linha (em percentagem). ....	41
Tabela 4.4. Distribuição do número e tempo de paragem na LSTP (em percentagem).....	43
Tabela 4.5. Distribuição do número e tempo de paragem na LA.....	45
Tabela 4.6. Distribuição do número e tempo de paragem na LD (em percentagem).....	46
Tabela 4.7. Máquinas selecionadas para posterior análise.....	46
Tabela 4.8. Relação percentual entre locais/número de paragem e locais/tempo de paragem (provenientes do diagrama de Pareto).....	51
Tabela 4.9. Locais a atuar das máquinas selecionadas previamente.....	52
Tabela 4.10. Causas das paragens em cada máquina.....	56
Tabela 4.11. Redução percentual do número de paragens resultante da implementação das soluções.....	57
Tabela 4.12. Redução percentual do tempo de paragem resultante da implementação das soluções.....	57
Tabela 4.13. Soluções para cada máquina resultantes da fase analisar.....	58
Tabela 4.14. Estado atual das soluções apresentadas.....	60
Tabela 5.1. Símbolos de realização/não realização de uma atividade.....	66

---

## SIGLAS

### Siglas

AIMMP – Associação das Indústrias de Madeira e Mobiliário de Portugal

BM – *Breakdown Maintenance*

BPI – Banco Português de Investimento

CTQ – *Critical To Quality*

DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve e Control*

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*

ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

JIPM – *Japan Institute of Plant Maintenance*

JIT – *Just-in-Time*

LA – Linha de Aproveitamento

LD – Linha de Desperdício

LDQ – Linha de Descasque

LS – Linha de Serradura

LSC – Linha de Serragem para Carpintaria

LSTP – Linha de Serragem de Tábuas para Paletes

MDF – *Medium Density Fiberboard*

MP – Manutenção Preventiva

MTBF – *Mean Time Between Failures*

MTTR – *Mean Time To Repair*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

PDCA – *Plan, Do, Check e Act*

PIB – Produto Interno Bruto

PM – *Preventive Maintenance*

PM – Plano de Manutenção

PQCDSM – *Production, Quality, Cost, Delivery, Safety e Morale*

PrM – *Productive Maintenance*

*SIPOC – Suppliers, Inputs, Process, Outputs e Customers*

*SQC – Statistic Quality Control*

*TPM – Total Productive Maintenance*

*TQC – Total Quality Control*

*WIP – Work-in-Progress*

## 1. INTRODUÇÃO

Em Portugal, o setor florestal está intimamente ligado à indústria de madeira e mobiliário, onde está inserida a Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A., e é predominantemente voltado para a exportação, tendo vindo a crescer nesse sentido. Este setor possui uma história de várias décadas de comércio de bens considerados tradicionais. A este respeito, o Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) (2016) refere que as exportações de produtos florestais têm crescido ano após ano, representando 10% do total de exportações efetuadas pelo nosso país e 4% do total de importações. De acordo com a mesma fonte, as exportações destes produtos ultrapassam as importações em 2 mil milhões de euros desde 2012, tendo esta diferença atingido o valor de 2.5 mil milhões de euros em 2015, sendo, deste modo, um setor de grande importância para o equilíbrio global das contas externas.

A Associação das Indústrias de Madeira e Mobiliário de Portugal (AIMMP) (2014), revela que em 2014 a fileira florestal representava 4% do PIB nacional, 11% do PIB industrial e ainda 9% do PIB de emprego industrial. Ademais, segundo o Banco de Portugal, registou-se em 2014 um crescimento de 5% em relação ao ano anterior nos setores da madeira, da cortiça e do papel, que fora anteriormente de apenas 1%.

Numa abordagem mais focada na silvicultura, o Banco BPI, num documento (Alves, 2015) acerca da importância da fileira florestal, revela que as florestas a nível europeu cobrem 40% da superfície terrestre, fenómeno que não é exceção em Portugal, ocupando aproximadamente 35% do território nacional. Podemos considerar que o território florestal português é ocupado, essencialmente, por eucalipto, pinheiro e sobreiro. Visto que a madeira comercializada pela Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A. é de pinho, interessa referir que o pinheiro ocupa cerca de 24.6% do território florestal nacional (19.4% de pinheiro bravo e 5.2% de pinheiro manso).

Os dados apresentados anteriormente indicam desde logo que o setor em apreço revela bastante potencial económico, realidade esta que despertou a atenção dos empreendedores nacionais. É devido a este facto que, segundo a AIMMP, existem em

Portugal 7500 empresas na fileira de madeira a laborar, o que corresponde a 55000 postos de trabalho diretos.

O volume de empresas a trabalhar neste setor, o constante crescimento do próprio setor e o conseqüente aumento de competitividade não deixam margem para facilitismos por parte das administrações. Dado que a Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A. não é exceção, é crucial que adote uma estratégia competitiva. Porter (1980), professor em Harvard, define estratégia competitiva como sendo um conjunto de ações ofensivas ou defensivas para criar uma posição sustentável na indústria, de modo a enfrentar com sucesso as forças competitivas e obter maior rendimento sobre o investimento. Para isso, uma das estratégias adotadas pela Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A. foi o aumento de produção para aumentar a capacidade económica da empresa, e, por conseguinte, incrementar o seu poder de negociação.

Foi neste contexto que surgiu o estágio realizado na empresa Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A., com dois objetivos principais, intimamente ligados. Um destes objetivos tinha por missão a redução ou eliminação do tempo perdido em paragens ou avarias nas máquinas, sendo necessário perceber os pontos da fábrica onde residia(m) o(s) problema(s) e delinear estratégias para o(s) solucionar. Para esse efeito, optou-se por recorrer à metodologia DMAIC, acreditando-se que esta seria a ferramenta mais adequada a utilizar, visto ser um instrumento de melhoria contínua que permite arranjar soluções para um problema, com método e precisão. Além desse, o outro objetivo surgiu por não existir qualquer tipo de documentação acerca da manutenção das máquinas, devido à avançada idade das mesmas. Como tal, traçou-se como objetivo a atingir colmatar essa lacuna, motivo pelo qual se procedeu à elaboração de um plano de manutenção a partir da recolha de dados presentes nos manuais das máquinas em questão e da comunicação com os operadores. Foi então decidido implementar a metodologia TPM, que permite elaborar um plano de manutenção, maioritariamente realizado pelos operadores, assegurando desta forma o bom estado das máquinas e conseqüente aumento da eficácia e eficiência das mesmas.

O presente documento seguirá um alinhamento lógico, começando por apresentar a empresa onde se realizou o estágio em apreço, no capítulo 2. De seguida, o

capítulo 3 diz respeito ao enquadramento teórico, onde serão fundamentadas teoricamente todas as metodologias utilizadas no decorrer do estágio, explicando cada uma delas sustentadamente. O início dos trabalhos na fábrica será relatado no capítulo 4, onde serão relatadas todas as fases da implementação do ciclo DMAIC. A definição do plano de manutenção será cuidadosamente descrita no capítulo 5, discutindo os resultados da sua aplicação. Por fim, no capítulo 6 serão tiradas as conclusões acerca do estágio realizado e das atividades nele envolvidas, efetuando ainda um balanceamento dos êxitos e contrariedades obtidas ao longo do mesmo. Ainda no mesmo capítulo serão recomendadas algumas ações futuras a tomar pela empresa Madeca – Madeiras de Caxarias S.A.



## **2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA**

No presente capítulo procura-se apresentar de forma sintética a empresa Madeca – Madeiras de Caxarias, S.A. Para isso, apresentar-se-á, em linhas gerais, a sua história, o seu processo produtivo e os seus produtos.

### **2.1. História da Empresa**

A empresa Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A., foi fundada em 1952, em Caxarias Norte. Nessa época, a principal atividade desta empresa era a serração de tábuas para caixas de madeira, construção civil e carpintaria, tendo como matéria-prima madeira proveniente dos pinheiros (manso ou bravo), matéria-prima esta que é ainda utilizada hoje em dia pela empresa.

Desde os seus primórdios que a Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A. exporta os seus produtos, sendo logo após a sua fundação que esta começa a exportar para a Espanha. Esta atividade progrediu consideravelmente aquando das primeiras exportações de caixas para o continente africano, mais propriamente para a África do Sul, em 1958. Consequentemente, dois anos depois, em 1960, a Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A. crescia nacional e internacionalmente, o que levou à necessidade de adquirir uma filial. O local escolhido para o incremento das instalações foi em Salvaterra de Magos, distrito de Santarém, tal como a sede da empresa. Na mesma altura, surge o interesse pelos produtos desta empresa por parte do Norte de África e Médio Oriente, pois a utilização de caixas de madeira para produtos agrícolas e industriais foi ganhando adeptos em várias zonas do globo.

Acompanhando o crescimento europeu na década de 70 e usufruindo, consequentemente, das melhores condições de vida que se proporcionaram em Portugal, quer em termos pessoais quer em termos industriais, a Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A. iniciou a produção manual de paletes, que foi deixando as caixas de madeira cada vez mais em desuso.

Em 1980, a Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A. aumenta o seu leque de clientes internacionais, aumentando a exportação sobretudo para a Europa, tendo como principais clientes a Holanda, a Inglaterra e ainda a França.

O aumento substancial da utilização de paletes em contexto industrial deu o mote para um dos pontos de viragem na produção de paletes da empresa, em 1990, com a transição da produção manual para a produção automatizada de paletes. A empresa continua a crescer de tal ordem, que se vê obrigada a adquirir uma outra filial, ainda no mesmo distrito, agora em Tomar.

O aproveitamento dos subprodutos da madeira era já comercializado nacionalmente desde os anos 70, e internacionalmente desde os anos 80, à exceção da casca, que apenas em 2000, começou a ser comercializada após triagem e tratamento térmico. Para este efeito, a Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A. volta, mais uma vez, a aumentar o número de filiais, construindo instalações na zona de Ourém, distrito de Santarém.

Neste início do século XXI, a Madeca adquiriu ainda uma empresa de pregagem de paletes, perto de uma das instalações já existentes, o que lhe permitiu aumentar a produção em 50% desde 2010 existindo perspectivas de este valor chegar aos 100%.

Atualmente, a Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A. conta com várias filiais, distribuídas por Caxarias, Salvaterra de Magos e Ourém. Esta filias assumem funções distintas: umas para serração de tábuas para paletes e carpintaria, outras para pregagem e uma para o tratamento da casca.

A Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A. continua bastante focada nos seus ramos de atividade principais e na comercialização dos seus subprodutos: estilha, serrim e serradura. Assim, de momento, um dos objetivos da empresa é adquirir uma fábrica onde possa ocorrer a transformação de estilha e serradura para efeitos comerciais, sendo que grande parte do serrim é aproveitado para consumo próprio, em caldeiras.

## 2.2. Processo Produtivo

Para compreender de forma clara o funcionamento da empresa e o contexto em que surge o estudo que neste documento se apresenta, interessa rever brevemente o processo produtivo da Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A. (Figura 2.1.).

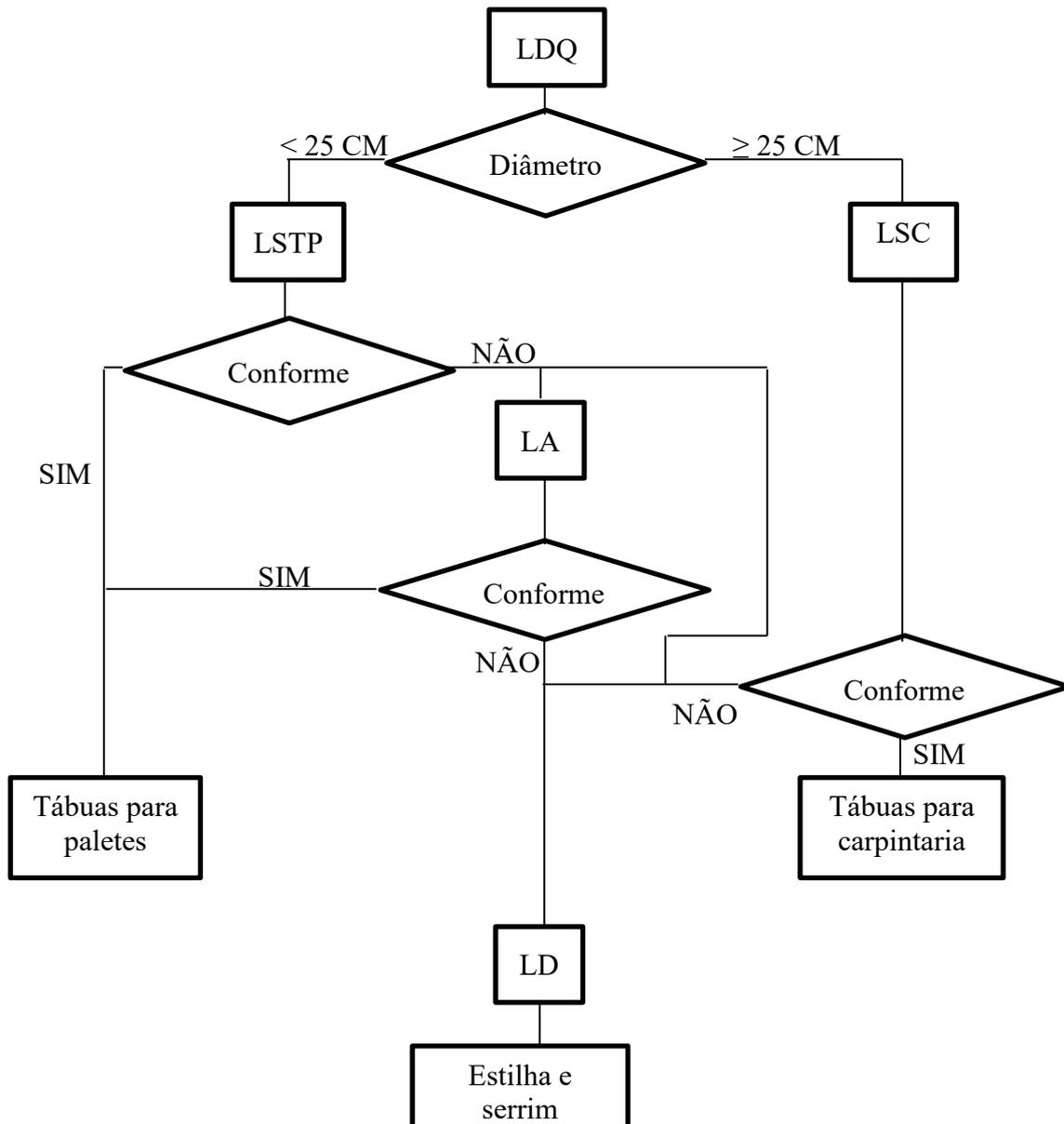


Figura 2.1. Processo produtivo da Madeca – Madeiras de Caxarias, S.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> A linha de serradura é transversal a toda a instalação fabril estando presente em todas as máquinas que efetuam cortes nos toros de modo a recolher a serradura e depositá-la na casa da serradura, edifício à parte da fábrica.

De forma sintética, podemos considerar que existem cinco linhas de produção principais: linha de descasque (LDQ), linha de serragem de tábuas para paletes (LSTP), linha de aproveitamentos (LA), linha de serragem para carpintaria (LSC) e linha de desperdício (LD). Para além destas, há uma linha apenas com funções de transporte, a linha de serradura (LS).

As linhas de produção referidas são constituídas por diferentes máquinas com funções específicas. Na Tabela 2.1. apresenta-se uma síntese das linhas e máquinas presentes nas instalações fabris da Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A.

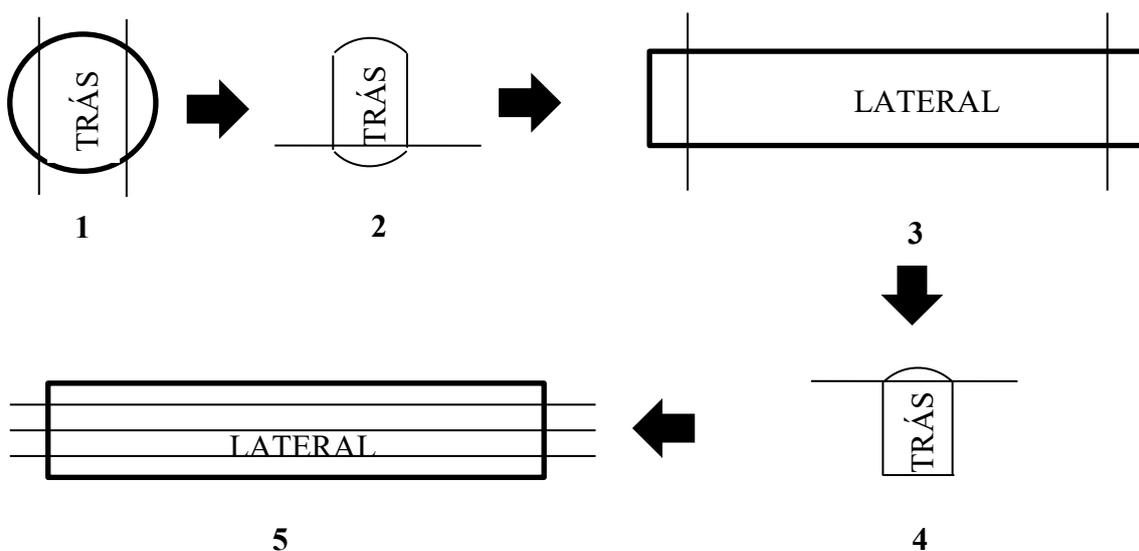
**Tabela 2.1.** Linhas e máquinas presentes na Madeca – Madeiras de Caxarias, S. A.

<b>LINHAS</b>	<b>MÁQUINAS</b>
Linha de descasque (LDQ)	Descascadeira
Linha de serragem de tábuas para paletes (LSTP)	Traçador
	Serra dupla
	3º fio
	Retestadeira grande
	4º fio
Linha de aproveitamento (LA)	Multisserra grande
	Alinhadeira pequena
	Retestadeira pequena
Linha de serragem para carpintaria (LSC)	Multisserra pequena
	Charriot
	Alinhadeira do charriot
Linha de desperdício (LD)	Retestadeira do charriot
	Destroçador
Linha de serradura (LS)	Crivo
	Correntes de transporte

Quando chegam à empresa, os toros são depositados em tapetes carregadores, pertencentes à máquina descascadeira, que, como o nome indica, irá retirar a casca dos pinheiros, utilizada futuramente para efeitos comerciais. Esta descascadeira deposita os toros numa das 9 *boxes* existentes, separando-os de acordo com as suas dimensões (comprimento e diâmetro). Esta linha é apenas composta por esta máquina e funciona independentemente de toda a fábrica, localizando-se fora das instalações cobertas e descascando madeira quer para a LSTP como para a LSC.

Estando os toros descascados, cada toro é depositado na LSTP ou na LSC conforme as suas dimensões, de acordo com o representado no esquema da figura 2. 1..

No caso de ser serrado na LSTP, o comprimento do toro é reduzido para metade na máquina traçador, formando dois toros. De seguida, um de cada vez, os toros são serrados longitudinalmente nas duas faces laterais, na máquina serra dupla, ficando definida a sua largura e obtendo-se dois costaneiros (1). Posteriormente, é-lhes retirado uma face inferior, com a realização de um corte longitudinal na máquina 3º fio (2), para de seguida se definir a sua altura. É então que o toro passa pela retestadeira grande, composta por dois discos que ditam o comprimento do mesmo (3). Antes da formação das tábuas, ocorre a remoção de um costaneiro da parte superior do toro, no 4º fio (4), sendo seguidamente o toro serrado em tábuas para paletes na multisserra grande (5) (Figura 2.2.). Finalmente, as tábuas são empilhadas automaticamente em malotes de aproximadamente 1 m<sup>3</sup> pelo empilhador.



**Figura 2.2.** Processo de transformação de toros serrados na LSTP.

Na LA, os quatro costaneiros resultantes dos cortes do toro na LSTP (dois laterais, um superior e outro inferior) são aproveitados para produzir tábuas de menores dimensões, seguindo o mesmo método da linha principal, passando, todavia, apenas por três máquinas: alinhadeira pequena, que define a largura do costaneiro, retestadeira pequena, que estabelece o comprimento do mesmo, e por fim a multisserra pequena, que o corta em tábuas do mesmo tamanho.

No que à LSC diz respeito, o toro, de maiores dimensões que na LSTP, é serrado através de um *charriot* em tábuas de diferentes espessuras e pranchas (tábuas com espessura substancialmente maior). Seguidamente, os produtos obtidos atravessam a alinhadeira do *charriot*, que irá estabelecer a largura das tábuas e pranchas, perfazendo tábuas com as dimensões pretendidas pela administração. Para além disso, nesta máquina as pranchas são cortadas longitudinalmente, obtendo-se desta forma barrotes. As tábuas e barrotes não aproveitáveis podem ser reutilizados na LA caso a sua largura corresponda à produzida na LA, tendo neste caso de passar ainda na retestadeira do *charriot* de modo a diminuir o seu comprimento.

Por fim, a LD tem como objetivo aproveitar todo o desperdício de madeira da fábrica, ou seja, todas as partes do toro não aproveitáveis e tábuas para paletes, para carpintaria ou barrotes não conformes. Estes desperdícios seguem para um destroçador que desfaz a madeira, passando a apresentar menores dimensões, encaminhando-se por intermédio de uma tela para o crivo. Por sua vez, este crivo separa, conforme as dimensões, a estilha do serrim, colocando cada um no local reservado para o efeito.

### **2.3. Produtos Comercializados**

Como referido, a empresa Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A. tem como matéria-prima o pinho manso (*pinus pinea*) ou o pinho bravo (*pinus pinaster*). Esta empresa tem como *core business* a produção de paletes e paloxes de madeira, bem como madeira para carpintaria e construção civil, sendo que todo o desperdício na produção dos produtos apresentados anteriormente é aproveitado para efeitos comerciais.

A empresa comercializa paletes de 4 tipos diferentes:

- . Certificadas – EPAL1, EPAL2, EPAL3, EPAL6, EPAL7, CP1, CP2, CP3, CP4, CP5, CP6, CP7, CP8, CP9, VMF e ANIF;
- . Quatro entradas – QE1, QE2, QE3, QE4, QE5, QE6, QE7, QE8, QE9, QE10;
- . Duas entradas – DE1, DE2, DE3, DE4, DE5, DE6, DE7, DE8, DE9, DE10;
- . Patenteadas.

Outro dos produtos que a empresa comercializa são os paloxes, comumente conhecidos como caixas de madeira. Estas diferem apenas consoante o tipo de produto que nelas será inserido:

- . Paloxe de milho;
- . Paloxe de cebolas, batatas e batatas doces;
- . Paloxe de maçãs e batatas;
- . Paloxe de pêras.

No que se refere à carpintaria e construção civil, a Madeca - Madeiras de Caxarias, S.A comercializa madeiras que têm como finalidade forro, solho, moldura, tabuado, ripas, serrafões, barrotes e vigas. Das madeiras em tosco que têm estas finalidades, são comercializados vários tipos:

- . Pinho nacional;
- . Casquinha branca;
- . Casquinha vermelha;
- . Quaruba;
- . Cedro;
- . Okoume;
- . Sucupira.

Por outro lado, as madeiras aparelhadas, de uso doméstico para paredes ou chão, diferem consoante a sua finalidade. Temos então:

- . Madeira aparelhada para interiores;
- . Madeira aparelhada para exteriores;
- . Madeira aparelhada para efeitos acústicos.

Além disso, os subprodutos da madeira comercializados na empresa, resultantes do destrocamento da mesma em várias medidas, são a casca, a estilha, o serrim e a serradura.

A casca é utilizada com fins domésticos e profissionais, nos jardins das casas para efeitos decorativos e nas estufas, respetivamente, por ter elevada performance na incorporação em substratos e ser esteticamente apelativa.

No que diz respeito à estilha, esta pode originar vários produtos, consoante as dimensões da mesma. Começando pela estilha de menores dimensões, entre 5mm e 12 mm, esta é utilizada para criar *pellets*. Na prática, os *pellets* são estilha prensada para

efeitos de queima. Por sua vez, a estilha com dimensões entre 12 mm a 50 mm é utilizada para a formação de aglomerados de *Medium Density Fiberboard* (MDF), podendo ter como finalidade o fabrico de cubos a utilizar em paletes. Esta gama de dimensões de estilha pode ainda ser transformada em cartão. Por fim, a estilha com dimensões igual ou superior a 50 mm, é usada em biofiltros, isto é, processos de remoção de impurezas de um fluído (água ou ar) utilizando agentes biológicos.

O serrim e a serradura, têm praticamente o mesmo fim que a estilha, apesar de apresentarem gamas de dimensões mais reduzidas, tendo o serrim dimensões que variam entre 1mm e 5mm e a serradura dimensões inferiores a essas. Assim sendo, o serrim e a serradura são utilizados em *pellets* e aglomerados. Ademais, acrescem de outra função não existente na estilha, que é a sua utilização nos currais ou capoeiras, funcionando como camas para os animais.

### 3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo apresentar-se-ão as principais linhas teóricas pelas quais se rege o estudo a que se dedica este relatório.

#### 3.1. Manutenção

Segundo Dekker (1996), a manutenção pode ser definida como a combinação das técnicas e as associadas ações administrativas que têm em vista a conservação ou restauração de um componente ou sistema num estado em que este consegue desempenhar a função exigida. Durante o século XX, a partir dos anos 30, a manutenção do equipamento sofreu bastantes alterações, passando por várias fases (Ahuja e Khamba, 2008), das quais se destacam três: Manutenção por Avaria (*BM*, do inglês), Manutenção Preventiva (*PM*, do inglês) e Manutenção Produtiva (*PrM*, do inglês)

Antes da Segunda Guerra Mundial, devido à evolução dos sistemas de produção, dá-se uma intensificação do significado de manutenção. As máquinas na altura eram algo rudimentares, na sua grande maioria sobredimensionadas e necessitando de uma elevada mão de obra industrial, com o flagelo de apenas atuarem após a avaria, que resultava em elevados custos e paragens na produção. Este tipo de manutenção é designado como *Breakdown Maintenance*.

Numa fase posterior, aquando da Segunda Guerra Mundial, a manutenção ganha outra importância, devido às pressões exercidas pela própria guerra, que precisava com maior frequência de todo o tipo de produtos bélicos. As organizações foram obrigadas a responder prontamente às necessidades do mercado, tendo que, para isso, obter uma maior eficiência, disponibilidade e confiabilidade nas suas máquinas. Por todos estes motivos, o modo de agir perante a falha havia mudado, passando a manutenção a ser preventiva (*PM*) em vez de corretiva, criando-se equipas que se destinavam a fazer intervenções na maquinaria em intervalos de tempo regulares. O trabalho realizado poderia incluir lubrificação, limpeza, substituição de peças, apertos e ajustes (Ahuja & Khamba, 2008).

Por fim, no início da década de setenta surge a manutenção produtiva (*PrM*), que tem como objetivo aumentar a produtividade de uma empresa, reduzindo o custo total do equipamento durante todo o seu ciclo de vida, desde o design, fabrico, operações e manutenção e perdas causadas pela degradação do equipamento (Ahuja e Khamba, 2008). É ainda por esta altura que, no Japão, a filosofia JIT (*Just-in-time*) começa a ganhar mais seguidores, caracterizada por baixos *stocks*, sendo por isso fulcral a elaboração de planos de intervenção nas máquinas não deixando que estas prejudiquem a produção e assegurando as necessidades de *stock* desta filosofia.

### **3.2. Total Productive Maintenance**

No presente subcapítulo procura-se apresentar sinteticamente os principais pressupostos que se consideram necessários para compreender em que consiste a metodologia *Total Productive Maintenance* (TPM).

#### **3.2.1. Origem**

*Seiichi Nakajima*, vice-presidente do *Japanese Institute of Plant Maintenance* (JIPM), fundado em 1964, é considerado o pai do *Total Productive Maintenance* (TPM). Estudou o modelo adotado nos Estados Unidos de Manutenção Preventiva (MP), tentado por sua vez, adaptá-lo à indústria de manufatura Japonesa, combinando-o com os conceitos por ele previamente estudados de *Total Quality Control* (TQC), surgindo desta forma o *Total Productive Maintenance* (TPM). Esta adaptação foi bem-sucedida na empresa Nippondenso Co., em 1971, que usava à época equipamento altamente automatizado, tendo-se adotado conceito de manutenção produtiva com participação total (Nakamura, 2016). Esta organização foi ainda reconhecida com um *Productive Maintenance Award* (hoje em dia, *TPM Award*), galardão entregue a empresas que atingem feitos notáveis ao nível do planeamento da manutenção.

É deste modo, que a manutenção preventiva, com origem nos Estados Unidos, passa de um conjunto de atividades focados no departamento de manutenção para uma manutenção produtiva com total participação dos seus funcionários, sendo uma das

principais características do TPM a preservação do equipamento por parte do operador (Chan *et al.*, 2005).

Em meados da década de 70, as estratégias associadas ao TPM foram ensinadas internacionalmente pelos Japoneses, que foram reconhecidos pelos seus bons resultados (Wireman, 2004).

Sendo que o conceito de *Productive Maintenance* já existia, o conceito de TPM apenas acrescentou a palavra *Total*, tendo esta para Nakajimi (1988) três significados relevantes (citado por Chan *et al.*, 2005):

. *Total effectiveness*, que indica a procura, por parte do TPM, da eficiência económica e rentabilidade;

. *Total maintenance system*, que inclui a manutenção preventiva, melhoria da manutenção e manutenção produtiva, ou seja, *maintenance-free*, designação comum;

. *Total participation*, referindo-se à inclusão de todos os setores da empresa, atuando como equipa.

### **3.2.2. Definição**

Ao longo dos tempos, várias foram as definições de TPM dos mais variados autores (Robinson & Ginder, 1995; Blanchard, 1997; Lawrence, 1999; Cooke, 2000), no entanto, a definição apresentada neste documento remete para os criadores da filosofia TPM. De acordo com o JIPM (1996, citado por Pomorski, 2004), o TPM define-se por quatro objetivos essenciais:

1. Estabelecer uma cultura organizacional que maximize a eficiência do sistema de produção;

2. Organizar o funcionamento do chão de fábrica de modo a que se previna as perdas antes destas ocorrerem durante todo o ciclo de vida do sistema de produção, tendo em vista atingir zero acidentes, zero defeitos e zero paragens;

3. Envolver todas as funções de uma organização, incluindo a produção, o desenvolvimento, as vendas e a gestão;

4. Obter zero perdas através de atividades realizadas por pequenos grupos, como atividades de limpeza, lubrificação, ajustes, entre outras, feitas por exemplo pelos operadores.

### 3.2.3. Pilares

A filosofia TPM assenta em 8 pilares fundamentais, através dos quais cria excelentes práticas de planeamento, organização, monitorização e controlo (Ahuja & Khamba, 2008):

. **Manutenção autónoma** – estimular o operador a ser responsável pelo seu equipamento, realizando tarefas simples como limpeza, lubrificação, apertos, ajustes e inspeções.

. **Melhoria contínua** – Identificação sistemática de perdas através de análises *why-why* e *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), estruturadas. Procurar melhorar, quer a eficiência, quer a *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dos sistemas produtivos.

. **Manutenção planeada** – Manutenção preventiva e preditiva eficiente e eficaz, através do estabelecimento do registo da manutenção em folhas de registo. Otimização do tempo entre falhas, *Mean Time Between Failures* (MTBF) e do tempo de reparação, *Mean Time To Repair* (MTTR).

. **Controlo de qualidade** – Atingir o estado de zero defeitos através da monitorização dos problemas do equipamento, percebendo as suas causas para posterior eliminação. Definir condições básicas de funcionamento da máquina, do operador e do material.

. **Formação e educação** – Melhoramento das competências dos funcionários na empresa e da polivalência dos mesmos, de modo a conciliá-las com os objetivos da empresa. Para o efeito, devem haver avaliações e formações periódicas, de modo a avaliar e aumentar, respetivamente, as competências dos funcionários.

. **Higiene e segurança** – Assegurar um ambiente de trabalho seguro e apropriado. Eliminar incidentes que possam ocorrer no local de trabalho, ferimentos ou acidentes. Para que isto aconteça, é importante que se estabeleçam procedimentos de trabalho *standard*.

. **Setores administrativos** – Criar uma filosofia de trabalho em equipa nos funcionários, uma sinergia entre as variadas funções desempenhadas na empresa, removendo entraves ao normal processo. Inculcar nos funcionários uma especial atenção aos problemas monetários das suas ações. Aplicar o 5S nas áreas de trabalho.

. **Gestão proactiva** – tirar ilações de sistemas existentes, aplicando-as aos sistemas a instaurar futuramente, bem como ter iniciativas de otimização da manutenção.

O TPM, bem como os seus pilares, é apoiado por ferramentas, para analisar e resolver problemas relacionados com o processo produtivo e respetivo equipamento, entre as quais destaco os diagramas de Pareto, Diagramas de Controlo (*Control Charts*), Diagrama de *Ishikawa* e 5S (Figura 3.1.).

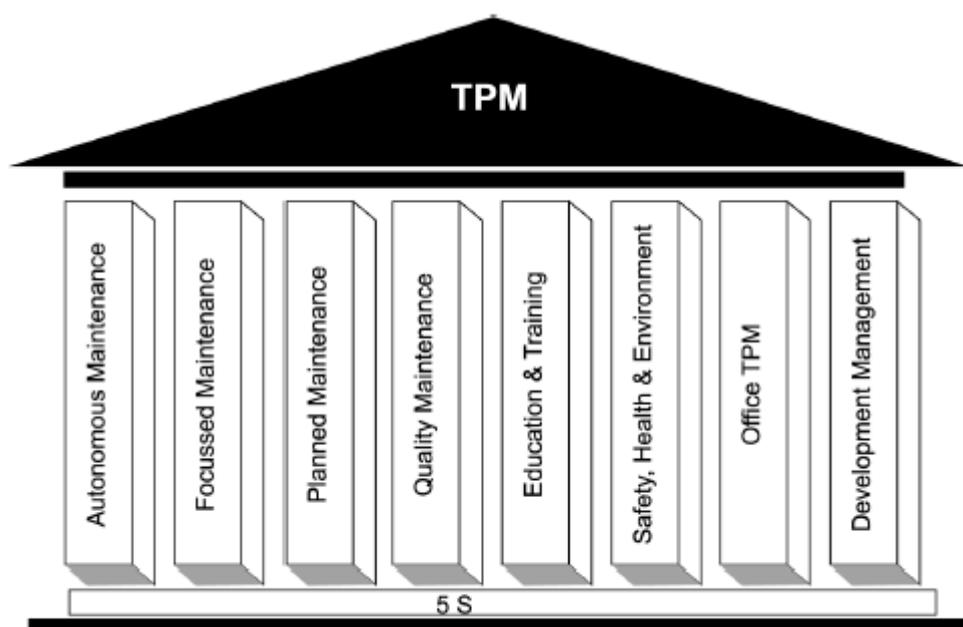


Figura 3.1. Pilares da metodologia TPM, sugerido pelo JIPM (Ahuja & Khamba, 2008, p. 721).

#### 3.2.4. Fases de Implementação

Uma vez decidida a implementação do TPM numa organização, esta passa por 4 fases distintas (Park e Han, 2001):

1ª fase – **Preparação**: fase destinada a ultrapassar a resistência inicial aquando da implantação da filosofia TPM.

2ª fase – **Implementação preliminar**: envolver o operador nas atividades de manutenção.

3ª fase – **Implementação do TPM**: foco na melhoria da eficiência do equipamento e ultrapassar completamente a resistência inicial ao TPM.

4ª fase – **Estabilização**: perpetuar a utilização do TPM até esta ficar enraizada no seio da empresa.

### **3.2.5. Benefícios**

Segundo Suzuki (1994), a implementação do TPM numa organização traz vantagens em várias áreas, os chamados *PQCDSM improvements*, referindo-se à Produção, Qualidade, Custo, Distribuição, Segurança e Moral.

Suzuki (1994) apresentada, ainda, quantitativamente os resultados nessas seis áreas:

#### Produção

- . Produtividade aumenta 1,5 a 2 vezes;
- . Paragem dos equipamentos reduz de 1/10 para 1/250;
- . Eficiência global aumenta 1,5 a 2 vezes.

#### Qualidade

- . Defeitos no processo reduzidos em 90%.
- . Reclamações dos clientes reduzidas em 75%.

#### Custo

- . Custos da produção reduzem em 30%.

#### Distribuição

- . Produtos acabados e WIP (*Work-in-progress*) reduzidos para metade.

#### Segurança

- . Eliminação de acidentes por perda de forçamento energia;
- . Eliminação de incidentes de poluição.

#### Moral

- . Sugestões de melhoria contínua pelo funcionário aumentam entre 5 a 10 vezes.

### **3.3. DMAIC**

A metodologia DMAIC, acrónimo para as palavras *Define, Measure, Analyse, Improvement e Control* (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) (Figura 3.2.), é, na prática, um ciclo de ações utilizado para resolução de problemas e para efeitos de melhoria contínua (Lafferty, 2004), sendo normalmente associada à aplicação do  $6\sigma$  (*Six-Sigma*) numa organização. Esta metodologia é, também, usada com o objetivo de

otimizar e estabilizar o processo produtivo, tendo sido modelada a partir do ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*). É considerado um método *metaroutine*, isto é, uma rotina para modificar rotinas estabelecidas ou inventar novas rotinas (Schroeder *et al.*, 2008).

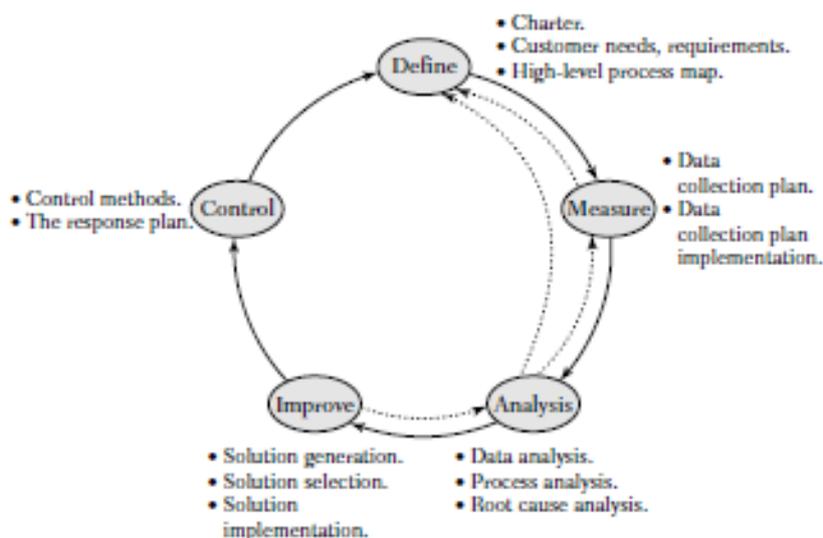


Figura 3.2. Metodologia DMAIC (Eckes, 2003, p. 29).

A metodologia em apreço é construída com base na introspeção do problema a resolver, do ponto de vista do campo da qualidade, incorporando ideias de *Statistic Quality Control* (SQC), ferramentas estatísticas utilizadas por profissionais da qualidade, TQM e ainda *off-line quality control* (De Mast e Lokkerbol, 2012), método criado por *Genichi Taguchi*, japonês, que tem como objetivo eliminar a variância da qualidade dos produtos finais de um sistema.

De acordo com De Mast e Lokkerbol (2012) o acrónimo DMAIC representa cronologicamente as fases pelas quais deve passar o processo de resolução de um problema:

**D – Definir** – Seleção do problema e análise dos benefícios;

**M – Medir** – Transformação do problema para uma forma mensurável, medição da atual situação e definição dos objetivos a atingir;

**A – Analisar** – Identificação das causas ou fatores que influenciam o comportamento dos elementos do processo *critical to quality* (CTQ's);

**I – Otimizar (*improve*)** – Estruturar e implementar os ajustes ao processo que irão melhorar a sua performance;

**C – Controlar** – Verificação empírica dos ajustes e resultados efetuados e criação de um sistema de controlo para assegurar que as melhorias são duradouras.

A implementação do DMAIC traz invariavelmente benefícios à empresa, entre eles o aumento da eficiência, rentabilidade e produtividade, redução da variabilidade do processo e do tempo de ciclo. Por último, apesar de não serem visíveis mudanças quantitativas na prática, esta metodologia aumenta a moral do operador que se sente parte integrante do processo.

De acordo com Eckes (2003), existem algumas ferramentas que podem ser utilizadas na aplicação da metodologia DMAIC, tais como o Mapa do processo, Histogramas, Diagrama de Pareto, Diagrama de *Ishikawa*, *Run Chart* e *Control Chart*, entre outros.

## 4. IMPLEMENTAÇÃO DO CICLO DMAIC

O ciclo DMAIC permite-nos olhar para as práticas comuns de uma organização de forma transversal, desde a definição de algum problema que esta tenha até ao controlo da resolução tomada para qualquer problema encontrado. O foco da implementação do DMAIC foi então a linha de serração de tábuas para paletes, com o intuito de perceber o que não estava a funcionar corretamente na mesma, através de ferramentas utilizadas pelo DMAIC, tendo por base os capítulos 3 e 4 do livro de Eckes (2003).

### 4.1. Fase Definir

#### 4.1.1. *The Charter*

O *charter* ou carta, em português, é um documento que indica o propósito da implementação do ciclo DMAIC, tendo como objetivo principal o enquadramento acerca do problema e de tudo o que estará envolvido na resolução do mesmo. Para o presente trabalho foi definido um *charter* contendo os pontos a seguir apresentados.

. **Caso de negócio:** o projeto será elaborado na sequência de um estágio realizado na empresa Madeca – Madeiras de Caxarias S. A., que tem por objetivo a redução de falhas e perdas nos equipamentos, e, portanto, o consequente aumento da produção. O facto de a administração ter observado a existência de falhas e paragens constantes na linha de produção em estudo foi o fator basilar para a realização do projeto a desenvolver. De facto, é do interesse da empresa que, reduzindo-se as falhas e as paragens, se desenvolva um aumento da produção, permitindo que Madeca – Madeiras de Caxarias S. A. seja mais rentável a nível económico.

. **Descrição do problema:** o problema reside no facto da zona de serração de tábuas para paletes (LSTP, LA, LD, LS), que é constituída por variadas máquinas, apresentar falhas ou paragens em grande parte dos seus equipamentos. Não é possível datar o momento de origem deste problema, porém, verificou-se uma queda de produção

no início de 2016 que se agravou ao ponto de se considerar fulcral adotar medidas de otimização da eficiência dos equipamentos para a sustentabilidade da empresa. Como tal, as linhas de produção em causa não funcionam como desejado, já que o seu funcionamento deveria ser contínuo, exceto aquando de mudanças de medida das tábuas a serrar, troca de serras e discos de corte, entre outras operações indispensáveis. Paragens que não as indispensáveis têm consequências na eficiência e produtividade de toda a fábrica, visto que o volume de madeira serrada é inferior ao esperado e, por conseguinte, a quantidade de produtos obtidos é menor. Ademais, os equipamentos presentes nestas instalações fabris poderão sofrer consequências negativas decorrentes da ocorrência de paragens constantes.

. **Foco do projeto:** O foco do projeto centra-se numa das duas principais zonas de produção da fábrica em apreço: a zona de produção de tábuas para paletes e as suas respetivas linhas de produção (LSTP, LA, LS e LD). Tem-se como foco apenas esta zona de produção por na zona restante, que se dedica à produção de madeira para carpintaria, as paragens registadas serem praticamente nulas, não se revelando pertinente tomá-la como objeto de estudo.

. **Objetivos:** O objetivo principal consiste em reduzir as paragens e falhas da linha de produção em estudo 20%.

. **Milestones:** Na tabela 4.1. são apresentadas as *milestones* do ciclo DMAIC.

**Tabela 4.1.** *Milestones* do ciclo DMAIC.

<b>Fases</b>	<b>Data de início</b>	<b>Data de fim</b>
<b>Definir</b>	03-04-2017	14-04-2017
<b>Medir</b>	19-04-2017	10-05-2017
<b>Analisar</b>	11-05-2017	30-06-2017
<b>Melhorar</b>	03-07-2017	28-07-2017
<b>Controlar</b>	29-07-2017	-

#### **4.1.2. SIPOC**

Na descrição do mapa do processo optou-se por usar a ferramenta SIPOC (S – *Suppliers*, I – *Improve*, P – *Process*, O – *Outputs*, C – *Costumers*), que indica os elementos envolvidos no processo em causa, desde os fornecedores até aos clientes. O diagrama encontra-se representado na Figura 4.1.

## 4.2. Fase Medir

Na fase de medição foi realizado um estudo de improdutividades, registando-se numa folha de controlo de paragens (anexo A): a hora, o local, o tempo perdido e o motivo que originou a falha ou paragem identificada. Procurando que o estudo que se apresenta neste documento tivesse um impacto significativo na produção, foi selecionada para a análise a máquina cujo funcionamento se considera essencial para o bom funcionamento da linha de produção: a máquina serra dupla. Como tal, caso tenham ocorrido paragens noutras máquinas que não tenham levado à paragem desta, existiram falhas que não foram registadas. Não obstante, considerando que se a máquina em estudo não parou a produção não foi afetada, as paragens que poderão ter ocorrido em outras máquinas não foram relevantes.

Na prática, o estudo decorreu ao longo de 10 dias com uma atuação diária de 3 horas, o que perfaz 30 horas de trabalho previamente definidas que se consideraram suficientes para a realização de uma recolha de dados significativa e uma consequente análise de dados conclusiva. Esse trabalho foi realizado em horários e dias aleatórios, procurando-se evitar padrões que poderiam levar à formulação de relações falsas.

Após a recolha de dados na fábrica, reuniu-se numa folha de *Excel standard* toda a informação. Por esta via, determinou-se a percentagem de paragens ocorridas em toda a zona em estudo por cada um dos dias em que os dados foram recolhidos. Em adição, calculou-se com recurso a esse instrumento o período de tempo que cada máquina ficou sem funcionar no caso de ocorrência de paragens e o número de paragens registadas em cada uma das máquinas por dia. Determinou-se, ainda, a percentagem de paragens por causa mecânica, humana ou elétrica. Nas Figuras 4.2 e 4.3 são apresentados excertos da folha referida acima.

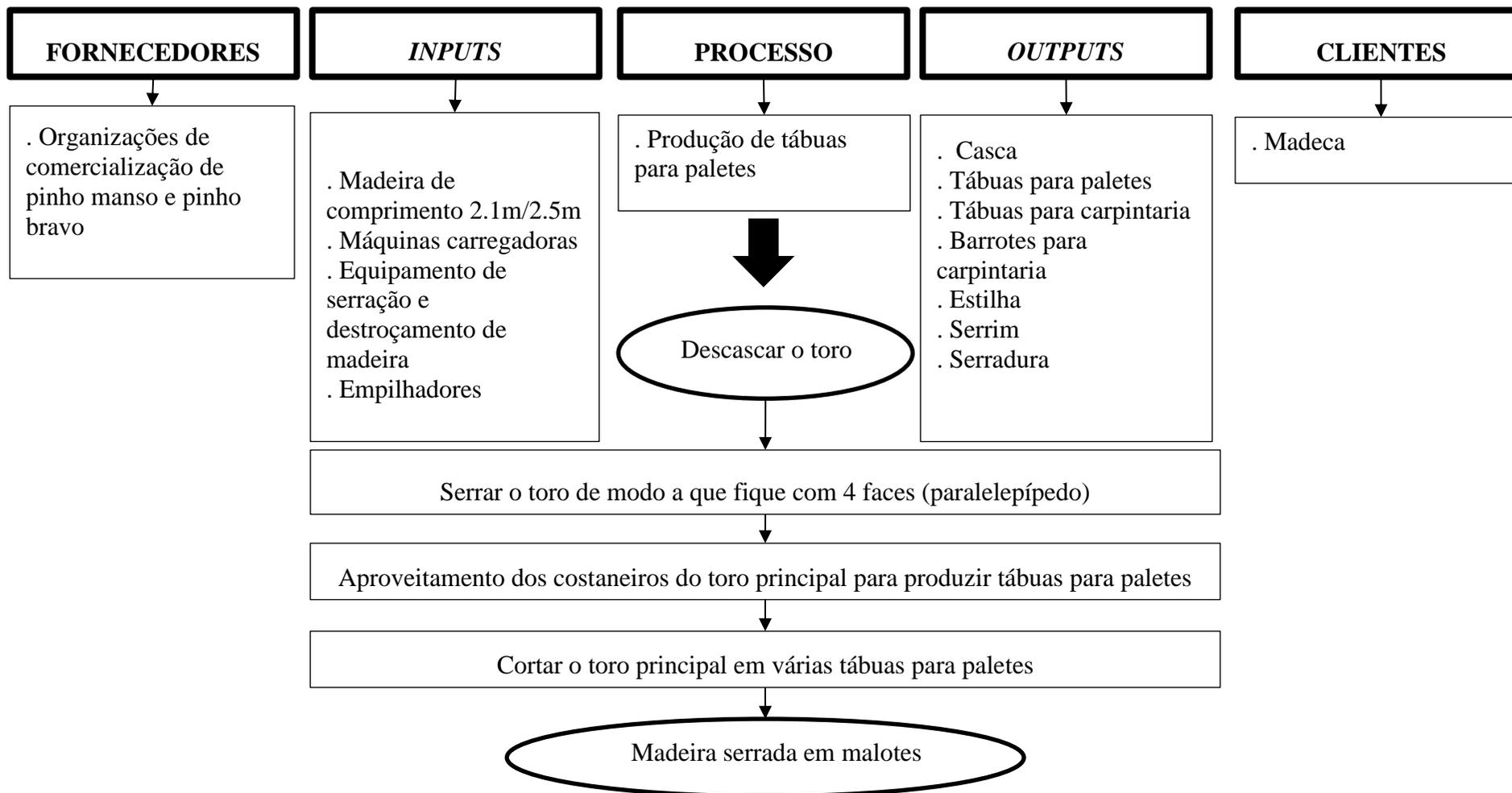


Figura 4.1. Diagrama SIPOC.

26/04/2017		ESTUDO DE IMPRODUTIVIDADES									
		LINHA SERRA DUPLA									
OPERAÇÃO	O QUÊ?	TRACADOR			RAMPA 1	RAMPA 2	FOTOCÉLULO DO CARRIL		SERRA DUPLA	GUIA VERTICAL APOS SERRA DUPLA	PAU CURTO
		ALAVANCA	Corrente encravada	PAU TORTO nos carregadores	FALTA DE ALIMENTAÇÃO	ENCRAV. PAUS INÍCIO - FOTOCÉLULO	PAU FORA CARRIL	PREGO/FERROS - VERIFICAÇÃO E LIMPEZA	DENTE PARTIDO / DANIFICADO		
DIÂMETRO TOROS	ORIGEM	MECÂNICA	MECÂNICA	MATÉRIA PRIMA	HUMANA	MECÂNICA	MECÂNICA	HUMANA	MECÂNICA	MATÉRIA PRIMA	
	13:50				15						
	13:51				60						
	13:52										
	13:53										
	13:54									18	
	13:55			219							
	13:56										
	13:57										
	13:58										
	13:59			21							
	14:00										
	14:01										
	14:02										
	14:03									26	
	14:04										

Figura 4.2. Exemplo de registos de paragens na folha de Excel.

26/04/2017		ESTUDO DE IMPRODUTIVIDADES										
		LSTP										
OPERAÇÃO	O QUÊ?	TRACADOR			RAMPA 1	RAMPA 2	FOTOCÉLULO DO CARRIL		SERRA DUPLA	GUIA VERTICAL APOS SERRA DUPLA	SELEÇÃO	
		ALAVANCA	Corrente encravada	PAU TORTO nos carregadores	FALTA DE ALIMENTAÇÃO	ENCRAV. PAUS INÍCIO - FOTOCÉLULO	PAU FORA CARRIL	PREGO/FERROS - VERIFICAÇÃO E LIMPEZA	DENTE PARTIDO / DANIFICADO	PAU CURTO	ENCRAV.	
DIÂMETRO TOROS	ORIGEM	MECÂNICA	MECÂNICA	MATÉRIA PRIMA	HUMANA	MECÂNICA	MECÂNICA	HUMANA	MECÂNICA	MATÉRIA PRIMA	MECÂNICA	
	15:56											
	15:57											
	15:58											
	15:59											
<b>TOTAL</b>		33	522	372	141	133	58	0	0	135	304	
<b>%</b>		1%	20%	14%	5%	5%	2%	0%	0%	5%	12%	
ORIGEM	MECÂNICA	MECÂNICA	MATÉRIA PRIMA	HUMANA	MECÂNICA	MECÂNICA	HUMANA	MECÂNICA	MATÉRIA PRIMA	MECÂNICA		
	TEMPO DE PARAGEM (S)					2605	ORIGEM					
	HORA INÍCIO					13:00	HUMANA					21%
	HORA FIM					16:00	MECÂNICA					60%
	TEMPO ESTUDO (H)					3,0	MATÉRIA PRIMA					19%
	TEMPO DE PARAGEM (H)					0,72						
	TEMPO DE PARAGEM (M)					43,42						
	% DE PARAGEM					24%						100,0%

Figura 4.3. Exemplo de resultados obtidos da folha de Excel.

Os dias e o horário em que decorreu o estudo estão representados na Tabela 4.2.

**Tabela 4.2.** Dias e horário da realização do estudo.

<b>ESTUDO DE IMPRODUTIVIDADES</b>	
<b>DIA</b>	<b>HORÁRIO</b>
19/04/2017	10h – 14h
20/04/2017	9h – 12h
21/04/2017	10h30 – 14h30
26/04/2017	13h – 16h
27/04/2017	10h – 14h
02/05/2017	11h – 15h
03/05/2017	9h – 12h
05/05/2017	8h – 11h
09/05/2017	9h – 12h
10/05/2017	13h – 16h

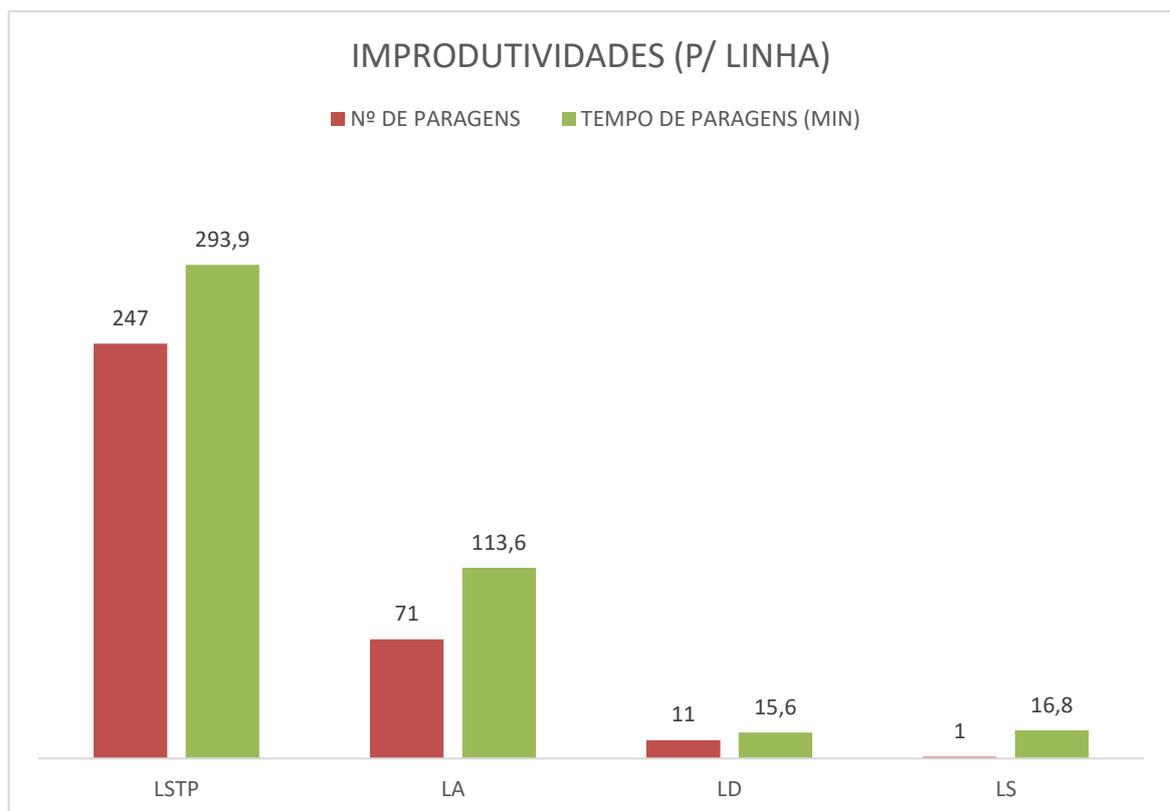
### **4.3. Fase Analisar**

Estando concluída a fase de medição com a conclusão da recolha de dados, há que dar início à análise dos dados recolhidos. Esta fase de análise é considerada a mais importante na metodologia DMAIC, pois é nesta que se identificam as verdadeiras causas dos problemas identificados na fase de definição. Nesse sentido, analisar-se-ão os dados recolhidos com recurso a ferramentas como SIPOC e diagrama de Pareto. Posteriormente, proceder-se-á à análise das efetivas causas dos problemas encontrados, recorrendo-se a ferramentas como o diagrama de *Ishikawa*.

Devido ao facto de a atuação em todas as máquinas de todas as linhas ser inviável, será priorizado o estudo em torno das linhas cuja análise se considere mais pertinente. A partir dessa seleção, irão ser analisadas as máquinas dessas linhas de produção, e, por conseguinte, serão escolhidas as máquinas das linhas em estudo cujo a análise das paragens registadas se considera ser prioritária. Durante essa análise, procurar-se-á identificar quais os locais mais suscetíveis à ocorrência de paragens e, seguidamente, mobilizar medidas que possibilitem colmatar os problemas encontrados.

### 4.3.1. Improdutividades por linha

Por forma a tecer elações relativas à improdutividade por cada uma das linhas de produção da Madeca – Madeiras de Caxarias, S. A., é importante, numa primeira fase, perceber qual o estado geral em que se encontra cada uma dessas linhas ao nível do número e tempo de paragem de cada uma delas. Desta forma, poder-se-á, á partida, compreender qual delas é mais suscetível à ocorrência de paragens ou falhas (Figura 4.4).



**Figura 4.4.** Improdutividades por linha.

A distribuição, em percentagem, do número e tempo de paragem por linha encontra-se representada na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3.** Distribuição do número e tempo de paragem por linha (em percentagem).

LINHA	% de número de paragens	% de tempo de paragem
LSTP	74,8%	66,8%
LA	21,5%	25,8%
LD	3,3%	3,5%
LS	0,3%	3,8%

A análise dos dados apresentados torna evidente que a linha que apresenta um maior número de paragens e paragens durante maiores períodos de tempo é a LSTP, já que os valores obtidos a esse respeito são superiores ao dobro dos obtidos em todas as outras linhas de produção. Tendo em conta que LSTP é a linha cuja constituição engloba um maior número de máquinas de entre todas as restantes, seria de esperar que a quantidade de paragens e o período de tempo das mesmas fosse mais elevado nesta em comparação com outras linhas.

Por sua vez, a LA apresenta valores elevados nos referentes analisados quando comparada com as outras linhas, excetuando a LSTP. Assim sendo, esta linha é aquela em que se registou um maior número de paragens e maiores períodos de paragem de entre as LA, LS e LD.

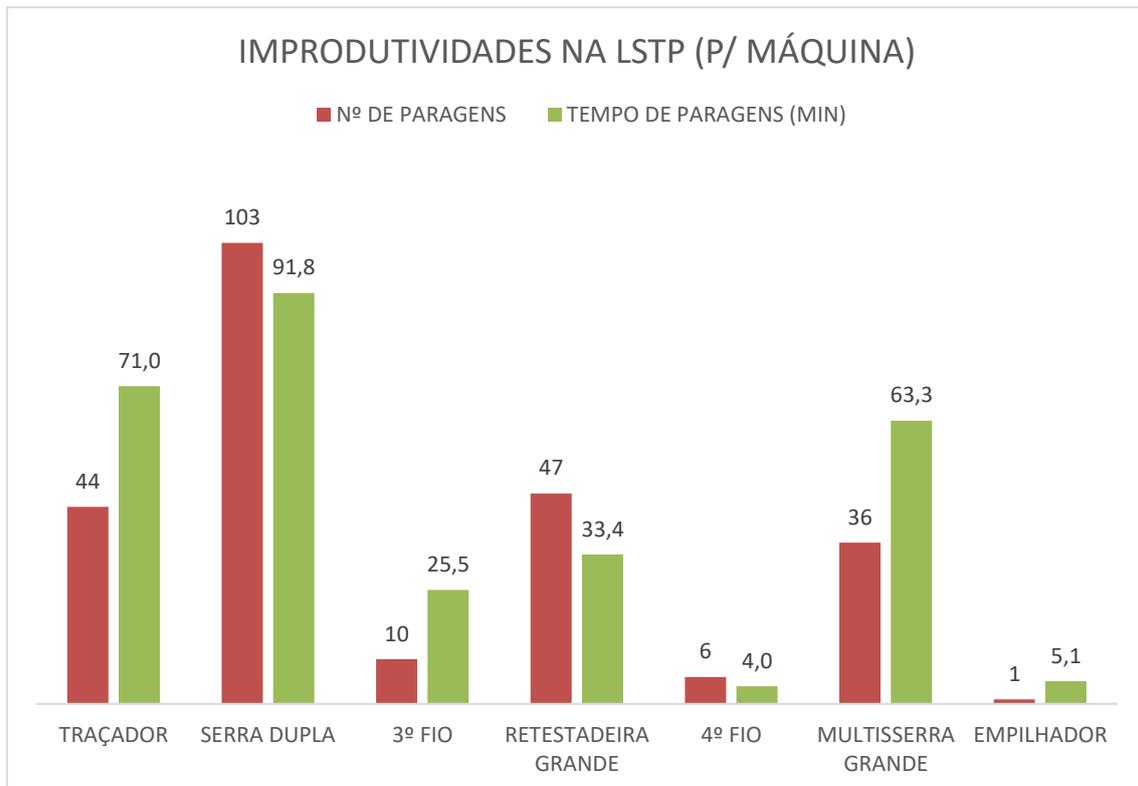
Por último, importa realçar que a LS registou um valor elevado de tempo de paragem devido à quebra de uma das correntes de transporte de serradura. Sendo esta uma situação bastante pontual, não se revela pertinente realizar um estudo em torno da mesma, motivo pelo qual a análise posterior incidirá apenas nas restantes três linhas (LSTP, LA e LD).

#### **4.3.2. Improdutividades por máquina**

Uma vez investigadas quais as linhas que estariam mais sujeitas a paragens ou avarias e, conseqüentemente, selecionadas as linhas a analisar com maior cuidado, revela-se de extrema importância efetuar um estudo individual de cada uma das linhas selecionadas. Para isso, procurar-se-á perceber qual a distribuição do número e tempo de paragens por cada máquina de cada uma dessas linhas.

#### 4.3.2.1. Linha de Serragem de Tábuas para Paletes (LSTP)

A Figura 4.5. representa as improdutividades na linha LSTP.



**Figura 4.5.** Improdutividades na LSTP.

A Tabela 4.4. indica a distribuição percentual, por máquina da LSTP, entre o número de paragens e o tempo de paragem.

**Tabela 4.4.** Distribuição do número e tempo de paragem na LSTP (em percentagem).

MÁQUINA	% de número de paragens	% de tempo de paragem
Traçador	17,8%	24,1%
Serra dupla	41,7%	31,2%
3º fio	4,0%	8,7%
Retestadeira grande	19,0%	11,4%
4º fio	2,4%	1,4%
Multisserra grande	14,6%	21,5%
Empilhador	0,4%	1,7%

Posta esta análise, parece ser possível tecer algumas conclusões em relação aos pontos de falha das máquinas da LSTP. Numa primeira instância, destaca-se o facto de a máquina serra dupla apresentar um número de paragens e respetivo período de tempo bastante elevados, sendo, por isso, alvo de uma posterior e ainda mais minuciosa análise.

Para além disso, o elevado número de vezes em que ocorreram falhas na retestadeira grande é alarmante.

Por outro lado, o traçador e o 3.º fio assumem um lugar de destaque por apresentarem um elevado tempo de paragem face à quantidade de paragens registadas. No 3.º fio verificou-se a ocorrência de uma paragem bastante longa devido ao encravamento de um toro na serra que se reconhece como sendo a causa desse equipamento registar valores relativos ao tempo de paragem tão elevados. Logo, compreende-se que caso esta situação pontual, ocorrida ao longo de 12 minutos a 3 de maio de 2017 (anexo B) não tivesse sucedido, o tempo registado no gráfico não seria tão preocupante. Assim sendo, optou-se por excluir a máquina 3.º fio da posterior análise.

#### 4.3.2.2. Linha de Aproveitamento (LA)

O gráfico referente às paragens da linha de aproveitamento encontra-se detalhado na Figura 4.6.

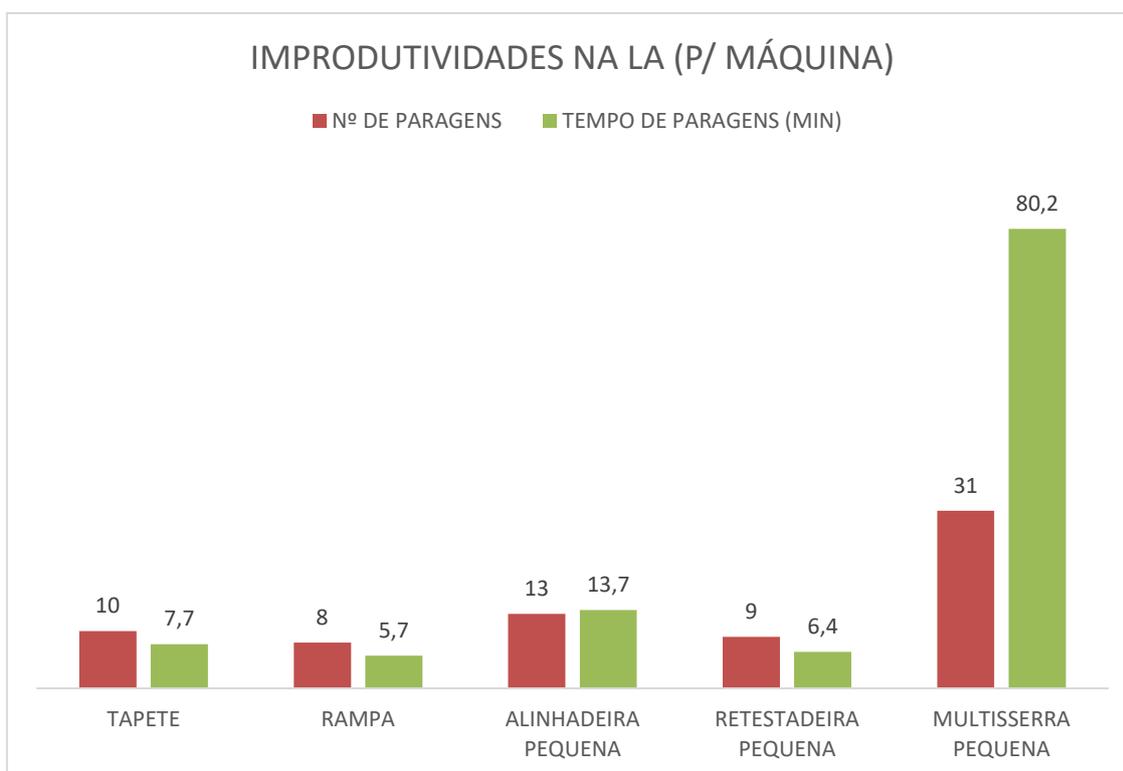


Figura 4.6. Improdutividades na LA.

Na seguinte Tabela 4.5. é possível perceber a distribuição em percentagem entre o número de paragens e o tempo de paragem, por cada máquina da LA.

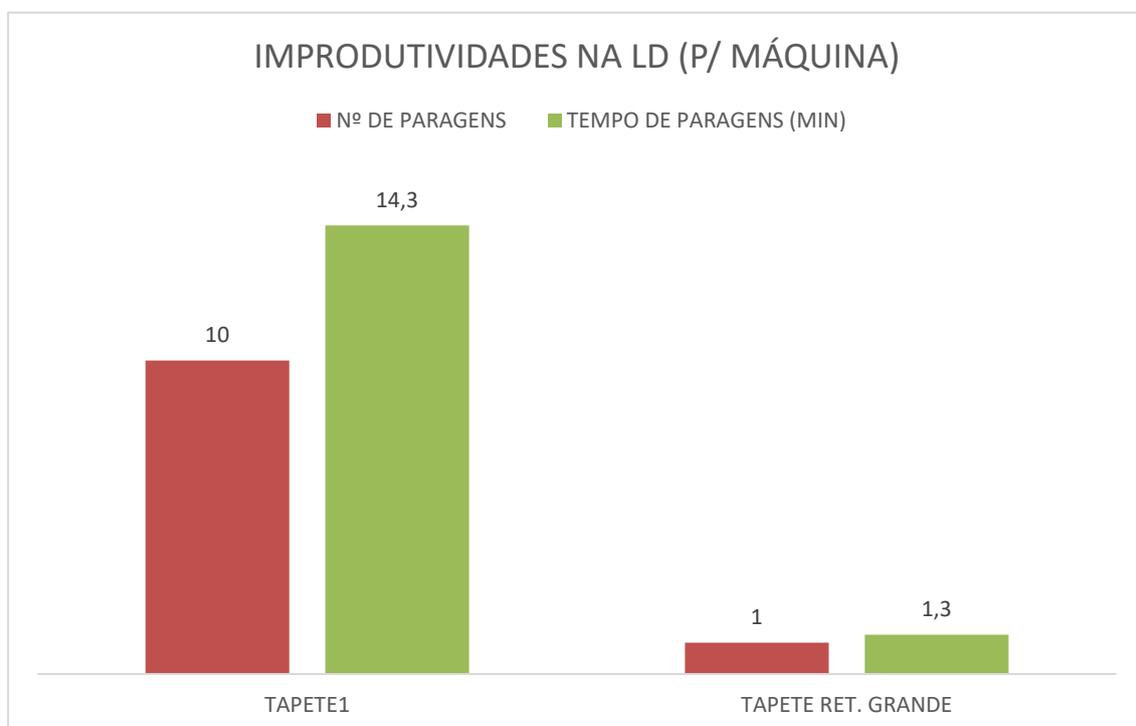
**Tabela 4.5.** Distribuição do número e tempo de paragem na LA.

MÁQUINA	% de número de paragens	% de tempo de paragem
Tapete	14,1%	6,8%
Rampa	11,3%	5,0%
Alinhadeira pequena	18,3%	12,0%
Retestadeira pequena	12,7%	5,6%
Multisserra pequena	43,7%	70,5%

Nesta linha, a multissera pequena destaca-se em relação às restantes máquinas por apresentar valores de tempo e número de paragens muito elevados. Ao comparar as máquinas restantes entre si, verifica-se que alinhadeira pequena é a que evidencia valores mais preocupantes. Por estes motivos, optou-se por analisar de forma mais cuidada as problemáticas associadas à multissera pequena e à alinhadeira pequena.

#### 4.3.2.3. Linha de Desperdício (LD)

À semelhança dos estudos feitos anteriormente, a Figura 4.7. diz respeito à linha de desperdício.



**Figura 4.7.** Improdutividades na LD.

Em relação a este gráfico, é indiscutível a discrepância de resultados entre as máquinas da linha, sendo que interessa apenas explorar as razões de paragem do tapete 1, assumindo o número e tempo de falha da outra máquina irrelevante devido aos reduzidos valores obtidos.

Seguindo o procedimento realizado nas análises anteriores, apresenta-se na tabela seguinte (Tabela 4.6.) distribuição de percentagem, por máquina da LD, do número de paragens e do tempo de paragem.

**Tabela 4.6.** Distribuição do número e tempo de paragem na LD (em percentagem).

<b>MÁQUINA</b>	<b>% de número de paragens</b>	<b>% de tempo de paragem</b>
Tapete 1	90,9%	91,7%
Tapete ret. grande	9,1%	8,3%

Em jeito de síntese, na Tabela 4.7. encontram-se descritas as máquinas nas quais pareceu pertinente fazer uma análise mais cuidada.

**Tabela 4.7.** Máquinas seleccionadas para posterior análise.

<b>LINHA</b>	<b>MÁQUINA</b>
Linha de serragem de tábuas para paletes (LSTP)	Traçador
	Serra dupla
	Retestadeira grande
	Multisserra grande
Linha de aproveitamento (LA)	Alinhadeira pequena
	Multisserra pequena
Linha de desperdício (LD)	Tapete 1

### **4.3.3. Improdutividades por local**

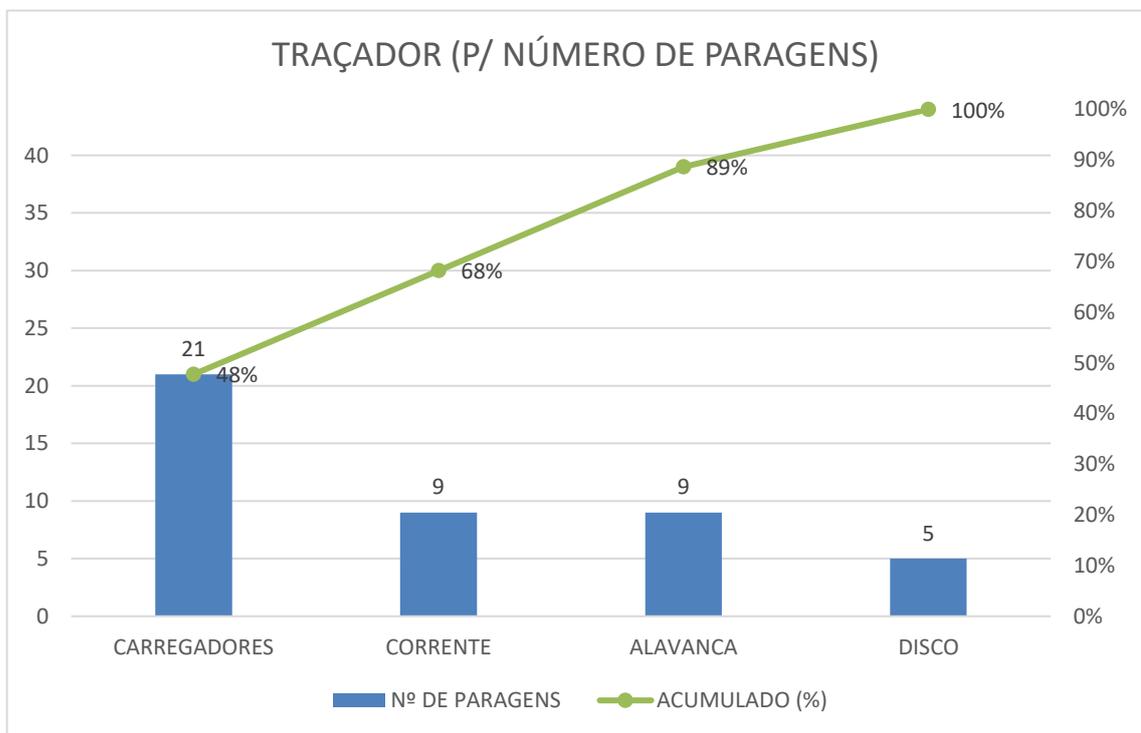
Uma vez seleccionadas as máquinas a analisar por local, ou seja, quais os locais que obrigam à paragem da máquina, é relevante analisar separadamente qual o número de paragens e o respetivo tempo (em minutos). Recorreu-se então a uma análise de Pareto para estas duas situações, de modo a tentar encontrar relações de 80-20. Isto significa que ao reduzir as paragens da máquina em 20 % dos locais de paragem, será possível reduzir-se em 80% o tempo/número total de paragens. Caso não se encontre este tipo de relações, tentar-

se-á encontrar uma relação de menor impacto, como por exemplo 70-30, ou mesmo 60-40. Pretende-se, desta forma, priorizar os locais de cada máquina nos quais que se deve atuar.

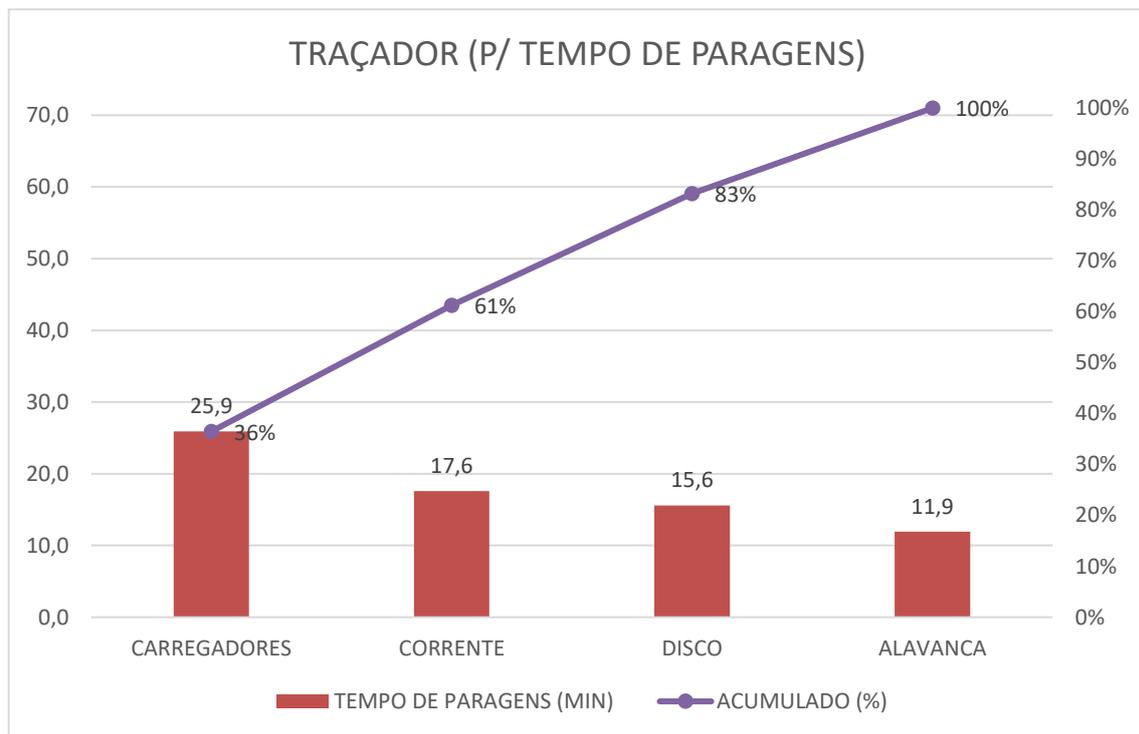
**4.3.3.1. LSTP**

Traçador

Como referido anteriormente, a máquina traçador foi analisada por número de paragens (Figura 4.8) e tempo de paragem (Figura 4.9) nos diferentes locais da máquina.



**Figura 4.8.** Diagram de Pareto da máquina traçador (Nº de paragens/Locais de paragem).



**Figura 4.9.** Diagrama de Pareto da máquina traçador (Tempo de paragem/Locais de paragem).

No gráfico correspondente ao estudo da relação entre os locais e o número de paragens, atinge-se uma relação de 48-25, o que significa ao reduzir as falhas em 25% dos locais, que corresponde aos carregadores, é possível reduzir em 48% o número de paragens na máquina em apreço.

Por outro lado, no gráfico relativo à relação entre os locais e o tempo de paragem obtém-se uma relação de 36-25. Assim sendo, reduzindo-se as paragens em 25% dos locais, o que corresponde, mais uma vez, aos carregadores, reduz-se em 36% as paragens totais da máquina traçador.

#### Serra dupla

Os gráficos correspondentes à análise da máquina serra dupla (anexo C) indicam-nos que esta é a máquina, de entre as que existem na fábrica em questão, que apresenta um número de paragens e conseqüente tempo de paragem mais elevados. Logo, esta máquina revela ser, à partida, uma sobre as quais é imperativo a atuar prontamente.

Ao analisar o gráfico que apresenta a relação entre os locais de paragem e o número de paragens registadas neste equipamento, verifica-se que existe uma relação de 86-

50. Como tal, conclui-se que a redução das paragens em 50% dos locais, neste caso, a 2ª rampa, a guia vertical e o carril, se poderá traduzir numa redução em 86% do número total de paragens na máquina em estudo.

Na relação entre os locais da máquina e o tempo de paragens, a relação mais vantajosa obtida é 74-50, o que indica que reduzindo as paragens em 50% dos locais (os rolos, o carril e a 2ª rampa), reduz-se em 75% todas as paragens da máquina serra dupla.

#### Retestadeira grande

A retestadeira grande, à semelhança da serra dupla, é uma máquina que apresenta bastantes locais de paragem. Na análise que relaciona os locais de paragem com o número de paragens registados nesta máquina (anexo D), constata-se que existe uma relação de 94-60. Esta relação permite concluir que para reduzir em 94% o número de paragens na máquina é necessário eliminar as paragens em 60% dos locais onde existem as mesmas (virador 1, discos, virador 2).

No que concerne à relação entre os locais e tempo de paragem, o gráfico construído (anexo D) permite constatar que existe uma relação de maior impacto do que a apresentada anteriormente. De facto, a relação existente a este nível é de 81-40. Por conseguinte, a eliminação das paragens em 40% dos locais (discos e virador 1) levará a uma redução de 81 % do tempo de paragem da retestadeira grande.

#### Multisserra grande

A multissera é a última máquina a analisar na LSTP. No gráfico relativo à relação dos locais de paragem com o número de paragens (anexo E), verifica-se uma relação de 44-33, que se considera ser de pouco impacto. Deste modo, ao se reduzirem em cerca de 33% os locais de paragem, que consistem, na verdade, apenas no tapete – nível 1, apenas se reduzirá em 44% o número de paragens totais da máquina.

Por outro lado, na relação entre os locais de paragem com o tempo de paragem (anexo E), a realidade é um pouco diferente, atingindo-se uma relação de 83-67. Neste caso os locais onde se deve eliminar as paragens são não só tapete – nível 1, mas também os discos de corte, correspondendo ambos a 67% dos locais de paragem. Eliminando as paragens nestes dois locais, reduz-se 83% do total de tempo de paragem na máquina multisserra grande.

#### **4.3.3.2. LA**

##### Alinhadeira pequena

Os diagramas de Pareto realizados acerca da alinhadeira pequena (anexo F) com intuito de analisar a relação entre os locais e o número de paragens e entre os locais e o tempo de paragem evidenciam que essas relações são semelhantes entre si, correspondendo a 92-50 e 97-50 respetivamente. Consequentemente, se reduzirmos os locais de paragem em 50% (discos de corte), reduzir-se-á em 92% o número total de paragens. Já em relação ao tempo de cada paragem, ao reduzir em 50% os locais de paragem (discos de corte), verificar-se-á uma redução de 97% do tempo respetivo.

##### Multisserra pequena

A multisserra pequena da LA é uma das máquinas das instalações fabris em questão que apresenta vários locais onde ocorrem paragens. O estudo em torno da relação entre os locais e o número de paragens (anexo G) mostrou existir uma relação de 74-40, o que significa que ao reduzir 40% dos locais de paragem (tela de saída e discos) se diminuirá em 74% o número total de paragens na máquina em apreço.

No estudo da relação entre os locais e o tempo de paragem (anexo G) obteve-se uma relação de 82-60, que indica que reduzindo 60% dos locais de paragem, que correspondem ao motor, aos plásticos e aos discos, reduz-se em 82% o tempo de paragem da máquina multisserra pequena.

#### **4.3.3.3. LD**

##### Tapete 1

O último item a analisar será o tapete 1, recorrendo-se, para isso, aos diagramas de Pareto (anexo H), à semelhança das análises anteriores. Por esta via, verifica-se que existe uma relação de 50-50 no que concerne aos locais e número de paragem. Esta relação é considerada como uma relação de pouco impacto, dado que ao reduzir as paragens em 50% dos locais de paragem (tapete sob multissera pequena) se irá reduzir em apenas 50% o número de paragem do tapete 1.

Além disso, a relação entre os locais e o tempo de paragem desta máquina revela-se bastante mais vantajosa do que a referida anteriormente, sendo esta 75-50, o que nos

indica que ao reduzir o locais de paragem em 50% diminuiremos o tempo de paragem em 75%.

#### 4.3.3.4. Síntese

Na Tabela 4.8. encontra-se sintetizada a informação analisada anteriormente, procurando-se sistematizar as conclusões obtidas.

**Tabela 4.8.** Relação percentual entre locais/número de paragem e locais/tempo de paragem (provenientes do diagrama de Pareto).

LINHA	MÁQUINA	PARETO (relação percentual)	
		Locais/Número de paragens	Locais/Tempo de paragens
Linha de serragem de tábuas para paletes (LSTP)	Traçador	48/25	36/25
	Serra dupla	86/50	74/50
	Retestadeira grande	94/60	81/40
	Multisserra grande	44/33	83/67
Linha de aproveitamento (LA)	Alinhadeira pequena	92/50	97/50
	Multisserra pequena	74/40	82/60
Linha de desperdício (LD)	Tapete 1	50/50	75/50

#### 4.3.4. Discussão de resultados

A análise dos dados anteriormente apresentados torna perceptível que os equipamentos que apresentam resultados mais vantajosos ao nível da relação entre os locais e o número de paragens são a serra dupla, a retestadeira grande, a alinhadeira pequena e a multissera pequena. Efetivamente, as máquinas referidas são aquelas que apresentam uma maior diferença entre a percentagem de locais de paragem a ser eliminados e a do número de paragens a erradicar com a eliminação das paragens nos locais referidos ao longo da análise. Em suma, compreende-se que, nessas máquinas, eliminar-se-á uma grande percentagem de número e tempo de paragem atuando em poucos locais.

Relativamente à relação entre os locais e o tempo de paragem, identificam-se como máquinas nas quais a ação será simples, no entanto, vantajosa a retestadeira grande e alinhadeira pequena.

Posto isto, é de extrema importância definir as máquinas nas quais se vai atuar. Para isso, tem-se em conta que as máquinas que mais revelam necessitar de melhorias e cuja ação sobre as mesmas parece ser mais frutuosa são a retestadeira grande e a alinhadeira pequena, sendo possível resolver problemas nesses equipamentos ao nível do número e

tempo de paragem. Ademais, considera-se que é necessário, também, atuar no sentido de melhorar o funcionamento das máquinas serra dupla e multisserra pequena, reduzindo o elevado número de paragens que as mesmas apresentam.

Na Tabela 4.9. encontram-se especificados os locais a atuar em cada uma das máquinas em apreço.

**Tabela 4.9.** Locais a atuar das máquinas selecionadas previamente.

<b>MÁQUINAS</b>	<b>LOCAIS</b>		
Retestadeira grande	Virador 1	Discos	Virador 2
Alinhadeira pequena	Discos		
Serra dupla	2ª rampa	Guia vertical	Carril
Multisserra pequena	Tela de saída	Discos	

Os locais a atuar nas máquinas retestadeira grande e alinhadeira pequena foram definidos tendo por base a análise dos digramas de Pareto que relacionam os locais com o número de paragem e esses mesmos locais com o tempo de paragem. Contudo, os locais de atuação na serra dupla e na multisserra foram definidos tendo em conta apenas a análise por via do diagrama de Pareto relativo à relação entre os locais e número de paragens, uma vez que a relação entre os locais e tempo de paragem não se revelou significativa.

#### **4.3.5. Apuramento das causas**

Visto já estarem definidas não só as máquinas a analisar, mas também os locais de cada uma delas nos quais incidirá o estudo, apurar-se-ão, agora, as causas para as paragens através de um diagrama de *Ishikawa* semelhante ao da Figura 4.10. De acordo com a estratégia apresentada por Eckes (2003), definir-se-á como Y o problema, em que  $Y = f(x)$ , sendo os x's todas as causas do problema Y. Numa fase inicial enumerar-se-ão todas as causas possíveis, e seguidamente, com base na observação, apurar-se-ão quais dos x's mencionados são efetivamente causas a ter em conta. Posteriormente, serão definidas soluções tendo por base uma observação mais objetiva e o diálogo com os operados e encarregado, implementando-se essas soluções mediante a aprovação da administração.

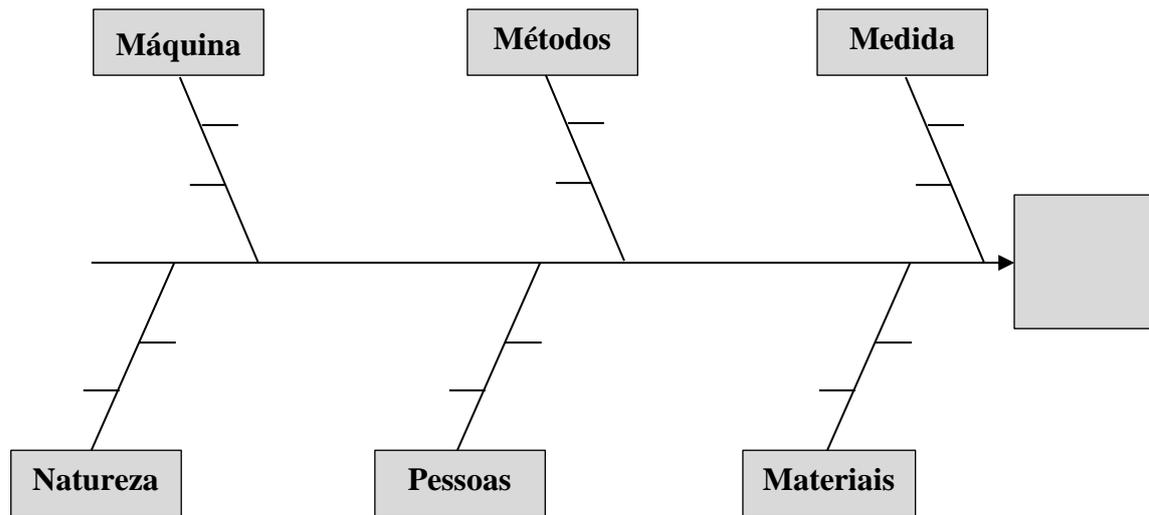


Figura 4.10. Diagrama de *Ishikawa standard*.

**4.3.5.1. Retestadeira grande – Virador 1, Discos e Virador 2**

A Figura 4.11. apresenta um diagrama de *Ishikawa* acerca das possíveis causas das paragens nos locais virador 1, discos e virador 2 da retestadeira grande.

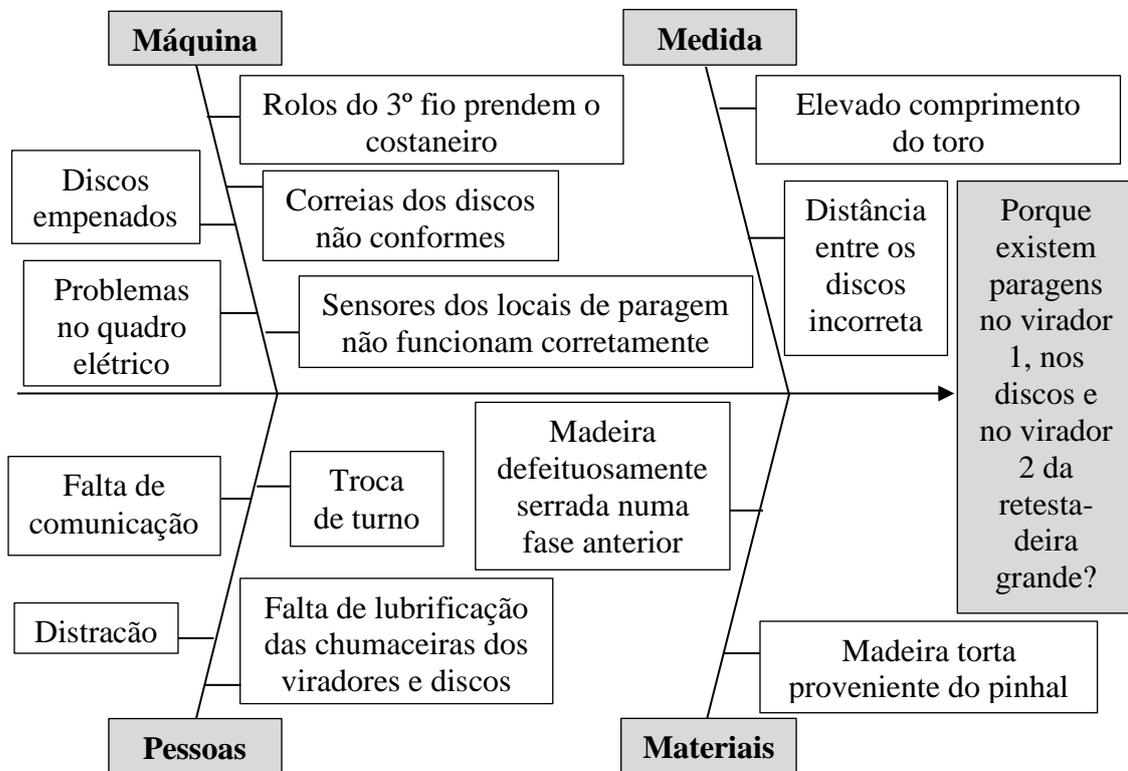


Figura 4.11. Diagrama de *Ishikawa* da máquina retestadeira grande.

De acordo com a Figura 4.11. podemos então definir várias causas possíveis para o problema Y, isto é, vários x's:

Y = Porque é que existem paragens no virador 1, discos e virador 2 da retestadeira grande?

X<sub>1</sub> = Discos empenados

X<sub>2</sub> = Problemas no quadro elétrico

X<sub>3</sub> = Rolos do 3º fio prendem o costaneiro

X<sub>4</sub> = Correias dos discos não conforme

X<sub>5</sub> = Sensores dos locais de paragem não funcionam corretamente

X<sub>6</sub> = Elevado comprimento do toro

X<sub>7</sub> = Distância incorreta entre os discos

X<sub>8</sub> = Falta de comunicação

X<sub>9</sub> = Distração

X<sub>10</sub> = Troca de turno

X<sub>11</sub> = Falta de lubrificação das chumaceiras dos viradores e discos

X<sub>12</sub> = Madeira defeituosamente serrada numa fase anterior

X<sub>13</sub> = Madeira torta proveniente do pinhal

De todas estas causas, as selecionadas como efetivas causas para a paragem da máquina em apreço são então **X<sub>3</sub>**, **X<sub>5</sub>**.

#### **4.3.5.2. Alinhadeira pequena – Discos**

O diagrama de *Ishikawa* da máquina alinhadeira pequena (anexo I) revela o seguinte problema e possíveis causas:

Y = Porque é que existem paragens nos discos da alinhadeira pequena?

X<sub>1</sub> = Vedantes não funcionam

X<sub>2</sub> = Sensores do centrador e dos rolos de aperto não funcionam corretamente

X<sub>3</sub> = Guias de bronze desgastadas

X<sub>4</sub> = Problemas no quadro elétrico

X<sub>5</sub> = Discos empenados

X<sub>6</sub> = Elevada largura ou altura do toro

X<sub>7</sub> = Distração

$X_8$  = Falta de lubrificação das chumaceiras dos discos

$X_9$  = Madeira torta proveniente do pinhal

$X_{10}$  = Madeira escura ou molhada

Relativamente a esta máquina, as causas apuradas através do diálogo e observação foram  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_{10}$ .

#### **4.3.5.3. Serra dupla – 2ª rampa, Guia vertical e Carril**

Nesta máquina, o problema e eventuais causas que se identificam através do diagrama de *Ishikawa* (anexo J) são os seguintes:

Y = Porque é que existem paragens na 2ª rampa, na guia vertical e no carril da serra dupla?

$X_1$  = Calçadores não seguram o toro no carril

$X_2$  = Soldaduras das travessas com defeito

$X_3$  = Toro encravado em travessas

$X_4$  = Sensores da rampa e da guia vertical não funcionam

$X_5$  = Problemas no quadro elétrico

$X_6$  = Elevado ou diminuto comprimento do toro

$X_7$  = Falta de comunicação

$X_8$  = Falta de lubrificação das chumaceiras da rampa e calçadores

$X_9$  = Madeira torta proveniente do pinhal

$X_{10}$  = Madeira com sangrias

Na máquina serra dupla as causas apuradas com base no referido no início do subcapítulo foram:  $X_2$ ,  $X_6$ ,  $X_9$ ,  $X_{10}$ .

#### **4.3.5.4. Multisserra pequena – Tela de saída e discos**

Por fim, na multisserra apuraram-se as seguinte possíveis causas por meio de um diagrama de *Ishikawa* (anexo K):

Y = Porque é que existem paragens na tela de saída e nos discos da multisserra pequena?

$X_1$  = Sujidade impede a progressão do toro

$X_2$  = Discos desgastados (sem pastilhas)

$X_3$  = Tela de saída com baixa velocidade

$X_4$  = Tela de saída muito próximo da zona dos discos de corte

X<sub>5</sub> = Plásticos desfeitos

X<sub>6</sub> = Elevada largura do toro

X<sub>7</sub> = Distância incorreta entre os rolos de entrada

X<sub>8</sub> = Distração

X<sub>9</sub> = Troca de turno

X<sub>10</sub> = Falta de comunicação

X<sub>11</sub> = Madeira com sangrias

X<sub>12</sub> = Discos empenados

X<sub>13</sub> = Madeira velha

As causas apuradas por via do diálogo e observação foram assim: **X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, X<sub>4</sub>, X<sub>12</sub>**.

#### 4.3.5.5. Síntese

Na Tabela 4.10. apresentam-se todas as causas apuradas dos problemas referidos, que devem ser resolvidas com brevidade.

**Tabela 4.10.** Causas das paragens em cada máquina.

<b>MÁQUINA</b>	<b>CAUSAS</b>
<b>Retestadeira grande</b>	Rolos do 3º fio prendem o costaneiro
	Sensores dos locais de paragem não funcionam corretamente
<b>Alinhadeira pequena</b>	Sensores do centrador e rolos de aperto não funcionam corretamente
	Guias de bronze desgastadas
	Madeira escura ou molhada
<b>Serra dupla</b>	Soldaduras das travessas com defeito
	Elevado ou diminuto comprimento do toro
	Madeira torta proveniente do pinhal
	Madeira com sangrias
<b>Multisserra pequena</b>	Sujidade impede a passagem do toro
	Discos empenados
	Discos desgastados (sem pastilhas)
	Tela de saída com baixa velocidade
	Tela de saída muito próxima da zona dos discos de corte

### 4.3.6. Impacto da eliminação das improdutividades

De maneira a perceber o impacto que tem a aplicação de medidas para corrigir as paragens nos locais definidos anteriormente, foi calculado, em percentagem, o número de paragens e tempo das mesmas que será reduzido caso se consiga concretizar a eliminação dessas paragens, como representado nas Tabelas 4.11 e 4.12., respetivamente.

**Tabela 4.11.** Redução percentual do número de paragens resultante da implementação das soluções.

NÚMERO DE PARAGENS				
Máquina	Redução (%)	Linha	Redução (%)	Redução total na fábrica (%)
Serra dupla	86	LSTP	53	50
Retestadeira grande	94			
Alinhadeira pequena	92	LA	46	
Multisserra pequena	74			

**Tabela 4.12.** Redução percentual do tempo de paragem resultante da implementação das soluções.

TEMPO DE PARAGEM				
Máquina	Redução (%)	Linha	Redução (%)	Redução total na fábrica (%)
Retestadeira grande	81	LSTP	9	8
Alinhadeira pequena	97	LA	11	

Percebe-se deste modo que a solução das causas identificadas irá reduzir bastante o número de paragens ultrapassando o valor definido inicialmente de 20%, não reduzindo o tempo de paragens na mesma proporção devido a paragens bastante longas ocorridas ao longo do estudo, bem como à posição adotada perante as relações percentuais provenientes do diagrama de Pareto, priorizando ações simples e imediatas, independentemente do seu impacto. No entanto, o balanço da redução quer em número de paragens, quer em tempo de paragens revela-se positivo.

## 4.4. Fase Melhorar

A fase melhorar apresenta-se como uma das fases mais simples da implementação do ciclo DMAIC, caso a fase anterior seja executada de forma exímia. Nesta fase intermédia foi decidido que se encontrariam soluções para cada um dos problemas individualmente. Por ser possível que, no final dessa análise, algumas das soluções encontradas convirjam numa única solução, apresentar-se-ão o mínimo de soluções

possíveis, procurando-se que uma única solução sirva de resposta a um elevado número de problemas.

Na Tabela 4.13. apresentam-se as soluções para cada uma das causas de paragem.

**Tabela 4.13.** Soluções para cada máquina resultantes da fase analisar.

<b>MÁQUINA</b>		
<b>A. Retestadeira grande</b>		
<b>Nº</b>	<b>Causa</b>	<b>Solução</b>
1	Rolos do 3º fio prendem o costaneiro	Diminuição da espessura dos rolos por via de uma rebarbadora
2	Sensores dos locais de paragem não funcionam corretamente	Limpeza diária dos sensores
<b>MÁQUINA</b>		
<b>B. Alinhadeira pequena</b>		
<b>Nº</b>	<b>Causa</b>	<b>Solução</b>
1	Sensores do centrador e rolos de aperto não funcionam corretamente	<i>Upgrade</i> do sensor em uso
2	Guias de bronze desgastadas	Inspeção periódica das guias de bronze
3	Madeira escura ou molhada	<i>Upgrade</i> do sensor em uso
<b>MÁQUINA</b>		
<b>C. Serra dupla</b>		
<b>Nº</b>	<b>Causa</b>	<b>Solução</b>
1	Soldaduras das travessas com defeito	Inspeção periódica das travessas
2	Elevado ou diminuto comprimento do toro	Regulação diária da calibração do traçador
3	Madeira torta proveniente do pinhal	Usar apenas madeira sem sangrias e reta para a zona de produção de paletes
4	Madeira com sangrias	Usar apenas madeira sem sangrias e reta para a zona de produção de paletes
<b>MÁQUINA</b>		
<b>D. Multisserra pequena</b>		
<b>Nº</b>	<b>Causa</b>	<b>Solução</b>
1	Sujidade impede a passagem do toro	Limpeza do interior da máquina
2	Discos desgastados (sem pastilhas)	Trabalhar apenas com discos novos
3	Tela de saída com baixa velocidade	Colocação de um variador de velocidade na tela de saída
4	Tela de saída muito próxima da zona dos discos de corte	Reposicionamento da tela de saída
5	Discos empenados	Trabalhar apenas com discos novos

A análise da tabela anterior denota que várias causas de paragem são eliminadas recorrendo às mesmas sugestões. Assim, as soluções apresentadas são:

. Elaboração de um plano de manutenção (soluciona A2, B2, C1, C2 e D1).

Na verdade, as soluções apresentadas na tabela anterior remetem apenas para limpezas e inspeções periódicas dos equipamentos. Para o efeito, não seria necessário elaborar um plano de manutenção, no entanto, sendo este outro dos objetivos do estágio, o plano de manutenção irá englobar não só as soluções referidas como também envolverá outras atividades de manutenção. Este será descrito cuidadosamente no capítulo seguinte.

. Intervenções imediatas por parte da equipa de manutenção nos equipamentos (soluciona A1, B1, B3, D3 e D4)

Quanto às intervenções imediatas por parte da equipa de manutenção, tratam-se de ações que não se revelam árduas nem morosas, envolvendo reposicionamentos ou troca de equipamentos, que serão vantajosas por contribuírem para um aumento da taxa de produção da fábrica

. Redefinição dos requisitos de compra de madeira e discos (C3, C4, D2 e D5)

Relativamente à última solução encontrada, veio a revelar-se importante a seleção cuidada da matéria-prima antes da sua entrada nas linhas de produção da empresa, parecendo pertinente definir os requisitos da sua matéria-prima. Por isso, recomendou-se à administração a realização de um estudo acerca das empresas que fornecem a Madeca – Madeiras de Caxarias, S. A. com o intuito de excluir aquelas que não correspondiam aos requisitos definidos, pois a existência de uma seleção pouco cuidada da matéria-prima reflete-se negativamente nos índices de produção alcançados.

Por outro lado, verificou-se, através do diálogo com os operadores, que ao nível da limagem os discos de corte não estariam a exercer a sua função corretamente e que, nesse caso, após serem utilizados várias vezes, esses materiais eram enviados para uma empresa que lhes colocava pastilhas. Assim sendo, os discos não seriam trocados, sendo apenas aplicados dentes de corte nas pontas destes materiais. Após breve pesquisa, constatou-se que um disco pastilhado tem um custo de 23 euros para a Madeca – Madeiras de Caxarias, S. A., ao passo que um novo tem um custo de 25 euros. Sabendo que um disco pastilhado tem uma probabilidade de perder as pastilhas e de ficar empenado ao exercer as suas funções nas condições enunciadas comparativamente a um disco de corte novo, considera-se que

extretamente útil e economicamente benéfico a utilização discos de corte novos ao invés de pastilhados.

#### 4.5. Fase Controlar

O que se pretende na fase controlar é perceber se os melhoramentos foram efetivamente efetuados na fase anterior e se estes se revelam frutuossos. Não ocorrendo isso, é nesta fase que se deve reestruturar recursos com vista a obter resultados mais favoráveis.

Na Tabela 4.14. é possível determinar o estado de implementação de cada uma das soluções apresentadas.

**Tabela 4.14.** Estado atual das soluções apresentadas.

<b>SOLUÇÃO</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO</b>	<b>ESTADO ATUAL</b>
Elaboração de um plano de manutenção		Realizada mas não implementada
Intervenções imediatas por parte da equipa de manutenção nos equipamentos	Reduzir a espessura dos rolos por via de uma rebarbadora	Implementada
	<i>Upgrade</i> do sensor em uso	Não implementada
	Colocação de um variador de velocidade no tapete de saída da multisserra pequena	Implementada
	Reposicionamento do tapete de saída da multisserra pequena	Implementada
Redefinição dos requisitos de compra de madeira e discos	Usar apenas madeira sem sangrias e reta para a zona de produção de paletes	Não implementada
	Trabalhar apenas com discos de corte novos	Implementada

No presente estudo, determinou-se como método de controlo o *control chart*, no entanto, devido ao facto de não ter sido terminada implementação de todos os processos de melhoria, não é possível efetuar essa análise.

## **5. PLANO DE MANUTENÇÃO**

No que ao segundo objetivo do estágio diz respeito, para a elaboração de um plano de manutenção, a metodologia TPM foi entendida como a mais adequada a implementar. Como referido no capítulo 3. Enquadramento Teórico, o TPM assenta em 8 pilares, sendo que no contexto em que está inserida a empresa, achou-se por bem que o foco incidisse maioritariamente em três: manutenção planeada, manutenção autónoma e melhoria contínua.

### **5.1. Estado atual da manutenção**

Nas instalações fabris da Madeca – Madeiras de Caxarias, S. A. a manutenção é maioritariamente efetuada pelos operadores, no que diz respeito a tarefas de limpeza, lubrificação e inspeções, trocas de serras e discos. Operações como mudança de carretos, correntes e óleos, inspeções de pneumáticos e hidráulicos, entre outras, são efetuadas por dois serralheiros-mecânicos, aos quais, para efeitos de simplificação, iremos denominar no presente capítulo como equipa de manutenção. No entanto, grande parte das atividades de manutenção efetuadas pela equipa de manutenção podem ser, sem grandes contrariedades, realizadas pelos operadores, visto também estas não serem de elevada complexidade.

A documentação relativa às intervenções de manutenção nas máquinas é inexistente, não sendo registadas em nenhum tipo de plataforma, papel ou computador. Esta falta de documentação é uma relevante lacuna a ser corrigida, pois sem qualquer tipo de informação acerca das atividades de manutenção numa determinada máquina não se pode construir um historial da mesma, o que podia vir a revelar-se fulcral na otimização da eficácia e eficiência da maquinaria da empresa, permitindo a eliminação dos fatores que diminuem o ritmo de produção.

Os factos apresentados anteriormente dão o mote para a criação de um Plano de Manutenção (PM), no qual os operadores irão efetuar praticamente todas as atividades de manutenção, podendo, deste modo, a equipa de manutenção atuar apenas quando as habilitações dos operadores não lhes permitirem efetuar a tarefa de manutenção. Visto que

a equipa de manutenção apresenta apenas dois elementos que estão solicitados para quatro instalações fabris da Madeca – Madeiras de Caxarias, S. A. e que ainda tratam da mecânica dos camiões de distribuição, esta intervenção irá trazer, à partida, bastantes vantagens para a produção da empresa, não ficando dependente da presença da equipa de manutenção na fábrica.

## **5.2. O plano de manutenção (PM)**

Não sendo viável informatizar o PM devido à constante presença de serradura que levaria ao mau funcionamento dos sistemas informáticos, tal como por vezes acontece nos quadros elétricos, optou-se por recorrer a folhas escritas. Existem duas folhas principais, uma de atividades de manutenção a realizar e outra de registo da realização das tarefas. Há ainda uma folha de registo de anomalias, que diz maioritariamente respeito à equipa de manutenção, contudo os operadores também poderão elaborar registos na mesma caso necessário. As folhas que descrevem as tarefas e as de registo dessas tarefas assentam nos pilares de Manutenção Planeada e Manutenção Autónoma da metodologia TPM, e, por outro lado, a folha de registo de anomalias diz respeito ao pilar de Melhoria Contínua.

### **5.2.1. Folha de atividades de manutenção**

Na folha de atividades de manutenção a realizar serão descritas todas as tarefas de manutenção a efetuar em cada máquina, a periodicidade com que é feita cada atividade e o tipo de atividade que é realizada: limpeza, lubrificação ou inspeção. Caso sejam atividades que não se enquadrem em nenhum destes três tipos nada será referido acerca da mesma. Ainda na mesma folha, para as atividades de lubrificação, estarão fotografias dos pontos a lubrificar em cada máquina, os chamados copos de lubrificação, devidamente identificados.

A título de exemplo, apresento as atividades a realizar na máquina serra dupla da linha de serragem de tábuas para paletes (LSTP):

- . Tarefas a realizar de 4 em 4 horas:
  - . Aplicação de gasóleo nas serras de corte;
  - . Mudança das serras de corte e teste de funcionamento;
  - . Limpeza geral da máquina.

. Tarefas a realizar diariamente:

- . Inspeção das guias das serras.

. Tarefas a realizar semanalmente:

- . Inspeção do nível de óleo hidráulico (Hydro HV 46) nos:

- . Calcadores;
- . Rolos de posicionamento;
- . Volantes.

- . Inspeção do nível de óleo valvolina (Carter EP460) nos redutores:

- . 1ª rampa de entrada na dupla;
- . 2ª rampa de entrada na dupla;
- . Corrente principal da máquina.

- . Aplicação de óleo 30 (Matrax Saw Chain) nas correntes de transporte de madeira e dos redutores:

- . 1ª rampa de entrada na dupla;
- . 2ª rampa de entrada na dupla.

Esta folha de atividades a realizar irá, então, ser afixada na máquina permanentemente, em formato A3 (Figura 5.1.)

MÁQUINA		Manutenção do equipamento fabric	
Equipamento: Serra Dupla		Atividades	
	Aplicação do graxão nas serras do corte	Frequência	Diária
	Mudança das serras do corte a Teste de funcionamento	Verde - 4h/4h Serra - 1h/3h	
	Limpeza geral da máquina		4h/4h
	Inspeção das guias das serras		Dia a dia
	Aplicação de massa lubrificante nos copos		
	Calcadores		
	Rolos de posicionamento		
	Volantes		
	1ª rampa de entrada de dupla		
	2ª rampa de entrada de dupla		
	Corrente principal da máquina		
	1ª rampa de entrada de dupla		
	2ª rampa de entrada de dupla		

<p><b>Limpeza</b></p> <p><b>Lubrificação</b></p> <p><b>Inspeção</b></p>	<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p>	<p>Inspeção do nível do óleo hidráulico (Hydro HV 46)</p> <p>Inspeção do nível do óleo valvolina (Carter EP460) nos redutores</p> <p>Aplicação do óleo 30 (Matrax Saw Chain) nas correntes transportadoras do material e dos redutores</p>	<p>Chumaceiras de 28 rampas antes de dupla (x4)</p> <p>Chumaceiras de 18 rampas antes de dupla (x4)</p> <p>Volante de torção "pê" (x2)</p> <p>Chumaceira de corrente principal de dupla (x2)</p>
---	--	--	--

<p><b>COPOS DAS MÁQUINAS:</b> Rolos de posicionamento (2 copos na img, x4)</p> 	<p>Hidráulicos dos rolos de posicionamento</p> 	<p>Volto dos rolos (3 copos na img, x2)</p> 	<p>Calcadores (2 copos na img, x5)</p> 	<p>Volante superior frontal (x2)</p> 	<p>Chumaceira do volante inferior (2 copos na img)</p> 
<p>Chumaceira de rolo para avanço de costaneiros (x2)</p> 	<p>Guias de deslizamento (abrir e fechar máquina)</p> 	<p>Volante superior traseiro (x2)</p> 	<p>Volante inferior (x2)</p> 	<p>Chumaceira da tala de costaneiros (x2)</p> 	

Figura 5.1. Folha de atividades de manutenção.

Esta folha apresenta apenas caráter informativo, percebendo o operador através dela as atividades a realizar e respetiva periodicidade, que se encontram na tabela da Figura 5.1., bem como o tipo de atividade (limpeza a amarelo, lubrificação a verde e inspeção a azul). De modo a ser mais explícito em relação aos pontos de lubrificação, encontram-se ainda na folha todos os copos das máquinas, assinalados a vermelho em cada uma das figuras. Se de um lado da máquina existe um copo, e do outro existe um simétrico, a legenda da figura indica “x2”. Se existirem dois copos na imagem essa informação é indicada na legenda (Figura 5.2.).



**Figura 5.2.** Exemplo de imagem de identificação dos copos da máquina.

Neste caso, a imagem acima indica que existem dois copos na imagem, que se repetem quatro vezes no local da máquina denominado por “rolos de posicionamento”, perfazendo oito copos de lubrificação neste local da máquina serra dupla.

Como é possível observar na Figura 5.3., as atividades de manutenção relativas a limpeza, lubrificação e verificação estão numeradas. Esta numeração existe para que na folha de registo de manutenção, ao ser indicada a cor e o número da atividade, o operador veja na folha de atividades de manutenção qual a tarefa a realizar.

1	Limpeza geral da máquina	
1	Inspeção das guias das serras	
1	Aplicação de massa lubrificante nos copos	
2	Inspeção do nível de óleo hidráulico (Hydro HV 46)	Calcadores
		Rolos de posicionamento
		Volantes
3	Inspeção do nível de óleo valvolina (Carter EP460) nos redutores	1ª rampa de entrada da dupla
		2ª rampa de entrada da dupla
		Corrente principal da máquina
2	Aplicação de óleo 30 (Matrax Saw Chain) nas correntes transportadoras de madeira e dos redutores	1ª rampa de entrada da dupla
		2ª rampa de entrada da dupla

Figura 5.3. Tabela síntese das atividades de manutenção.

### 5.2.2. Folha de registo da manutenção

Na folha de registo da manutenção (Figura 5.4.), o operador responsável pela realização da tarefa encarrega-se de registar o que executou.

		Limpeza		Lubrificação		Verificação		
	Tarefa	Periodicidade	Tarefa	Periodicidade	Tarefa	Periodicidade	Tarefa	Periodicidade
	1	4h/4h	Mudar serras	4h/4h	1	Diariamente	1	Semanalmente
	2						2	Semanalmente
	3						3	Semanalmente
	4						2	Semanalmente
	5							
	6FS							
	7FS							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13FS							
	14FS							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20FS							
	21FS							

Figura 5.4. Folha de registo da manutenção.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> A aplicação de gasóleo nas serras aplica-se não só à máquina serra dupla, mas também a todas as máquinas que contenham serras, no caso, 3º fio, 4º fio e *charriot*. No entanto, esta atividade deve ser efetuada com a serra a trabalhar e durante os turnos de trabalho, pelo que o registo não é efetuado, de modo a que o operador não perca o foco principal, o das suas tarefas diárias. Todas as outras atividades devem ser efetuadas com as máquinas paradas.

Nesta folha de registo da manutenção, trocada de mês a mês, estão assinalados todos os dias do mês, sem exceção dos fins-de-semana, pois grande parte da lubrificação é realizada ao sábado, salvo raras exceções. O seu preenchimento é simples e de fácil perceção, de modo a que o operador a preencha corretamente e o mais rápido possível. Em cada operação existem duas colunas, uma com a atividade a realizar e outra com a periodicidade de realização da mesma. Na linha do dia em que se está a executar a tarefa e na coluna da indicação da tarefa a realizar, deve preencher-se com símbolos que indicam a realização ou não da atividade, apresentados na Tabela 5.1.

**Tabela 5.1.** Símbolos de realização/não realização de uma atividade.

SÍMBOLOS	SIGNIFICADO
✓	Tarefa executada
X	Tarefa não executada

Quando a tarefa é executada, assinalando o visto, o operador, na coluna seguinte, deve rubricar de modo a indicar a realização da atividade com sucesso (Figura 5.5.).

Tarefa	Periodicidade
1	Diariamente
✓	(rúbrica)

**Figura 5.5.** Exemplo de preenchimento da folha de registo da manutenção em caso de execução da tarefa.

Caso contrário, se a tarefa não for executada, o operador deve indicá-lo com o respetivo símbolo, e, na coluna seguinte, ao invés de rubricar, indica brevemente a razão para a não realização da tarefa com sucesso (Figura 5.6.).

Tarefa	Periodicidade
1	Diariamente
X	(razão da não realização)

Figura 5.6. Exemplo de preenchimento da folha de registo da manutenção em caso de não execução da tarefa.

### 5.2.3. Folha de registo de anomalias

Com este plano, a equipa de manutenção evita as deslocações constantes à fábrica para realizar tarefas facilmente executadas pelos operadores. Contudo, a sua presença é também necessária para o bom funcionamento da fábrica. Em paralelo com a implementação do plano de manutenção e funcionando como parte integrante deste, encontram-se distribuídas em cada linha da fábrica uma série de folhas de registo de anomalias (Figura 5.7.), que obrigam a equipa de manutenção a passar ao pé de cada máquina e verificar o seu bom funcionamento, ou caso contrário, reparar a anomalia de imediato.

LINHA		APROVEITAMENTO			
LOCAIS		TAPETES DE ALIMENTAÇÃO, ALINHADEIRA, RETESTADEIRA, MULTISSERRA, TAPETES DE SAÍDA		2017	
MÊS: _____		RÚBRICA			
DATA	HORA	ANOMALIAS A REGISTRAR	DETETOR DA ANOMALIA	CONHECIMENTO DA ANOMALIA	VERIFICAÇÃO DIÁRIA
1					
2					
3					
4					
5					

Figura 5.7. Excerto da folha de registo das anomalias.

Assim sendo, um dos membros da equipa de manutenção, todas as manhãs, passa em todas as máquinas de cada linha, especificadas no cabeçalho da folha, preenchendo a hora a que passou e rubricando na coluna da verificação diária (no início de cada mês

preenche o local indicativo do mês em causa). Caso detete alguma anomalia, poderá repará-la prontamente.

As colunas anomalias a registar e detetor da anomalia poderão, também, ser preenchidas pelos operadores das máquinas e pelo encarregado, que, ao longo do dia, caso detetem alguma anomalia em alguma das máquinas registam-na na coluna anomalias a registar. A par do registo da anomalia, o operador rubrica na coluna “detetor da anomalia”, de modo a saber-se quem identificou o problema, e em caso de problemas de interpretação, comunicar com quem detetou a falha. A coluna “conhecimento da anomalia” é preenchida apenas pela equipa de manutenção no dia seguinte, caso já tenha sido feita a verificação diária, ou no próprio dia, caso isso não tenha ainda acontecido.

No contexto desta folha, entende-se por anomalia algum problema com a máquina que a permita continuar a desempenhar a sua função, tendo, no entanto, de ser reparada para evitar futuras complicações. Não faria sentido apontar as anomalias que obrigariam à paragem imediata da máquina, pois nessas a equipa de manutenção tem de ser chamada de imediato, pelo que o registo do problema não teria nexos.

#### **5.2.4. Resultados da implementação**

Aquando da escrita deste documento, apenas as folhas de registo de anomalias se encontram em vigor, estando as restantes prontas a entrar em funções, não tendo ainda começado devido a não haver uma pessoa responsável para acompanhar o processo, pois a resistência à mudança é sempre bastante elevada neste tipo de situações. O encarregado da fábrica poderia fazê-lo com alguma facilidade, no entanto, numa fase inicial, a implementação deste tipo de registos deve ser seguida ao pormenor, e desta forma, o encarregado da fábrica estaria a desviar as atenções do seu trabalho diário para acompanhar este processo. Como a folha de registo de anomalias se torna mais fácil de concretizar, pois incide maioritariamente sobre a equipa de manutenção, optou-se por pô-la em prática desde o início do mês de junho, obtendo-se, porém, elevada colaboração dos operadores.

Apesar destes recursos terem sido implementados com alguma receptividade por partes dos operários e da equipa de manutenção, o tempo de estudo não permitiu recolher resultados significativos. Não obstante, ainda que com pouco tempo de implementação, os

operários e o encarregado foram ao encontro dos comportamentos expectáveis, isto é, em conversa com o autor deste relatório, os operadores e encarregado relatavam, inicialmente, anomalias nas variadas máquinas da empresa, porém, sem registá-las na folha para o efeito. No decorrer do tempo de implementação desta estratégia, o comportamento da maioria dos operários alterou-se, passando a realizar os registos nas respetivas folhas ao invés de participarem as ocorrências oralmente.

Para além dos resultados apresentados, espera-se a obtenção de resultados positivos e mais significativos a longo prazo. Como tal, prevê-se que as anomalias irão ser corrigidas antes de se tornarem problemáticas, fora do horário de trabalho, não prejudicando o horário laboral, e colocando os operadores atentos a todas as possíveis falhas e problemas da máquina pela qual estão responsáveis para posterior anotação na respetiva folha.

Não sendo possível conhecer os resultados obtidos na implementação das folhas de atividades de manutenção e de registo da manutenção, pode tentar prever-se algumas situações que se irão desenrolar aquando da implementação desses recursos. Ao início, deverá existir bastante resistência à mudança, esquecimento por parte dos colaboradores de registar as atividades de manutenção de forma correta na respetiva folha. Contudo, e apenas através da persistência por parte de uma pessoa responsável, passado algum tempo, espera-se que os operadores comecem a preencher corretamente as folhas existentes. A partir desse momento, espera-se que exista um aumento positivo de resultados de produção na fábrica. Especificando, prevê-se que se irá obter um registo das intervenções de manutenção em cada uma das máquinas, que permitirá criar um historial de cada uma delas e perceber, entre outras coisas, se a periodicidade de algumas atividades de manutenção deve ser alterada de modo a não prejudicar a produção e os locais onde a máquina apresenta maiores problemas e respetivas causas, com o objetivo de minimizar as falhas e problemas de toda a maquinaria, que, por conseguinte, possibilitará um aumento substancial da produção.



## 6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES FUTURAS

A realização deste trabalho teve como principais objetivos a implementação do ciclo DMAIC de modo a reduzir as paragens na zona de produção de paletes da Madeca – Madeiras de Caxarias S.A. e a definição de um plano de manutenção para todas as máquinas existentes nas instalações fabris da empresa.

A implementação do ciclo DMAIC revelou-se como sendo o objetivo mais árduo de executar, no entanto, frutuoso. A definição do problema surgiu de forma natural, tendo sido possível constatar somente com recurso à observação que existia um elevado número de paragens e tempo perdido para a resolução das mesmas, o que levou de imediato a estabelecer-se como objetivo a alcançar a redução do tempo e número de paragens em 20 %. Seguidamente, a fase de medição foi bastante exaustiva, exigindo uma recolha de dados durante 30 horas. Não obstante, esse trabalho foi um contributo imprescindível para a realização de uma implementação do ciclo DMAIC adequada e para a formulação de elações conclusivas.

Por sua vez, a fase analisar foi a mais dispendiosa em termos de tempo de trabalho devido a todas as atividades que foi necessário realizar e à variedade de ferramentas utilizadas. Primeiramente, foram selecionadas as linhas a analisar e, de seguida, estudaram-se as máquinas das linhas selecionadas que apresentavam maior índice de tempo e número de paragens. Com efeito, esta fase de análise culminou em três soluções: elaboração de um plano de manutenção, intervenções imediatas por parte da equipa de manutenção nos equipamentos e redefinição dos requisitos de compra de madeira e discos. Apesar de demorada e trabalhosa, a análise realizada nesta fase tornou mais simples o trabalho ao nível da fase melhorar, a aplicação das soluções da fase anterior.

Na fase controlar foi referido qual o estado da implementação de cada uma das soluções. Assim, fazendo um balanço da implementação, verifica-se que o trabalho realizado contribuiu positivamente para o cumprimento dos objetivos definidos a esse respeito. Neste contexto, importa realçar que nem todas as soluções foram implementadas, pelo que não é possível discutir os efetivos resultados obtidos com as mesmas. Ainda assim, as previsões que foram apresentadas são positivamente promissoras (com um claro destaque para a

redução em termos de número de paragem), já que é expectável que existam reduções do número e tempo de paragem até 50% e 8% respetivamente.

A definição do plano de manutenção foi outro dos objetivos do estágio realizado por não existir qualquer tipo de documentação a respeito da manutenção. Todavia, algumas atividades contidas neste plano são soluções provenientes da implementação do DMAIC. Ademais, é importante realçar que este plano teve por base a metodologia TPM, nomeadamente os pilares de manutenção planeada, manutenção autónoma e melhoria contínua. Teve ainda como apoio à sua elaboração a informação contida nos manuais de instruções dos equipamentos e a experiência dos operadores e da equipa de manutenção.

Ao nível das dificuldades, a respeito da definição do plano de manutenção destaca-se a recolha de informação devido à avançada idade de parte dos equipamentos presentes na Madeca – Madeiras de Caxarias, S. A. Em adição, aquando da implementação desse plano, espera-se que a resistência à mudança, o esquecimento ou mau preenchimento do plano se venham a revelar os principais obstáculos a ultrapassar. Contudo, quando implementado e mecanizado com sucesso pelos operadores, espera-se que o plano em apreço se venha a revelar vantajoso no que diz respeito à taxa de produção da Madeca – Madeiras de Caxarias, S.A.

Futuramente, poderá efetuar-se um estudo dos locais das máquinas não abordados neste documento, já que, ao analisar os gráficos de registo de tempo e número de paragens, observam-se alguns valores elevados em locais para além dos analisados neste estudo. Na prática, o estudo das improdutividades registadas em relação ao número de paragens na máquina traçador, assim como o mesmo estudo em relação ao tempo de paragem na máquina tapete 1, poderá vir a revelar-se bastante benéfico para a eliminação das paragens desses equipamentos, pois são as máquinas que apresentam mais improdutividades, à parte das incluídas no presente documento. O estudo dos restantes locais da máquina serra dupla e multisserra pequena, responsáveis pelo tempo de paragem de cada uma das máquinas, pode, também, ser motivo uma análise mais minuciosa, pois tal como as máquinas referenciadas anteriormente, são as máquinas em que se verificam mais improdutividades, excluindo as abordadas neste documento. Posto isto, a monitorização das soluções

encontradas é de extrema importância, bem como uma nova implementação do DMAIC, visto tratar-se de um ciclo que terá que ser implementado de forma regular e sistemática.

Quanto ao plano de manutenção, a eliminação do incumprimento é bastante importante, assim como o aumento ou diminuição das atividades nele descritas, conforme as necessidades do equipamento. Esta monitorização permitirá ainda redefinir a periodicidade da execução das atividades de manutenção, caso se revele vantajoso.

Para concluir, a realização de estágio, ao invés de investigação, permitiu verificar os frutos da teoria da formação académica aplicada à indústria. Possibilitou ainda perceber as dificuldades que se enfrenta na gestão de uma unidade industrial, desde as pessoas aos equipamentos. A realização do estágio em apreço, contribuiu em muito para a realização pessoal e profissional do autor.



---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahuja, I. P. e Khamba, J. S. (2008), “Total productive maintenance: literature review and directions”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25, pp. 709-756.
- Alves, A. (2015), “A importância da fileira florestal”, *Mercados Financeiros*, pp. 37-46.
- Associação das Indústrias de Madeira e Mobiliário de Portugal (2014), “Batimatec – Alger 2014”. Acedido em 6 de maio de 2017, em: <http://aimmp.pt/batimatec-2014/>
- Blanchard, B. (1997), “Na enhance approach for implementing total productive maintenance in the manufacturing environment”, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 3, pp. 69-80.
- Chan, F., Lau, H., Ip, R., Chan, H. e Kong, S. (2005), “Implementation of total productive maintenance: A case study”, *International Journal of Production Economics*, 95, pp. 71-94.
- Cooke, F. (2000), “Implementing TPM in plant maintenance: some organisational barriers”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 17, pp. 1003-1016.
- Dekker, R. (1996), “Applications of maintenance optimization models: a review and analysis”, *Reliability Engineering and System Safety*, 51, pp. 229-240.
- De Mast, J. e Lokkerbol, J. (2012). “An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving”, *International Journal of Production Economics*, 139, pp. 604-614.
- Eckes, G. (2003), “Six sigma for everyone”, *Jonh Wiley & Sons, Inc.*, Estados Unidos da América.
- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (2016). “Mercados Florestais 2016”, Departamento de Gestão e Produção Florestal, Divisão de Apoio à Produção Florestal e Valorização de Recursos Silvestres.
- Lafferty, R. (2004), “A multilevel case study critique of six sigma: statistical controlo r strategic change?”, *Internacional Journal of Operations & Production Managemente*, 24, pp. 530-549.
- Lawrence, J. (1999), “Use Mathematical Modeling to Give Your TPM Implementation Effort an Extra Boost”, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 5, pp. 62-69.
- Nakamura, T. (2016), “History of TPM and JIPM: The TPM awards from japan institute of plant maintenance (JIPM)”, *Springer International Publishing Switzerland*, Suíça.

- Park, K. e Han, S. (2001), “TPM – Total Productive Maintenance: Impact on competitiveness and a Framework for Successful Implementation”, *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 11, pp. 321-338.
- Pomorski, T. (2004), “Total Productive Maintenance (TPM) Concepts and Literature Review”, *Total Productive Maintenance Concepts and Literature Review* April, 30.
- Porter, M. (1980), “Competitive Strategy”, Free Press, Nova Iorque.
- Robinson, C. e Ginder, A. (1995), “Implementing TPM: The North American Experience”, Productivity Press, Portland.
- Schroeder, R., Linderman, K, Liedtke, C. e Choo, A. (2008), “Six Sigma: Definition and Underlying theorys”, *Journal of Operations Managemente*, 26, pp. 536-554.
- Suzuki, T. (1994), “TPM in process industries”, Productivity Press, Portland.
- Wireman, T. (2004), “Total Productive Maintenance”, Industrial Press, Inc., Nova Iorque.

## ANEXO A – FOLHA DE CONTROLO DE PARAGENS

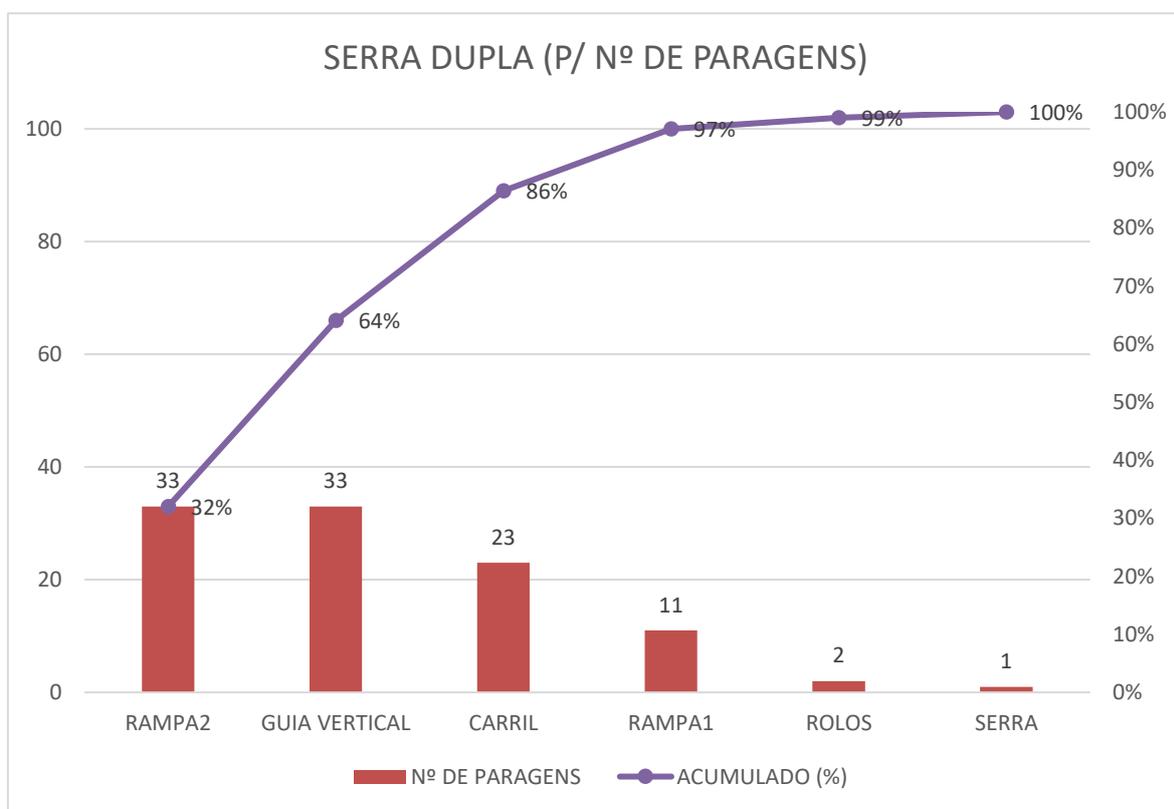
		DATA:	PAG. NR.			
Hora	cod.	LINHA				
		COMENTÁRIOS: MOTIVOS DAS PARAGAENS DA LINHA				
:00						
:01						
:02						
:03						
:04						
:05						
:06						
:07						
:08						
:09						
:10						
:11						
:12						
:13						
:14						
:15						
:16						
:17						
:18						
:19						
:20						
:21						
:22						
:23						
:24						
:25						
:26						
:27						
:28						
:29						
:30						

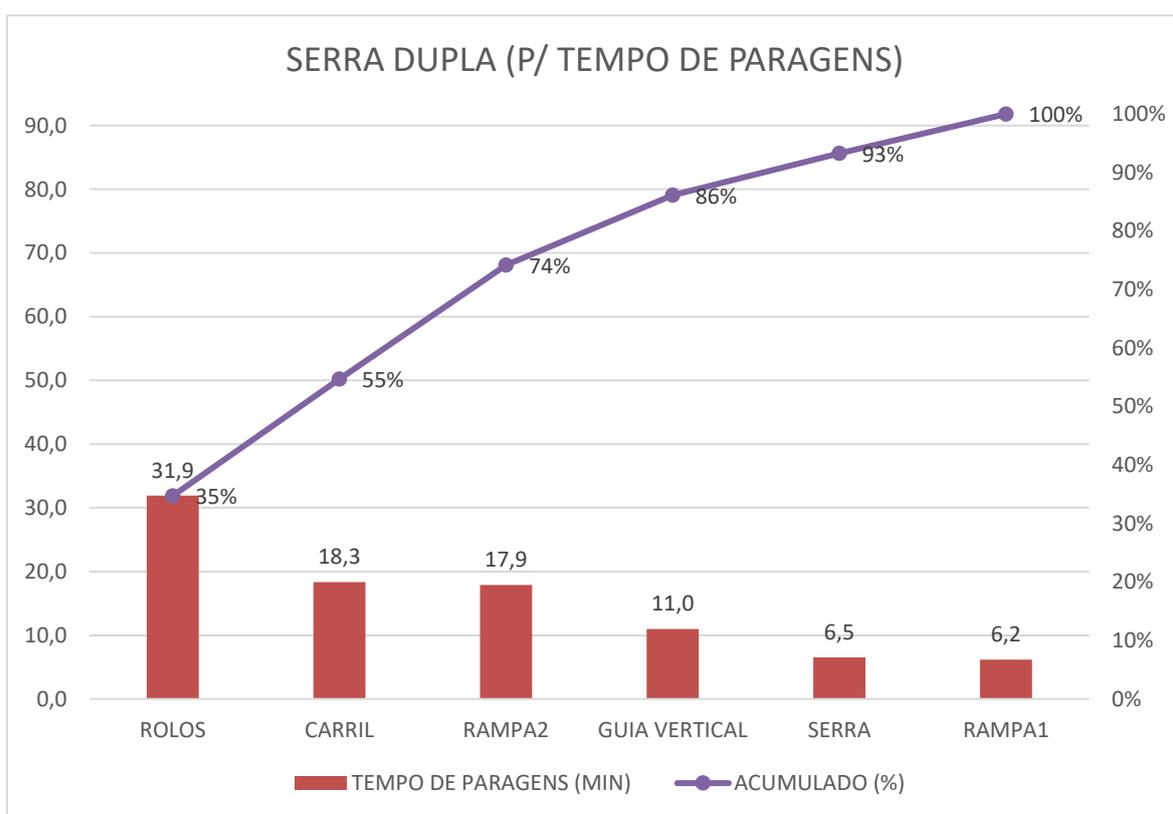
EXCEM		SECTOR:	PAG. NR.			
Hora	COD.	COMENTÁRIOS				
:31						
:32						
:33						
:34						
:35						
:36						
:37						
:38						
:39						
:40						
:41						
:42						
:43						
:44						
:45						
:46						
:47						
:48						
:49						
:50						
:51						
:52						
:53						
:54						
:55						
:56						
:57						
:58						
:59						

## ANEXO B – IMPRODUTIVIDADE NA MÁQUINA 3º FIO (03/05/2017)

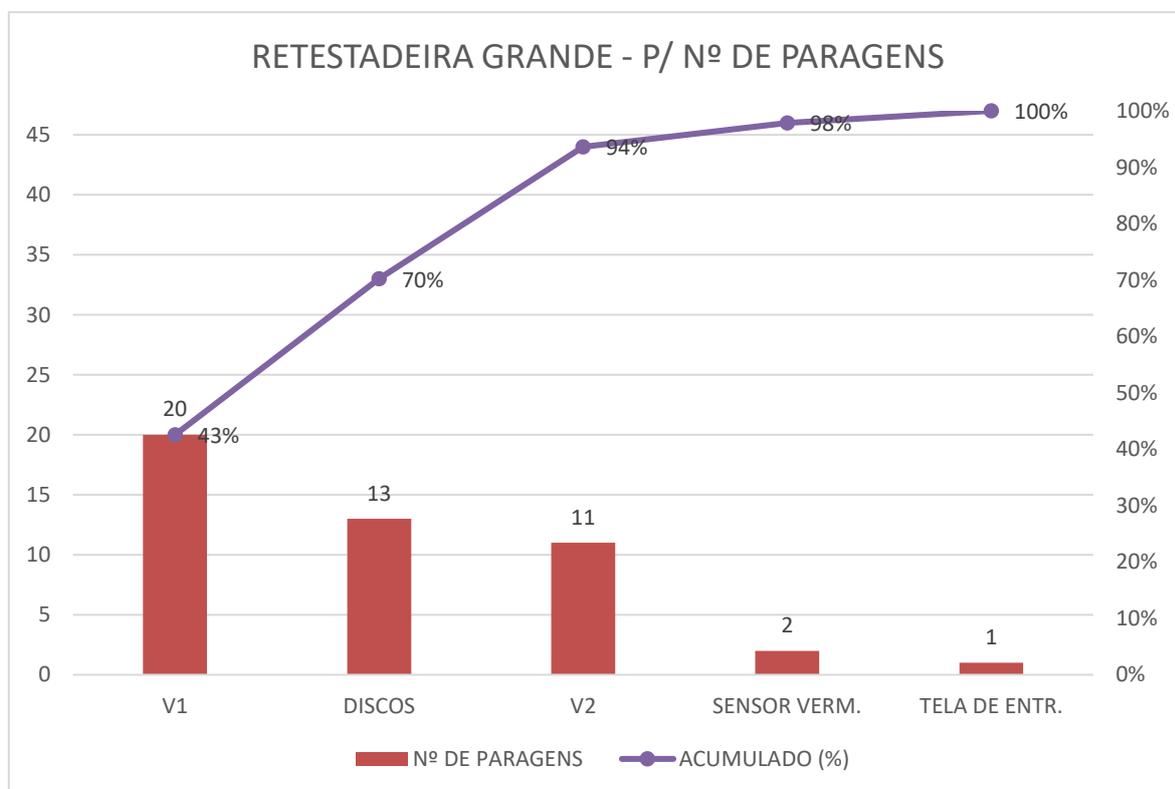
03/05/2017		ESTUDO DE IMPRODUTIVIDADES										
		LINHA SERRA DUPLA										
OPERAÇÃO		TRAÇADOR			RAMPA 1	RAMPA 2	FOTOCÉLULA DO CARRIL		SERRA DUPLA	GUIA VERTICAL APOÓS SERRA DUPLA	3º FIO	
O QUÊ?		ALAVANCA	CORRENTE (2 PAUS)	PAU TORTO nos carregadores	FALTA DE ALIMENTAÇÃO	ENCRAV. PAUS INÍCIO - FOTOCÉLULA	PAU FORA CARRIL	PREGO/FERROS - VERIFICAÇÃO E LIMPEZA	DENTE PARTIDO / DANIFICADO	PAU CURTO	ENCRAV.	PREGO/TRACA DE SERRA
DIÂMETRO TOROS	ORIGEM	MECÂNICA	MECÂNICA	MATÉRIA PRIMA	HUMANA	MECÂNICA	MECÂNICA	HUMANA	MECÂNICA	MATÉRIA PRIMA	MECÂNICA	MATÉRIA PRIMA
	09:26					32						
	09:27											
	09:28											
	09:29											
	09:30											
	09:31											
	09:32											718
	09:33											
	09:34											

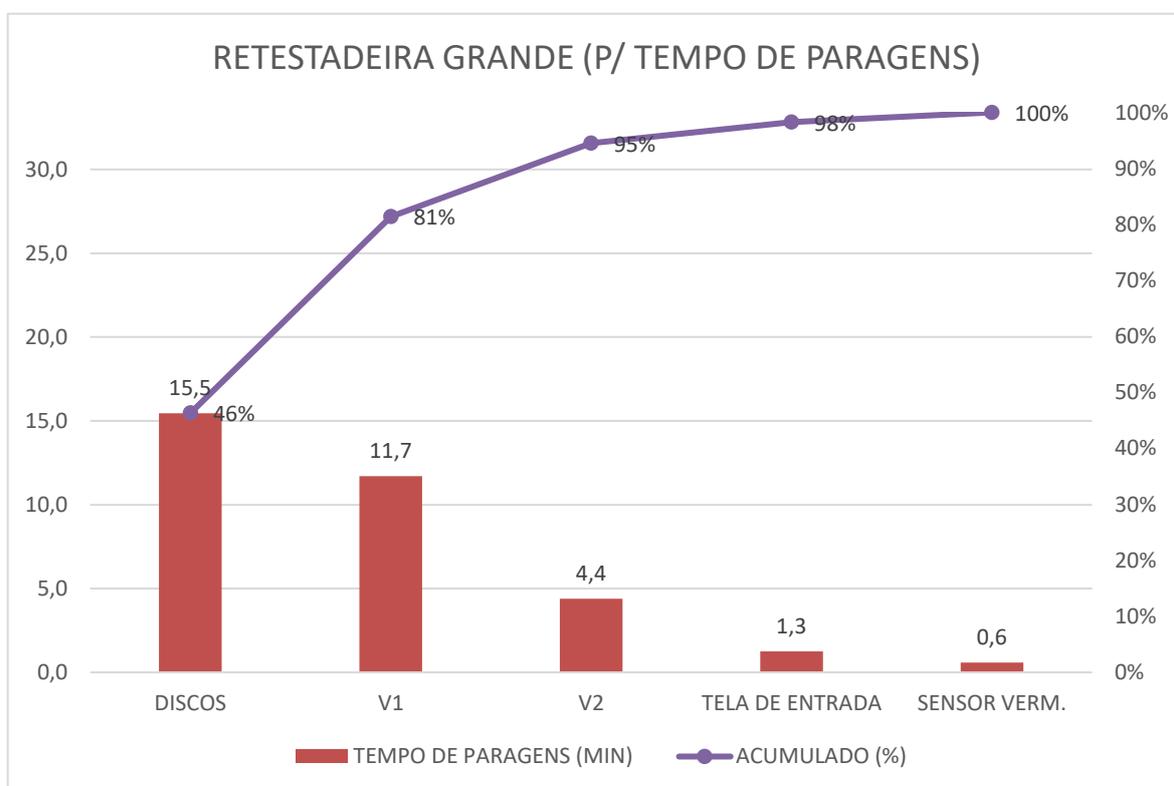
## ANEXO C – DIAGRAMAS DE PARETO DA MÁQUINA SERRA DUPLA



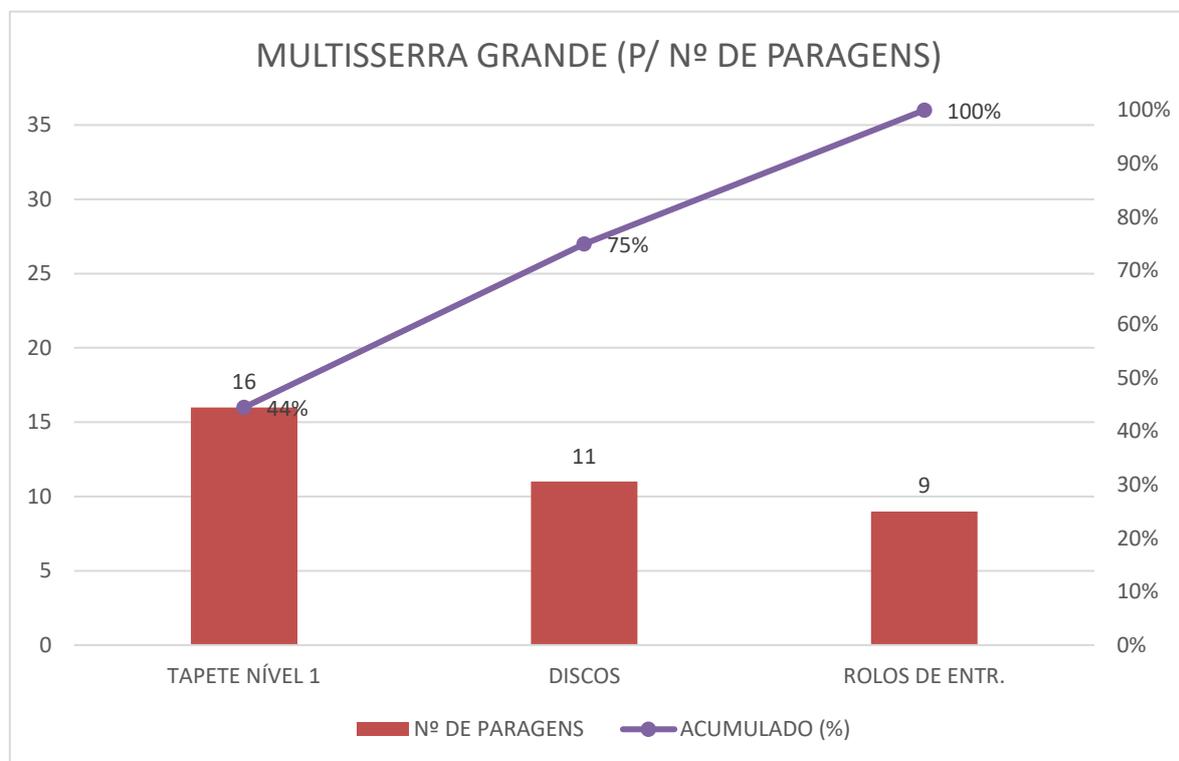


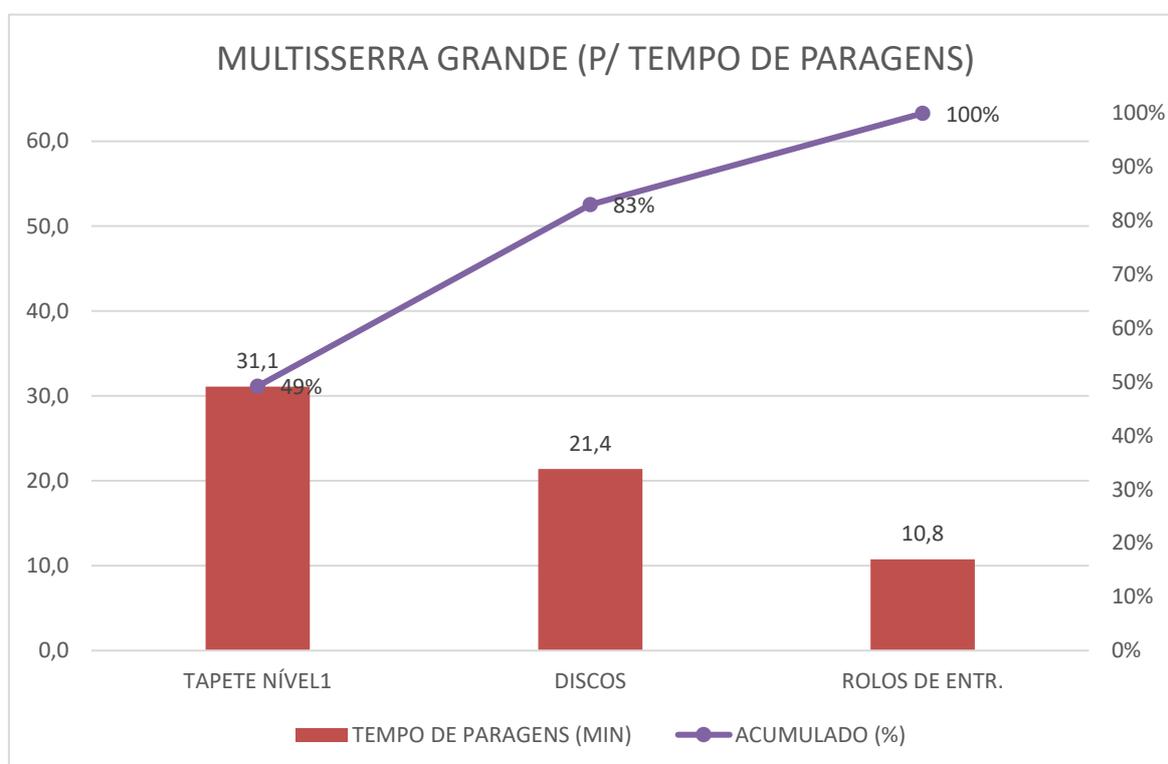
## ANEXO D – DIAGRAMAS DE PARETO DA MÁQUINA RETESTADEIRA GRANDE



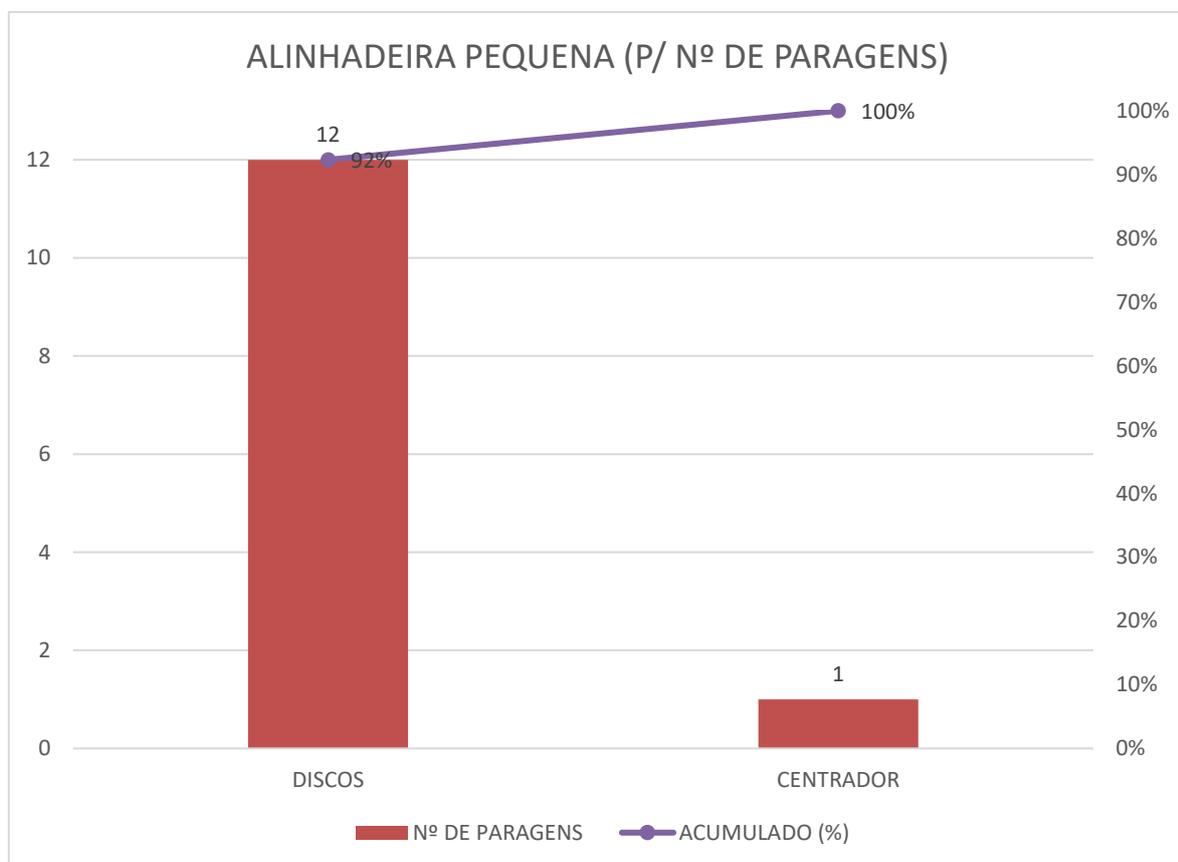


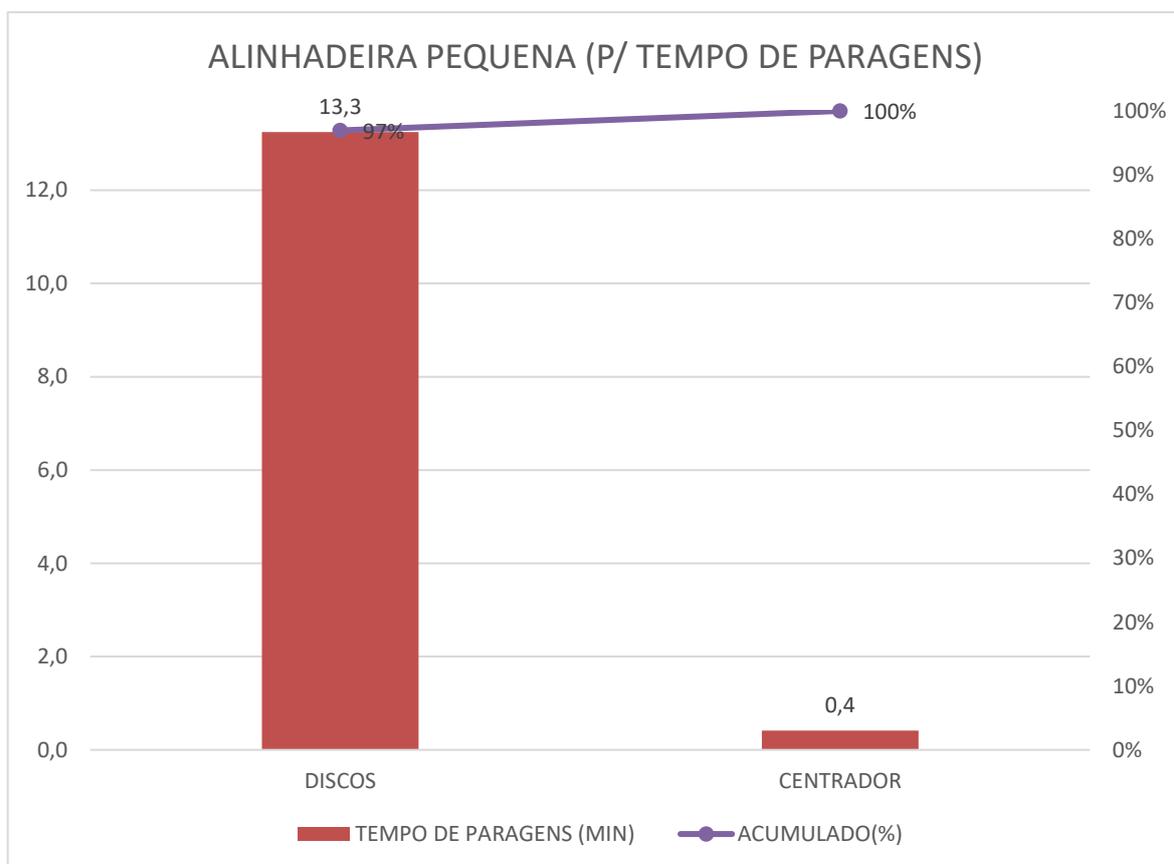
## ANEXO E – DIAGRAMAS DE PARETO DA MÁQUINA MULTISSERRA GRANDE



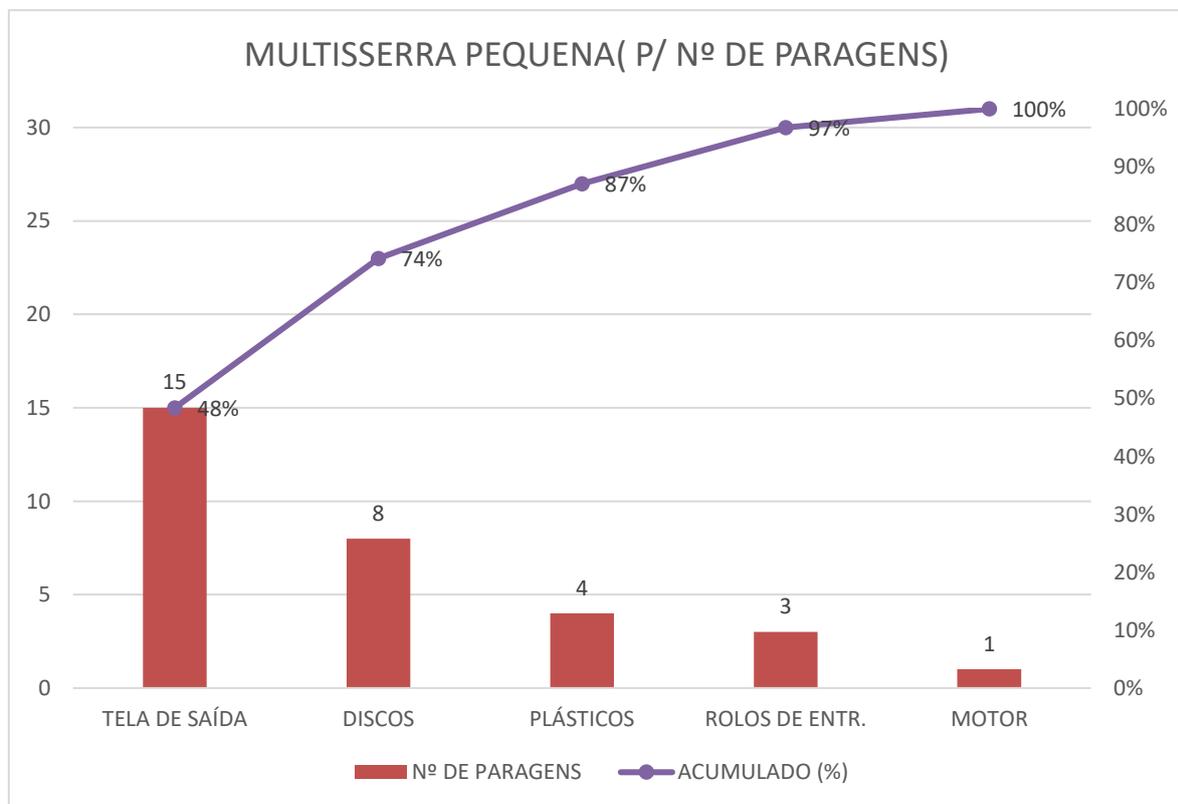


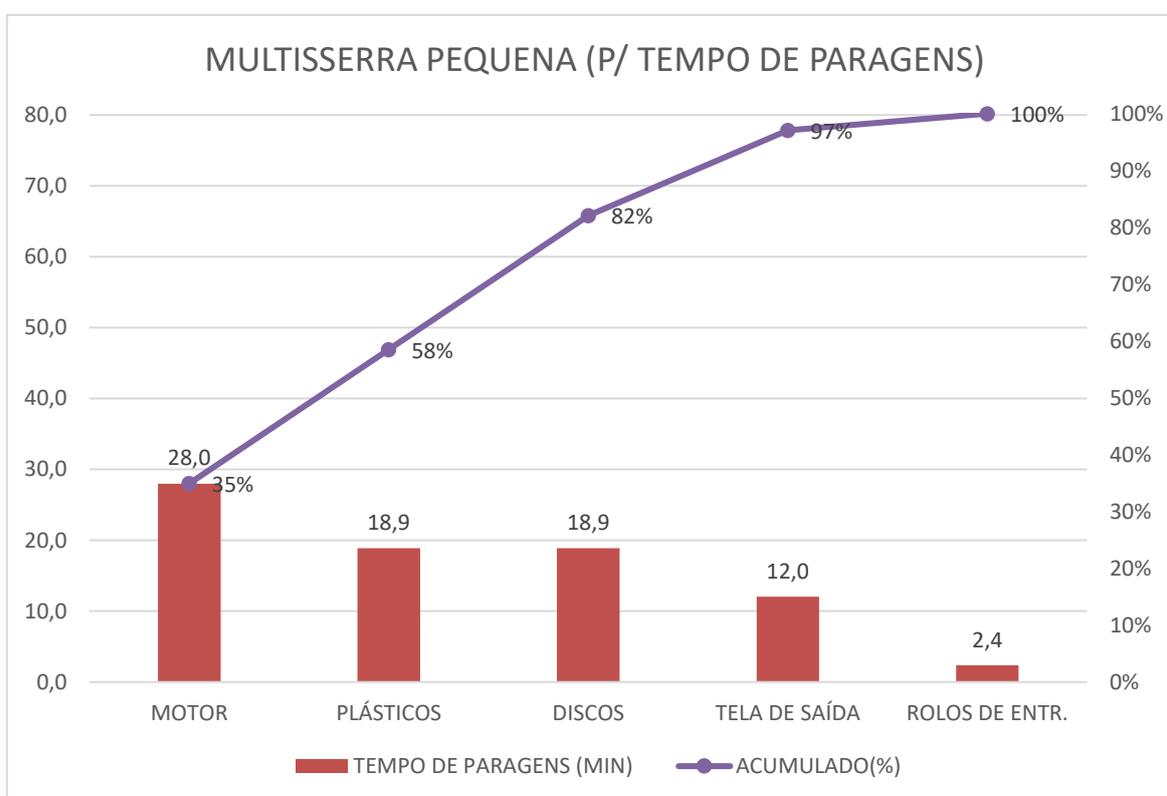
## ANEXO F – DIAGRAMAS DE PARETO DA MÁQUINA ALINHADEIRA PEQUENA



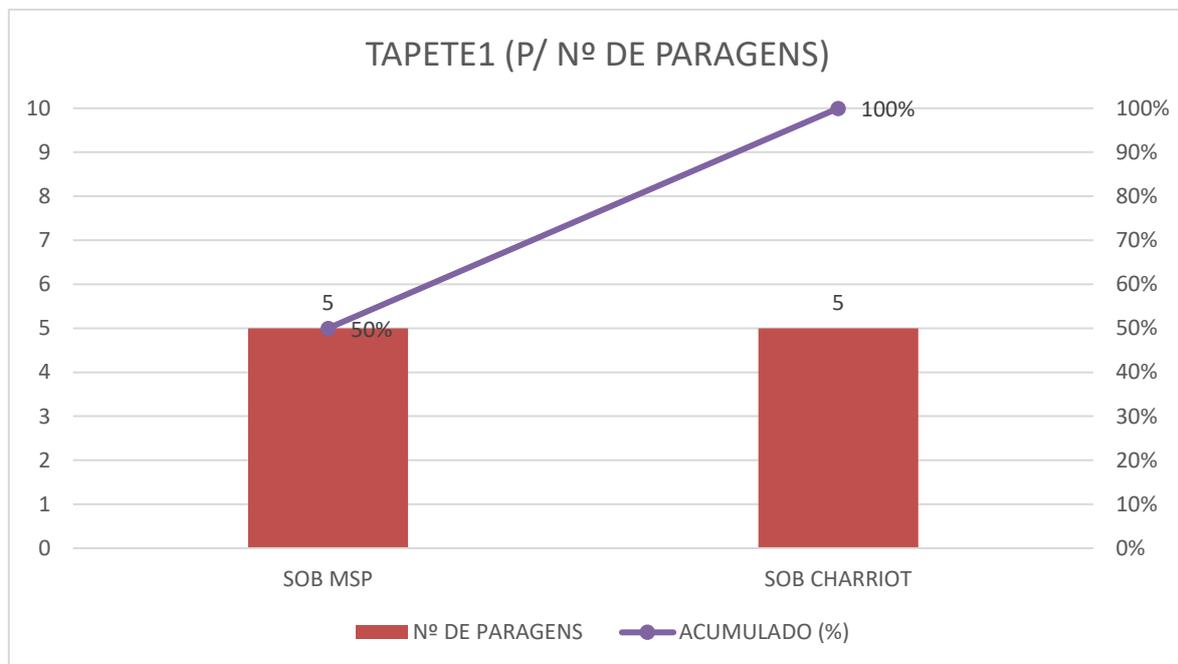


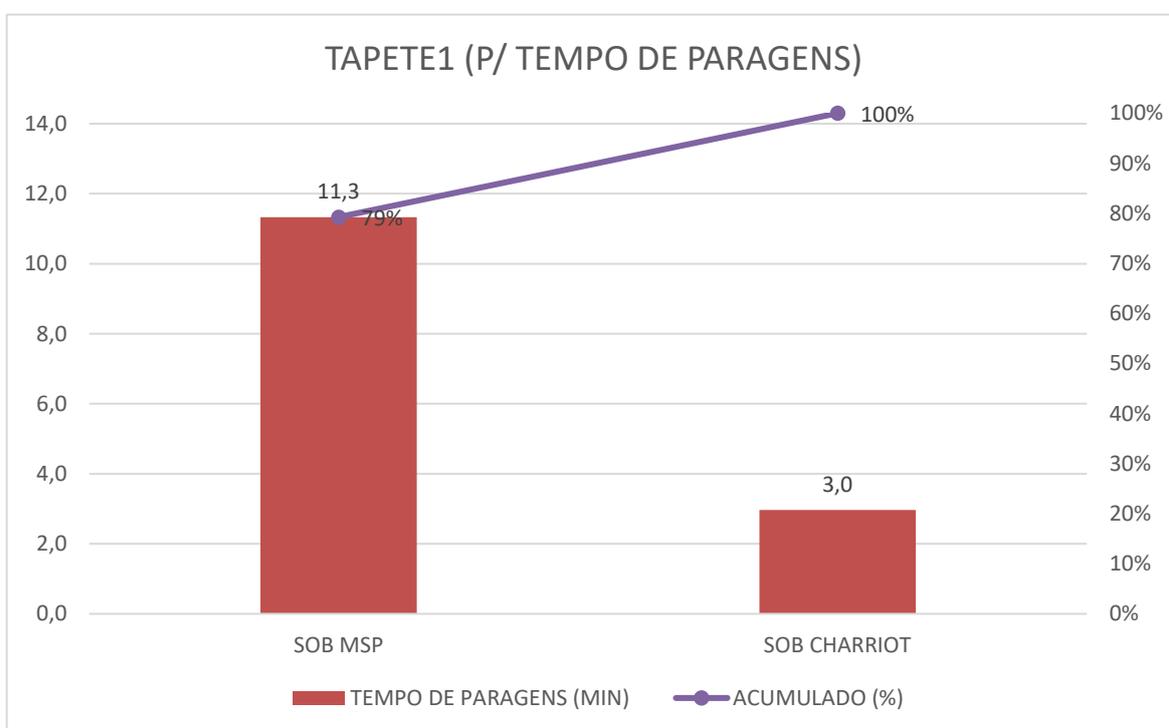
## ANEXO G – DIAGRAMAS DE PARETO DA MÁQUINA MULTISSERRA PEQUENA



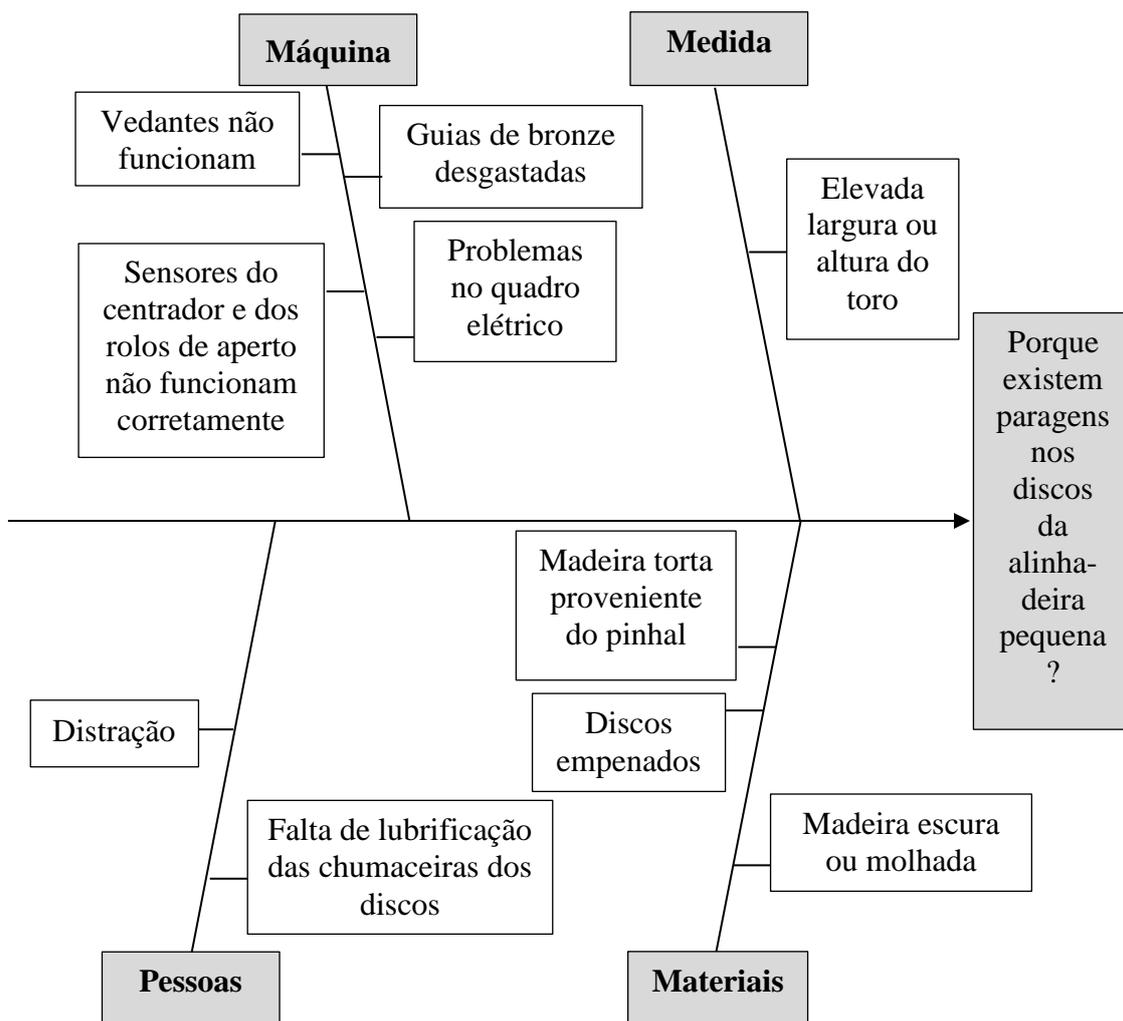


## ANEXO H – DIAGRAMAS DE PARETO DA MÁQUINA TAPETE 1

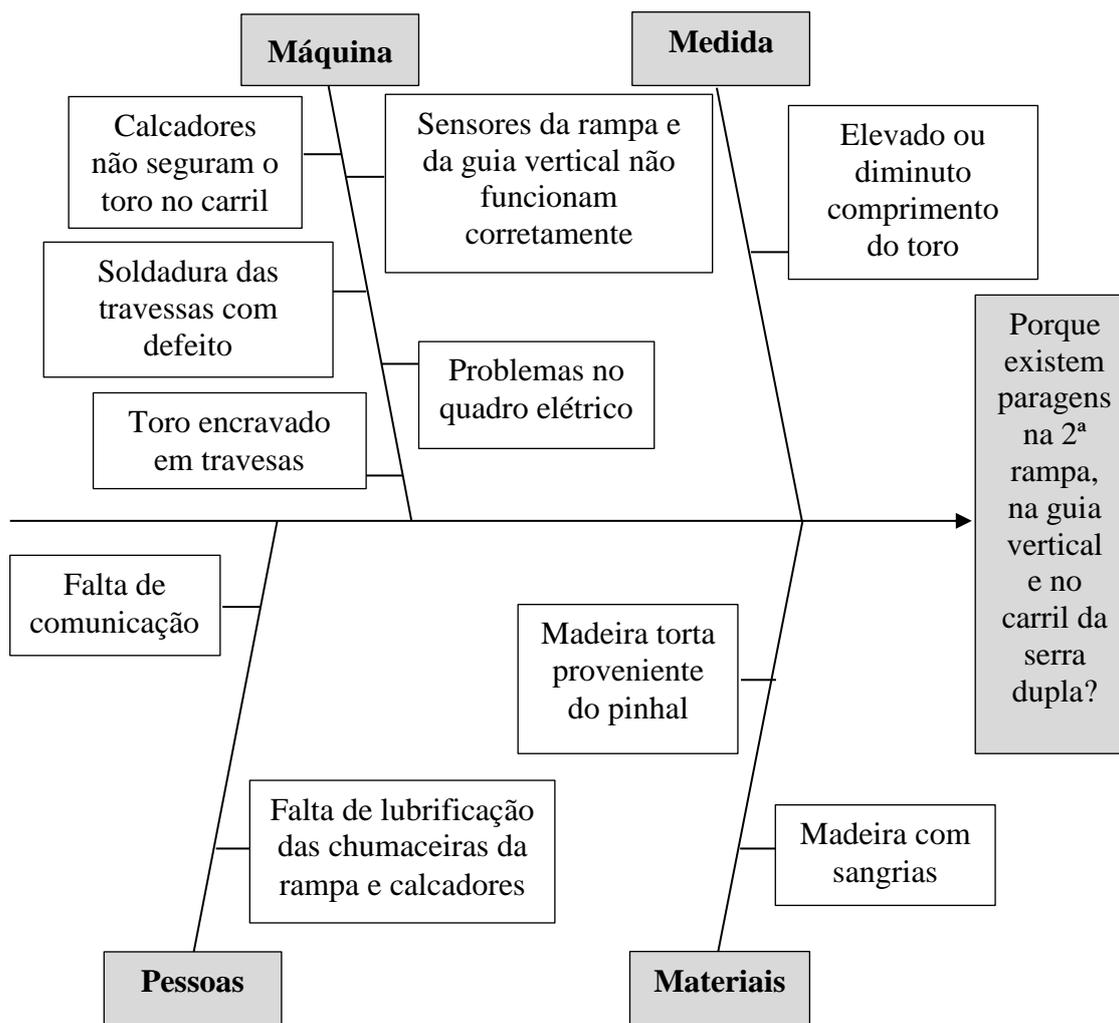




## ANEXO I – DIAGRAMA DE *ISHIKAWA* DAS CAUSAS DE PARAGEM NA MÁQUINA ALINHADEIRA PEQUENA



## ANEXO J – DIAGRAMA DE *ISHIKAWA* DAS CAUSAS DE PARAGEM NA MÁQUINA SERRA DUPLA



## ANEXO K – DIAGRAMA DE *ISHIKAWA* DAS CAUSAS DE PARAGEM NA MÁQUINA MULTISSERRA PEQUENA

