

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

**FEUP**

# **Implementação de um Sistema de Manutenção Lean na SNA Europe [Industries] S.A.**

**Sérgio M. F. Araújo**

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica  
e de Materiais

Orientadores: Professora Laura M. M. Ribeiro e Mestre Maria João S. V. Guedes

Setembro de 2010

---

**CANDIDATO** Sérgio Manuel Ferreira Araújo **Código** 030508010

---

**Título** Implementação de um Sistema de Manutenção Lean na SNA Europe [Industries] S.A.

---

**DATA** 17 de Setembro de 2010

---

**LOCAL** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - Sala F 103 - 14:30 h

---

---

**JÚRI** **Presidente** Professor Doutor Henrique Manuel C. Martins dos Santos DEMM/FEUP

---

**Arguente** Professor Doutor José Dinis Araújo de Carvalho DPS/EEUM

---

**Orientador** Professor Doutor Laura Maria Melo Ribeiro DEMM/FEUP

---

# Resumo

Esta dissertação visa delinear uma estratégia de manutenção a implementar na empresa SNA *Europe [Industries]* com base nos princípios do *Lean Thinking* e da Manutenção Produtiva Total (TPM). Esta estratégia, vulgarmente designada de Manutenção *Lean*, é apresentada na primeira parte deste trabalho, onde se aborda a importância da sua implementação, as principais características, o papel da gestão de topo e da tecnologia, a avaliação do desempenho e o processo de implementação. A segunda parte do trabalho incide no desenvolvimento de um plano de implementação de um sistema de Manutenção *Lean* estruturado em quatro etapas: avaliação do estado *Lean*, desenvolvimento de uma estratégia de manutenção otimizada, redução do tempo de reparação das falhas e integração das actividades de manutenção nos períodos de paragem dos equipamentos. As acções recomendadas, apresentadas no final do trabalho, têm como objectivo a melhoria da função Manutenção sem envolverem investimentos significativos. Estas acções mostram a margem de melhoria que a empresa tem para explorar e a consequente necessidade de implementar um sistema de Manutenção *Lean* capaz de reforçar a sua competitividade.



# Abstract

*The goal of this thesis is the delineation of a maintenance strategy to implement in the SNA Europe [Industries] company based on the principles of Lean Thinking and Total Productive Maintenance (TPM). This strategy, commonly known as Lean Maintenance, is presented in the first part of this work, where the main focus is the addresses of the importance of its implementation, the main characteristics, the role of the top management and technology, the performance evaluation and its implement process.*

*The second part of this work is focused on the development of a Lean Maintenance system implementation plan, structured in four stages: Lean evaluation state, development of an optimized maintenance strategy, reduction of the fail reparation time and integration of the maintenance activities in the break periods of the equipment.*

*The recommended actions, presented in the last part of the dissertation, aim the improvement of the Maintenance function without involving significant investments. These actions show that the company has a wide scope of improvement and consequent need to implement a Lean Maintenance able to reinforce its competitiveness.*



# Agradecimentos

Para a realização desta dissertação foram vários os intervenientes que colaboraram directa e indirectamente, os quais merecem o meu reconhecimento e gratidão.

Aos meus orientadores, Professora Laura Ribeiro e Mestre Maria João Guedes, pela dedicação, empenho e disponibilidade com que direccionaram e acompanharam esta dissertação, assim como pelos comentários e sugestões.

Quero agradecer também à empresa *SNA Europe [Industries] S.A.* e a todos os seus colaboradores, em particular ao Engenheiro Paulo Soares, pelo apoio e companheirismo demonstrado ao longo da realização da tese.

Finalmente, um agradecimento especial aos meus pais, irmãs e amigos, pela compreensão e incentivo permanente.



# Índice

|       |                                                                                           |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | INTRODUÇÃO .....                                                                          | 1  |
| 1.1   | Importância da Manutenção nas empresas .....                                              | 1  |
| 1.2   | Manutenção <i>Lean</i> .....                                                              | 2  |
| 1.3   | O papel da Gestão de Topo .....                                                           | 5  |
| 1.4   | O papel da Tecnologia.....                                                                | 5  |
| 1.5   | Indicadores Chave de Desempenho.....                                                      | 5  |
| 1.6   | Manutenção Produtiva Total (TPM) .....                                                    | 9  |
| 1.7   | Manutenção Centrada na Fiabilidade ( <i>Reliability Centered Maintenance</i> - RCM) ..... | 13 |
| 1.8   | Implementação da Manutenção <i>Lean</i> .....                                             | 14 |
| 2     | CASO DE ESTUDO - <i>SNA EUROPE</i> .....                                                  | 20 |
| 2.1   | Breve Apresentação da Empresa .....                                                       | 20 |
| 2.2   | Processo de fábrica.....                                                                  | 21 |
| 2.3   | Motivação para o estudo e objectivos .....                                                | 22 |
| 2.4   | Metodologia utilizada.....                                                                | 22 |
| 2.5   | Avaliação do estado <i>Lean</i> .....                                                     | 22 |
| 2.5.1 | Eventos TPM.....                                                                          | 23 |
| 2.5.2 | Estrutura organizacional da Manutenção .....                                              | 24 |
| 2.5.3 | Sistema de ordens de trabalho.....                                                        | 25 |
| 2.5.4 | Operações em armazém .....                                                                | 25 |
| 2.5.5 | Planeamento e calendarização .....                                                        | 25 |
| 2.5.6 | CMMS (sistema de gestão da manutenção informatizado).....                                 | 26 |
| 2.5.7 | Documentação.....                                                                         | 26 |
| 2.5.8 | Engenharia de manutenção .....                                                            | 26 |
| 2.5.9 | Resultados da Avaliação do estado <i>Lean</i> .....                                       | 27 |
| 2.6   | Prioritização dos sistemas .....                                                          | 27 |
| 2.6.1 | Prioritização dos sistemas com base no efeito no sistema de produção.....                 | 28 |
| 2.6.2 | Prioritização dos sistemas com base na posição na cadeia de valor .....                   | 31 |
| 2.6.3 | Prioritização dos sistemas com base no efeito nos clientes .....                          | 33 |
| 2.6.4 | Classificação global dos sistemas .....                                                   | 33 |
| 2.7   | Desenvolvimento de uma estratégia de manutenção optimizada .....                          | 34 |
| 2.8   | Redução do tempo de reparação das falhas.....                                             | 37 |
| 2.8.1 | Análise da actual cadeia de valor.....                                                    | 37 |
| 2.8.2 | Actividades que acrescentam valor e actividades que não acrescentam valor.....            | 39 |
| 2.8.3 | Aplicação dos 5S.....                                                                     | 40 |
| 2.8.4 | Redução das actividades que não acrescentam valor.....                                    | 40 |
| 2.8.5 | Optimização dos processos que acrescentam valor .....                                     | 41 |
| 2.8.6 | Cadeia de valor futura.....                                                               | 41 |
| 2.8.7 | Normalização das reparações.....                                                          | 43 |
| 2.8.8 | Optimização da cadeia de valor .....                                                      | 44 |
| 2.9   | Integração de actividades de manutenção nos períodos de paragem dos equipamentos .....    | 44 |
| 2.10  | Plano de implementação da Manutenção <i>Lean</i> .....                                    | 45 |
| 2.11  | Indicadores de desempenho.....                                                            | 48 |
| 2.12  | Conclusões .....                                                                          | 49 |
|       | Bibliografia.....                                                                         | 51 |



# 1 - Introdução

## 1.1 - Importância da Manutenção nas empresas

O actual contexto económico deve levar as empresas a apostar cada vez mais na função Manutenção com vista a aumentar a fiabilidade dos equipamentos e diminuir os seus custos. Paradoxalmente, o nível de desenvolvimento desta função ainda é considerado relativamente baixo. Mesmo nas empresas com experiência na implementação de projectos *Lean*, reconhece-se que ainda há muito para fazer nesta área.

De facto, o *Lean Manufacturing* tem sido adoptado nas últimas décadas por muitas empresas com resultados assinaláveis, contudo, a Manutenção como função que garante a fiabilidade dos equipamentos, não tem sido desenvolvida adequadamente porque é sistematicamente vista como um custo para a produção, ou seja, uma actividade que embora necessária não acrescenta valor e como tal tem que ser reduzida [1]. Alguns autores defendem que as actividades de manutenção têm sido negligenciadas pelo *Lean Manufacturing*, mas fundamentalmente, pela gestão de topo das empresas, porque não olham para a Manutenção como uma actividade importante e com elevado potencial de rentabilidade [2].

Para analisar a importância do aumento da fiabilidade dos equipamentos de fabrico e da melhoria da função Manutenção, várias empresas quantificaram o custo das paragens dos equipamentos. Os resultados obtidos por Cooper (citado em [3]) mostram que os custos de paragem de um equipamento que funcione de um modo independente aumentam 10 vezes quando o equipamento está integrado numa célula ou linha de máquinas e 360 vezes quando o equipamento está integrado numa linha inteira de fabrico. De facto, os custos da Manutenção são directamente proporcionais ao tempo de paragem da fabricação, podendo atingir valores alarmantes.

De salientar que as avarias (paragens não programadas dos equipamentos) num sistema de produção *Lean* são mais críticas do que em sistemas que permitam a utilização de *stocks* intermédios, pois resultam quase directa e imediatamente em perdas de oportunidade: falhas nos prazos de entrega e perdas nas vendas. Neste caso, os custos das

paragens são considerados 10 a 20% superiores [4]. Pode-se concluir, então, que a maior dependência do sistema de produção na disponibilidade dos equipamentos, torna a melhoria das actividades de manutenção ainda mais premente.

## 1.2 - Manutenção *Lean*

A Manutenção *Lean* pode ser definida como um sistema de manutenção proactiva que utiliza actividades planeadas e calendarizadas, fundamentadas na Manutenção Produtiva Total (TPM). É desenvolvida a partir de uma estratégia de Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM) e é praticada por grupos de trabalho autónomos que aplicam ferramentas de melhoria específicas (5S, eventos de melhoria *Kaizen*, manutenção autónoma) e por técnicos de manutenção multi-funcionais. Estas actividades são apoiadas por um sistema de informação (CMMS), por um sistema de ordens de trabalho, por um armazém *Lean* de peças que fornece os materiais baseado no *just-in-time* (JIT) e pela engenharia de manutenção que identifica as causas das falhas, analisa as partes inoperacionais dos equipamentos, a eficácia das actividades de manutenção e define as acções de manutenção preditiva [5].

O objectivo básico da Manutenção *Lean* é garantir a fiabilidade dos equipamentos. Os objectivos parciais consistem na gestão da carga de trabalho, redução do tempo de paragem dos equipamentos, garantia da eficácia do trabalho, aplicação de práticas que optimizem o trabalho, criação e aplicação de medidas de desempenho, análise de dados relevantes de controlo dos processos e garantia da qualidade do serviço prestado [5].

Para se compreender melhor a definição acima apresentada, discutem-se de seguida alguns dos termos utilizados:

Manutenção Proactiva: baseia-se em estratégias de manutenção preditiva e preventiva em oposição à manutenção correctiva; focaliza-se mais na análise das causas das falhas e na interacção com o departamento de projecto para prevenir novas falhas.

Manutenção Correctiva: estratégia de manutenção focalizada na reparação das falhas depois de estas ocorrerem.

Manutenção Preventiva: estratégia de manutenção baseada em intervenções planeadas e regulares para identificar potenciais problemas dos equipamentos e proceder à sua correcção.

Manutenção Preditiva: actividades desenvolvidas para prever a necessidade de acções de manutenção; o plano de manutenção é baseado nos resultados da monitorização das condições físicas dos equipamentos.

Planeamento e Calendarização: consiste em documentar as actividades de manutenção para que as ordens de trabalho, peças de armazém, necessidades laborais e tempo de realização das tarefas, sejam previamente conhecidos; a calendarização refere-se à priorização do trabalho, emissão de ordens de trabalho e designação dos recursos de trabalho disponíveis, do tempo disponível para realizar as tarefas e dos tempos de armazenamento e levantamento de peças ou materiais.

Manutenção Produtiva Total (TPM): metodologia que serviu de fundação ao sistema de Manutenção *Lean*. Tem como objectivo otimizar a fiabilidade e a eficácia dos equipamentos, utilizando grupos de trabalho e actividades de manutenção proactiva, envolvendo todos os níveis e funções de uma organização; a sua estratégia incide na eliminação e prevenção de perdas relacionadas com os equipamentos.

Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM): processo estruturado e lógico para desenvolver ou otimizar os requisitos de manutenção de um determinado equipamento em contexto operacional; enquanto o TPM focaliza-se em manter o equipamento fiável e eficaz, o RCM focaliza-se na optimização da eficácia da Manutenção.

Grupos de Trabalho Autónomos: grupos de trabalho inter-departamentais que realizam, com elevada autonomia, acções integradas de melhoria pré-definidas.

5S: actividades para melhorar o local de trabalho: *sort* (remoção de peças desnecessárias), *straighten* (organização), *scrub* (limpeza), *standardize* (criação de rotinas), *spread* (expansão a outras áreas).

Eventos Kaizen: acções de melhoria orientadas para os processos de manutenção em termos de tempo, recursos utilizados e qualidade de trabalho; estes eventos demoram cerca de uma semana a serem realizados e têm resultados quase imediatos.

Manutenção Autónoma: actividades de rotina, tais como limpeza e lubrificação dos equipamentos, realizadas pelos operadores da produção após uma formação específica;

estas actividades são definidas em conjunto pela Manutenção e Produção.

Técnicos de Manutenção Multi-funcionais: técnicos com formação adequada, capazes de executarem diferentes tarefas de manutenção; normalmente adquirem competências básicas em várias funções e têm formação específica em equipamentos utilizados em sistemas de produção modernos.

Sistema de Ordens de Trabalho: sistema utilizado para planear, designar e calendarizar todo o trabalho de manutenção e que pode ser utilizado para consultar o histórico da fiabilidade dos equipamentos.

Sistema de Gestão da Manutenção Informatizado (CMMS): sistema de informação para gerir a Manutenção que contempla as ordens de trabalho, o planeamento e calendarização, o histórico dos equipamentos, os custos, os recursos de trabalho, as peças em armazém e a avaliação das actividades de manutenção através de indicadores chave de desempenho.

Armazém Lean de peças: a gestão do armazém é feita através de um planeamento e técnicas de previsão que indicam o tipo e a quantidade de peças que o armazém deve possuir para estabilizar as compras e o processo de gestão de peças; peças específicas perto do seu local de utilização; normalização de materiais atendendo à sua utilização.

Armazém de Peças baseado no JIT: neste caso o armazém de peças está eficazmente coordenado com a cadeia de fornecimento, o que lhe permite pedir as peças apenas quando são realmente necessárias.

Análise das causas das falhas: consiste em determinar a raiz da falha de um equipamento; uma vez identificada, desenvolve-se e implementa-se a solução; a análise adequada da raiz das falhas constitui uma ferramenta fundamental para a melhoria da disponibilidade e fiabilidade dos equipamentos; desta forma consegue-se resolver problemas que consomem tempo e recursos e minimizar o risco de avarias; uma das vantagens desta metodologia consiste em aplicar a resolução de uma determinada falha noutros equipamentos da empresa que apresentem uma falha idêntica; por esta razão, considera-se que este método não só determina a causa das falhas mas, em muitos casos, a causa do sucesso [6].

### 1.3 - O papel da Gestão de Topo

A intervenção da gestão de topo durante o desenvolvimento de um sistema de Manutenção *Lean* é essencial para o envolvimento e comprometimento de todos no projecto. Refira-se que a falta de compromisso da gestão de topo é apontada como a principal barreira para uma implementação eficaz da Manutenção *Lean* [2].

Um projecto de Manutenção *Lean* exige mudanças significativas ao nível dos valores, designadamente, deve-se reconhecer os técnicos de manutenção como activos valiosos e deve-se apoiar incondicionalmente os grupos de trabalho formados [5].

A gestão de topo também desempenha um papel fundamental nos processos de melhoria, evitando que o sistema de manutenção fique estático e adquira, dessa forma, novas formas de desperdício e ineficiência [2].

### 1.4 - O papel da Tecnologia

Implementar um sistema de Manutenção *Lean* não implica adquirir mais tecnologia. Aliás, é errado as empresas acreditarem que a solução para os seus problemas está no investimento em novos equipamentos, *software* ou *hardware*. De facto, esta não é a política da filosofia *Lean*.

No entanto, a tecnologia tem um papel importante no processo da Manutenção *Lean*, nomeadamente, ao nível da utilização de *softwares* de gestão que permitam registar, monitorizar e analisar todos os dados das actividades de manutenção desenvolvidas [2]. A utilização de equipamentos de diagnóstico para uma manutenção preditiva como os ultrasons, termógrafos, medidores de vibração ou medidores do nível de óleo também assumem um papel relevante no sistema de Manutenção *Lean* [5].

### 1.5 - Indicadores Chave de Desempenho

Todas as funções e níveis de gestão requerem medidas de avaliação e controlo. Estas medidas devem ser definidas com base nos objectivos prioritários estabelecidos.

A figura 1 apresenta os indicadores chave de desempenho (*Key Performance Indicators* - KPIs) normalmente utilizados na avaliação da função Manutenção. Os indicadores incidem em sete áreas:

- fiabilidade/manutibilidade do equipamento: medem o tempo entre falhas e entre

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Reliability/Maintainability</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; MTBF (mean time between failures) by total operation and by area and then by equipment.</li> <li>&gt; MTTR (mean time to repair) maintainability of individual equipment.</li> <li>&gt; MTBR (mean time between repairs) equals MTBF minus MTTR.</li> <li>&gt; OEE (overall equipment effectiveness) Availability × Efficiency (slow speed) × Quality (all as a percentage).</li> </ul> <p><b>Preventive Maintenance</b> (includes predictive maintenance)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; PPM labor hrs. divided by Emergency labor hrs.</li> <li>&gt; PPM WOs (work orders) ÷ divided by CM (corrective maintenance, planned/scheduled work) WOs as a result of PM inspections.</li> </ul> <p><b>Planning and Scheduling</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Planned/Schedule Compliance—(all maintenance labor hours for all work must be covered and not by “blanket work orders”). This a percentage of all labor hours actually completed to schedule divided by the total maintenance labor hours.</li> <li>&gt; Planned work—a % of total labor hours planned divided by total labor hours scheduled.</li> </ul> | <p><b>Materials Management</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Stores Service Level (% of stock outs)—Times a person comes to check out a part and receives a stock part divided by the number of times a person comes to the storeroom to check out a stocked part and the part is not available.</li> <li>&gt; Inventory Accuracy as a percentage.</li> </ul> <p><b>Skills Training</b> (NOTE: A manager must notify maintenance craft personnel about the measurement of success of skills training)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; MTBE.</li> <li>&gt; Parts Usage—this is based on a specific area of training such as bearings.</li> </ul> <p><b>Maintenance Supervision</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Maintenance Control—a % of unplanned labor hours divided by total labor hours.</li> <li>&gt; Crew efficiency—a % of the actual hours completed on scheduled work divided by the estimated time.</li> <li>&gt; Work Order (WO) Discipline—the % of labor accounted for on WOs.</li> </ul> <p><b>Work Process Productivity</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Maintenance costs divided by net asset value.</li> <li>&gt; Total cost per unit produced.</li> <li>&gt; Overtime hours as % of total labor hours.</li> </ul> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Figura 1 - Indicadores chave para avaliação do desempenho da Manutenção [5].

reparações, o tempo médio de reparação e a eficácia geral dos equipamentos;

- manutenção preventiva: medem a proporção das actividades de manutenção preventiva e preditiva relativamente à manutenção correctiva;
- planeamento e calendarização: medem a proporção das actividades de manutenção realizadas de acordo com o planeamento e calendarização;
- gestão de materiais: medem a eficácia do serviço do armazém e a precisão dos inventários;
- formação dos técnicos de manutenção: medem o tempo entre falhas e a utilização de peças;
- supervisão da manutenção: medem a eficiência do trabalho; a proporção do trabalho não planeado e a eficácia do sistema de ordens de trabalho;
- produtividade do trabalho: medem o impacto dos custos de manutenção nos lucros e o peso das horas extraordinárias.

A bibliografia também disponibiliza modelos de avaliação do desempenho da Manutenção. Por exemplo, Chris Davies [7] desenvolveu um modelo de avaliação desenhado segundo uma perspectiva *Lean* e focalizado nos custos, eficácia e gestão (ver figura 2).

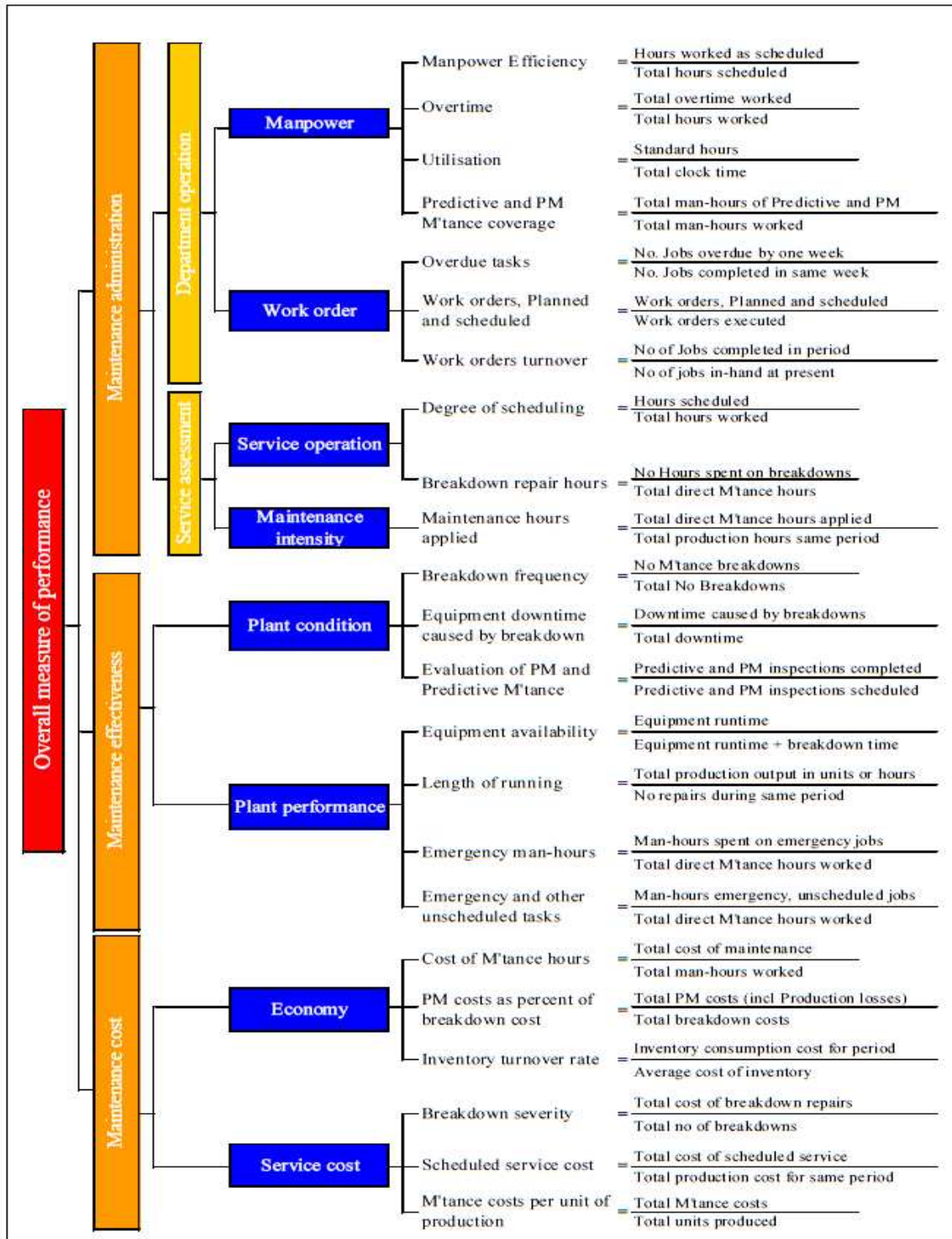


Figura 2 - Modelo de avaliação do desempenho global da Manutenção [7].

Neste modelo, a avaliação da gestão incide na avaliação do serviço (grau de planeamento; peso das horas de avarias) e das actividades realizadas (eficiência dos técnicos; horas extraordinárias; actividades preventivas; tarefas em atraso; ordens de trabalho executadas). A eficácia é medida com indicadores que avaliam a condição da fábrica (frequência de avarias; paragens devido a avarias e evolução das actividades

preventivas) e o desempenho (disponibilidade dos equipamentos; tempo entre reparações; horas consumidas em actividades correctivas e actividades não planeadas). O custo é avaliado com indicadores económicos (custo das horas de manutenção; custo da manutenção preventiva relativamente ao custo das avarias e rotação de inventários) e indicadores que medem os custos de serviço (severidade da avaria; custo do serviço calendarizado e custo de manutenção por unidade produzida).

O indicador OEE (Eficiência Global dos equipamentos) é reconhecido por inúmeros autores e organizações, como o melhor indicador para medir a fiabilidade dos equipamentos. Este indicador é obtido pela multiplicação de três factores parciais (disponibilidade, desempenho e qualidade) que abrangem as seis principais perdas relacionadas com os equipamentos. O valor da disponibilidade depende das avarias, *set-ups* (mudanças ou afinações); o valor do desempenho depende das pequenas paragens e redução da velocidade/cadência e o valor da qualidade depende das peças com defeito, “*re-work*” e perdas de arranque (ver figura 3).



Figura 3 - Perdas e factores parciais que determinam o valor de OEE [8].

Para se tirar partido deste indicador é fundamental acompanhar a evolução dos três factores parciais, bem como calcular o impacto na cadeia de produção das seis perdas operacionais. Quanto maior for o valor do OEE mais difícil se torna melhorá-lo. Um valor de 85% é tido como um *benchmark* de “classe mundial”, embora existam empresas que apresentam valores superiores a 90% [8].

O indicador OME é outro indicador que avalia a eficácia global da manutenção e que foi desenvolvido pela *LAI Reliability Systems, Inc* [9]. Este indicador deve complementar e não

substituir o tradicional OEE, embora a bibliografia refira que a sua aplicação em empresas ainda não está desenvolvida. O cálculo do OME é idêntico ao do OEE clássico e incide em três factores parciais: utilização/cumprimento da calendarização, cumprimento do planeamento e qualidade. As perdas de desempenho contempladas segundo estes factores parciais são: ausência de trabalho; trabalho não documentado; pequenas paragens; trabalho não planeado; perdas de arranque e repetição do trabalho (ver figura 4). Os valores destes factores são apresentados em percentagem e multiplicados para determinar o valor do indicador OME.

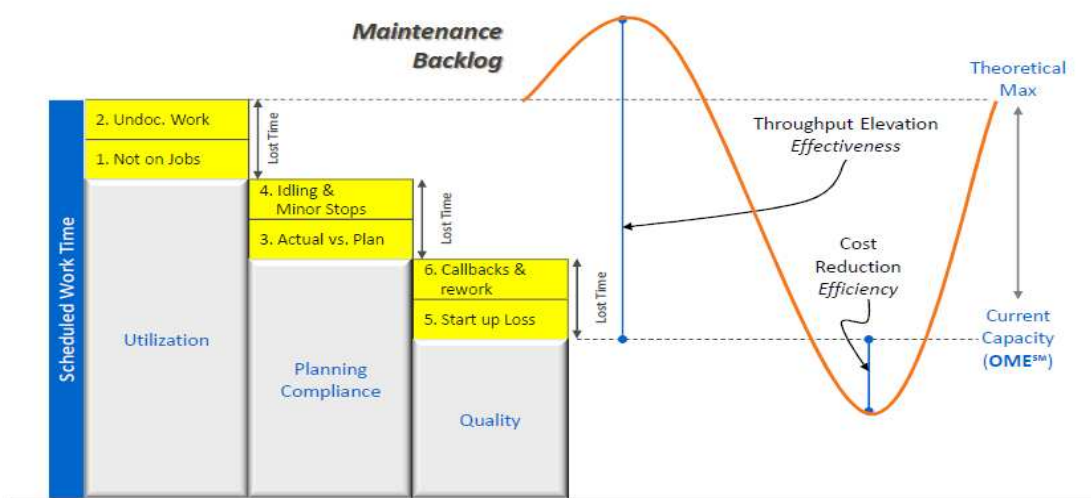


Figura 4 - Perdas e factores parciais que determinam o valor de OME [8].

## 1.6 - Manutenção Produtiva Total (TPM)

A base de uma Manutenção *Lean* é, sem dúvida, o TPM. Esta metodologia deve estar implementada de forma efectiva na empresa, antes de se aplicar qualquer prática de Manutenção *Lean*.

O TPM foi definido por Nakajima [10], como uma abordagem inovadora da manutenção que visa otimizar a eficácia dos equipamentos, eliminar as avarias e promover a manutenção autónoma pelos operadores. A definição actual de TPM contempla outros aspectos:

- a) a importância da formação de grupos de trabalho;
- b) a manutenção proactiva;
- c) o compromisso da gestão de topo;
- d) a prevenção das perdas ao longo da cadeia de produção;
- e) a eliminação dos acidentes e defeitos.

O seu principal objectivo é a manutenção da eficácia e fiabilidade dos equipamentos através da redução das perdas associadas à máquina e um controlo exaustivo do OEE. Contudo, para uma empresa alcançar o nível de *World Class* na Manutenção, é necessário um compromisso de toda a organização e a integração eficaz de várias metodologias e ferramentas de gestão, como mostra a figura 5.

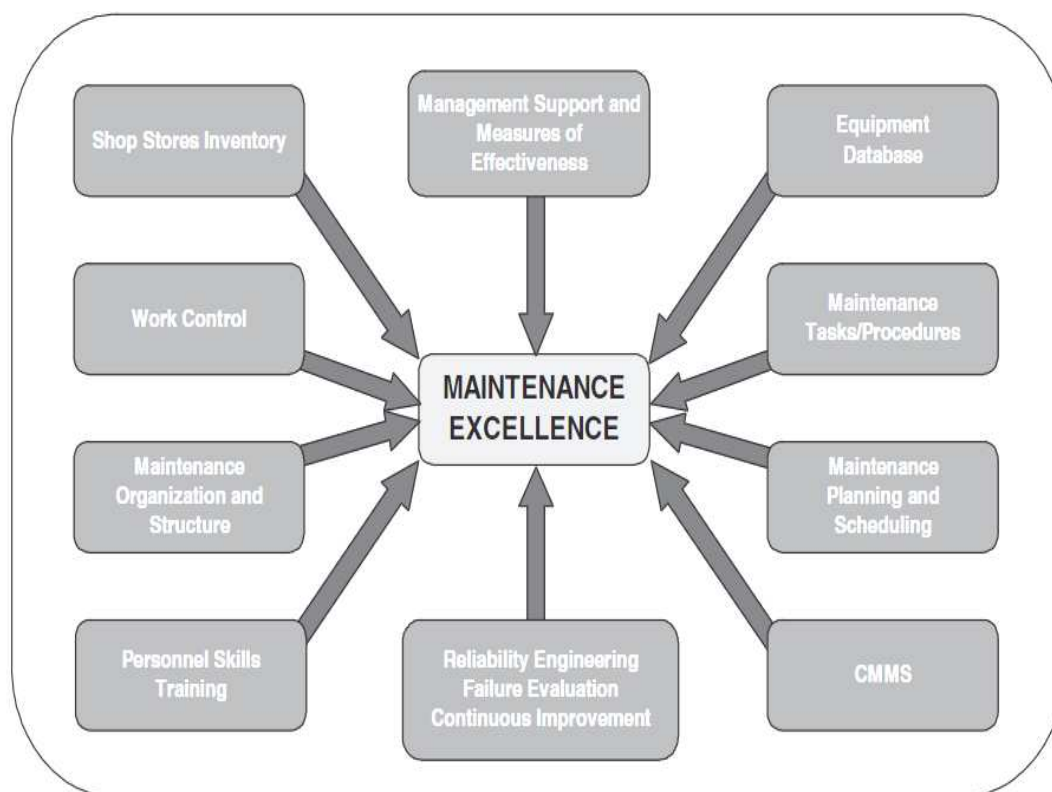


Figura 5 - Factores determinantes para alcançar uma Manutenção de excelência [5].

De seguida são apresentadas as áreas de intervenção [5] de um sistema TPM:

### Organização

A organização na Manutenção deve seguir algumas regras básicas, designadamente, deve apresentar três actividades fundamentais: manutenção preventiva, correctiva e planeada. Deve também contemplar três funções essenciais: execução do trabalho, o planeamento e calendarização e engenharia de manutenção.

### Fluxo e Ordens de Trabalho

O fluxo de trabalho e as ordens de trabalho de manutenção devem ser definidas e padronizadas com base numa filosofia proactiva. Esta actividade deve apoiar-se no Sistema de Gestão da Manutenção Informatizado (CMMS).

### **Funções de Apoio**

Todas as funções/departamentos devem estar interligados, designadamente, é importante estabelecer uma relação estreita entre a função Manutenção e os departamentos de tecnologia de informação (IT), compras, armazém de peças e produção.

### **Formação e Qualificação**

A falta de competência dos técnicos de manutenção reflecte-se na fiabilidade dos equipamentos e no aumento dos custos de manutenção. A solução passa por se administrar uma formação baseada na resolução de problemas reais da empresa.

A formação dos operadores, tornando-os capazes de realizarem as operações de manutenção autónoma é também fundamental porque torna a manutenção mais eficiente e liberta os técnicos de manutenção para outras actividades mais específicas. A formação conjunta de operadores e técnicos de manutenção pode resultar em ganhos substanciais de eficiência na cadeia de produção.

### **Armazém de peças**

A adaptação do armazém de peças a uma conduta proactiva requer a adopção do *just-in-time* e uma melhoria da gestão das peças e inventários. Uma ferramenta de grande utilidade neste processo é a análise ABC que classifica as peças, atendendo ao seu custo, disponibilidade, *lead time*, criticidade, etc. É uma forma de análise de *Pareto*, em que os itens são agrupados em três categorias (A, B e C), por ordem de importância.

### **Planeamento e Calendarização**

O planeamento e calendarização é um aspecto essencial no sistema TPM. O objectivo é otimizar os recursos disponíveis e tornar as operações de manutenção eficientes e eficazes através de um elevado nível de detalhe e coordenação na realização dos planos de trabalho.

### **Sistema de Gestão da Manutenção Informatizado (CMMS)**

Um CMMS é opcional num programa TPM, embora seja altamente recomendado. A decisão de o implementar deve ser sempre baseada nas necessidades e objectivos da empresa, no compromisso da gestão de topo e no tipo de *interface* pretendida.

Um CMMS deve englobar seis funções chave:

- gestão das ordens de trabalho;
- planeamento;

- calendarização;
- análise de custo/orçamento;
- gestão de peças em armazém;
- avaliação com indicadores chave de desempenho.

### **Documentação**

A documentação relacionada com a manutenção contempla:

- documentos técnicos: preciosos auxiliares devido à informação que fornece sobre peças e materiais;
- planos de manutenção de equipamentos (*Equipment Maintenance Plan- EMP*): documentos que definem a manutenção a realizar para cada peça do equipamento;
- procedimentos das tarefas de manutenção: descrição das operações normalizadas para realizar a manutenção preventiva, preditiva e correctiva.

### **Engenharia de Manutenção**

A engenharia de manutenção deve existir em qualquer organização e as suas actividades devem ser integradas numa política proactiva de manutenção. Sabendo que mais de 70% das falhas em equipamentos são “auto-induzidas”, ou seja, têm causas internas da responsabilidade da engenharia de manutenção, compreende-se a sua importância. O seu principal objectivo é garantir um funcionamento fiável dos equipamentos. As outras responsabilidades são: avaliar a eficácia da manutenção preventiva, desenvolver a manutenção preditiva e desenvolver as capacidades dos técnicos de manutenção.

### **Melhores Práticas de Manutenção**

As Melhores Práticas de Manutenção (BMP) são actividades que visam a melhoria do desempenho da manutenção industrial e que são consideradas uma referência na área. Estas actividades estão normalmente associadas a medidas. Algumas dessas medidas estão descritas na figura 6, bem como as causas possíveis da não aplicação dessas boas práticas e as correcções propostas.

As quatro medidas do tipo *World Class* são: inexistência de falhas “auto-induzidas”; 30% das horas de trabalho dedicadas à manutenção preventiva; menos de 2% das horas de trabalho dedicadas à manutenção correctiva e 90% das ordens de trabalho dedicadas à manutenção preventiva.

| Measurement Standard                                                                                                             | Possible Causes                                                | Solutions                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| No "self-induced" equipment failures (Note: statistics show that 70% of equipment failures in industry today are "self-induced") | Lack of skilled work force                                     | Skills assessment and training                                                                                                   |
|                                                                                                                                  | Operator errors                                                | TPM/operator procedures                                                                                                          |
|                                                                                                                                  | Reactive culture                                               | Change measurement                                                                                                               |
|                                                                                                                                  | Preventive maintenance procedures (PMs) not performed properly | PMs must be managed as an experiment                                                                                             |
| 30% of all labor hours should be on PM                                                                                           | PMs not being performed to a standard                          | Have detailed procedures                                                                                                         |
|                                                                                                                                  | PMs not a high priority                                        | Measure PM compliance                                                                                                            |
| 90% of all work orders come from preventive maintenance                                                                          | PM inspections are turning into repair activities              | Train personnel in proper PM execution                                                                                           |
|                                                                                                                                  | 90% of all maintenance work is not planned and scheduled       | Implement a true planned/scheduled maintenance program                                                                           |
| Emergency work is less than 2% of total maintenance labor hours                                                                  | No PM schedule compliance                                      | PM schedules must be completed within 10% of the frequency (e.g., 30-day frequency/PM compliance to within 3 days plus or minus) |

Figura 6 - Medidas de boas práticas, causas da sua não aplicação e acções correctivas [5].

A existência de uma cultura reactiva assente em pouca formação é apontada como a principal causa para não se alcançar estas medidas de referência. Nesse sentido, as soluções propostas baseiam-se essencialmente no aumento do tempo de formação e das actividades de natureza proactiva.

## 1.7 - Manutenção Centrada na Fiabilidade (*Reliability Centered Maintenance - RCM*)

Como já foi referido, o TPM focaliza-se na manutenção da eficácia e fiabilidade dos equipamentos, mas para se alcançar um sistema de Manutenção *Lean* é necessário integrar a estratégia do TPM com a da Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM).

O RCM é um processo estruturado e lógico para desenvolver ou optimizar os requisitos de manutenção de um determinado equipamento em contexto operacional de modo a atingir a fiabilidade inerente com um programa de manutenção efectivo [10].

O RCM determina a abordagem de manutenção (preditiva, preventiva ou correctiva) que deve ser seguida. A metodologia utilizada obriga a responder a sete questões sobre o

equipamento ou sistema:

- 1 - quais as funções do sistema/equipamento e os padrões de desempenho associados?
- 2 - como é que o sistema pode falhar ao realizar essas funções?
- 3 - o que pode causar a falha funcional?
- 4 - o que acontece quando a falha ocorre?
- 5 - quais são as potenciais consequências da falha?
- 6 - o que pode ser feito para detectar e prevenir a ocorrência da falha?
- 7 - o que deverá ser feito se uma tarefa de manutenção proactiva não poder ser aplicada?

O RCM permite identificar e eliminar o desperdício nas actividades de manutenção. Este sistema obriga a identificar os equipamentos mais críticos e a priorizar as tarefas de manutenção. Só depois é que se faz o planeamento e a calendarização das actividades de manutenção até todos os recursos disponíveis serem utilizados. Para responder às cinco primeiras perguntas é utilizada a análise do efeito e modo de falha (método utilizado para analisar previamente as falhas e calcular a sua prioridade de risco em função da sua frequência, severidade e previsibilidade). A engenharia de manutenção tem a responsabilidade de responder às questões seis e sete [5].

## 1.8 - Implementação da Manutenção *Lean*

A implementação da Manutenção *Lean* deve ser gerida por um colaborador a tempo inteiro, com autoridade adequada e com conhecimento dos princípios e ferramentas *Lean*. A sua primeira função é escolher uma equipa de Manutenção *Lean* responsável e comprometida com a transformação a efectuar. Definida a equipa, esta deve receber formação nos princípios e ferramentas *Lean* adaptados à manutenção e compreender claramente o seu papel e responsabilidades.

A implementação da Manutenção *Lean* é um processo lento que pode ser estruturado em 6 fases [5]:

### - 1ª Fase: Avaliação do estado *Lean* (2 a 4 meses)

Esta primeira fase pretende assegurar que a função/departamento da Manutenção está preparado para uma implementação *Lean*. Contempla uma análise da eficácia do TPM implementado e a melhoria das áreas mais fracas com posterior avaliação. Esta última avaliação é crítica porque determina o início da transformação *Lean* ou a nova melhoria do sistema TPM até se atingir a eficácia necessária.

As áreas analisadas são as seguintes:

- avaliação da fiabilidade dos equipamentos;
- estrutura organizacional da manutenção;
- sistema de ordens de trabalho;
- armazém de peças;
- planeamento e calendarização;
- sistema de gestão da manutenção informatizado (CMMS);
- documentação;
- engenharia de manutenção.

As ferramentas e metodologias normalmente utilizadas nesta fase são:

- eficácia global dos equipamentos (OEE);
- manutenção centrada na fiabilidade (RCM);
- análise do efeito e modo de falha (FMEA);
- análise ABC;
- *just-in-time (JIT)*;
- fluxo de trabalho normalizado;
- mapeamento da cadeia de valor (VSM);
- os 5 princípios *Lean*;
- os sete grandes desperdícios.

Fluxo de trabalho normalizado: Consiste em padronizar as actividades de manutenção e definir o fluxo das actividades realizadas desde o início de uma ordem de trabalho até à sua conclusão; este processo baseia-se no mapeamento da cadeia de valor.

Mapeamento da cadeia de valor (VSM): O mapeamento da cadeia de valor é uma das principais ferramentas *Lean*, facilitando a identificação e análise das actividades que não acrescentam valor. O VSM específico da Manutenção permite identificar claramente as actividades de manutenção que não acrescentam valor e estabelecer formas de diminuir o Tempo Total Médio de Manutenção (*Mean Maintenance Lead Time - MMLT*) [3].

O VSM deve ser a primeira ferramenta a usar num programa de Manutenção *Lean*. Permite identificar eficazmente as potenciais oportunidades de melhoria para depois se aplicar adequadamente outras ferramentas, como os 5S, eventos *Kaizen* ou o fluxo de trabalho normalizado. O VSM, ao fornecer uma perspectiva global do fluxo de valor, permite num curto período de tempo e com pouco investimento, reduzir o *lead time* das intervenções de manutenção e, dessa forma, aumentar a disponibilidade operacional dos equipamentos [11].

### Os cinco princípios *Lean*:

1. Definir valor: definir valor segundo a perspectiva do cliente; na função Manutenção, o que acrescenta valor ao cliente (Produção ou Cliente final), é apenas a realização da actividade de manutenção no equipamento.

2. Definir a cadeia de valor: caracterizar a actual cadeia de valor das actividades de manutenção; identificar as que não acrescentam valor, eliminá-las e criar uma cadeia de valor futura.

3. Optimizar o fluxo: optimizar as actividades da cadeia de valor futura de forma a minimizar o tempo de paragem de um equipamento por avaria.

4. Sistema *Pull*: entregar ao cliente apenas o que este necessita; no caso da manutenção significa que as actividades a realizar devem estar de acordo com a prioridade atribuída aos equipamentos.

5. Perfeição: melhoria contínua das acções de manutenção, tentando reduzir o esforço, tempo, espaço, custos e erros.

### Os sete grandes desperdícios:

1. Excesso de produção: excesso de acções de manutenção preventiva;

2. Esperas: quando os técnicos de manutenção são forçados a esperar pela realização de um evento;

3. Transporte: deslocações que os técnicos de manutenção fazem desnecessariamente, tais como, procurar ferramentas, peças, documentos ou ordens de trabalho;

4. Processamento: sistema de ordens de trabalho ineficiente e aleatório; formas de reportar a informação excessivas ou ineficientes e procedimentos incorrectos;

5. Inventários: excesso de inventários de peças em armazém obsoletas e pouco utilizadas;

6. Movimento: consulta de informação chave (desenhos técnicos, histórico de reparações ou lista de peças) de forma desorganizada;

7. Defeitos: repetição do trabalho de manutenção devido à identificação incorrecta das causas das falhas; actividades de manutenção preventiva que não acrescentam valor.

### **- 2ª Fase: Preparação *Lean* (2 a 6 meses)**

Esta é uma fase de formação, fundamental para o sucesso da implementação da Manutenção *Lean*. O pessoal do departamento da Manutenção e o pessoal de apoio devem receber formação nos princípios da Manutenção *Lean*; devem ser formados os grupos que realizarão exercícios de eliminação de desperdício e eventos *Kaizen*. Os princípios e técnicas normalmente abordados nesta formação são os seguintes:

- 5S;
- PDCA;
- os 5 princípios *Lean*;
- os sete grandes desperdícios;
- controlo visual;
- diagramas causa e efeito;
- mapeamento da cadeia de valor;
- *Jidoka*.

PDCA: ciclo de desenvolvimento focalizado na melhoria contínua. Este ciclo contempla as actividades de planeamento, execução, verificação e acção.

Controlo visual: o controlo visual é uma ferramenta de identificação ou informação apresentada de uma forma simples, clara e visível; é normalmente aplicado na gestão do desempenho: quadros que mostram o que está a ser feito para se atingirem os indicadores chave de desempenho; no armazém de peças: identificação da quantidade de peças por repartição; nos quadros de produção: plano de manutenção a realizar em cada equipamento; na sinalização de avaria e nas ferramentas disponíveis [12].

Diagramas causa e efeito: método gráfico utilizado para mostrar as causas da falha a partir do seu efeito; as causas podem ter origem nos procedimentos, máquinas, Homem, materiais ou ambiente.

Jidoka: no contexto da produção, refere-se à automação da função controlo do produto de modo a evitar o fabrico de defeituosos e o seu avanço no processo de fabrico; nas actividades de manutenção, os defeitos, como por exemplo a repetição de uma reparação, são evitados com sessões de formação e aplicação dos 5S.

### - 3ª Fase: Fase Piloto (1 a 3 meses)

A selecção dos equipamentos, alvo do primeiro evento *Kaizen*, torna-se extremamente importante para demonstrar as melhorias que se podem obter com a *Manutenção Lean* e, assim, aumentar a confiança e o compromisso com o projecto. A escolha deve resultar de um estudo de prioritização baseado na cadeia de valor [13].

Após a adequada formação dos grupos de trabalho, estes iniciarão a transformação *Lean* através de eventos *Kaizen* durante 5 a 10 dias. Um aspecto importante destas equipas é a sua autonomia, ou seja, devem ter independência para planear, executar e melhorar a

eficiência dos seus processos.

As ferramentas utilizadas nesta fase são:

- 5S;
- controlo visual;
- diagramas causa-efeito;
- *jidoka*;
- PDCA.

#### - 4ª Fase: Mobilização *Lean* (6 meses a 1 ano)

Para se alcançar um sistema de Manutenção *Lean* é necessário converter toda a estrutura da Manutenção e funções de apoio em grupos de trabalho autónomos, promover a comunicação interdepartamental, desenvolver a manutenção autónoma e a prática dos 5S e envolver os colaboradores na focalização no cliente, através da formação e da melhoria contínua.

Nesta fase, a liderança da equipa *Lean* é essencial para assegurar o progresso atingido na fase 3. O desafio passa por se conseguir manter uma comunicação permanente entre as equipas formadas, demonstrando a importância das suas acções e motivando-os. A função da equipa *Lean* deixa de ser dirigir e controlar e passa a ser de apoio.

As ferramentas normalmente utilizadas são as mesmas da fase piloto.

#### - 5ª Fase: Expansão *Lean* (4 meses a 1 ano)

Esta fase visa implementar o *Lean* nas funções/departamentos que mais se relacionam com a Manutenção: compras, engenharia de manutenção e tecnologia da informação (IT). O departamento de compras deve normalizar todos os materiais de manutenção e aplicar o *just-in-time*. Na função da engenharia de manutenção devem-se desenvolver actividades de manutenção preditiva para prever a necessidade de acções de manutenção como forma de otimizar a manutenção. Finalmente o departamento da tecnologia da informação deve apostar na melhoria contínua do apoio dado às operações de manutenção, otimizando constantemente a eficácia e a interface do sistema de gestão da manutenção informatizado (CMMS) com o utilizador.

Nesta fase, as ferramentas normalmente utilizadas são as seguintes:

- normalização;
- *just-in-time*;
- manutenção preditiva;
- PDCA.

#### - 6ª Fase: Sustentabilidade *Lean*

Os aspectos que mais contribuem para a sustentabilidade de uma transformação *Lean* são a liderança, o compromisso e a melhoria contínua. As qualidades de liderança são fundamentais para motivar e desafiar os colaboradores a propor novas formas de melhoria. O compromisso com o projecto de Manutenção *Lean* deve ser visível através de sessões de formação, acções de reconhecimento e recompensa, utilização de indicadores de desempenho no local de trabalho, documentação de processos, comunicação interdepartamental e um envolvimento visível da gestão de topo. Finalmente, a melhoria contínua contribui para a sustentabilidade ao promover a utilização de ferramentas de melhoria adequadas aos processos de manutenção, de forma a acrescentar valor e eliminar o desperdício.

## 2 - Caso de Estudo - SNA Europe

### 2.1 - Breve Apresentação da Empresa

A empresa *SNA Europe [Industries] S.A.* em Vila do Conde é uma unidade de produção de ferramentas manuais do grupo *SNA Europe* que pertence ao grupo americano *Snap-on*.

Esta unidade de produção existe desde 1970 em Vila do Conde, então sob a designação de *Obergue Limas e Mecânica Lda*, porque era subsidiária do grupo sueco *C.O. Oberg & Co.* Em 1975, este grupo foi adquirido pela *Sandvik* e a fábrica passou a ter o nome de *Sandvik Obergue Limas e Mecânica, Lda.* Em 1999, a divisão “serras e ferramentas” da *Sandvik*, da qual fazia parte a empresa de Vila do Conde, é comprada pelo grupo americano *Snap-on* e a empresa passa a chamar-se *Oberg Ferramentas, Lda.* Em 2001 e mais tarde em 2006, o nome da empresa sofre nova alteração para *Bahco Oberg Ferramentas S.A.* e *SNA Europe [Industries] S.A.* respectivamente.

Esta empresa enquadra-se na actividade metalomecânica e tem os seus sistemas de gestão de qualidade, ambiente, higiene e segurança certificados. Dedicar-se, actualmente, ao fabrico de quatro tipos de produtos: limas de engenharia, limas de motosserra, arcos e serras, assente num sistema de produção *Lean*, desde 2003.

A sua estrutura organizacional (figura 7) é composta pela gestão de topo (Director Geral e responsáveis pela Manutenção, Finanças & Administração e Direcção Técnica/Compras) e por uma gestão mais executiva, formada pelos responsáveis dos Recursos Humanos, Produção, Planeamento & Logística, Sistema de Gestão Integrado, Informática e Melhoria Contínua.

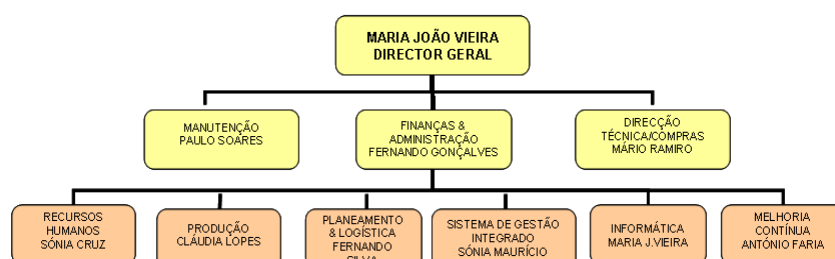


Figura 7 - Estrutura Organizacional da *SNA Europe [Industries] S.A.*

## 2.2 - Processo de fabrico

A figura 8 apresenta as principais operações de fabrico para cada família de produtos. As limas de engenharia são divididas nas subfamílias: Chatas; Meia Cana, Triangulares e Quadradas; Redondas e Redondas Rasp; Meia Cana Rasp e Chatas Rasp; Sveg; Wasa; Fresadas. Esta divisão é feita em função da geometria do produto e da ordem das operações de fabrico. As limas de motosserra são processadas de forma similar às limas de engenharia, em que o aço é sujeito a processos de corte, conformação, tratamento térmico, limpeza e embalagem. As serras e os arcos apresentam um processo de fabrico mais simples.

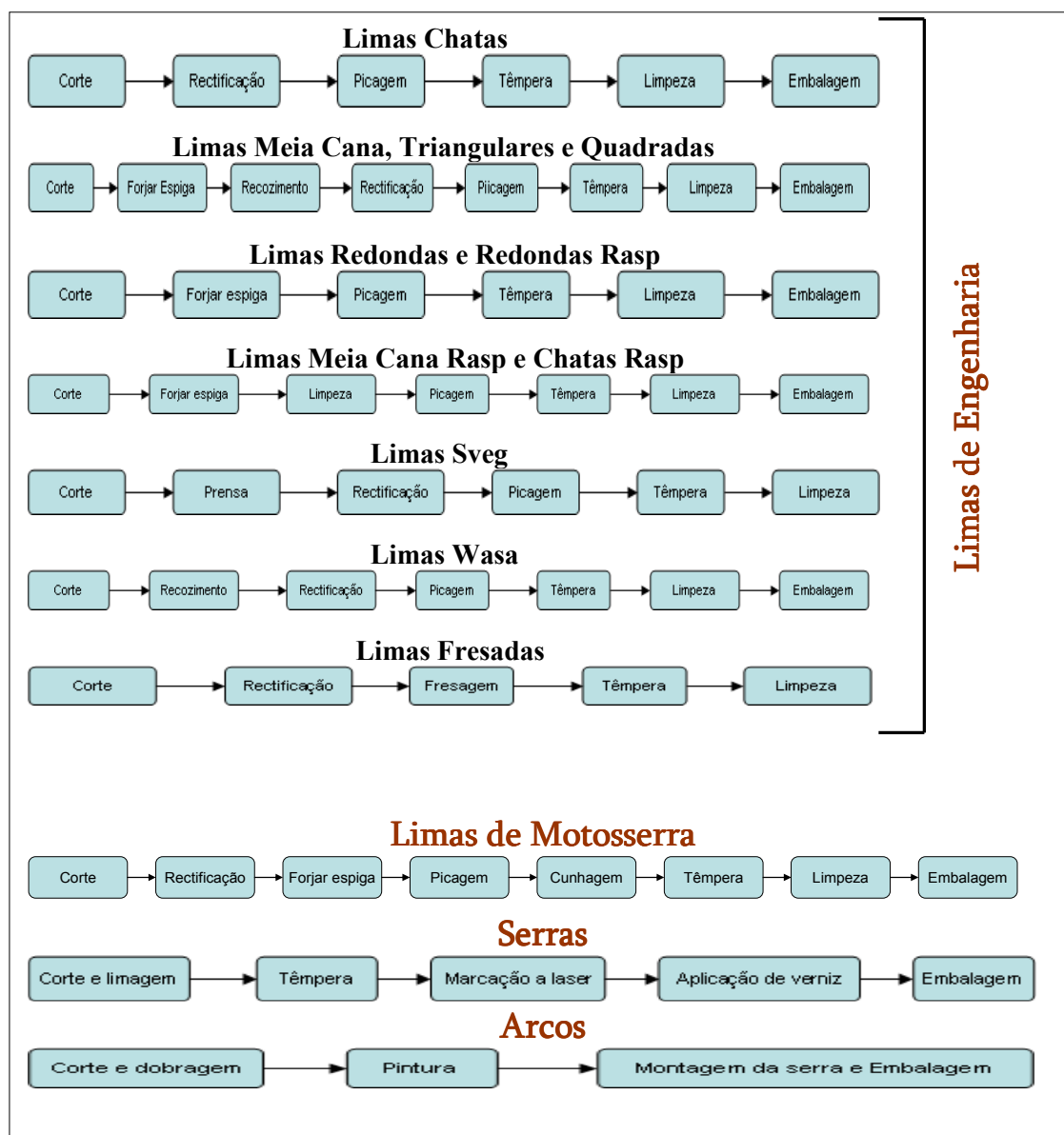


Figura 8 - Principais operações de fabrico dos diferentes tipos de produto.

## 2.3 - Motivação para o estudo e objectivos

O interesse da empresa *SNA Europe* na implementação da Manutenção *Lean* surge da necessidade de diminuir os custos associados aos tempos de paragem dos equipamentos. De facto, a implementação do *Lean* na produção induziu à necessidade de se implementar o *Lean* na Manutenção, já que a produção *Lean* é mais dependente da disponibilidade dos equipamentos que um sistema de produção tradicional.

A implementação do projecto “Manutenção *Lean*” foi executada por uma equipa formada pela Directora Geral, pelos responsáveis da Manutenção, Produção, Melhoria Contínua e Manutenção Produtiva Total (TPM) e pelo autor desta dissertação. Este projecto teve como objectivo desenhar o plano de implementação de um sistema de Manutenção *Lean* muito focalizado na disponibilidade e fiabilidade dos equipamentos e optimização das actividades de manutenção.

## 2.4 - Metodologia utilizada

O desenvolvimento do plano de implementação da Manutenção *Lean* foi baseado na metodologia sugerida por Wiegand *et al.* [13] que defendem uma estratégia de Manutenção *Lean* muito focalizada no objectivo de alcançar o tempo de manutenção zero. Nesse sentido, apontam três etapas a seguir: (i) desenvolver uma estratégia de manutenção optimizada, (ii) reduzir o tempo de reparação das falhas e (iii) integrar as actividades de manutenção nos períodos de paragem dos equipamentos. O desenvolvimento destas etapas após prévia avaliação do estado *Lean* e priorização dos equipamentos permitiram estabelecer um plano efectivo para a implementação da Manutenção *Lean* na empresa *SNA Europe*.

## 2.5 - Avaliação do estado *Lean*

A primeira etapa para a implementação de um sistema de Manutenção *Lean* consiste na avaliação do estado *Lean* da função Manutenção. O seu objectivo passa por averiguar se a função/departamento Manutenção reúne as condições necessárias para alcançar este sistema. Foi realizada uma avaliação do TPM já implementado anteriormente na empresa e das suas áreas de intervenção.

### 2.5.1 - Eventos TPM

A empresa dispõe de um sistema TPM, cuja implementação iniciou-se em 2008 para atingir os seguintes objectivos:

- sustentabilidade;
- equipamentos 100% operacionais após 3 semanas de intervenção TPM;
- redução em 50% do indicador: tempo de avaria/tempo de trabalho;
- implementação do TPM a toda a empresa ao fim de um período de 3 anos.

Este sistema TPM baseia-se sobretudo em acções de melhoria focalizadas na fiabilidade, segurança, ergonomia, redução de *set-ups* e 5S dos equipamentos através de eventos com a duração de 1 a 2 semanas.

Os departamentos da Manutenção, Produção e Melhoria Contínua iniciam o processo com a escolha dos equipamentos que necessitam de melhorar a sua eficiência atendendo à sua importância no fluxo produtivo e disponibilidade. Em seguida, calendarizam estas actividades planeadas (denominadas “eventos TPM”).

Um evento TPM é preparado duas semanas antes da data estabelecida, com uma acção de formação dirigida aos técnicos da manutenção, chefes de célula e operadores que lidam directamente com o equipamento em causa. Esta acção de formação pretende informar todos os intervenientes do que vai consistir o evento TPM e principalmente envolvê-los no projecto, mostrando que o compromisso e a cooperação entre todos são fundamentais no processo. Numa fase posterior, um grupo de trabalho autónomo multi-departamental discute as melhorias que podem ser implementadas no que concerne à ergonomia, segurança e operacionalidade do equipamento. Toda a informação é compilada e garantida a logística necessária para o início do evento (preparação de documentos, requisição de materiais...).

A intervenção é efectuada pelos técnicos da manutenção de acordo com a lista de melhorias previamente definida e, sempre que possível, na presença do operador. A manutenção autónoma é estabelecida e é dada a formação necessária ao operador.

A documentação necessária é elaborada e afixada no quadro de produção. Fazem parte da documentação, lições de um ponto, *troubleshootings*, rotinas de limpeza e lubrificação e as folhas de registo de avarias e anomalias.

A fase final da intervenção consiste numa auditoria em que são registadas as alterações não efectuadas, o resumo das operações realizadas e qualquer outra informação relevante do processo que contribua para facilitar as alterações futuras desse equipamento ou de equipamentos similares. As actividades de manutenção preventiva do equipamento são calendarizadas, normalmente, para doze meses após a realização do evento TPM.

A medição do desempenho em TPM é realizada com base no número de horas de

paragem do equipamento devido a avarias relativamente ao número de horas teoricamente disponíveis. Este indicador é analisado num período de um ano.

A Manutenção da empresa dedica cerca de 10 % do seu tempo a acções de TPM, sendo estas as únicas actividades planeadas.

Conclusão:

Os eventos TPM aplicados pela empresa poderão ser integrados no sistema futuro de Manutenção *Lean* como eventos *Kaizen*. A selecção destes eventos deverá ser feita em função da prioridade de cada equipamento e a metodologia deve basear-se no ciclo de melhoria PDCA com a execução das fases de planeamento, execução, verificação e acção. As fases de planeamento e verificação deverão contemplar a análise das seis principais perdas das máquinas e o desenvolvimento de soluções para as eliminar ou reduzir. A engenharia de manutenção deverá encontrar as causas das falhas mais críticas e desenvolver as acções de correcção. Desta forma, assegurar-se-á uma análise completa dos aspectos que contribuem para a falta de fiabilidade e disponibilidade do equipamento.

A avaliação dos eventos TPM com base na medição do tempo de avarias (falhas que provocam a paragem do equipamento) relativamente ao tempo de funcionamento dos equipamentos é muito limitada porque indica apenas a disponibilidade dos equipamentos. Considera-se que a avaliação dos eventos TPM deve ser feita com o indicador OEE que avalia, para além da disponibilidade, o desempenho e a qualidade. A empresa está preparada para utilizar este indicador, aliás, os factores “disponibilidade”, e “desempenho” já são calculados e existe um registo das peças produzidas com defeitos ou recuperadas ao longo do sistema produtivo que pode ser utilizado para se obter o factor “qualidade”. O cálculo do OEE permitirá a comparação do desempenho da empresa com os *benchmarks* deste indicador.

## **2.5.2 - Estrutura organizacional da Manutenção**

A Manutenção apresenta uma estrutura organizacional centralizada, com três áreas distintas de acordo com a natureza do trabalho realizado: eléctrico, mecânico ou pneumático. As actividades realizadas pela Manutenção estão divididas pelas funções do planeamento/calendarização, engenharia de manutenção e execução do trabalho e são do âmbito da manutenção correctiva, preventiva ou planeada.

Conclusão:

A estrutura organizacional que a empresa apresenta é satisfatória porque cumpre as condições estruturais básicas da função Manutenção. Contudo, devem-se definir claramente as actividades a realizar nas áreas do planeamento/calendarização, engenharia de manutenção e execução do trabalho.

### 2.5.3 - Sistema de ordens de trabalho

O sistema de ordens de trabalho da empresa contempla essencialmente pedidos de manutenção correctiva feitos pela produção e que são geridos por um dos responsáveis da manutenção com o auxílio de um *software* de gestão.

#### Conclusão:

Considera-se que o *software* de gestão utilizado é inadequado às necessidades da função Manutenção porque não contempla as ordens de trabalho relativas a actividades preventivas e planeadas, não atribui um nível de prioridade à execução do trabalho, não permite construir um histórico detalhado sobre os trabalhos realizados e não apresenta uma *interface* adequada com o armazém de peças e o departamento da produção.

A informação extraída das ordens de trabalho não permite criar um histórico fiel das tarefas realizadas e assim, deixam de ser a principal ferramenta de gestão dos recursos de trabalho e de medição da eficácia da manutenção. Entende-se que as ordens de trabalho devem ser entregues aos técnicos da manutenção para que estes escrevam a informação sobre o modo como realizaram o trabalho e a sua duração. Deve-se também estruturar as diferentes ordens de trabalho que são pedidas na forma de um fluxo de trabalho normalizado, garantindo a sua correcta aplicação e monitorização.

### 2.5.4 - Operações em armazém

A gestão de peças em armazém na empresa baseia-se no *just-in-time* para as actividades de manutenção planeada e preventiva mas utiliza um elevado inventário de peças. Por outro lado, gera-se um excessivo número de compras devido à utilização de peças em actividades de manutenção correctiva. A gestão de peças em armazém utiliza o mesmo *software* de gestão utilizado no sistema de ordens de trabalho.

#### Conclusão:

Considera-se que as peças em armazém necessitam de uma gestão mais eficiente capaz de reduzir os inventários e *stocks* de segurança. Uma ferramenta aconselhada é a análise ABC para classificar as peças de acordo com a sua importância relativa.

Por outro lado, entende-se que a gestão das peças deve-se apoiar num *software* de fácil acesso, capaz de assegurar o registo correcto das peças em *stock*, os movimentos de levantamento e reposição de peças e a gestão dos pedidos de compra.

### 2.5.5 - Planeamento e calendarização

O planeamento e calendarização das actividades de manutenção correctiva é realizado após a aceitação das ordens de trabalho pelo chefe de manutenção e consiste em identificar os recursos necessários, o tempo necessário e a prioridade para a execução do trabalho.

As actividades de manutenção preventiva e planeada requerem um planeamento anterior à execução do trabalho e consistem em documentar as actividades para que as ordens de trabalho pedidas, peças de armazém, necessidades laborais e o tempo de realização das tarefas sejam previamente conhecidas. A calendarização dita a priorização do trabalho, a emissão de ordens de trabalho, o tempo disponível para realizar a tarefa e os tempos de levantamento de peças ou materiais.

Conclusão:

O sistema de planeamento e calendarização encontra-se relativamente bem definido e implementado, embora deva ser integrado num *software* de gestão para se realizar planos mais precisos com base na informação recolhida e tornar o acesso mais fácil. A manutenção proactiva deve ser planeada e calendarizada a partir dos equipamentos mais críticos e realizada, sempre que possível, durante as paragens dos equipamentos.

### **2.5.6 - CMMS (sistema de gestão da manutenção informatizado)**

O actual *software* de gestão é partilhado pelo armazém de peças, departamento de compras e manutenção e contempla a gestão das ordens de trabalho, o histórico dos equipamentos, o custo/orçamento e a gestão de peças em armazém.

Conclusão:

Em todas as funções analisadas, considera-se que o *software* é ineficaz devido à sua desactualização e por não fomentar o compromisso das pessoas com o sistema. A empresa deve utilizar um CMMS que garanta cinco funções chave: gestão das ordens de trabalho, planeamento e calendarização, análise de custo/orçamento, gestão de peças em armazém e avaliação dos indicadores chave de desempenho.

### **2.5.7 - Documentação**

A documentação da Manutenção existente na empresa está limitada aos documentos técnicos. Não existem planos de manutenção para os equipamentos (EMP) nem documentos que descrevam o procedimento para cada tarefa de manutenção.

Conclusão:

Os documentos em falta são essenciais e devem constituir um dos primeiros passos do programa Manutenção *Lean*.

### **2.5.8 - Engenharia de manutenção**

A engenharia de manutenção não está instituída na empresa embora se desenvolvam acções típicas desta função, nomeadamente, a aplicação de técnicas de engenharia que visam prolongar a vida útil dos equipamentos.

### Conclusão:

Esta nova função deve ser criada na Manutenção com o objectivo de avaliar e otimizar as actividades de manutenção, desenvolver e controlar as técnicas de manutenção preditiva, avaliar continuamente a eficácia dos técnicos de manutenção e aplicar técnicas de engenharia para aumentar a vida útil dos equipamentos.

### **2.5.9 - Resultados da Avaliação do estado *Lean***

A avaliação da função Manutenção revelou que esta ainda não se encontra preparada para alcançar um sistema de Manutenção *Lean*. Considera-se que a empresa ainda se encontra, claramente, numa fase de consolidação do seu sistema TPM, requisito imprescindível para passar à implementação efectiva da Manutenção *Lean*.

## **2.6 - Prioritização dos sistemas**

Escolheu-se para o projecto-piloto de Manutenção *Lean* a linha de produção de limas de motosserra. Esta escolha atendeu essencialmente a dois aspectos: necessidade de aumentar o volume de produção para dar resposta às encomendas e a inexistência de *stocks* intermédios, o que faz com que as paragens não planeadas dos equipamentos sejam mais críticas do que em outras linhas de produção da empresa.

O primeiro passo para se definir uma estratégia de manutenção otimizada consiste em estabelecer a prioritização dos sistemas. Para tal, foi necessário definir claramente os sistemas (máquina ou conjunto de máquinas) e os processos de fabrico a considerar. Em função das operações realizadas, foram estabelecidos 12 sistemas, como exemplifica a figura 9. Na figura 10 apresentam-se os sistemas utilizados nos três sub-processos de fabrico das limas de motosserra: limas “especiais”, limas “4.0” e limas “4.5, 4.8, 5.2, 5.5”.

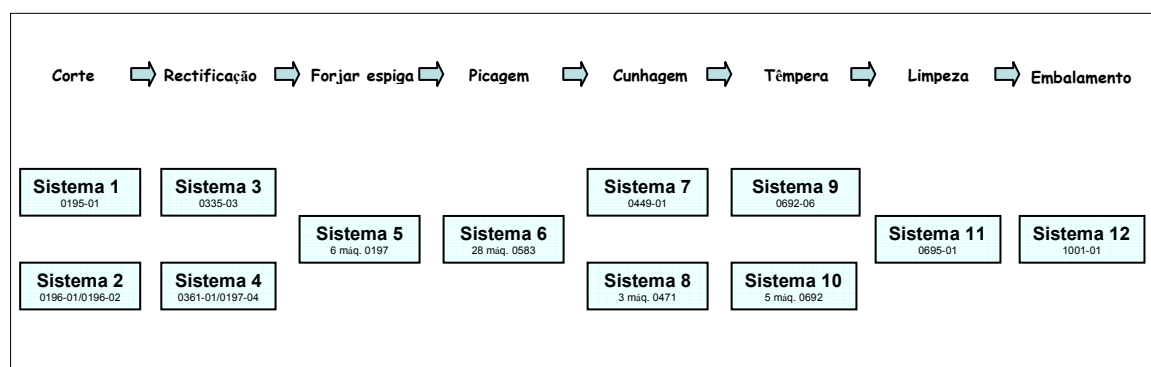


Figura 9 - Sistemas considerados no processo de fabrico de limas de motosserra.

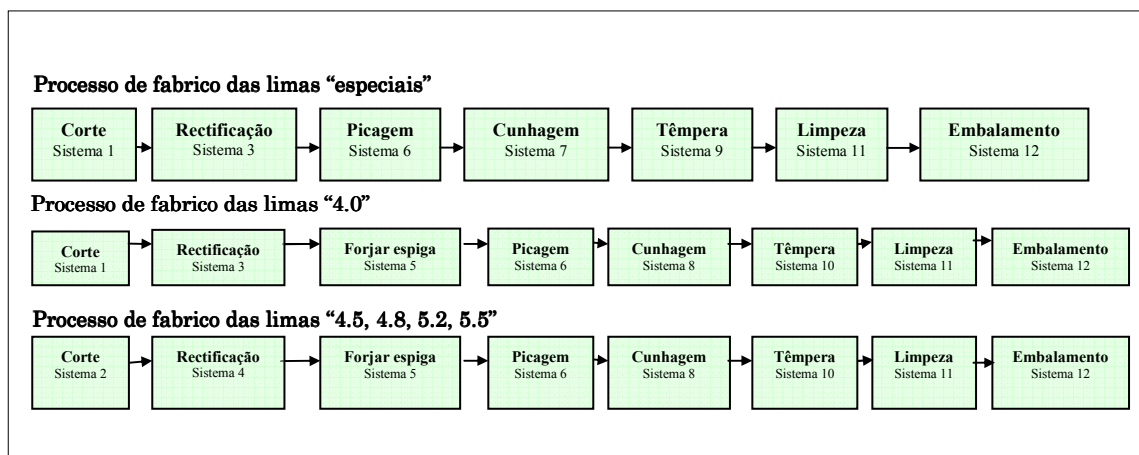


Figura 10 - Sistemas utilizados nos sub-processos de fabrico de limas de motosserra.

### 2.6.1 - Prioritização dos sistemas com base no efeito no sistema de produção

O efeito dos sistemas no sistema de produção foi analisado sob o ponto de vista da capacidade, ciclo de produção do cliente e da existência ou não de redundâncias.

Calcularam-se as capacidades disponíveis de cada sistema para os três sub-processos de fabrico. Os valores obtidos foram relacionados com os valores do ciclo de produção do cliente e estão apresentados nos gráficos 1 a 3. Nas tabelas 1 a 3 apresentam-se os valores da capacidade utilizada para cada sistema.

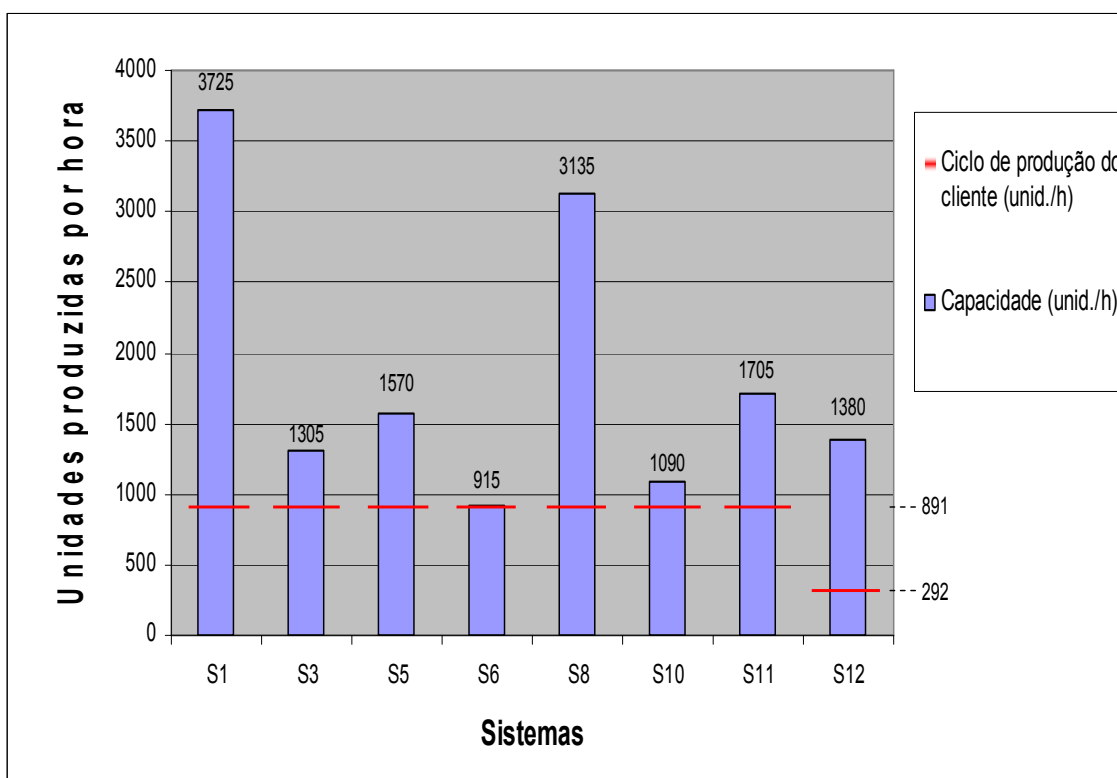


Gráfico 1 - Capacidade e ciclo de produção do cliente dos sistemas utilizados no fabrico das limas “4.0”.

| Sistemas                 | Sistema1 | Sistema3 | Sistema5 | Sistema6 | Sistema8 | Sistema10 | Sistema11 | Sistema12 |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Capacidade utilizada (%) | 24       | 68       | 57       | 97       | 28       | 82        | 52        | 21        |

Tabela 1 - Capacidade utilizada nos sistemas analisados.

As limas “4.0” representam 28% das limas de motosserra produzidas. A partir do gráfico 1 e da tabela 1 constata-se que o sistema 6 constitui o principal *bottleneck* (sistema que impede o aumento da velocidade da linha de produção) no fabrico destas limas. Os sistemas 3 e 10 são também *bottlenecks*. O sistema 12 apresenta a maior capacidade excedente porque tem um ciclo de produção do cliente inferior.

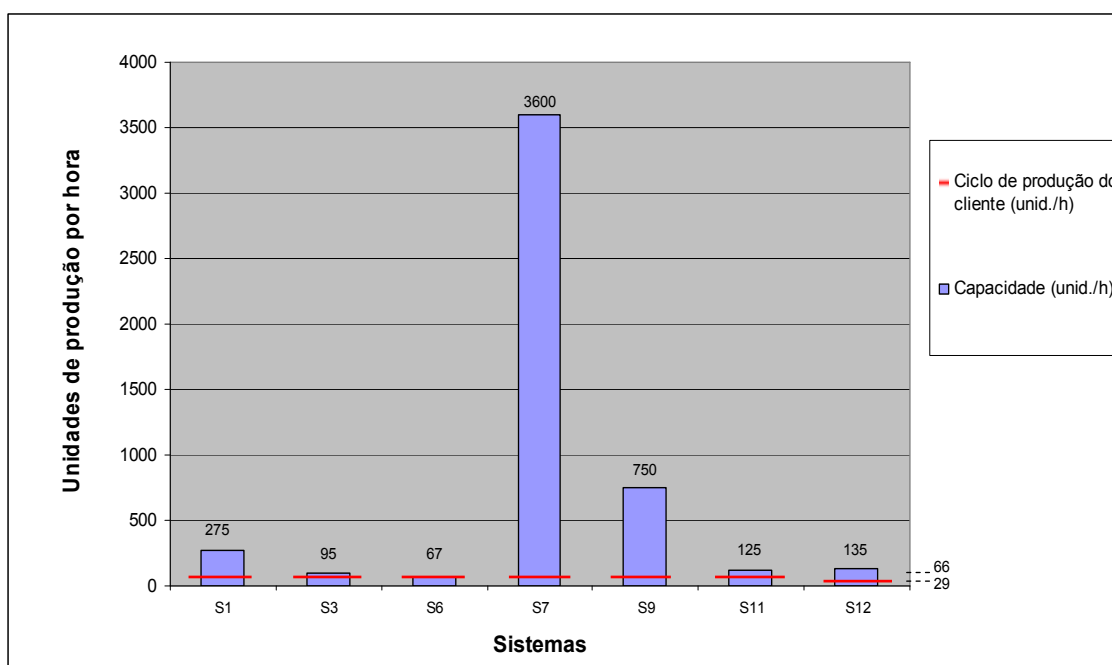


Gráfico 2 - Capacidade e ciclo de produção do cliente dos sistemas utilizados no fabrico das limas especiais.

| Sistemas                 | Sistema1 | Sistema3 | Sistema6 | Sistema7 | Sistema9 | Sistema11 | Sistema12 |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Capacidade utilizada (%) | 24       | 68       | 97       | 2        | 9        | 52        | 21        |

Tabela 2 - Capacidade utilizada nos sistemas analisados.

As limas especiais representam apenas 2% das limas de motosserra produzidas. Neste caso, o sistema 6 é também o maior *bottleneck*. De realçar, os valores elevados da capacidade dos sistema 7 e 9, que traduzem um mau aproveitamento da capacidade dos equipamentos.

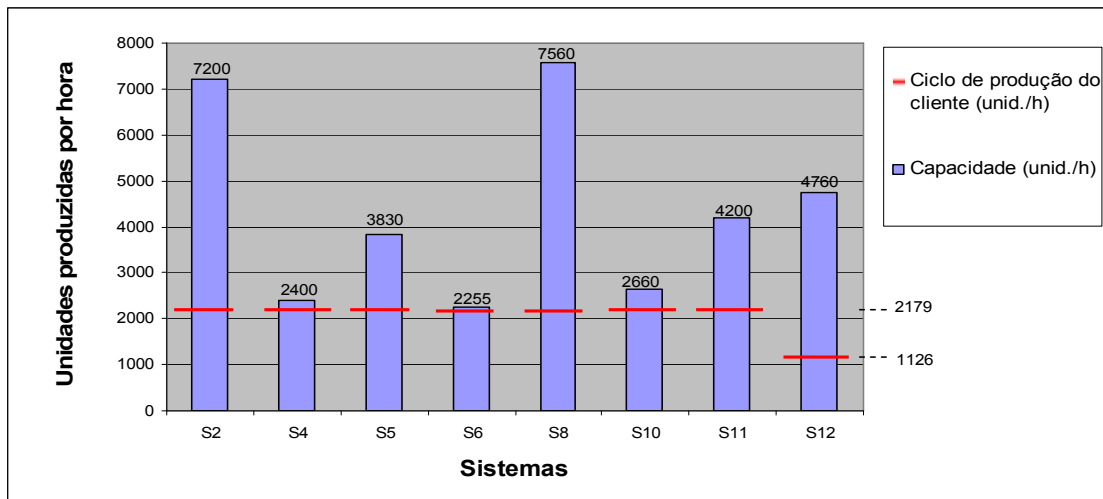


Gráfico 3 - Capacidade e ciclo de produção do cliente dos sistemas utilizados no fabrico das limas “4.5, 4.8, 5.2, 5.5”.

| Sistemas                 | Sistema2 | Sistema4 | Sistema5 | Sistema6 | Sistema8 | Sistema10 | Sistema11 | Sistema12 |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Capacidade utilizada (%) | 30       | 91       | 57       | 97       | 28       | 82        | 52        | 21        |

Tabela 3 - Capacidade utilizada nos sistemas analisados.

As limas “4.5, 4.8, 5.2, 5.5” representam 70% das limas de motosserra produzidas. Na cadeia de valor destas limas, o sistema 6 é novamente o maior *bottleneck*, seguindo-se-lhe os sistemas 4 e 10.

Analisando a capacidade de todos os sistemas utilizados no sistema de produção das limas de motosserra, verificamos que o sistema 6 é o principal *bottleneck* nos três processos de fabrico. Os sistemas 3, 4 e 10 também são considerados *bottlenecks* e apresentam uma elevada utilização das respectivas capacidades. Pelo contrário, os sistemas 9 e 7 apresentam uma utilização muito aquém da sua capacidade.

Posteriormente, foi realizada uma análise de todas as máquinas ou conjunto de máquinas dos sistemas estudados e registaram-se as respectivas redundâncias, ou seja, as situações em que no caso de ocorrer uma avaria numa máquina, existe pelo menos outra máquina capaz de realizar o mesmo tipo de trabalho sem comprometer o ciclo de produção do cliente. Exemplificando, considerem-se os sistemas 2 e 4 apresentados na tabela 4. A máquina 0196-01 é redundante porque, em caso de avaria, pode ser substituída pela máquina 0196-02 cuja capacidade (3600 unid./h) continua a ser superior ao ciclo de produção do cliente (2179 unid./h). Pelo contrário, a máquina 0361-01 não pode ser considerada redundante porque ao ser substituída pela máquina 0197-04 fica-se com uma

capacidade (1200 unid./h) que não permite satisfazer os valores do ciclo de produção do cliente (2179 unid./h).

| Sistemas    | Sistema1 | Sistema2 | Sistema3 | Sistema4 | Sistema5 |         |         |         |         |         | Sistema6 | Sistema7 | Sistema8         |         |         | Sistema9 | Sistema10 |         |         |         |         | Sistema11 | Sistema12 |         |         |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|------------------|---------|---------|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|---------|---------|
| Máquinas    | 0195-01  | 0196-01  | 0196-02  | 0335-03  | 0361-01  | 0197-04 | 0197-03 | 0197-06 | 0197-02 | 0197-05 | 0197-01  | 0197-04  | 28 máquinas 0583 | 0449-01 | 0472-01 | 0472-02  | 0471-01   | 0692-06 | 0692-02 | 0692-03 | 0692-04 | 0692-05   | 0692-01   | 0695-01 | 1001-01 |
| Redundância |          | x        |          |          |          |         |         |         |         |         |          |          |                  |         |         |          |           |         |         |         |         |           |           |         |         |

Tabela 4 - Redundância dos sistemas da linha de produção das limas de motosserra.

A tabela 4 mostra que apenas três sistemas são redundantes, o que significa que uma avaria em qualquer um dos outros sistemas põe em causa o fluxo contínuo de produção.

Analizados os dois factores (capacidade utilizada e redundância) que afectam o sistema de produção, foi atribuída uma classificação a cada sistema com base na metodologia proposta pela bibliografia [13]. Esta classificação (apresentada na tabela 5) utiliza uma escala de 1 a 10, em que 1 significa uma baixa probabilidade de afectar o sistema de produção e 10 significa uma alta probabilidade de afectar o sistema de produção.

| Sistemas  | Redundância | Capacidade utilizada (%) | Classificação |
|-----------|-------------|--------------------------|---------------|
| Sistema1  | não         | 24                       | 6             |
| Sistema2  | sim         | 30                       | 1             |
| Sistema3  | não         | 68                       | 7             |
| Sistema4  | não         | 91                       | 9             |
| Sistema5  | sim         | 57                       | 1             |
| Sistema6  | não         | 97                       | 10            |
| Sistema7  | não         | 2                        | 6             |
| Sistema8  | sim         | 28                       | 1             |
| Sistema9  | não         | 9                        | 6             |
| Sistema10 | não         | 82                       | 8             |
| Sistema11 | não         | 52                       | 7             |
| Sistema12 | não         | 21                       | 6             |

Tabela 5 - Classificação dos sistemas em função do seu efeito no sistema de produção.

Como se pode ver na tabela 5, o sistema 6 é o mais crítico da linha de produção e os sistemas 2, 5 e 8 os menos críticos, fundamentalmente porque possuem redundância e esta é mais determinante do que a capacidade utilizada.

## 2.6.2 - Prioritização dos sistemas com base na posição na cadeia de valor

A posição dos sistemas na cadeia de valor foi o segundo critério utilizado para os

prioritizar e consiste em prever a criticidade de uma avaria em função da sua posição no fluxo produtivo. Foram utilizados os valores do *stock* de segurança em condições normais de funcionamento dos equipamentos ao longo da linha de produção (ver tabela 6).

| Processos                  | Stock de Segurança (unidades) |
|----------------------------|-------------------------------|
| Corte/Rectificação         | 5000                          |
| Rectificação/Forjar espiga | 200                           |
| Forjar espiga/ Picagem     | 5000                          |
| Picagem/Cunhagem           | 200                           |
| Cunhagem/Têmpera           | 20000                         |
| Têmpera/Limpeza            | 5000                          |
| Limpeza/Embalamento        | 2500                          |

Tabela 6 - Stock de segurança entre etapas do processo de fabrico das limas de motosserra.

O tempo disponível para a reparação de uma avaria é determinado pelo tempo que demora a esgotar todos os stocks intermédios entre a etapa que apresenta a avaria e o *bottleneck* (no caso da etapa estar a montante) ou entre a etapa e o embalamento (no caso da etapa estar a jusante do *bottleneck*).

A tabela 7 apresenta os tempos de cada sistema, a sua relação com o maior tempo disponível e uma classificação proposta pela bibliografia [13]. Esta classificação utiliza uma escala de 1 a 10, em que 1 significa que o sistema não é crítico para a cadeia de valor e 10 significa que é extremamente crítico.

| Sistemas  | Tempo disponível para reparar uma avaria | % do tempo máximo disponível para reparar uma avaria (sistema7) | Classificação |
|-----------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------|
| Sistema1  | 3 h                                      | 33%                                                             | 7             |
| Sistema2  | não afecta                               | 100%                                                            | 1             |
| Sistema3  | 2 h                                      | 22%                                                             | 8             |
| Sistema4  | 4 h                                      | 44%                                                             | 6             |
| Sistema5  | não afecta                               | 100%                                                            | 1             |
| Sistema6  | 0                                        | 0%                                                              | 10            |
| Sistema7  | 9 h                                      | 100%                                                            | 1             |
| Sistema8  | não afecta                               | 100%                                                            | 1             |
| Sistema9  | 5 h                                      | 56%                                                             | 5             |
| Sistema10 | não crítico (9 dias)                     | 100%                                                            | 1             |
| Sistema11 | 2 h                                      | 22%                                                             | 8             |
| Sistema12 | 0                                        | 0%                                                              | 10            |

Tabela 7 - Classificação dos sistemas em função da sua posição na cadeia de valor.

Os tempos calculados indicam que uma avaria não afecta ou não é crítica nos sistemas 2, 5, 8 e 10, pelo contrário, necessita de uma reparação urgente nos sistemas 6 e 12 porque se converterá imediatamente numa diminuição da quantidade de limas produzidas ou em atrasos de envios para o cliente, respectivamente.

### 2.6.3 - Prioritização dos sistemas com base no efeito nos clientes

O efeito que uma avaria pode ter nos clientes, foi outro dos critérios utilizados para priorizar os sistemas. O objectivo é conhecer os efeitos de possíveis atrasos nas entregas, para assim, atribuir uma classificação a cada um dos sistemas analisados. O procedimento utilizado foi o seguinte:

- 1º- Listar os clientes para cada família de produtos (limas “especiais”, limas “4.0” e limas “4.5, 4.8, 5.2, 5.5”);
- 2º- Classificar os clientes de 1 a 10 atendendo à severidade dos atrasos na entrega do produto (factor efeito no cliente - CEF);
- 3º- Calcular o valor médio do factor efeito no cliente (CEFa) para cada família de produtos;
- 4º- Atribuir aos sistemas comuns a diferentes produtos o CEFa mais elevado (pior cenário).

Foi atribuído um valor de 9 para o CEF de todos os clientes (valor estabelecido com base no *feedback* dos clientes). A tabela 8 apresenta o CEFa atribuído a cada sistema e a classificação proposta pela bibliografia [13]. Todos os sistemas são considerados críticos do ponto de vista de atrasos nas entregas para os clientes.

| Sistemas  | Factor efeito no cliente (CEFa) | Classificação |
|-----------|---------------------------------|---------------|
| Sistema1  | 9                               | 9             |
| Sistema2  | 9                               | 9             |
| Sistema3  | 9                               | 9             |
| Sistema4  | 9                               | 9             |
| Sistema5  | 9                               | 9             |
| Sistema6  | 9                               | 9             |
| Sistema7  | 9                               | 9             |
| Sistema8  | 9                               | 9             |
| Sistema9  | 9                               | 9             |
| Sistema10 | 9                               | 9             |
| Sistema11 | 9                               | 9             |
| Sistema12 | 9                               | 9             |

Tabela 8 - Classificação dos sistemas de acordo com a severidade dos atrasos nas entregas.

### 2.6.4 - Classificação global dos sistemas

Com as classificações parciais obtidas com base nos três critérios analisados, foram atribuídas classes de prioridade e uma ordem de prioridade aos sistemas. As classes A a D são atribuídas a sistemas considerados não críticos, enquanto as classes E a H representam

os sistemas críticos.

A tabela 9 mostra que apenas os sistemas 2, 5 e 8 não são considerados críticos. Para estes sistemas a estratégia de manutenção deve focalizar-se na manutenção autónoma. Para os restantes sistemas foi desenvolvida uma estratégia de manutenção específica para os seus componentes. A ordem de prioridade define a ordem pela qual os sistemas foram analisados.

| Sistemas  | Efeito no sistema de produção | Posição na cadeia de valor | Efeito nos clientes | Classe de prioridade | Ordem de prioridade |
|-----------|-------------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Sistema6  | 10                            | 10                         | 9                   | H                    | 1 <sup>a</sup>      |
| Sistema12 | 6                             | 10                         | 9                   | H                    | 2 <sup>a</sup>      |
| Sistema3  | 7                             | 8                          | 9                   | H                    | 3 <sup>a</sup>      |
| Sistema11 | 7                             | 8                          | 9                   | H                    | 3 <sup>a</sup>      |
| Sistema4  | 9                             | 6                          | 9                   | H                    | 5 <sup>a</sup>      |
| Sistema1  | 6                             | 7                          | 9                   | H                    | 6 <sup>a</sup>      |
| Sistema9  | 6                             | 5                          | 9                   | G                    | 7 <sup>a</sup>      |
| Sistema10 | 8                             | 1                          | 9                   | G                    | 8 <sup>a</sup>      |
| Sistema7  | 6                             | 1                          | 9                   | G                    | 9 <sup>a</sup>      |
| Sistema2  | 1                             | 1                          | 9                   | C                    | 10 <sup>a</sup>     |
| Sistema5  | 1                             | 1                          | 9                   | C                    | 10 <sup>a</sup>     |
| Sistema8  | 1                             | 1                          | 9                   | C                    | 10 <sup>a</sup>     |

Tabela 9 - Prioridade dos sistemas na cadeia de valor das limas de motosserra.

## 2.7 - Desenvolvimento de uma estratégia de manutenção otimizada

O sistema 6 (conjunto de máquinas que realizam a picagem das limas) foi considerado o sistema prioritário e como tal, foi o primeiro a ser analisado. Este sistema é composto por 28 máquinas idênticas e a análise foi feita atendendo aos principais componentes susceptíveis de sofrerem falhas.

No sentido de elaborar uma lista completa das falhas que podem provocar uma diminuição da velocidade ou paragem das máquinas foram envolvidos os operadores, chefe de célula e técnicos de manutenção. Para cada falha foi atribuída uma classe de dano (como mostra a tabela 10). Esta classificação proposta pela bibliografia [13] utiliza uma escala de 1 a 10 de acordo com a metodologia FMEA que analisa as falhas com base na sua gravidade, detecção e frequência.

| Subsistema     | Componente               | Falha               | Tempo de paragem | Responsável pela reparação | Efeito na operação do sistema (E) | Dificuldade em prever a falha (F) | Frequência da falha (D) | Factor de Prioridade (DPF= E*F*D) | Classe de dano |
|----------------|--------------------------|---------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------|
| Cabeçote       | Cilindro de picagem      | Desgaste            | 2 d              | Técnico                    | 7                                 | 8                                 | 5                       | 280                               | 7              |
|                | Cilindro pneumático      | Desgaste/ Quebra    | 30 min           | Técnico                    | 4                                 | 10                                | 3                       | 120                               | 3              |
|                | Casquilho de plástico    | Derrete             | 15 min           | Operador                   | 4                                 | 4                                 | 6                       | 96                                | 2              |
|                | Ferramenta               | Desgaste/ Quebra    | 5 min            | Operador                   | 3                                 | 4                                 | 10                      | 120                               | 2              |
|                | Porta cinzel             | Desgaste/ Quebra    | 2 h              | Operador                   | 4                                 | 8                                 | 5                       | 160                               | 3              |
|                | Pé de pressão            | Quebra              | 15 min           | Operador                   | 4                                 | 8                                 | 4                       | 128                               | 3              |
|                | Chapas laterais          | Desgaste            | 2 d              | Técnico                    | 7                                 | 8                                 | 5                       | 280                               | 7              |
| Coluna         | Estrela                  | Desgaste            | 2 d              | Técnico                    | 7                                 | 8                                 | 1                       | 56                                | 7              |
|                | Cilindro pneumático      | Desgaste            | 20 min           | Técnico                    | 4                                 | 8                                 | 2                       | 64                                | 3              |
|                | Correia                  | Desgaste/ Quebra    | 30 min           | Operador                   | 4                                 | 8                                 | 4                       | 128                               | 3              |
|                | Roda dentada             | Desgaste            | 1 d              | Técnico                    | 6                                 | 8                                 | 1                       | 48                                | 7              |
|                | Guias prismáticas        | Desgaste            | 2d               | Técnico                    | 7                                 | 8                                 | 5                       | 280                               | 7              |
| Magazine       | Íman                     | Perda de fixação    | 2 h              | Técnico                    | 4                                 | 8                                 | 4                       | 128                               | 3              |
|                | Mola                     | Quebra              | 2 min            | Operador                   | 3                                 | 10                                | 8                       | 240                               | 4              |
|                | Garfo                    | Quebra              | 1 h              | Técnico                    | 4                                 | 10                                | 1                       | 40                                | 3              |
|                | Rolamentos               | Desgaste            | 2 h              | Técnico                    | 4                                 | 8                                 | 2                       | 64                                | 3              |
|                | Chapas laterais          | Desgaste/ Quebra    | 1h               | Operador                   | 4                                 | 8                                 | 3                       | 96                                | 3              |
|                | Cilindros Pneumáticos    | Desgaste            | 30 min           | Técnico                    | 4                                 | 8                                 | 4                       | 128                               | 3              |
|                | Guias                    | Desgaste            | 2 h              | Técnico                    | 4                                 | 8                                 | 2                       | 64                                | 3              |
| Carro          | Fuso                     | Dentes desgastados  | 1 d              | Técnico                    | 6                                 | 8                                 | 3                       | 144                               | 7              |
|                | Meia Fêmea               | Dentes desgastados  | 1 h              | Técnico                    | 4                                 | 8                                 | 5                       | 160                               | 3              |
|                | Casquilhos               | Desgaste            | 1 d              | Técnico                    | 6                                 | 8                                 | 4                       | 192                               | 7              |
|                | Amortecedores            | Quebra              | 1 h              | Técnico                    | 4                                 | 8                                 | 4                       | 128                               | 3              |
|                | Rolamento de agulha      | Desgaste            | 4 h              | Técnico                    | 5                                 | 8                                 | 5                       | 200                               | 3              |
|                | Cilindro pneumático      | Desgaste            | 30 min           | Técnico                    | 4                                 | 10                                | 4                       | 160                               | 3              |
|                | Ponteira                 | Desgaste/ Quebra    | 5 min            | Operador                   | 3                                 | 8                                 | 6                       | 144                               | 4              |
|                | Suporte de ponteira      | Quebra              | 15 min           | Operador                   | 4                                 | 8                                 | 5                       | 160                               | 3              |
| Mesa           | Rodízio                  | Desgaste            | 15 min           | Operador                   | 4                                 | 8                                 | 6                       | 192                               | 4              |
|                | Porta rodízio            | Desgaste            | 1 h              | Técnico                    | 4                                 | 8                                 | 4                       | 128                               | 3              |
|                | Suporte da porta rodízio | Desgaste            | 3 h              | Técnico                    | 5                                 | 8                                 | 3                       | 120                               | 3              |
|                | Cilindros pneumáticos    | Desgaste            | 15 min           | Técnico                    | 4                                 | 8                                 | 6                       | 192                               | 4              |
| Caixa Redutora | Rolamentos               | Esferas desgastadas | 20 min           | Técnico                    | 4                                 | 8                                 | 4                       | 128                               | 3              |
|                | Rolamentos               | Desgaste            | 2 d              | Técnico                    | 7                                 | 8                                 | 2                       | 112                               | 7              |
|                | Casquilho                | Desgaste            | 2h               | Técnico                    | 4                                 | 8                                 | 2                       | 64                                | 3              |
|                | Disparador               | Desgaste            | 30 min           | Operador                   | 4                                 | 8                                 | 5                       | 160                               | 3              |
|                | Urino                    | Desgaste            | 15 min           | Operador                   | 4                                 | 8                                 | 5                       | 160                               | 3              |
|                | Bucha                    | Desgaste            | 15 min           | Operador                   | 4                                 | 8                                 | 9                       | 288                               | 4              |
| Transmissão    | Correias                 | Quebra              | 30 min           | Operador                   | 4                                 | 8                                 | 6                       | 192                               | 4              |
|                | Rodas dentadas           | Rodas desgastadas   | 4 h              | Técnico                    | 5                                 | 8                                 | 4                       | 160                               | 3              |
| Motor          | Travão de desgaste       | Afinação            | 3 h              | Técnico                    | 5                                 | 10                                | 1                       | 50                                | 3              |
| Geral          | Parafusos                | Desgaste/ Quebra    | 10 min           | Operador                   | 3                                 | 10                                | 9                       | 270                               | 4              |
|                | Porcas                   | Desgaste/ Quebra    | 10 min           | Operador                   | 3                                 | 10                                | 7                       | 210                               | 4              |
|                | Válvulas Piloto          | Desgaste            | 40 min           | Técnico                    | 4                                 | 10                                | 5                       | 200                               | 3              |
|                | Corpo das válvulas       | Desgaste            | 40 min           | Técnico                    | 4                                 | 10                                | 2                       | 80                                | 3              |
|                | Detectores               | Afinação            | 15 min           | Técnico                    | 4                                 | 10                                | 8                       | 320                               | 4              |
|                | Detectores M12           | Desgaste/ Quebra    | 30 min           | Técnico                    | 4                                 | 4                                 | 4                       | 64                                | 1              |

Tabela 10 - Classes de dano das falhas dos componentes de uma máquina de picagem (sistema 6).

A classe de dano de cada falha determina a estratégia de manutenção a adoptar para cada componente das máquinas do sistema 6. As falhas classificadas de 1 a 4, são consideradas não críticas porque não é esperado que afectem a disponibilidade do sistema; devem ser tomadas apenas as medidas absolutamente necessárias para manter as falhas sob controlo, nomeadamente, actividades de manutenção autónoma. Pelo contrário, as falhas de 5 a 8 são críticas para o sistema porque originam avarias que afectam a disponibilidade do sistema. Para os componentes associados a estas falhas foi definida uma estratégia de manutenção específica (como mostra a tabela 11).

| Classe de dano | Subsistema     | Componente            | Falha              | Actuais actividades de manutenção | Actividades de manutenção recomendadas                                                                                                                  |
|----------------|----------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7              | Cabeçote       | Cilindro de picagem   | Desgaste           | Lubrificação automática           | - análise feita pelo técnico de manutenção a cada 2 meses<br>- lubrificação automática<br>- inspecção visual diária                                     |
| 7              | Cabeçote       | Chapas laterais       | Desgaste           | Lubrificação automática           | - análise feita pelo técnico de manutenção a cada 2 meses<br>- lubrificação automática<br>- inspecção visual diária                                     |
| 7              | Coluna         | Estrela               | Desgaste           | Lubrificação automática           | - análise feita pelo técnico de manutenção a cada 12 meses<br>- lubrificação automática<br>- inspecção visual diária                                    |
| 7              | Coluna         | Roda dentada da polie | Desgaste           | Nenhuma                           | - análise feita pelo técnico de manutenção a cada 12 meses<br>- inspecção visual diária                                                                 |
| 7              | Coluna         | Guias prismáticas     | Desgaste           | Lubrificação pelo operador        | - análise feita pelo técnico de manutenção a cada 2 meses<br>- inspecção visual diária                                                                  |
| 7              | Carro          | Fuso                  | Dentes desgastados | Lubrificação pelo operador        | - análise feita pelo técnico de manutenção a cada 6 meses<br>- lubrificação pelo operador (duas vezes ao dia)<br>- inspecção visual diária              |
| 7              | Carro          | Casquilhos            | Desgaste           | Lubrificação pelo operador        | - análise feita pelo técnico de manutenção a cada 6 meses<br>- lubrificação pelo operador (duas vezes ao dia)<br>- inspecção visual diária              |
| 7              | Caixa Redutora | Rolamentos            | Desgaste           | Lubrificação automática           | - análise feita pelo técnico de manutenção a cada 6 meses<br>- lubrificação automática e pelo operador (duas vezes ao dia)<br>- inspecção visual diária |

**Tabela 11** - Actividades de manutenção estabelecidas para os componentes mais críticos das máquinas de picagem do sistema 6.

As estratégias de manutenção apresentadas consistem apenas em actividades que teoricamente permitirão eliminar as causas das falhas. Esta informação constitui uma importante ferramenta a utilizar nos eventos *Kaizen*, nomeadamente, no desenvolvimento das estratégias de manutenção a aplicar. Para os componentes dos restantes sistemas críticos deverá ser seguida a mesma metodologia.

## 2.8 - Redução do tempo de reparação das falhas

Nesta etapa, foi utilizado o mapeamento da cadeia de valor (VSM) para se analisar o tempo de reparação das falhas (críticas e não críticas). A equipa de manutenção *Lean* entendeu considerar o mesmo procedimento de reparação para todas as falhas, independentemente da sua criticidade ou da especificidade do trabalho de reparação requerido. O VSM realizado consistiu em oito passos:

1. documentar o estado actual de reparação das falhas através da análise da cadeia de valor;
2. separar as actividades que acrescentam valor das que não acrescentam valor e identificar o desperdício;
3. aplicar os 5S (*sort* (remoção de peças desnecessárias), *straighten* (organização), *scrub* (limpeza), *standardize* (criação de rotinas), *spread* (expansão a outras áreas));
4. reduzir as actividades que não acrescentam valor;
5. otimizar as actividades que acrescentam valor;
6. definir a cadeia de valor futura;
7. normalizar as acções a tomar na reparação de uma falha;
8. implementar e otimizar continuamente (repetir os passos 4 a 7).

### 2.8.1 - Análise da actual cadeia de valor

A análise da cadeia de valor envolveu os operadores, os chefes de célula e os técnicos de manutenção. A figura 11 representa o VSM de reparação das falhas.

A actual cadeia de valor contempla três tipos de intervenção: reparações feitas pelo operador (48% do total das reparações), reparações feitas pelo chefe de célula (34% do total das reparações) e reparações executadas pelos técnicos de manutenção (18% do total das reparações). Na análise da cadeia de valor foram calculados os tempos médios de reparação de falhas (MTTR) para cada tipo de intervenção e do seguinte modo:

- tempo médio das reparações realizadas pelos operadores da produção = 19 min

Tempo de processo = 4 min (identificação do tipo de falha) + 15 min (reparação da falha) = 19 min

- tempo médio das reparações realizadas pelos chefes de célula = 39 min

Tempo de transição/espera = 12 min (espera pelo chefe de célula) + 0,48 min (deslocações para procurar ferramenta necessária) + 0,72 min (deslocações para verificar o desenho técnico) + 2,2 min (deslocações para levantar peças ao armazém) +

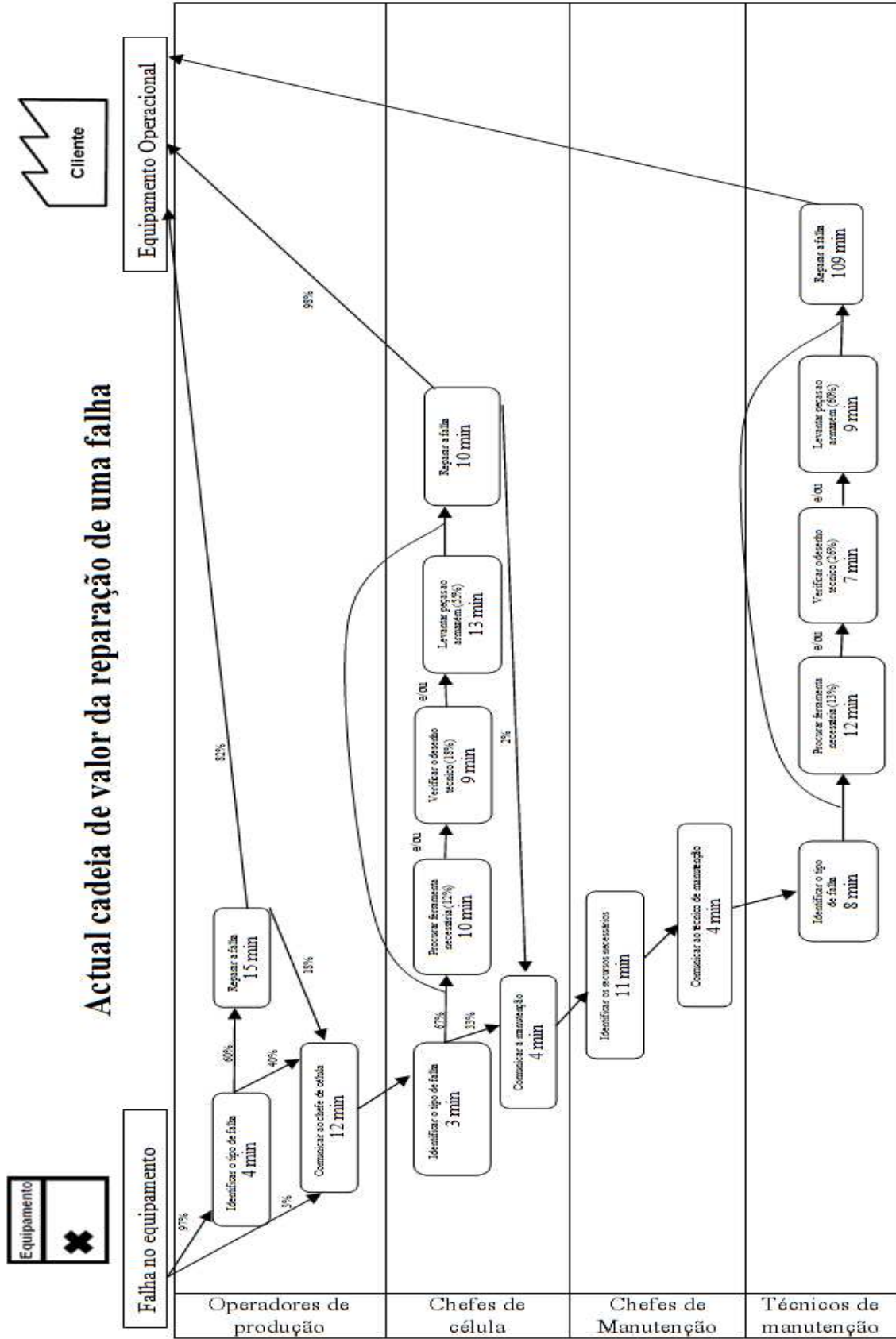


Figura 11 - Mapeamento da actual cadeia de valor da reparação das falhas.

4,95 min (tempo de espera no armazém) = 20 min (51%)

Tempo de consulta = 0,72 min (procurar ferramenta necessária) + 0,9 min (consultar desenho técnico) = 2 min (5%)

Tempo de processo = 1,6 min (operador identifica tipo de falha) + 2,7 min (operador não repara a falha) + 3 min (chefe de célula identifica o tipo de falha) + 10 min (reparar a falha) = 17 min (44%)

**- tempo médio das reparações realizadas pelos técnicos de manutenção = 165 min**

Tempo de transição/espera = 12 min (aguardar o chefe de célula) + 4 min (comunicar à manutenção) + 4 min (comunicar ao técnico de manutenção) + 3 min (deslocação do técnico) + 0,52 min (deslocações para procurar ferramenta necessária) + 1,04 min (deslocações para verificar o desenho técnico) + 2,4 min (deslocações para levantar peças ao armazém) + 3 min (tempo de espera no armazém) = 30 min (18%)

Tempo de consulta = 11 min (identificação dos recursos necessários) + 1,04 min (procurar ferramenta necessária) + 0,78 min (consultar desenho técnico) = 13 min (8%)

Tempo de processo = 1,6 min (operador identifica tipo de falha) + 2,7 min (operador não repara a falha) + 3 min (chefe de célula identifica o tipo de falha) + 0,4 min (chefe de célula não repara a avaria) + 5 min (técnico de manutenção identifica o tipo de falha) + 109 min (tempo de reparação) = 122 min (74%)

## **2.8.2 - Actividades que acrescentam valor e actividades que não acrescentam valor**

Após a elaboração da actual cadeia de valor foram agrupadas as actividades em função da sua contribuição para o valor na perspectiva da Produção (cliente final).

### Actividades que acrescentam valor

- actividade de reparação propriamente dita.

### Actividades que não acrescentam valor mas que são necessárias

- identificação do tipo de falha pelo operador;
- espera pelo chefe de célula;
- identificação do tipo de falha pelo chefe de célula;
- comunicação da falha à manutenção;
- identificação dos recursos necessários;
- comunicação da falha ao técnico de manutenção;
- deslocação do técnico de manutenção;

- identificação do tipo de falha pelo técnico de manutenção;
- consulta do desenho técnico;
- deslocações para levantar peças do armazém;
- espera no armazém.

#### Actividades que não acrescentam valor (desperdício)

- deslocações para procurar ferramentas necessárias;
- procurar ferramentas necessárias;
- deslocações para verificar desenhos técnicos.

### **2.8.3 - Aplicação dos 5S**

Os técnicos de manutenção e os operadores da produção foram responsabilizados por manter os seus locais de trabalho limpos e organizados, evitando assim paragens causadas pela sujidade acumulada nos componentes e tempos de reparação excessivos.

A empresa optou por um programa de 6S (e não um 5S clássico). A diferença está no S relativo à segurança, considerado um aspecto prioritário para a empresa que pretende garantir a prevenção dos acidentes de trabalho.

### **2.8.4 - Redução das actividades que não acrescentam valor**

Para eliminar as actividades que foram consideradas desperdício foram propostas as seguintes medidas:

- definir as ferramentas críticas que devem ser incluídas no carrinho dos técnicos de manutenção;
- definir as ferramentas não críticas e a sua localização de modo a permitir um fácil acesso e identificação;
- determinar as ferramentas que o chefe de célula deve ter para executar as actividades de manutenção autónoma;
- definir os desenhos técnicos críticos e afixá-los no quadro de produção das células.

Em relação às actividades que não acrescentam valor mas consideradas necessárias, as medidas tomadas para reduzir o seu impacto foram as seguintes:

- estabelecer um tempo máximo de 2 min para o operador identificar o tipo de falha;
- analisar com os chefes de célula, as causas da demora na identificação das falhas para definir soluções;
- estabelecer um tempo máximo de 4 min para o operador esperar pelo chefe de célula (caso o tempo seja ultrapassado o operador deve procurá-lo);
- estabelecer um tempo máximo de 3 min para o chefe de célula identificar o tipo de

falha;

- adoptar um armazém *Lean* de peças para as tornar mais disponíveis e facilmente acedidas;
- priorizar os sistemas de modo a facilitar a gestão dos recursos realizada pelo chefe de manutenção (já realizado);
- utilização de telemóvel pelos técnicos de manutenção para facilitar a comunicação com o chefe de manutenção.

### 2.8.5 - Optimização dos processos que acrescentam valor

Na reparação de uma falha, propriamente dita, a forma encontrada para otimizar este processo passa por substituir o subsistema que apresenta a falha. Assim, a sua reparação pode ser realizada sem provocar perdas significativas de disponibilidade do sistema. Este procedimento será realizado apenas nos sistemas mais críticos devido ao investimento associado.

### 2.8.6 - Cadeia de valor futura

Com as medidas propostas que visam a eliminação do desperdício, redução das actividades que não acrescentam valor e optimização das actividades que acrescentam valor foi possível definir o VSM futuro (representado na figura 12). Calcularam-se os tempos médios de reparação de falhas (MTTR) para cada tipo de intervenção:

**- tempo médio das reparações realizadas pelos operadores da produção = 6 min**

Tempo de processo = 1 min (identificação do tipo de falha) + 5 min (reparação da falha)  
= 6 min

**- tempo médio das reparações realizadas pelos chefes de célula = 15 min**

Tempo de transição/espera = 2 min (espera pelo chefe de célula) + 2,2 min (deslocações para levantar peças do armazém) + 0,55 min (espera no armazém) = 5 min (34%)

Tempo de consulta = 0,54 min (consulta do desenho técnico) = 1 min (6%)

Tempo de processo = 1 min (identificação do tipo de falha pelo operador) + 1 min (identificação do tipo de falha pelo chefe de célula) + 7 min (reparação da falha) = 9 min (60%)

**- tempo médio das reparações realizadas pelos técnicos de manutenção = 106 min**

Tempo de transição/espera = 2 min (espera pelo chefe de célula) + 1 min (comunicação da falha à manutenção) + 1 min (comunicação da falha ao técnico de manutenção) + 3

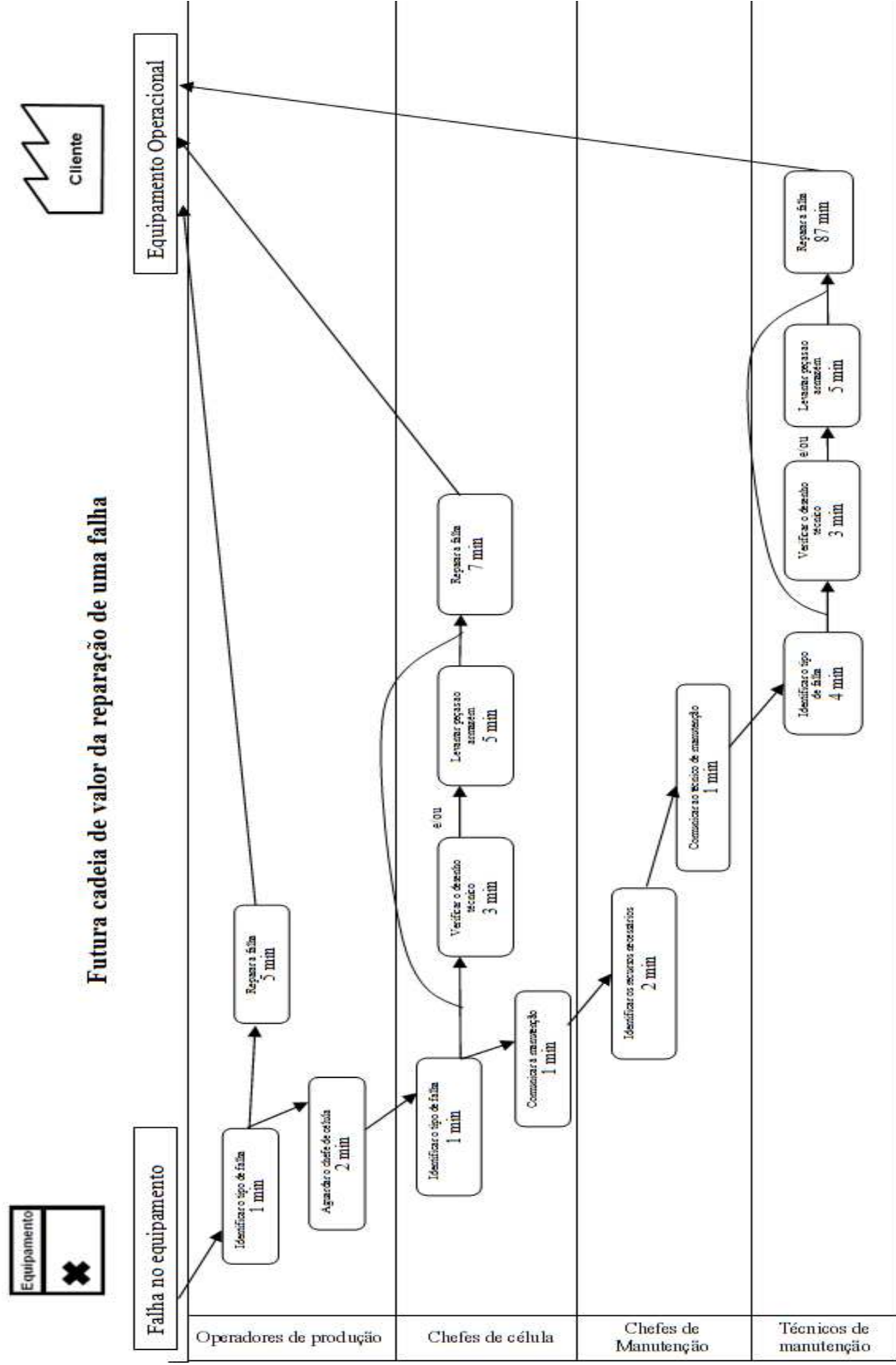


Figura 12 - Mapeamento da futura cadeia de valor da reparação das falhas.

min (deslocação do técnico de manutenção) + 2,4 min (deslocações para levantar peças do armazém) + 1 min (espera no armazém) = 10 min (9%)

Tempo de consulta = 2 min (identificação dos recursos necessários) + 0,78 min (consulta do desenho técnico) = 3 min (3%)

Tempo de processo = 1 min (identificação do tipo de falha pelo chefe de célula) + 1 min (identificação do tipo de falha pelo chefe de célula) + 4 min (identificação do tipo de falha pelo técnico de manutenção) + 87 min (reparação da falha) = 93 min (88%)

Como se pode constatar, a cadeia de valor futura apresenta uma redução substancial do tempo médio de reparação das falhas: o tempo das reparações realizadas pelo operador é reduzido em 13 minutos (redução de 68%), o tempo das reparações realizadas pelo chefe de célula é reduzido em 24 minutos (redução de 62%) e o tempo das reparações realizadas pelo técnico de manutenção é reduzido em 59 minutos (redução de 36%). As actividades consideradas desperdício foram eliminadas e os tempos das restantes actividades reduzidos.

### 2.8.7 - Normalização das reparações

A partir da cadeia de valor futura foi possível estruturar e normalizar os passos do fluxo de trabalho tal como é descrito na figura 13.

Este fluxo de trabalho normalizado deverá ser seguido por operadores, chefes de célula, chefes de manutenção e técnicos de manutenção e espera-se que o mesmo garanta uma maior rapidez no processo de reparação das falhas.

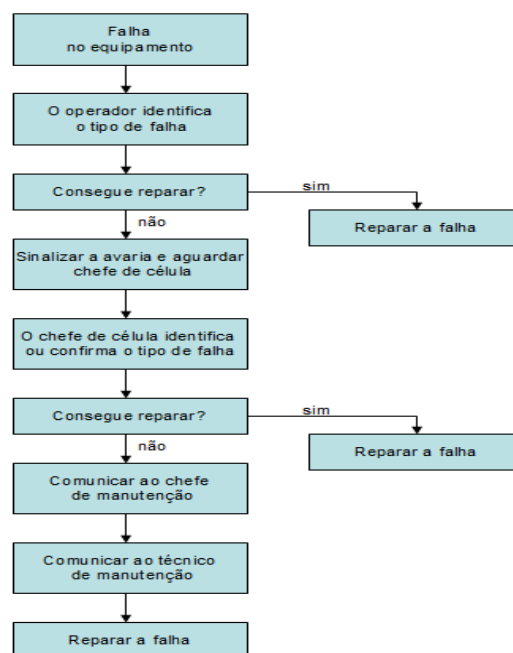


Figura 13 - Fluxo de trabalho normalizado para a reparação de uma falha.

### 2.8.8 - Optimização da cadeia de valor

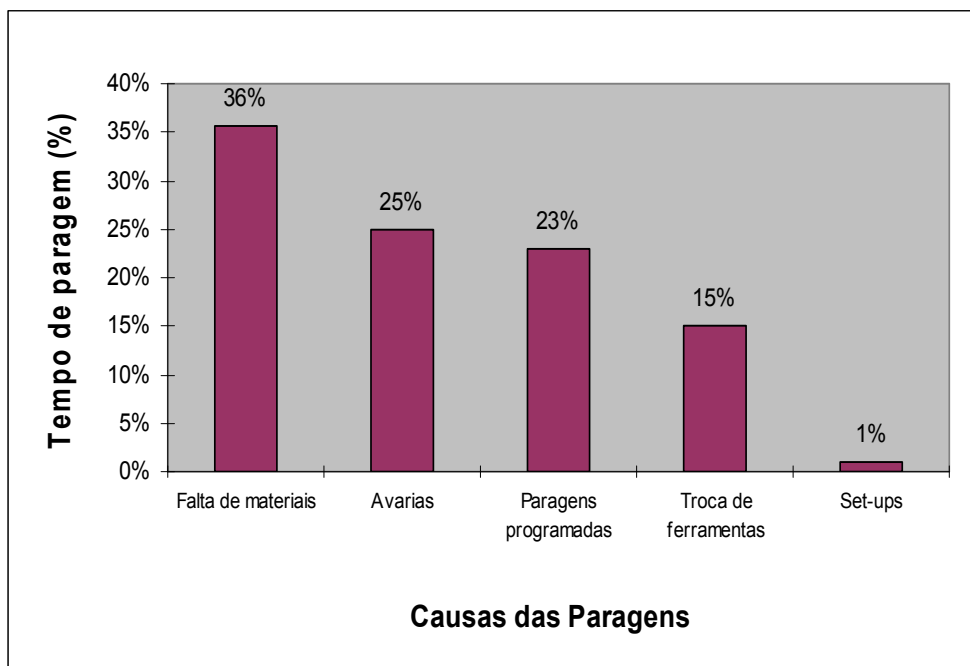
Este último passo focaliza-se na optimização da cadeia de valor após a implementa o e análise das medidas propostas. Neste sentido, a cadeia de valor será revista anualmente, analisando-se as melhorias alcançadas e definindo-se novas formas de optimizar o processo de reparação das falhas.

O VSM apresentado refere-se apenas às actividades de manutenção correctivas. O VSM das actividades de manutenção planeada serão analisadas quando integradas no sistema de Manutenção *Lean*, a partir do qual, será desenvolvido um novo fluxo de trabalho normalizado que contemple todas as actividades da manutenção.

### 2.9 - Integração de actividades de manutenção nos períodos de paragem dos equipamentos

Esta abordagem estratégica da manutenção tem como objectivo integrar ao máximo as actividades de manutenção nos períodos de paragem (planeados ou não planeados) dos sistemas analisados, com prioridade para os mais críticos.

Os equipamentos do sistema 6 (utilizado no processo de picagem) apresentaram uma disponibilidade de 90% no primeiro semestre de 2010. O gráfico 4 apresenta as causas das paragens e o impacto de cada uma na disponibilidade do sistema.



Gráfico 4 - Impacto das causas de paragem na disponibilidade do sistema 6.

Verifica-se que “falta de materiais” é a principal causa de paragem; as “avarias”, “paragens programadas” e “troca de ferramentas” também têm um peso considerável na falta de disponibilidade do equipamento, constituindo 63% do tempo de paragem do sistema; o “*set-up*” representa apenas 1% do tempo de paragem.

Conclui-se que as actividades de manutenção autónoma incluídas nas paragens programadas (lubrificação no início da semana de 20 minutos e a limpeza no final da semana durante 1 hora) poderiam ser eliminadas e integradas nas paragens por “falta de materiais” ou “avarias”.

Por outro lado, as actividades de manutenção preventiva poderiam ser integradas nas paragens por “falta de materiais”, “avarias” e “paragens programadas”, desde que, haja uma coordenação e cooperação efectiva entre a Produção e a Manutenção.

## **2.10 - Plano de implementação da Manutenção *Lean***

O plano de implementação da Manutenção *Lean* na empresa foi realizado para um período de três anos e consiste numa lista de acções a realizar na função Manutenção e funções de apoio ao longo de seis fases: melhoria, preparação, fase piloto, mobilização, expansão e sustentabilidade (ver tabela 14).

A primeira fase contempla acções de melhoria de rápida implementação, como por exemplo, a utilização de telemóvel por parte dos técnicos de manutenção. Outras actividades, como o desenvolvimento de documentos que descrevam o procedimento para cada tarefa de manutenção, necessitam de um trabalho mais exaustivo e demorado. Após dois meses da aplicação destas medidas, deverá ser realizada uma nova avaliação pela equipa de Manutenção *Lean*, que ditará se o tempo de implementação das melhorias foi suficiente para alcançar um desempenho satisfatório da função Manutenção.

Caso a avaliação seja positiva seguir-se-á um processo de formação da gestão e dos grupos de trabalho autónomos responsáveis pelos eventos *Kaizen*.

A fase piloto representará o início da implementação efectiva da Manutenção *Lean*. Nesta fase, o sistema 6 (conjunto de máquinas de picagem) será alvo do primeiro evento *Kaizen*, seguindo-se-lhe os restantes sistemas críticos da linha de produção das limas de motosserra. Considerando a realização de nove eventos *Kaizen* (correspondentes aos nove sistemas críticos), esta fase terá uma duração de 3 a 4 meses.

A fase de mobilização consistirá em aplicar eventos *Kaizen* nos sistemas críticos das linhas de produção de serras/arcs e limas de engenharia. A aplicação dos princípios *Lean* em toda a função Manutenção e nas principais funções de apoio é outro dos objectivos.

A fase de expansão pretenderá integrar os departamentos de IT, engenharia de manutenção e departamento de compras na filosofia *Lean*.

A fase de sustentabilidade, a alcançar, marcará o final da implementação do sistema de Manutenção *Lean*; significará uma presença interventiva da gestão de topo, uma autonomia total dos grupos de trabalho e uma aposta na melhoria contínua e na optimização das actividades de manutenção.

| Fase de implementação da Manutenção <i>Lean</i>                                                   | Área de intervenção                     | Acções                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1ª Fase:<br>Execução das acções de melhoria decorrentes da Avaliação <i>Lean</i><br>(2 a 4 meses) | Eventos TPM                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Renomear para eventos <i>Kaizen</i></li> <li>▪ Aplicar o ciclo PDCA</li> <li>▪ Analisar as 6 perdas da máquina</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                   | Avaliação da fiabilidade do equipamento | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Avaliar os eventos <i>Kaizen</i> pelo OEE</li> <li>▪ Incluir o factor qualidade no cálculo do OEE</li> <li>▪ Integrar no CMMS</li> </ul>                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                   | Estrutura organizacional da manutenção  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reconhecer a função da engenharia de manutenção</li> <li>▪ Reconhecer a função do planeamento e calendarização</li> <li>▪ Formar grupos para as diferentes actividades de manutenção</li> </ul>                                                                                                                                          |
|                                                                                                   | Sistema de ordens de trabalho           | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Definir o tipo e a prioridade de cada ordem de trabalho</li> <li>▪ Integrar no CMMS</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                   | Fluxo de trabalho                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Esquematizar um fluxo de trabalho normalizado para todos os tipos de actividades de manutenção</li> <li>▪ Utilização de telemóvel por parte dos técnicos de manutenção</li> </ul>                                                                                                                                                        |
|                                                                                                   | Armazém de peças                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicação da análise ABC</li> <li>▪ Integrar no CMMS</li> <li>▪ Diminuir o tempo de armazenamento das peças para actividades planeadas.</li> </ul>                                                                                                                                                                                       |
|                                                                                                   | Planeamento e calendarização            | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Planear e calendarizar as actividades de manutenção pela prioridade dos sistemas</li> <li>▪ Integrar sempre que possível as actividades de manutenção nos tempos de paragem dos equipamentos</li> <li>▪ Integrar no CMMS</li> </ul>                                                                                                      |
|                                                                                                   | CMMS                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adoptar um novo CMMS</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                                                                   | Documentação                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rever os documentos técnicos</li> <li>▪ Afixar os documentos técnicos nos quadros de produção</li> <li>▪ Desenvolver planos de manutenção de equipamentos baseados na estratégia de manutenção específica para cada componente</li> <li>▪ Desenvolver documentos que descrevam o procedimento para cada tarefa de manutenção.</li> </ul> |
|                                                                                                   | Formação                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formação dos técnicos de manutenção em conhecimentos gerais das áreas: eléctrica, pneumática e mecânica.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                   | Espaço organizacional da manutenção     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicar os 6S</li> <li>▪ Integrar o gabinete de desenho técnico</li> <li>▪ Modificar o <i>layout</i> para optimização do espaço</li> </ul>                                                                                                                                                                                               |

Tabela 14 - Plano de implementação da Manutenção *Lean* na empresa SNA Europe (cont.)

|                                                                               |                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2ª Fase:<br>Preparação <i>Lean</i><br>(2 a 6 meses)                           | Eventos <i>Kaizen</i>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Definição dos grupos de trabalho autónomos</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                               | Formação                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formação dos grupos de trabalho autónomos nos princípios e técnicas da <i>Manutenção Lean</i></li> <li>▪ Formação da 1ª linha de gestão das funções <i>Manutenção</i>, <i>Compras</i> e <i>armazém de peças</i>, <i>IT</i> e <i>Produção</i> nos princípios e objectivos da <i>Manutenção Lean</i></li> </ul>                       |
| 3ª Fase:<br>Fase Piloto<br>(3 a 4 meses)                                      | Eventos <i>Kaizen</i>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Publicitar o 1º evento <i>Kaizen</i> (sistema 6)</li> <li>▪ Discussão do 1º evento <i>Kaizen</i> com os restantes grupos de trabalho autónomos</li> <li>▪ Aplicação de eventos <i>Kaizen</i> nos restantes sistemas críticos</li> <li>▪ Apresentação do resumo dos eventos à <i>Manutenção</i> e <i>funções de apoio</i></li> </ul> |
|                                                                               | Formação                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formação dos chefes de célula e operadores em <i>manutenção autónoma</i></li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                               | Documentação                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revisão da documentação</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                               | Armazém de peças             | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revisão da estratégia de peças em <i>stock</i></li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                               | Planeamento e calendarização | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revisão do planeamento e calendarização das actividades de <i>manutenção</i></li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                             |
| 4ª Fase:<br>Mobilização <i>Lean</i><br>(6 meses a 1 ano)                      | Eventos <i>Kaizen</i>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicar eventos <i>Kaizen</i> nas restantes linhas de produção</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                               | Grupos de trabalho autónomos | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Integrar toda a restante função <i>Manutenção</i> e <i>funções de apoio</i> em grupos de trabalho autónomos para aplicação das técnicas <i>Lean</i> nas suas áreas de intervenção.</li> <li>▪ Estabelecer um local de controlo e discussão das actividades de melhoria realizadas</li> </ul>                                        |
|                                                                               | Papel da gestão              | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alterar a função de liderar e controlar para uma função de apoio aos grupos de trabalho autónomos.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                       |
| 5ª Fase:<br>Expansão <i>Lean</i><br>(4 meses a 1 ano)                         | Engenharia da manutenção     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Introduzir equipamentos de <i>manutenção preditiva</i></li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                               | Formação                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formação dos técnicos de <i>manutenção</i> em equipamentos de <i>manutenção preditiva</i></li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                               | Departamento IT              | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Optimização do CMMS</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                               | Departamento de compras      | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicar o <i>just-in-time</i></li> <li>▪ Normalizar fornecedores, peças e materiais</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                      |
| 6ª Fase:<br>Sustentabilidade <i>Lean</i><br>(para o tempo de vida da empresa) | Papel da gestão              | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicar mecanismos de recompensa e reconhecimento</li> <li>▪ Incentivar à melhoria contínua</li> <li>▪ Mostrar-se disponível, envolvida e visível</li> <li>▪ Estabelecer formações e programas de qualificação</li> </ul>                                                                                                           |
|                                                                               | Grupos de trabalho autónomos | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adquirir total autonomia</li> <li>▪ Apostar na melhoria contínua</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                               | Engenharia da Manutenção     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Optimização da <i>manutenção</i></li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

Tabela 14 - Plano de implementação da *Manutenção Lean* na empresa SNA Europe.

## 2.11 - Indicadores de desempenho

Foram estabelecidos alguns indicadores para monitorizar o desempenho da empresa ao nível das actividades de manutenção durante o processo de implementação do sistema de Manutenção *Lean*: tempo de avarias, eficiência global dos equipamentos, trabalho planeado e custo da manutenção. Os indicadores escolhidos, são considerados clássicos, fáceis de calcular e ajustados aos objectivos estabelecidos.

### **Indicador 1 - Tempo de avarias**

Definição: Este indicador avalia o tempo indisponível dos equipamentos devido à realização de actividades de manutenção correctiva.

Cálculo: Tempo total de paragem das máquinas por avaria dividido pelo número de máquinas.

Unidades: Horas/máquina.

Dados: Os tempos de paragem são obtidos através das folhas de produção que são preenchidas pelos operadores.

### **Indicador 2 - Eficiência global dos equipamentos**

Definição: Este indicador mede a eficácia dos equipamentos durante o seu funcionamento.

Cálculo: Disponibilidade (Tempo bruto de produção dividido pelo tempo planeado de produção e multiplicado por 100) x Desempenho (Tempo real de produção dividido pelo tempo bruto de produção e multiplicado por 100) x Qualidade (Tempo útil de produção dividido pelo tempo real de produção e multiplicado por 100).

Unidades: Percentagem.

Dados: Os tempos de paragem são obtidos através das folhas de produção que são preenchidas pelos operadores.

### **Indicador 3 - Trabalho planeado**

Definição: Este indicador mede a atitude proactiva da Manutenção.

Cálculo: Tempo dedicado às actividades de manutenção planeada dividido pelo tempo total de actividades de manutenção e multiplicado por 100.

Unidades: Percentagem.

Dados: Todos os tempos são obtidos pelo sistema de ordens de trabalho.

#### **Indicador 4 - Custo da manutenção**

Definição: Este indicador mede a proporção dos custos de manutenção relativamente aos custos totais da empresa.

Cálculo: custos de manutenção dividido pelos custos totais e multiplicado por 100.

Unidades: Percentagem.

Dados: Os dados são cedidos pelo departamento de Finanças & Administração.

## **2.12 - Conclusões**

Com este trabalho, caracterizou-se o nível de implementação do TPM e desenvolveram-se quatro actividades que visam otimizar a função Manutenção. Determinou-se a prioridade de manutenção dos equipamentos, desenvolveram-se estratégias de manutenção, estabeleceu-se a forma de reduzir o tempo de reparação das falhas e analisou-se o modo de integrar as actividades de manutenção nos períodos de paragem dos equipamentos.

Um dos aspectos mais relevantes da avaliação da função Manutenção e funções de apoio foi a falta de eficiência e eficácia de algumas áreas, sendo necessário, portanto, a aplicação imediata de medidas que permitam retirar o máximo de potencialidade do sistema de Manutenção *Lean* quando este for efectivamente implementado. Algumas destas medidas foram implementadas no âmbito das actividades de optimização da manutenção, tais como: definição da prioritização dos sistemas/equipamentos, desenvolvimento dos planos de manutenção de equipamentos e desenvolvimento de um fluxo de trabalho normalizado.

O estudo de prioritização dos equipamentos mostrou que a linha de produção das limas de motosserra é crítica, já que 75% dos equipamentos apresentam uma probabilidade alta de afectar negativamente a cadeia de valor. A prioridade atribuída aos equipamentos constituiu o primeiro passo para o desenvolvimento de um sistema de manutenção optimizado e permitiu definir a ordem de realização dos eventos *Kaizen* e a prioridade no sistema de ordens de trabalho.

As estratégias de manutenção desenvolvidas assentaram na abordagem do FMEA, já que constitui uma forma simples e expedita de classificar o tipo de falha. As estratégias foram definidas em função da prioridade dos sistemas e da classe de dano das falhas pela

engenharia de manutenção, no entanto, as estratégias a aplicar serão completamente definidas após a realização dos eventos *Kaizen*.

O mapeamento da cadeia de valor focalizou-se nas actividades de manutenção correctiva porque actualmente constituem 90% das actividades de manutenção. A optimização dos processos permitiu reduzir substancialmente o tempo de resposta a uma falha e definir um fluxo de trabalho padrão. Com a implementação da Manutenção *Lean* tornar-se-á fundamental analisar a cadeia de valor, considerando também as actividades de manutenção proactivas.

A integração das actividades de manutenção nos períodos de paragem dos equipamentos é uma forma de otimizar o tempo disponível do operador e da máquina para actividades de manutenção autónoma ou preventiva. No sistema 6 analisado, foi possível integrar todo o tempo dedicado à manutenção autónoma nas paragens por falta de materiais ou avarias. Enquanto os tempos de paragens assim o permitirem, esta abordagem apresenta-se bastante interessante do ponto de vista da optimização das actividades de manutenção.

O plano de implementação da Manutenção *Lean* realizado pretende ser o guia de referência para o longo caminho a percorrer até à completa implementação deste sistema na empresa *SNA Europe*.

## Bibliografia

- [1] Tibor, L. Jung; Edward, J. “Ed” Stanek, Jr.; *A Survival Guide for Impending Cost Reduction*; 2009; pp. 1-6.
- [2] *Lean Maintenance: Best Practices to Turn Asset Management Into a Profit-Center*; Infor Corporate Headquarters; 2007; pp. 1-8
- [3] Kannan, Soundararajan; Li, Yanzhen; Ahmed, Naveed; El-Akkad, Zeid; *Developing A Maintenance Value Stream Map*; University of Tennessee, Knoxville; pp. 1-8.
- [4] Cooper, Howard; *Lean Maintenance Maximizes Cost Savings*; The Society of Manufacturing Engineers ; 2004; pp. 16-17.
- [5] Smith, Ricky; Hawkins, Bruce; *Lean maintenance: reduce costs, improve quality, and increase market share*; Life cycle engineering; 2004.
- [6] Noon, K. Randall; *Viewpoint: Root-Cause Your Successes*; 2010; pp. 1-2.
- [7] Greenough, C. Davies; *Measuring the effectiveness of lean thinking activities within maintenance*; pp 1-9.
- [8] Da Silva, José Pedro; *OEE - A Forma De Medir A Eficácia Dos Equipamentos*; Disponível em [www.freewebs.com/leanemportugal](http://www.freewebs.com/leanemportugal); pp. 1-15.
- [9] LAI Reliability Systems, Inc.; *Prospering in a Leaner Maintenance Environment*; 2009; pp. 8.
- [10] Ahuja, I.P.S.; Khamba, J.S.; *Total productive maintenance: literature review and directions*; Punjabi University, Patiala, India; International Journal of Quality & Reliability Management; 2008; pp. 715
- [11] Da Silva, José Pedro; *O Mapeamento De Fluxo De Valor Da Manutenção, Reparação E Revisão (MRO)*; [www.freewebs.com/leanemportugal](http://www.freewebs.com/leanemportugal); pp. 1-9.
- [12] Finigan, Tim; Humphries, Jim; *Maintenance: Synergies for step change*; Industrial Engineer; 2006; pp. 26-31.
- [13] Wiegand, Bodo; Langmaak, Ralf; Baumgarten, Thomas; *Lean Maintenance System*; Lean Management Institut Stiftung; 2005.