



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Implementação de um Sistema Avançado TPM na Área de Injecção de Moldes

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica na Especialidade de Produção e Projecto

Autor

Jorge Amílcar da Silva Quaresma

Orientadores

Amílcar Lopes Ramalho

Daniel António da Silva da Fonseca

Júri

Presidente Professor Doutor José Domingos Moreira da Costa
Professor Associado c/Agreg da Universidade de Coimbra

Vogais Professor Doutor Cristóvão Silva
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Orientador Engenheiro Daniel António da Silva da Fonseca
Engenheiro na Empresa Yazaki Saltano Ovar

Colaboração Institucional



Yazaki Saltano Ovar

Coimbra, Fevereiro, 2014

Education is the most powerful weapon you can use to change the world

Nelson Mandela, 1993

Aos meus pais e irmãos

Agradecimentos

A realização da dissertação encerra mais uma etapa no meu percurso académico. Este percurso não seria possível de concretizar se não fosse o apoio de algumas pessoas. Por esse motivo deixo aqui umas palavras de agradecimento.

Ao Professor Doutor Amílcar Lopes Ramalho, por ter aceitado ser o meu orientador. Agradecer-lhe toda a ajuda, apoio e disponibilidade na realização da dissertação.

Aos Professores Doutor José Luís Afonso e Professor Doutor Cristóvão Silva, por terem contribuído de forma significativa para o bom trabalho de NEEMAAC no ano lectivo de 2011/2012.

Ao Eng. Daniel Fonseca, pela oportunidade que me deu para a realização do estágio na empresa Yazaki Saltano Ovar, e por todo o apoio dado para a realização deste trabalho.

A todos os colaboradores da Yazaki, em especial ao António Silva, Nilton Soares e Joaquim Brandão, pela receptividade que me proporcionaram na empresa Yazaki.

Aos meus amigos do Carro da queima das fitas 'ma mAQUIna MINHA, por terem feito um dos dias mais loucos da minha vida.

A todos os efectivos e colaboradores do NEEMAAC, com quem tive orgulho de trabalhar e liderar.

Aos meus colegas e amigos de casa, Miguel, Jota e Amável.

A todos os amigos com quem tive oportunidade de partilhar muitas horas da minha vida, obrigado por todo o apoio e motivação.

A todos os familiares, que sempre me ajudaram e me apoiaram.

Aos Meus avós, por todo o amor e carinho que me deram durante todo este tempo.

Ao meu cunhado, Márcio Meruje, pela amizade e por toda a ajuda.

À minha irmã, Ana Francisca, pelo carinho e apoio e também pelos cozinhados durante a ausência da mãe.

Ao meu irmão, José Pedro, pelo carinho e pelo apoio.

E por fim, aos meus dois heróis, José Manuel Gomes Quaresma e Maria Regina Ferreira da Silva Quaresma, por serem os PAIS fantásticos que são. E que além do apoio incondicional que me deram, agradeço toda a educação e valores que me transmitiram ao longo da minha vida. Obrigado pela oportunidade que me deram para concretizar este sonho.

Resumo

O objectivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema avançado TPM na Área de Injecção de Moldes na Yazaki Saltano-Ovar, reestruturando o sector na manutenção e tornando-o mais eficaz e eficiente perante a existente realidade a que está sujeito.

A grande pressão que existe neste sector por parte da produção deste tipo de empresas faz com a manutenção não actue da melhor maneira tendo tendência a agir de uma forma correctiva e não de forma preventiva.

Durante o tempo de estágio curricular foram identificadas as várias falhas existentes no serviço de manutenção da Yazaki sector dos moldes. Essas falhas são essencialmente na estrutura organizativa da manutenção, não existindo um planeamento eficaz das intervenções feitas pelos técnicos de manutenção.

Ao longo da dissertação vão ser apresentadas várias propostas para melhorar o funcionamento da manutenção da Yazaki sector dos moldes.

Palavras-chave: TPM, PMP, PMA, Manutenção, Análise de Falha, Gestão de Stock.

Abstract

The main objective of this work is to develop an advanced system TPM in the area of mold injection at Yazaki Saltano Ovar, restructuring the maintenance section, making it capable and efficient tours the existing reality that it is subjected to.

The large pressure existing in this sector, originated by the production of this type of companies, doesn't permit the maintenance to act on its failure capabilities; therefore, it is importance to act in a corrective form instead of preventive.

During some time of the curricular internship, various failures were detected in the maintenance service of mold sector of Yazaki. These faults are essential for the organization structure of maintenance, once no effective planning on the interventions is done by maintenance technicians.

During this dissertation, various proposals will be presented to improve the maintenance functioning of the mold sector at Yazaki.

Keywords TPM, PMP, PMA, Maintenance, Failure analyses, stock management.

Índice

| | |
|--|------|
| Índice de Figuras | vi |
| Índice de Tabelas | vii |
| Siglas | viii |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. Organização da dissertação | 1 |
| 2. Manutenção | 3 |
| 2.1. TPM – O <i>Total Productive Maintenance</i> | 4 |
| 2.1.1. Objectivos do TPM | 5 |
| 2.1.2. Os 8 Pilares do TPM | 7 |
| 2.2. Manutenção nas indústrias de componentes para automóvel | 9 |
| 3. Formação e início dos Trabalhos | 10 |
| 3.1. Realização de Tarefas Iniciais na Empresa Yazaki | 10 |
| 3.1.1. Análise dos Dados provenientes dos registos da Produção | 11 |
| 3.1.2. Análise de Dados da Manutenção | 12 |
| 3.2. Resultados da Recolha de Dados | 16 |
| 4. Situação Actual do Serviço de Manutenção | 18 |
| 4.1. Estrutura da Manutenção no Sector dos Moldes | 18 |
| 4.2. Forma de Acção da Equipa de Manutenção | 20 |
| 4.2.1. Intervenções Preventivas da Manutenção | 23 |
| 4.3. Parque de Equipamentos | 25 |
| 4.4. Semana Amarela | 26 |
| 5. Propostas a Implementar | 27 |
| 5.1. Manutenção Técnica | 27 |
| 5.1.1. O PMP | 28 |
| 5.1.2. O PMA | 30 |
| 5.1.3. O que é que se pretende com o PMA | 36 |
| 5.1.4. Código de Avaria | 37 |
| 5.1.5. Ficha de Análise de Falha | 39 |
| 5.1.6. Folha de Operação Standard | 41 |
| 5.2. Manutenção de Processo | 42 |
| 5.3. Resultados da Implementação | 43 |
| 6. Análise Crítica e Trabalhos Futuros | 44 |
| 6.1. Recomendações e Trabalhos Futuros | 45 |
| Referências Bibliográficas | 46 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 Objectivo da Manutenção Autónoma..... | 8 |
| Figura 3.1 Número de avarias Vs Tempo de Reparação da Linha A | 13 |
| Figura 3.2 Número de avarias Vs Tempo de Reparação da Linha B | 14 |
| Figura 3.3 Número de avarias Vs Tempo de Reparação da Linha C | 15 |
| Figura 3.4 Número de avarias Vs Tempo de Reparação da Linha D | 16 |
| Figura 4.1 Organograma do sector dos moldes | 19 |
| Figura 5.1 Folha do PMA | 31 |
| Figura 5.2 Autocolantes presentes nas máquinas | 32 |
| Figura 5.3 Folha de registo do PMA | 33 |
| Figura 5.4 Armário de ferramenta do PMA | 35 |
| Figura 5.5 Botão de Emergência danificado | 36 |
| Figura 5.6 Roda fora da calha..... | 37 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 4.1 Número de intervenções da manutenção no ano 2013 | 25 |
| Tabela 5.1 Simbologia a utilizar no registo do PMA | 34 |
| Tabela 5.2 Código de Avaria | 38 |

Siglas

TPM – *Total Productive Maintenance*

PMP – Plano de Manutenção Preventiva

PMA – Plano de Manutenção Autônoma

JIT – *Just in Time*

PM – *Preventive Maintenance*

TQC – *Total Quality Control*

JIPM – *Japan Institute of Plant Maintenance*

TPS – *Toyota production system*

NYS – *New Yazaki System*

OEE – *Overall Equipment Efficiency*

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação, que visa a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, foi realizada sob forma de estágio curricular, em ambiente industrial na empresa Yazaki Saltano Ovar. O tema da dissertação compreendeu a implementação de um sistema avançado de TPM (*Total Productive Maintenance*) na área de injeção de moldes.

Sabendo que Portugal atravessa uma crise económica bastante severa, o contributo deste tipo de empresas multinacionais, é fundamental para o crescimento da nossa economia. Sabe-se que estas empresas multinacionais têm grande facilidade em se deslocarem para qualquer parte do globo. Porém, constata-se que uma das razões para a sua permanência em Portugal é, quer queiramos quer não, o custo de mão-de-obra ser mais baixo relativamente a outros países bastante próximos. Deste modo, o preço de mão-de-obra aumenta a competitividade das empresas portuguesas, mas não o suficiente. Por isso todos os processos que sejam implementados numa empresa e que tragam benefícios financeiros, serão sempre bem-vindos.

1.1. Organização da dissertação

A presente dissertação divide-se em duas partes fundamentais:

A primeira parte é constituída por dois capítulos. No capítulo 2 será feita uma introdução à manutenção, uma descrição aprofundada da evolução do TPM mostrando quais os objectivos da implementação do TPM, e ainda de como funciona a manutenção neste tipo de indústrias. Por sua vez, no Capítulo 3, trata-se a formação e início dos trabalhos, onde está descrito todas as etapas de preparação para a realização do trabalho. Essa preparação teve início com uma formação das regras de higiene e segurança no trabalho aplicadas na empresa e a formação do processo produtivo do sector dos moldes da Yazaki Saltano.

A segunda parte é por sua vez constituída por quatro capítulos. No primeiro capítulo desta parte, o capítulo 4, está descrito a situação em que se encontra o serviço de manutenção no sector dos moldes da Yazaki, explicando minuciosamente o funcionamento e a forma de actuar desse mesmo serviço. No capítulo 5 estão descritas todas as propostas para organizar a forma de actuar da manutenção, essas propostas têm como objectivo fundamental a redução de custos com a manutenção no sector dos moldes. Neste capítulo estão ainda descritos os resultados da implementação de todas as propostas apresentadas.

Por fim, no capítulo 6, é feita uma análise crítica ao actual serviço de manutenção da Yazaki sector dos moldes, são ainda feitas várias recomendações com o objectivo de melhorar o funcionamento da manutenção.

2. MANUTENÇÃO

Segundo Cabral J.P.S. (2006), pode definir-se manutenção como o *conjunto das acções destinadas a assegurar o bom funcionamento das máquinas e das instalações, garantindo que elas são intervencionadas nas oportunidades e com alcance certos, por forma a evitar que avariem ou baixem de rendimento e, no caso de tal acontecer, que sejam repostas em boas condições de operacionalidade com a maior brevidade, tudo a um custo global optimizado.*

Este será então o objectivo fundamental de como a manutenção deverá funcionar numa indústria.

A manutenção teve uma evolução bastante grande a partir dos anos 30 antes do início da Segunda Guerra Mundial. Até esta data, a indústria utilizava equipamentos sobredimensionados, simples e pouco mecanizados. Nesta altura a manutenção era, fundamentalmente correctiva, de acordo com a conjuntura económica da época uma vez que a questão da produtividade não era uma prioridade tida pelas empresas existentes.

O aumento da importância da manutenção dá-se no período entre o pós-guerra até aos anos 60. A necessidade de aumentar a produtividade cresceu de forma considerável e ao mesmo tempo a mão-de-obra industrial diminuiu sensivelmente. As indústrias sentiram a necessidade de aumentar a mecanização dos seus equipamentos e a complexidade das linhas de produção. A partir desta altura evidencia-se um aumento na necessidade de uma maior disponibilidade de todos os equipamentos existentes na indústria e a produção ficou cada vez mais dependente do bom funcionamento das máquinas. Nesta altura surgiu o conceito de manutenção preventiva e a ideia de que as falhas nos equipamentos poderiam ser evitadas ganha cada vez mais força, começando as intervenções nos equipamentos a serem feitas de modo sistemático com um intervalo fixo.

Já no final da década de 60, inícios da década de 70, acentuou-se o processo de mudança na indústria, e o aparecimento de conceitos *Just-in-Time* vieram impor no sector da produção uma pressão cada vez maior. Observou-se um enorme aumento de mecanismos automatizados e das taxas de produção e conseqüentemente houve um maior

aumento de falhas, foi nesta altura que o conceito de previsão de falha se tornou cada vez mais importante.

2.1. TPM – O *Total Productive Maintenance*

Total Productive Maintenance, comumente designado por TPM, é um conceito recente que na nossa língua é conhecido como manutenção produtiva total, e que teve início no Japão na década de 70.

Em 1950, *Seiichi Nakajima*, iniciou o estudo da manutenção preventiva Americana (*Preventive Maintenance-PM*), pois até esta data a indústria japonesa trabalhava apenas com conceitos de manutenção correctiva, isto é, agir após a ocorrência da falha do equipamento ou máquina. Este modo de acção representava uma das grandes falhas da indústria japonesa, uma vez que além de provocar um grande aumento nos custos baixava a qualidade do produto final.

Na década de 60 com o aparecimento de equipamentos cada vez mais automáticos, algumas empresas japonesas evoluíram da *PM (Preventive Maintenance)*, para uma primeira abordagem à Manutenção Produtiva. A manutenção produtiva envolve apenas os departamentos de produção, e é levada à prática pelos operadores de produção, uma vez que as equipas de manutenção já não tinham capacidade humana para fazer face ao elevado número de problemas. Deste modo, os operadores passaram a ter um papel mais activo no bom estado de funcionamento da máquina, ajudando assim a manutenção, executando pequenas operações de manutenção rotineiras, como limpeza, inspecção, e lubrificação e ainda reparação de pequenas e simples anomalias.

Seiichi Nakajima combinou as ideias que já tinha desenvolvido sobre manutenção, com os conceitos de *Total Quality Control (TQC)* envolvendo ainda mais os colaboradores de cada empresa, desenvolvendo assim o TPM, que se tornou no sistema que tem revolucionado não só a manutenção mas também a indústria a nível global. Com base nestes novos conceitos, a Manutenção Produtiva, que apenas envolvia os departamentos de produção, passou a Manutenção Produtiva Total, envolvendo agora todos os departamentos das empresas, aumentando a eficácia organizativa de toda a empresa.

A partir de 1971, no Japão e pelas mãos de Nakajima, começou a ser implementado o TPM. A maior diferença entre a manutenção preventiva, que *Nakajima* importou dos EUA, e o TPM prende-se com o facto de que nos EUA as equipas de manutenção de cada empresa, limitavam a sua acção à prática da manutenção, por sua vez, as empresas Japonesas, que já tinham a TPM implementada, envolviam a participação de todos os colaboradores.

No mês de Setembro de 1987, *Seiichi Nakajima* liderou uma missão que realizou um estudo nos EUA sobre manutenção. *Nakajima* e a sua equipa fizeram várias apresentações sobre TPM a diversas empresas que de imediato revelaram interesse na sua implementação.

Cinco anos depois de ter publicado o livro TPM *Nyumon* (edição original do Livro *Introduction to TPM*), de *Nakajima*, publicado em 1984 no Japão, pelo *Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM)*, os conceitos do TPM começaram a ser aplicados um pouco em todo o mundo, devido ao sucesso alcançado com a implementação deste sistema.

Para se ter uma ideia do sucesso alcançado com a implementação do TPM entre 1971 e 1982, o prémio de excelência na implementação do TPM, foi atribuído a 51 unidades industriais, e de 1982 a 1988, foi atribuído a 65 empresas. Do universo de 116 empresas que receberam este prémio, sessenta por cento pertenciam ao grupo Toyota e seus fornecedores, mostrando uma ligação cada vez mais evidente entre o *Just in Time (JIT)* e o TPM. O TPM continua a ser cada vez mais adoptado no mundo da indústria, não só nas indústrias que estão associadas ao ramo automóvel, mas também por indústrias e empresas de outros ramos.

2.1.1. Objectivos do TPM

Este capítulo foi retirado praticamente na íntegra do livro de Cabral J.P.S. (2006) estes dados são baseados na experiência adquirida por Nakajima Seiichi (1988) e refletem o ideal depois da implementação do TPM.

Optou-se por fazer a integração destes conceitos neste capítulo, para que se possa perceber o objectivo do TPM e dar suporte a assuntos discutidos nos capítulos seguintes.

O principal objectivo do TPM é a eliminação de falhas e quaisquer outras formas de desperdício, e deste modo, potenciar ao máximo a eficiência das máquinas ou equipamentos através do envolvimento de todos os sectores da empresa.

A procura constante do aumento da eficiência dos equipamentos, é uma das grandes características do TPM. O *Overall Equipment Efficiency* OEE é calculado para um dado período de tempo. Este indicador é dado pelo produto dos seguintes factores

Em que:

$$OEE = Disponibilidade * Performance * Qualidade \quad 2.1)$$

Onde:

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo total de Produção} - \text{Tempo de Paragens}}{\text{Tempo Total de Produção}} \quad 2.2)$$

Ou

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de Operação}}{\text{Tempo Total de Produção}} \quad 2.3)$$

$$Performance = \frac{\text{Quantidade Produzida} * \text{Tempo de Ciclo real}}{\text{Tempo de operação}} * \frac{\text{Tempo de ciclo ideal}}{\text{Tempo de ciclo real}} \quad 2.4)$$

Ou

$$Performance = \frac{\text{Quantidade produzida} * \text{Tempo de Ciclo ideal}}{\text{Tempo de operação}}, \quad 2.5)$$

$$Qualidade = \frac{Produção\ Total - Produção\ Defeituosa}{Produção\ Total}, \quad 2.6)$$

O objectivo do OEE é

Disponibilidade > 90%

Performance > 95%

Qualidade > 99%

Em que o valor ideal de OEE deverá ser de 85%.

Os valores apresentados referem-se aos valores ideais designados por Nakajima Seiichi (1988) aquando da sua experiência.

2.1.2. Os 8 Pilares do TPM

Para que o TPM tenha sucesso na sua implementação terá de possuir um conjunto de conceitos bem consolidados no seio da instituição:

- Melhorias contínuas das máquinas;
- Manutenção autónoma;
- Manutenção planeada;
- Controlo de qualidade;
- Higiene e segurança no trabalho;
- Formação e educação;
- Departamentos administrativos;
- Manutenção da qualidade;

A implementação destes oito pontos nas empresas constitui-se como fundamental para a garantia de funcionamento do TPM e dos seus objectivos. Com estes 8 pontos bem implementados, é quase garantido que os objectivos do TPM serão alcançados.

2.1.2.1. Manutenção Autónoma

Entre os oito pilares fundamentais designados anteriormente existe um que se apresenta como fundamental para o alcance dos objectivos do TPM. Falamos da

manutenção autónoma, que se constitui como uma parte fundamental de todo o processo TPM, e que é o primeiro modo de conseguir existir um tratamento preventivo nas avarias.

O operador, devido ao seu contacto diário com as máquinas, é quem melhor conhece o equipamento, conseguindo-se aperceber de pequenas anomalias que mais ninguém conseguirá. Portanto, são os operadores quem pode tomar medidas preventivas básicas necessárias para o bom funcionamento do equipamento. Estas medidas deverão ser simples como, por exemplo, operações de inspeção, limpeza e lubrificação, para que possam ser colocadas em prática por profissionais sem formação específica em manutenção.

O operador passará a ter um papel fundamental na manutenção da máquina, onde uma simples inspeção poderá ter um enorme impacto na prevenção da falha ou avaria.



Figura 2.1 Objectivo da Manutenção Autónoma

2.2. Manutenção nas indústrias de componentes para automóvel

Devido à elevada pressão por parte da produção, especialmente em empresas que laboram em contínuo, a manutenção neste tipo de indústrias tende a actuar essencialmente de forma correctiva, ou seja, a manutenção é destinada a corrigir as avarias que vão ocorrendo. Este método tem como vantagem só existirem paragens se ocorrerem avarias, mas dependerá sempre do acaso; isto é, se num dia de trabalho podem ser solicitadas quatro ou cinco reparações, em outros dias já poderão ser dez vezes mais. Isto leva a graves problemas de planeamento com dificuldade de regular a carga de trabalho e sobretudo poderá levar a um elevado número de tempo de espera para reparação.

Este tipo de método de actuação levanta outros problemas, o diálogo entre a produção e manutenção é praticamente inexistente, e os conflitos entre os dois sectores intensificam-se. Estas situações só prejudicam a instituição.

3. FORMAÇÃO E INÍCIO DOS TRABALHOS

Ao iniciar o trabalho no sector dos moldes da Yazaki Saltano Ovar, houve necessidade de passar por um processo de formação sobre as regras e normas de funcionamento da empresa. A formação incidiu sobre todas as regras existentes na Yazaki, começando pelas regras de higiene e segurança, passando pelo 5S até ao *New Yazaki System* (NYS). O 5S consiste em simplificar o ambiente de trabalho, reduzir o desperdício, eliminar as actividades que não acrescentam valor, aumentar a segurança do posto de trabalho e obter um melhor nível de qualidade e eficiência. A designação deriva da terminologia nipónica

1. *Seiri*. Organização: separar o que é necessário do que não é necessário.
2. *Seiton*. Sistematização: colocar cada objecto em local definido.
3. *Seiso*. Limpeza: manter o local de trabalho limpo, verificar a área de trabalho.
4. *Seiketsu*. Normalização: manter o local de trabalho limpo e arrumado.
5. *Seitsuke*. Autodisciplina: manter os 4S anteriores.

Por fim, O NYS é um sistema baseado no *Toyota Production System* (TPS) e é um sistema que promove a melhoria contínua da qualidade e eficiência do trabalho.

Depois de terminada a formação sobre as regras da empresa, o trabalho passou a ser desenvolvido no sector dos moldes da Yazaki Saltano Ovar.

3.1. Realização de Tarefas Iniciais na Empresa Yazaki

Esta fase destinou-se a entender como funciona todo o processo produtivo do sector dos moldes. Foram percorridas as várias divisões deste sector: produção injeção, produção montagem, armazém / controlo de produção, melhoria do processo de injeção,

controlo de qualidade, manutenção de moldes / *tooling center* e por fim engenharia de produção, onde está inserida a manutenção. Esta fase de formação foi acompanhada pelos responsáveis de cada sector acima referido, com o objectivo de entender como funciona o processo produtivo de cada serviço do sector dos moldes da Yazaki.

Após finalizada a formação, o trabalho teve início com a análise de vários dados provenientes de registos da produção e da manutenção.

3.1.1. Análise dos Dados provenientes dos registos da Produção

Como ponto de partida analisaram-se os dados da Produção de Injecção referentes ao mês de Setembro de 2013. Analisaram-se os registos de paragens de todas as máquinas de injecção, sejam essas paragens originadas por avarias, por alteração de parâmetros de injecção ou por paragens de processo. O registo foi realizado numa folha A4 que se encontra junto de cada máquina.

Uma das primeiras dificuldades foi o tratamento dessa mesma informação, causada pelo facto do registo ser manuscrito e de ter uma enorme quantidade de informação num pequeno espaço para o registo. Em cada linha dessa folha tinha de constar a rúbrica do operador, a hora da paragem, a hora em que a máquina voltou a estar operacional, o tempo de paragem, o código de paragem e por fim uma pequena explicação do sucedido isto caso o operador sinta a necessidade de o explicar. Trata-se então de uma enorme quantidade de informação a ser colocada apenas numa linha de uma folha A4.

Esta análise permitiu de imediato perceber que os dados de eficiência fornecidos pela produção, não eram adequados, pois a margem de erro na interpretação e na transição para formato digital é bastante grande. Por exemplo, na linha B que tem 21 máquinas de injecção, em função da análise dos registos, teve um tempo de paragem acumulado de 824 horas. Contudo ao analisar cuidadosamente os dados verificou-se que o valor real tinha sido de 943 horas, existindo um desvio de 12,5%, o que prova que a eficiência apresentada pela produção não era correcta. Embora pareça um valor extremamente elevado, de 943 horas, ao dividir pelo número de máquinas, 21, e pelo número de dias de trabalho, 30, obtemos um valor de 1 hora e 30 minutos de paragem por

dia de cada máquina de injeção da linha B, durante os três turnos diários de produção. Para além da linha B efectuou-se um tratamento idêntico para a linha A com 15 máquinas, para a linha C, com 19, e para a linha D, com 17 máquinas. O caso onde a diferença entre os dados fornecidos pela produção e os que foram obtidos nesta análise foi máxima, aconteceu na linha C, onde a diferença foi de cerca de 148 horas.

Embora limitado à análise da informação de um único mês, como a amostra é grande (um total de 72 máquinas), este estudo poderá permitir analisar os ganhos que se poderão obter quando a manutenção vier a fazer-se com uma paragem semanal de cada linha para realizar pequenas verificações.

3.1.2. Análise de Dados da Manutenção

Em seguida analisaram-se os dados provenientes dos registos da manutenção. Extraindo da base de dados da manutenção os registos de reparações feitos no mês de Setembro de 2013, iniciou-se o processo de identificação, para cada linha, das máquinas onde ocorreram o maior número de avarias e quais as máquinas que tiveram um maior tempo de reparação.

Para isso foi definido um target, este target foi definido como o mínimo aceitável, quanto ao número de avarias bem como o tempo de reparação. Na linha A, por se tratar de máquinas de menores dimensões, e deste modo com menos componentes, foi estabelecido um target de 2 avarias vs 60 minutos de reparação por máquina. Nas restantes linhas, B, C, D, o target foi de 2 avarias vs 120 minutos de reparação, também por máquina.

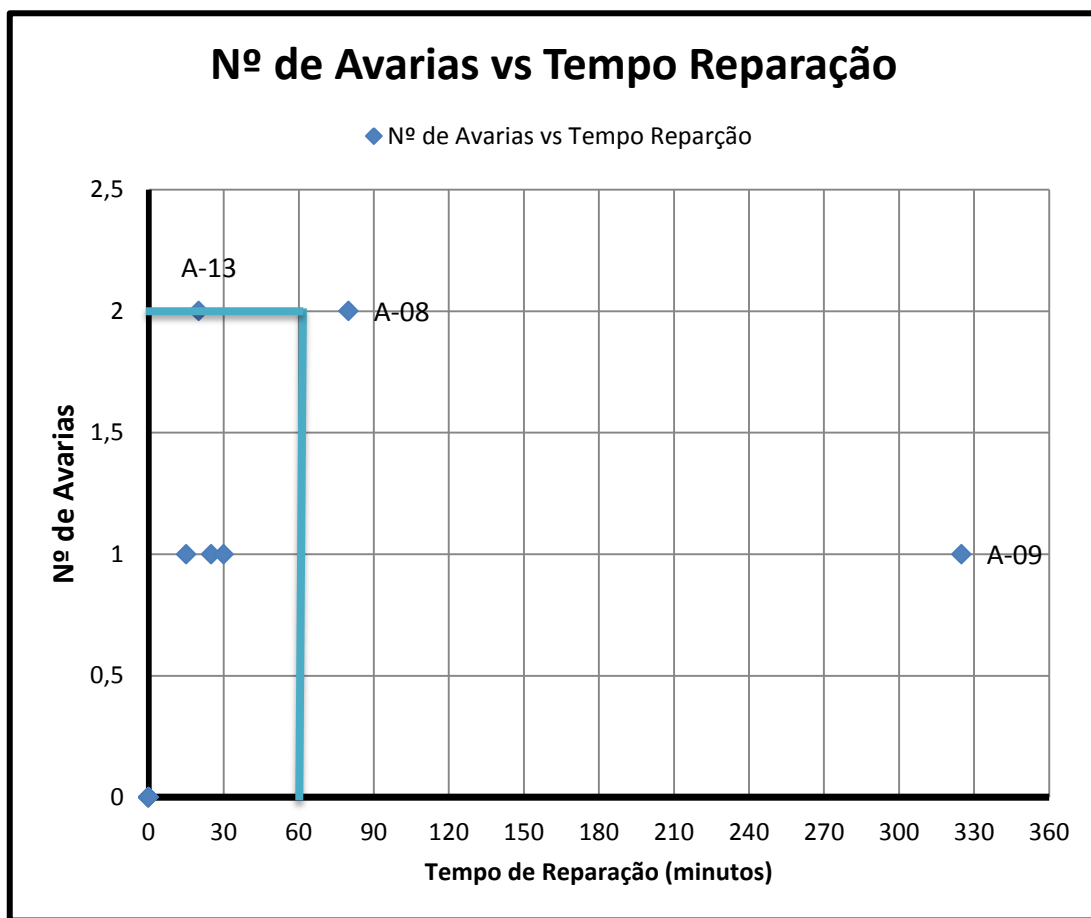


Figura 3.1 Número de avarias Vs Tempo de Reparação da Linha A

Esta análise permite perceber quais foram as máquinas que necessitaram de mais intervenções durante o mês de Setembro. Reparou-se que na linha A existe uma máquina que teve uma avaria cuja reparação demorou cerca de 5 horas e 20 minutos.

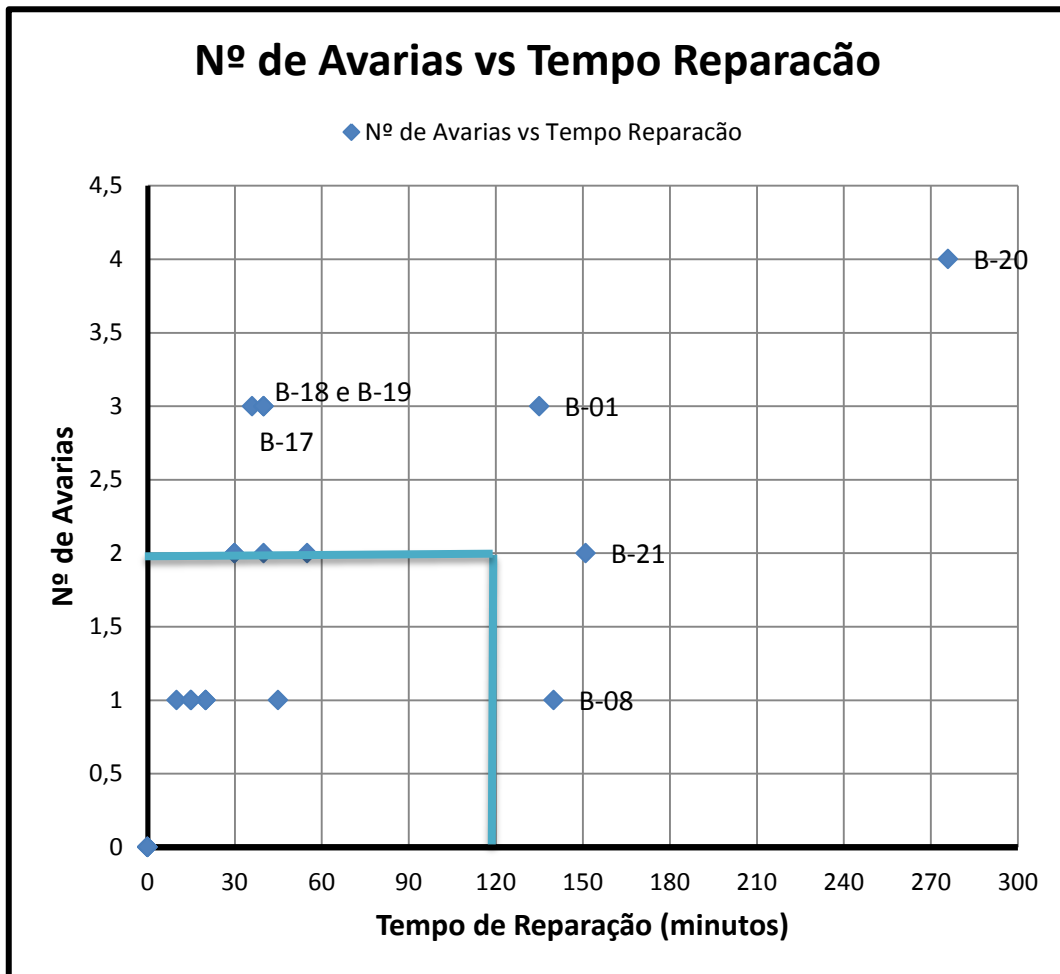


Figura 3.2 Número de avarias Vs Tempo de Reparação da Linha B

Na linha B existe um número enorme de máquinas fora do target definido. Cerca de 7, sendo a máquina B-20 a mais preocupante. Uma análise mais detalhada das avarias da máquina, B-20, permitiu concluir que todas as avarias desta máquina ocorreram no Robot.

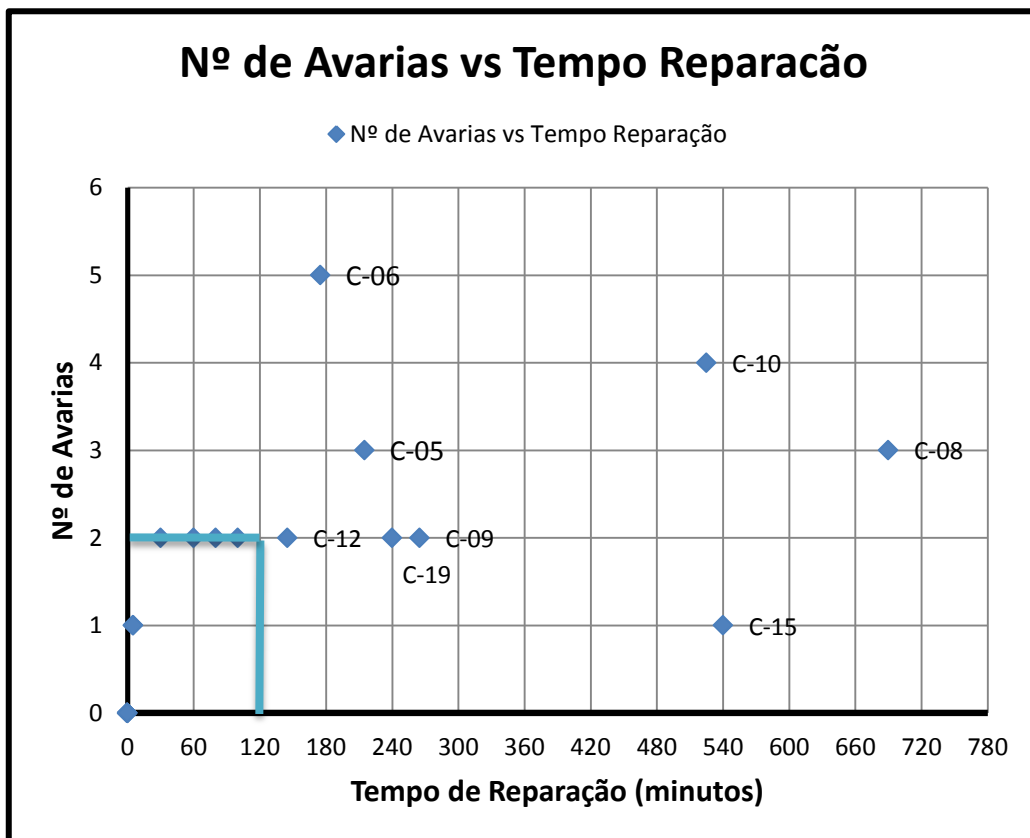


Figura 3.3 Número de avarias Vs Tempo de Reparação da Linha C

Na linha C verifica-se que existem 8 máquinas fora do target. A maior incidência de avarias nesta linha localiza-se na máquina de injeção. É de salientar que é esta linha integra as máquinas mais antigas.

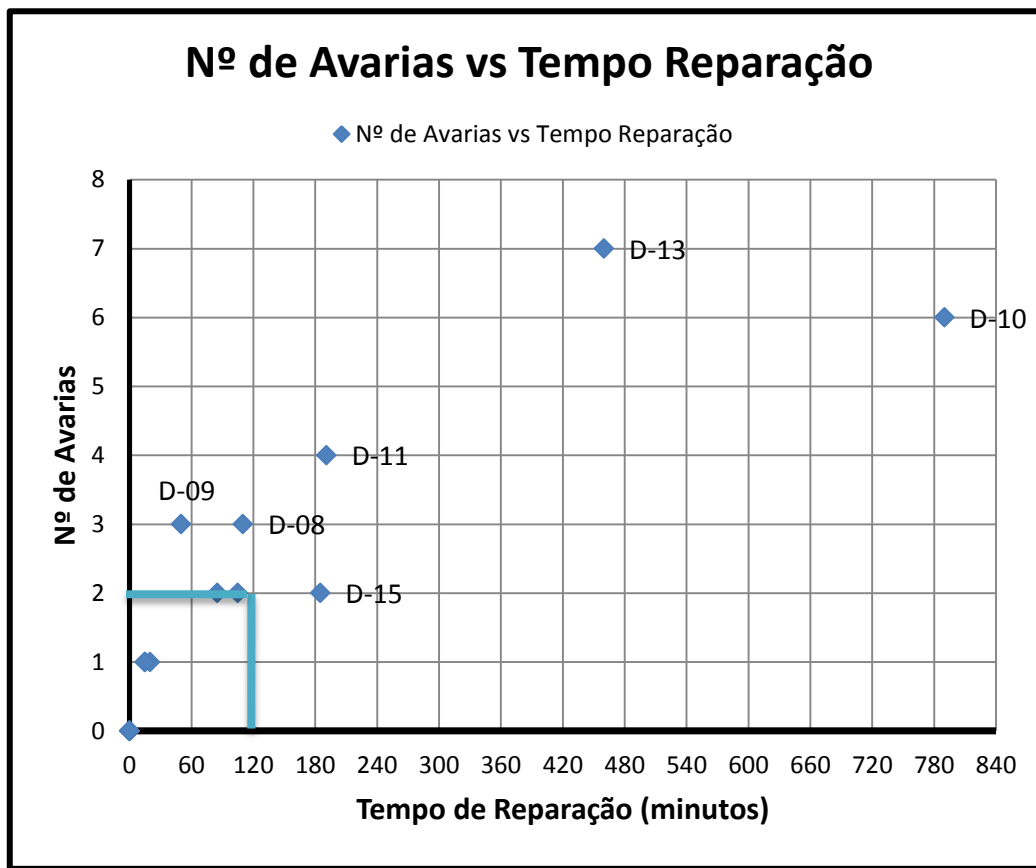


Figura 3.4 Número de avarias Vs Tempo de Reparação da Linha D

A análise da linha D voltou a revelar um número elevado de máquinas que se situam fora do target considerado desejado. Porém, ao contrário do que aconteceu na linha C, nesta linha é no robot que se localiza a maioria das intervenções. Esta situação deve-se ao facto de nesta linha existirem robots de uma marca diferente, que provam ter uma fiabilidade mais reduzida.

3.2. Resultados da Recolha de Dados

Estes dados permitiram identificar as máquinas mais problemáticas do parque de equipamentos da Yazaki no sector dos moldes. E, conseqüentemente, com uma análise mais detalhada foi possível saber quais os componentes mais problemáticos.

Verificou-se que o sistema de registo praticado não é adequado pois além de conduzirem a valores dos tempos totais de paragem muito pouco precisos, não permitem uma interpretação clara para suportar a evolução para registo informático. Assim, a instalação de um sistema informático de controlo de produção, permitiria um registo mais preciso e um cálculo eficiente dos períodos de paragem. Contudo, se o sistema for mais abrangente e integrar ferramentas de controlo da manutenção conduzirá a ganhos inequívocos de gestão integrada.

4. SITUAÇÃO ACTUAL DO SERVIÇO DE MANUTENÇÃO

O serviço de manutenção da Yazaki Saltano – Sector dos Moldes é um serviço que se encontra desactualizado em face das necessidades que lhe são exigidas actualmente pelo sector da produção. A falta de técnicos poderá ser uma razão, mas contudo existem outros problemas no seio da organização da manutenção. A manutenção na Yazaki encontra-se dividida em método, planeamento e execução, onde os principais problemas se situam nos dois primeiros sectores da organização.

4.1. Estrutura da Manutenção no Sector dos Moldes

Na figura 4.1 está representado um organograma do sector dos moldes da Yazaki. Este organograma refere-se somente à área da manutenção do sector dos moldes da Yazaki.

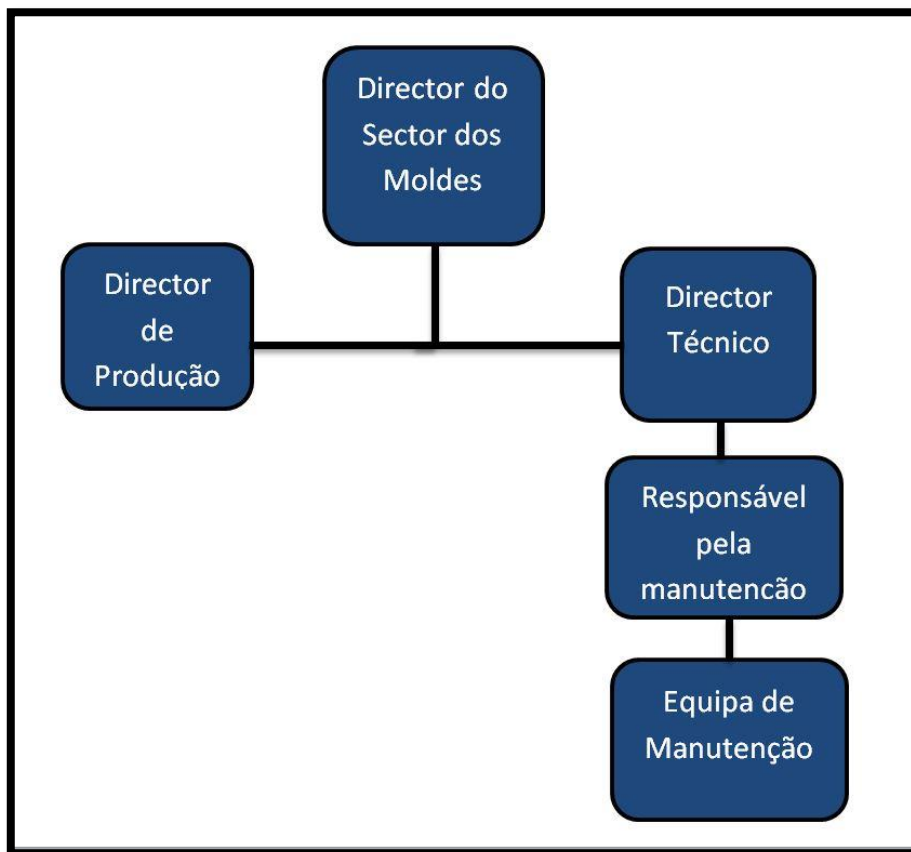


Figura 4.1 Organograma do sector dos moldes

O servio de manuteno na Yazaki Saltano – Sector dos Moldes, conta com 7 técnicos especializados. Estes 7 técnicos encontram-se divididos em 3 turnos, da seguinte maneira: 4 elementos laboram no turno de dia, das 08 horas da manh até as 17 horas, 2 elementos laboram no turno da tarde, das 17 horas até as 01 horas, e 1 elemento das 01 horas até as 08 horas da manh.

Diariamente existe uma reunio de transio de turno que tem como principal objectivo a passagem de informao de reparaoes que esto a decorrer e que no foram finalizadas no tempo til pelo turno anterior. Esta reunio permite que a reparao seja finalizada pela equipa que se segue, servindo também para informar do que foi feito até ao momento, e por fim dar conta de algumas reparaoes que necessitem ser realizadas.

Um dos 7 colaboradores da manuteno é o líder da equipa, que tem como responsabilidade no s, a coordenao e orientao dos trabalhos da sua equipa, mas também a participao diria nas reunioes gerais. Estas reunioes gerais ocorrem todas as manhs com a presena do director do sector e de todos os líderes das diferentes equipas

que constituem o sector dos moldes (Engenharia de Manuteno, Manuteno de Moldes, Qualidade, Montagem, Produo e Melhoria do Processo de Injeco). Esta reunio tem como principal finalidade a transmisso de informaoes, afinar a coordenao dos diferentes sectores e definir estratgias de aco para as horas/ dias que se seguem.

Existe ainda uma pessoa que  responsvel pela manuteno. Essa pessoa tem como responsabilidade fazer o planeamento das intervenoes preventivas coordenando-as com as paragens de produo.  tambm de sua responsabilidade garantir que a equipa de manuteno tem todos os recursos disponveis para a concretizao tarefas sem limitaoes, passa pela encomenda de material para armazm e de toda a ferramenta necessria para efectuar as reparaoes.

Por fim, na ltima sexta-feira de cada ms a equipa de manuteno realiza uma reunio onde esto presentes todos os elementos da equipa de manuteno, o responsvel da equipa de manuteno e ainda o director tcnico do sector dos moldes. Esta reunio serve para o director tcnico se inteirar do estado dos equipamentos, que foram reparados e planear operaoes para o ms seguinte.

4.2. Forma de Aco da Equipa de Manuteno

Por cada dois operadores existe um carro de ferramenta devidamente equipado para efectuar as reparaoes do dia-a-dia. Cada carro tem dois tcnicos fixos que so responsveis pelo mesmo. Existe ainda um carro de maiores dimensoes utilizado para a reparao de componentes de maior dimenso como por exemplo, a substituio de cilindros de injeco. Este carro  tambm utilizado sobretudo nas intervenoes preventivas que esto previamente programadas. Tudo isto d um total de 5 carros de ferramenta, garantindo desta maneira que no turno de dia, o turno com mais elementos a trabalhar em simultneo, todos os tcnicos tm um carro para executar as reparaoes. Contudo, devo referir que esta situao so foi implementada em dezembro de 2013. At ento existiam apenas 2 carros para toda a equipa de manuteno, e esta situao impedia por vezes a rpida reparao das avarias.

A grande maioria das intervenes realizadas pela equipa de manuteno so do tipo curativo. As intervenes curativas so requeridas pelos operadores das mquinas atravs de uma folha de pedido de reparaco; esta folha, manuscrita  colocada numa caixa junto da diviso de manuteno. O facto de a folha ser manuscrita levanta logo uma enorme limitao, como j referimos, comeando pela caligrafia, que por vezes  bastante difcil de entender, at  descrio / identificao da avaria, que nem sempre  feita na mesma maneira pois no existe uma uniformizao na descrio da avaria. Isto leva muitas vezes a que o tcnico de manuteno tenha de procurar o operador que efectuou o pedido de reparaco, para que o mesmo o ajude a esclarecer o problema.

Depois de efectuada a reparaco o tcnico da manuteno ter de efectuar um registo na base de dados informatizada da manuteno. Nesse registo o tcnico ter de colocar a hora do pedido de reparaco, o local da avaria, o tipo de mquina, identificar a mquina, a hora do incio de reparaco, a hora do fim da reparaco, descrever a avaria. E, por fim, realizar uma descrio da reparaco, onde automaticamente ser calculado o tempo de espera (tempo entre a entrega do pedido e o incio da reparaco).

Uma pequena anlise feita aos registos revelou que mesmo dentro da equipa de manuteno no existia uma uniformizao na descrio da avaria, o que dificulta em muito a comunicao no seio da equipa. A falta de rigor na elaborao dos registos foi identificada de imediato. A ttulo de exemplo existiam registos com as seguintes descries:

Avaria: “*Rudo estranho*” - **Reparaco:** “*Eliminou-se o rudo*”.

Avaria: “*Fuga de gua*” - **Reparaco:** “*Reparou-se a fuga de gua*”

Este tipo de registos torna-se intil, no caso de se desejar efectuar um levantamento do histrico de avaria para cada mquina, tornando-se praticamente impossvel entender se existe uma avaria que se repete com elevada frequncia, impedindo assim a procura de uma soluo de melhoria para resolver o problema. Na grande maioria dos registos, no se fazia referncia ao componente que tinha avariado, nem se indicavam que materiais de haviam utilizado para reparar a avaria, no h registo de sada de material do stock.

A falta de bons registos de avaria levanta outra dificuldade que  na formao de novos tcnicos, que por falta de experincia, podem no saber reparar um determinado tipo de avaria tendo de recorrer a um colega com mais experincia para o ajudar na

reparao, acrescentando assim dois problemas. O aumento de tempo da reparao e obrigar o colega a interromper o seu trabalho para o ajudar. Este tipo de situao poderia ser evitado se existisse uma Folha de Operao Standard. Folhas de operao Standard, funcionam como normas de trabalho, que contem toda a informao necessria de como deve ser efectuada a reparao de um determinado componente, nessa folha contem um registo fotogrfico do componente e uma descrio minuciosa de como deve ser efectuada reparao

Na situao actual, uma vez resolvida uma avaria, d-se como encerrado o processo, tenha ela causado uma paragem de 5 minutos ou de 2 horas ou mais. No existe a preocupao em tentar saber o que se passou para a reparao da avaria demorar mais de 2 horas. Deste modo ser muito difcil, se no impossvel, melhorar o tempo de reparao, uma vez que no se consegue perceber o que  que levou a avaria a demorar tanto tempo a ser reparada. Ser que foi por falta de formao dos tcnicos? Ser que o tcnico demorou bastante tempo a diagnosticar a avaria? No  possvel esclarecer este tipo de respostas, no h uma preocupao em tentar saber o “porqu” da avaria.

O servio de manuteno conta ainda com um armazm de peas prprio, em que existe uma variedade enorme de material em stock. Sempre que o tcnico necessita de substituir um componente s precisa de consultar um dossier que est junto do armazm, identificar a mquina, identificar o componente e procurar na lista o componente que pretende, memorizar o cdigo da gaveta do componente, e dirige-se por fim ao local indicado para retirar o componente que necessita.

Assim, retirado o componente o tcnico verifica se ainda ficaram componentes de reserva, se o componente em causa existir em pouca quantidade, o tcnico retira um papel que est no mesmo compartimento do componente, e coloca-o numa caixa, que  a caixa de pedido de material, uma vez l colocado o papel, o responsvel da manuteno ter de ter a preocupao de proceder  encomenda de novos componentes. Uma vez que o componente foi utilizado mas, nada ficou registado referente  sua utilizao, antes de proceder  encomenda de novos componentes, ter de proceder primeiro  baixa do material consumido. Este mtodo bastante rudimentar de registo de entrada e sada de componentes existentes em stock, levanta alguns problemas, no caso em que os tcnicos se esqueam de colocar o papel na caixa de pedido de material, o responsvel da manuteno nunca vai poder proceder  aquisio de novo material. No permite a percepo de qual o

material mais utilizado e impossibilita também o clculo do stock mínimo de cada componente.

A formao entre os diferentes técnicos da manuteno no é uniforme, isto é, existem técnicos que no receberam formao para reparar ou programar um determinado tipo de mquinas ou robots.

A formao desigual entre os técnicos de manuteno levanta mais uma limitao bastante grave. No caso em que operador especializado na reparao, por exemplo do robot, falte ao servio por qualquer motivo, vai fazer com que a mquina esteja parada até ao seu regresso. O outro grande problema da formao no generalizada é que pode levar a uma sobrecarga de trabalho para os elementos mais especializados, deixando de parte os elementos em que a formao est uns níveis mais baixo.

4.2.1. Intervenoes Preventivas da Manuteno

O sector dos moldes da Yazaki Ovar, conta com 72 mquinas de injectar, com 10, 40, 80 e 120 toneladas de fora de fecho. Ao realizar a anlise dos registos das intervenoes preventivas verificou-se que as intervenoes feitas a uma mquina de 10 toneladas eram praticamente iguais s intervenoes efectuadas s mquinas de 120 e 80 toneladas. Embora o princípio de funcionamento das mquinas de injectar seja praticamente o mesmo, existem componentes presentes na mquina de 10 toneladas que no existem na mquina de 120, 80, e vice-versa, para no falar de que existem mquinas de diferentes construtores (Engel, Arburg e Nissei).

As intervenoes que a equipa de manuteno realiza conta com os seguintes pontos:

- Limpar o quadro eléctrico;
- Verificar apertos da bomba de leo;
- Lubrificar partes móveis da bomba de leo;
- Verificar os sensores da porta;
- Verificar o aperto do selector de peas (*swing-shutte*);
- Apertos no quadro eléctrico;

- Verificação de fugas de ar;
- Análise do óleo hidráulico;
- Revisão geral ao sem-fim;
- Filtragem ou substituição do óleo;
- Troca dos vedantes da unidade injectora;
- Limpeza do caudalímetro;
- Limpeza dos filtros de água da máquina de injeção;
- Verificação do sistema de alimentação de matéria-prima.

A análise do óleo hidráulico consiste na extracção de uma pequena quantidade de óleo que posteriormente é enviado para uma empresa que efectua a análise das propriedades do mesmo.

Estas intervenções preventivas foram definidas pelos técnicos de manutenção, que com base na sua experiência. Contudo fazendo uma rápida análise aos manuais das máquinas, verifica-se que existem muitas outras intervenções que deveriam ser acrescentadas à lista de tarefas a realizar. As intervenções feitas na máquina acabam por ser intervenções bastante simples, não existe uma verdadeira revisão mas sim pequenas verificações e trocas de óleo. Tarefas como a substituição de tubos de lubrificação, que muitos deles encontram-se obstruídos, substituição / verificação da tubagem do circuito de água, algumas ainda são em ferro galvanizado e apresentam elevado estado de degradação, não são efectuadas durante a realização da intervenção preventiva.

Os técnicos de manutenção têm 48 horas, em cada máquina, para realizar a manutenção preventiva. Este tempo seria o suficiente para a realização de uma boa intervenção, mas nem sempre os técnicos de manutenção conseguem realizar a intervenção de forma contínua. Este problema deve-se ao facto das equipas de manutenção estarem constantemente a ser interrompidos pela produção para a resolução de pequenas avarias, a outra razão é a falta de pessoal de manutenção, não esquecer que existem apenas 2 elementos no turno da tarde e 1 no turno da noite.

As intervenções preventivas são realizadas uma vez por ano, o que demonstra ser perfeitamente insuficiente, não só pelo intervalo entre intervenções mas especialmente pelo facto de apenas serem realizadas tarefas simples.

4.3. Parque de Equipamentos

A equipa de manutenção da divisão de moldes da Yazaki é responsável por um parque de máquinas que envolve essencialmente 72 máquinas existentes no sector dos moldes, 72 robot, um sistema centralizado de abastecimento de matéria-prima, 90 termorreguladores e 20 recicladores para gitos. É sem dúvida um enorme parque de equipamentos para um número reduzido de pessoas que infelizmente funcionam mais como “bombeiros” do que como técnicos de manutenção. O facto de não existirem peritagens para análise das avarias mais prolongados, de não existir Folhas de Operação Standard com registo fotográfico, deve-se sobretudo à falta de tempo da equipa de manutenção.

A variedade de marcas entre os vários equipamentos, não se limita apenas às máquinas de injectar. O caso mais preocupante verifica-se nos Robots, existindo quatro marcas diferentes, e ainda com vários modelos diferentes dentro da mesma marca; esta dispersão causa frequentemente dificuldades na programação dos robots.

A tabela 3.1 mostra a quantidade de intervenções curativas e preventivas realizadas pela equipa de manutenção no ano de 2013. É indicado ainda o tempo de reparação e o tempo de espera para reparação das intervenções curativas.

Tabela 4.1 Número de intervenções da manutenção no ano 2013

| | Curativas | Preventivas |
|--------------------------|------------|-------------|
| Quantidade | 2752 | 105 |
| Tempo (horas) | 2566:44:00 | NA |
| Tempos de espera (horas) | 8767:07:00 | NA |

No caso das intervenções preventivas não existe registo de tempo, uma vez que esse tempo só começou a ser contabilizado em Novembro de 2013. Para além das intervenções preventivas às 72 máquinas de injeção, iniciaram-se no mês de Outubro as intervenções aos termorreguladores, uma vez que apresentavam até então uma enorme quantidade de avarias.

4.4. Semana Amarela

Todos os anos em meados do mês de Agosto a Yazaki Saltano encerra para férias, férias gerais, contudo é nessa semana em que a produção pára, que a equipa de manutenção tem mais trabalho. Essa interrupção da produção é aproveitada para fazer as reparações, que não são possíveis de realizar em plena laboração.

As intervenções incidem em grande parte no sistema de ar comprimido, e no sistema de arrefecimento do circuito de água, o *chiller*. No sistema de ar comprimido são eliminadas todas as microfugas de ar, substituindo os tubos velhos por tubos novos, substituindo os componentes de ligação que se encontram gastos ou danificados. Uma vez que a grande utilidade do ar comprimido é no funcionamento dos robots, também se aproveita essa semana para fazer operações de manutenção aos robôs, nomeadamente: limpeza e substituição de sensores e cilindros danificados. Em relação ao *chiller* é contratada uma empresa para fazer uma revisão às bombas de água. Será importante referir que o sector dos moldes não tem um *chiller* de emergência, o que pode levar a graves problemas, uma vez que se o *chiller* avariar, todo o sector terá de parar.

5. PROPOSTAS A IMPLEMENTAR

A reestruturação da manutenção no sector dos moldes constituiu a base do presente trabalho na Yazaki. O principal objectivo foi o de melhorar a eficiência da equipa de manutenção com a finalidade de aumentar a disponibilidade e produtividade das máquinas de injeção. Deste modo, a reestruturação da manutenção passa pela criação da manutenção técnica e da manutenção de processo.

5.1. Manutenção Técnica

A manutenção técnica é o principal pilar da manutenção. É constituída pelo responsável pela manutenção e pelos técnicos de manutenção. Este grupo de trabalho é responsável por criar todas as ferramentas de trabalho para que a equipa técnica realize o seu trabalho de forma mais simples, rápida e eficaz.

Iniciando o trabalho pela análise dos manuais de cada máquina, fazendo o estudo da proposta de manutenção sugerida pelo construtor de cada máquina existente no sector dos moldes criando assim o **plano de manutenção preventiva, PMP**. Tal plano é adaptado da melhor forma à realidade Yazaki. A participação dos técnicos de manutenção é de fulcral importância, uma vez que melhor que ninguém são os próprios técnicos que melhor conhecem as máquinas.

O desenvolvimento de ferramentas de auxílio para facilitar o trabalho dos técnicos de manutenção, é outra função da manutenção técnica. O **código de avaria**, a **ficha de análise de falha**, a **gestão de stock** e as **folhas de operação standard**, são exemplos de ferramentas que foram criadas por este grupo de trabalho.

Estas ferramentas servem para ajudar o técnico de manutenção a efectuar um registo de avaria mais rápido e preciso, a ter um controlo do stock mais eficiente, uma

redução do tempo de reparação através das folhas de operação standard e criar uma diferenciação entre avarias de longa duração e avaria de curta duração.

Outra das competências da manutenção técnica é assegurar que a equipa de manutenção tenha toda a formação necessária para reparar todo o tipo de aparelhos presentes no sector dos moldes.

Todo o método e o planeamento do trabalho são realizados por este grupo de trabalho que terá de ter uma forte ligação com os responsáveis da produção. Desta maneira, conseguem-se conciliar as paragens de produção com o início de intervenções preventivas.

5.1.1. O PMP

No plano de manutenção preventiva, PMP, estão discriminadas todas as intervenções que os técnicos de manutenção têm de realizar, todos os componentes que terão de ser substituídos, a periodicidade dessas mesmas intervenções e todas as verificações que o técnico de manutenção deve fazer.

Uma tarefa geral do PMP será verificar mensalmente se os armários do PMA têm todo o material necessário. Neste plano está ainda incluído o plano pormenorizado para todos os equipamentos objecto de manutenção, apresentando-se a seguir um esboço do PMP da máquina B-01:

- Tarefas a realizar mensalmente:
 - Verificar todos os sistemas de segurança.
 - Barra de segurança;
 - Botões de emergência;
 - Sensores de porta.
 - Verificar o funcionamento do *swing-shutte*;
 - Certificar que o PMA está a ser cumprido correctamente;
- Tarefas a realizar de três em três meses:
 - Verificar o estado de todas as tubagens de ar e de água;
 - Verificar o estado dos termopares, se estão soltos ou danificados;
 - Verificar o fluxo de água do circuito de arrefecimento;

-
- Verificar ruídos estranhos ou vibrações anómalas na unidade de injetora e na bomba hidráulica;
 - Verificar o aperto dos parafusos dos *clamps*;
 - Limpar e lubrificar as partes móveis da máquina:
 - Carro da unidade de injeção;
 - Veio de avanço e recuo da unidade de injeção;
 - Guias e patins da unidade de fecho.
 - Verificar se existem fusíveis soltos e fios danificados no quadro eléctrico e em toda a máquina;
 - Limpar o filtro do quadro eléctrico;
 - Tarefas a realizar de seis em seis meses:
 - Limpar os filtros de água do circuito de arrefecimento:
 - Bomba de óleo;
 - Unidade de injeção;
 - Termorreguladores;
 - Verificar o aperto do veio de avanço e recuo da unidade de injeção;
 - Verificar o aperto dos parafusos do cilindro de injeção;
 - Verificar a existência de ruídos e vibrações estranhas em toda a máquina;
 - Verificar se existem fugas de óleo no interior da máquina;
 - Limpar e lubrificar o encoder de posição do molde;
 - Limpar e lubrificar o encoder de extracção do molde;
 - Verificar o aperto de todos os parafusos que estão sujeitos a esforços mecânicos;
 - Procurar danos nas partes móveis da máquina:
 - Portas;
 - Ecrã;
 - Unidade de injeção;
 - Unidade de fecho;
 - Unidade de injeção;
 - Verificar a lubrificação da bomba hidráulica;
 - Tarefas anuais:
 - Quadro eléctrico:

- Verificar o aperto dos fios;
- Verificar a existência de fios danificados;
- Trocar o filtro;
- Trocar o filtro de sucção do tanque do óleo hidráulico;
- Limpar o filtro do respiro do tanque de óleo;
- Troca dos tubos de lubrificação das guias e patins da unidade de fecho;
- Analisar o óleo hidráulico;
- Trocar o óleo se a análise for negativa;
- Verificar a existência de parafusos em toda a máquina, se faltar parafusos repor;
- Revisão geral ao sem-fim;
- Verificação do sistema de alimentação de matéria-prima;
- Verificar se todos os sensores da máquina estão a funcionar;
- Limpar toda a máquina;

Para concretização deste plano é necessário efectuar as folhas de intervenção standard correspondentes às intervenções com periodicidade de 3, 6 e 12 meses.

5.1.2. O PMA

Ainda dentro do PMP foi elaborado o Plano de Manutenção Autónoma, PMA. Este plano é executado pelos operadores dos equipamentos de injeção que passam a realizar tarefas básicas de manutenção. O PMA consiste na realização de tarefas como **limpar, lubrificar e verificações de segurança**.

Apesar das tarefas referidas parecerem tarefas simples, podem vir a ter um papel fundamental na prevenção da avaria. Um dos principais objectivos do PMA é fazer com que o operador se alie e colabore com a equipa de manutenção em manter a máquina em bom estado, e passam a ser os operadores os olhos da manutenção. Por sua vez, o segundo objectivo é libertar a equipa de manutenção de pequenas tarefas rotineiras.

Para que o PMA seja concretizado será primeiro necessário especificar o que é que o operador tem de fazer, como deve fazer e quando é que deverá executar essas

mesmas tarefas. O PMA funciona da seguinte maneira: existi uma folha junto à máquina, que terá toda a informação que o operador necessita para realizar as tarefas, como se pode ver na figura 5.1

Figura 5.1 Folha do PMA

Na folha constará a seguinte informação:

- Grupo de tarefa a realizar: limpar, lubrificar e verificar;
- O subconjunto da máquina;
- O elemento onde vai ser realizada a tarefa;
- A operação a efectuar;
- O tempo previsto para a realização da tarefa;
- A periodicidade;
- O estado da máquina;
- Valores limites;
- Ferramentas a usar;
- Qual a máquina em causa;

Para ajudar o operador a melhor interpretar o que se pretende que ele faça, existem fotografias, que contêm uma etiqueta com um número da tarefa a realizar. Essa etiqueta está sobre o elemento a ser intervencionado. As fotografias estão agrupadas por subconjuntos, e esta organização das fotografias também tem como finalidade ajudar o operador a identificar qual a tarefa.

O grupo de tarefas a realizar irá ser distinguido por números e também por cores, o número **1** e a cor **Amarela** estão associados às tarefas de limpeza, o número **2** e a cor **Azul** estão associados às tarefas de lubrificação e, por fim, o número **3** e a cor **Verde** estão associadas às tarefas de verificações de segurança. Cada operação a efectuar está associado um número que sucede o número do grupo e a esse número foi atribuído o nome de, número de tarefa. Isto é, a tarefa **1.01**, é uma operação do grupo de limpeza, por ter o numero **1** mas a tarefa a realizar, é a tarefa **.01**.

Já na máquina estão colocados uma série de autocolantes que ajudam o operador a detectar o elemento e a operação a realizar, esses autocolantes seguem o mesmo principio lógico em termos de numeração e de cores que a folha que está presente na máquina.

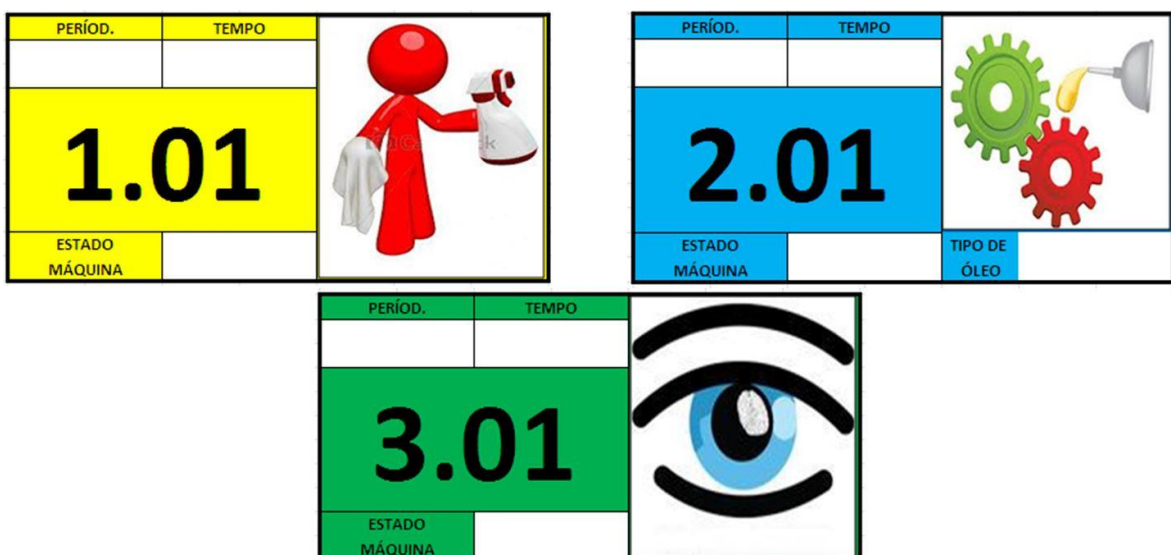


Figura 5.2 Autocolantes presentes nas máquinas

Para que a margem de erro seja reduzida, o autocolante destinado à lubrificação, tem um espaço destinado para a colocar qual o tipo de lubrificante deve usar para a realização da tarefa.

Com o objectivo de assegurar que o operador realiza a tarefa que lhe foi destinada, junto da máquina em causa, terá outra folha, que será a folha de registo da tarefa.

| | | Janeiro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------------------|---------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|-------|---|-------|---|-------|---|---|-------|---|---|-------|---|-------|---|-------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|-------|---|-------|----|-------|-------|---|-------|---|----|-------|---|----|---|---|----|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 FS | | 5 FS | | 6 | | | 7 | | | 11 FS | | 12 FS | | 13 | | | 14 | | | 15 | | | 16 | | | 17 | | 18 FS | | 19 FS | | 20 | | | 21 | | | 22 | | | | | | | | | | | | |
| | | Turno | | | Turno | | | Turno | | | Turno | | Turno | | Turno | | | Turno | | | Turno | | Turno | | Turno | | | Turno | | | Turno | | | Turno | | Turno | | Turno | | | Turno | | | Turno | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarefa | Periodicidade | A | B | C | A | B | C | A | B | C | D | E | D | E | A | B | C | A | B | C | D | E | D | E | A | B | C | A | B | C | D | E | A | B | C | B | C | A | D | E | D | E | A | B | C | A | B | C | A | B | C | | | | | | | | | | |
| 3.20 | Turno | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.03 | MM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.19 | MM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.09 | Semanais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.01 | Semanais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.11 | Semanais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.07 | Quintzenais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.16 | Quintzenais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.24 | Quintzenais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.10 | M | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Numero do Operador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Numero de Operador (Mudança de MoIde) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 5.3 Folha de registo do PMA

Nesta folha está presente o número da tarefa que o operador tem de efectuar, a periodicidade e a ordem com que essa tarefa deve ser executada, um calendário com todos os dias do mês, e em cada dia do mês tem os três diferentes turnos que trabalham diariamente. Como a empresa trabalha ao fim de semana em regime de dois turnos de 12 horas, no calendário estão representados também os dias de fim de semana, para que também seja cumprido o PMA.

O operador depois de efectuar a operação deve registar o sucesso e/ou o insucesso da operação, como a simbologia representada na seguinte tabela.

Tabela 5.1 Simbologia a utilizar no registo do PMA

| Símbolo | Significado |
|---------|--|
| ✓ | Tarefa Cumprida sem Acção |
| O | Tarefa Cumprida depois da Acção |
| X | Tarefa não Cumprida. Pedido de Intervenção |

Uma vez registado o cumprimento da tarefa o operador tem de registar o seu número de operador. O local onde esse registo é feito varia consoante a periodicidade da intervenção. No caso em que a periodicidade é de turno e mudança de molde, o operador regista no espaço situado na parte inferior da folha, no local devidamente identificado para o efeito. No caso das tarefas realizadas nas periodicidades, semanais, quinzenais e mensais, o operador coloca o seu número na linha onde está indicada a tarefa.

Será importante salientar que o operador efectua as tarefas que estão indicadas no PMA, mas contudo a responsabilidade do cumprimento destas tarefas é sempre da equipa de manutenção, que tem de garantir o cumprimento das mesmas. Delegar e não responsabilizar.

Este documento está constantemente a ser actualizado, dependendo sempre do *feedback* que os operadores vão dar em relação à estrutura do documento.

Toda a ferramenta que o operador necessitar para a concretizar as tarefas, está disponível em vários armários, espalhados pela fábrica, devidamente identificados para o efeito. O armário foi construído para o efeito, uma vez que terá de contar com uma tina de retenção para os óleos. O armário irá contar com a seguinte ferramenta:

- Chave de fendas;
- Chaves estrela;
- Chaves macho;
- Panos limpos;
- Líquido de limpeza;

- *Fitting* de tamanho 8mm e 10mm de diâmetro;
- Tubos de água;
- Tubos de ar (para circuitos pneumáticos);
- Os vários tipos de lubrificante a utilizar;
- Um recipiente para transporte de óleo.

É da responsabilidade da equipa de manutenção assegurar que os armários têm toda a ferramenta necessária para a realização das tarefas sem dificuldades. É por esse motivo que a verificação do armário do PMA está inserida no PMP.

O armário a utilizar é o que está representado na figura 5.4.

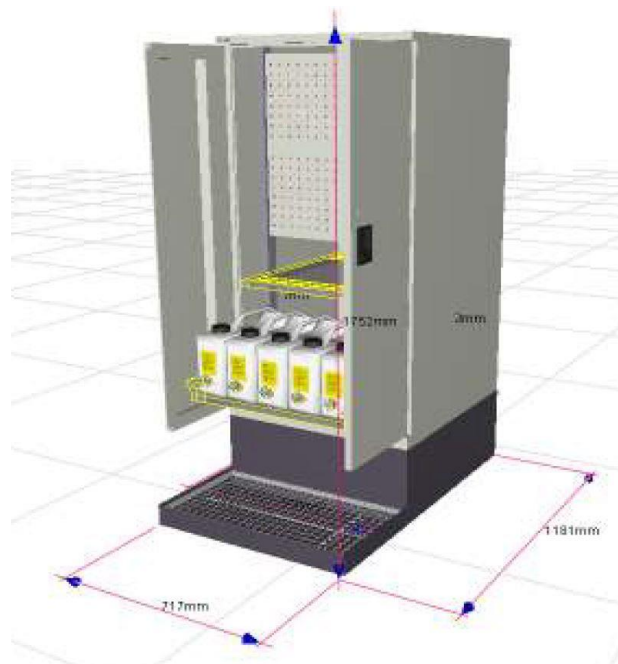


Figura 5.4 Armário de ferramenta do PMA

5.1.3. O que é que se pretende com o PMA

O objectivo primordial do PMA é sensibilizar o operador para que mantenha a máquina em bom estado de utilização, isto é, manter a máquina limpa, certificar que todos os sistemas de segurança estão operacionais e que comece a efectuar pequenas tarefas de manutenção que anteriormente não realizava.

Situações como as que estão presentes nas figuras seguintes, são situações a evitar e que passarão a ser detectadas pelos operadores.



Figura 5.5 Botão de Emergência danificado



Figura 5.6 Roda fora da calha

5.1.4. Código de Avaria

Com o objectivo de uniformizar a linguagem dentro da equipa de manutenção, procedeu-se à criação do Código de Avaria. Esta codificação tem bastante importância uma vez que os técnicos de manutenção podem utilizar esta ferramenta nos seus registos de reparação, passando a colocar o código da avaria, fazendo com que deixem de proceder à justificação descritiva da reparação, evitando assim situações de falta de rigor na descrição.

Para elaborar a codificação de avaria procedeu-se à divisão da máquina de injeção em módulos, incluindo também alguns acessórios:

- Unidade de fecho;
- Unidade de injeção;
- Unidade receptora de material;
- *Swing-Shutte* / Selector de produto;
- Sistema de refrigeração / Termorreguladores;
- Robot;
- Bomba Hidráulica;

- Quadro eléctrico;
- Acessórios.

Para a máquina de injeção são estes os principais componentes que lhe estão associados. Atribuiu-se o número **10000** à máquina injectora, e a cada um dos 9 módulos aumentamos em **1000** unidades, assim sendo a unidade de fecho terá associado o número **11000** e assim sucessivamente para as restantes módulos, como demonstra a tabela seguinte:

Tabela 5.2 Codigo de Avaria

| Código | Módulo |
|--------|-------------------------------|
| 10000 | Máquina de injeção |
| 11000 | Unidade de Fecho |
| 12000 | Unidade de Injeção |
| 13000 | Unidade receptora de material |
| 14000 | Swing-Shutte |
| 15000 | Termorreguladores |
| 16000 | Robot |
| 17000 | Bomba Hidráulica |
| 18000 | Quadro Eléctrico |
| 19000 | Acessórios |

Deste método permite atribuir 999 componentes a cada módulo da máquina de injeção. O operador apenas tem de clicar no módulo onde efectuou a reparação, logo de imediato aparece uma nova lista de material. Nessa lista de material consta todos os componentes existentes nesse módulo.

Esta ferramenta pode ainda ter outra finalidade: ajudar na **gestão de Stock**, uma vez que cada componente já tem associado um código de avaria, não será difícil fazer uma conexão com a referência Yazaki de cada componente.

Desta forma quando o técnico de manutenção estiver a registar a avaria, ao fazer um clique no componente que substituiu, automaticamente estará a registar a saída do

mesmo na base de dados de stock, criando assim as condições para uma melhor gestão do stock.

Com a utilização desta aplicação vai ser permitido saber quais os componentes mais gastos, e com isso ter a possibilidade de quantificar com precisão o stock mínimo para cada componente. Permitindo assim a redução do material em stock.

Uma vez que se começa a fazer a contabilização dos componentes substituídos, vai ser possível iniciar o processo de previsão de avaria, uma vez que existe de uma forma mais discriminada a quantidade de material que se gasta onde se gasta e também a periodicidade com que é gasto.

5.1.5. Ficha de Análise de Falha

A Ficha de análise falha, passa a ser o local onde os técnicos de manutenção vão registar as reparações que efectuarem. O objectivo desta ficha de análise de falha é ser o máximo informatizável possível, mas ao mesmo tempo permitir que o técnico consiga registar correctamente a avaria. Esta ficha deve ser o máximo informatizável possível, para evitar descrições imprecisas e vagas de avaria como anteriormente foram mencionadas. Com a ficha de análise de falha, não será só o registo de avaria que ficará mais simples, mas ao mesmo tempo que se preenche a ficha, vai-se recolhendo informação que futuramente será útil para melhorar as rotinas de manutenção preventiva e/ou implementar soluções de melhoria.

A ficha de análise de falha está organizada da seguinte maneira:

1. Identificação da máquina, Código de avaria e Data;
2. Elemento avariado;
3. Natureza da avaria;
4. Diagnóstico;
5. Consequências;
6. Capacidade de detecção prévia;
7. O que fazer para prevenir.

No primeiro ponto o técnico tem de identificar a máquina, colocar a data em que efectuou a reparação e por fim o código de avaria.

No segundo ponto só necessita de seleccionar o elemento avariado, se a avaria foi na máquina de injeção, no robot ou no termorregulador. No terceiro ponto seleciona a natureza da avaria, se é de natureza mecânica, eléctrica, electrónica, pneumática ou hidráulica.

No quarto ponto faz um pequeno diagnóstico da avaria, se as causas da avaria foram causas intrínsecas; má concepção ou montagem mal feita. Se as causas da avaria foram extrínsecas; acidente, má utilização, intervenções anteriores mal feitas ou limpeza insuficiente. E por fim os modos de falha: desgaste, corrosão ou fadiga.

No quinto ponto faz uma análise às consequências da avaria. Se existiu risco para a segurança pessoal; riscos graves, possíveis ferimentos ou se não houve qualquer risco. Se a imobilização foi de curta duração (menor de 20 minutos), média duração, ou de longa duração (superior a 2 horas). E também quais foram os custos da reparação, somando o tempo de paragem ao preço do (s) componente substituídos.

No sexto ponto o técnico tem de indicar se seria possível detectar a avaria, e como é que essa detecção pode ser feita, se seria possível colocar um sensor, se o operador tem a capacidade de detectar a avaria ou se só a equipa de manutenção tem capacidades para a detectar.

No sétimo ponto tem de indicar o que seria possível fazer para prevenir a avaria, se existe a possibilidade de acrescentar uma tarefa ao PMA, acrescentar uma tarefa ao PMP ou criar um mecanismo de alerta.

Para as avarias de curta e média duração o técnico de manutenção pode dar como encerrado o processo de registo da avaria. Mas para as avarias de longa duração existe um relatório de perícia, que vai ser realizado pelo técnico que efectuou a reparação com a colaboração de um colega e o responsável do sector da manutenção.

Este relatório é realizado com o objectivo criar um registo minucioso da avaria e de perceber o que é que se pode fazer para reduzir o tempo de reparação. Esta segunda parte, terá duas partes fundamentais:

1. Perícia;
2. Manutenção correctiva.

Na primeira parte, perícia, o grupo de trabalho tem de fazer uma descrição da falha, como se manifestou, conta também com um registo fotográfico, caso não seja possível o registo fotográfico elaborar um desenho descritivo do que aconteceu.

Na segunda parte, manutenção correctiva, o grupo tem de descrever quais foram as medidas tomadas para colocar o equipamento em bom estado de operação e dar como encerrado o processo de relatório de avaria. Este documento tem relevante importância, uma vez que caso a mesma avaria se volte a repetir, existe um registo de como fazer a reparação de um modo mais rápido. É feito ainda um estudo que deve conter sugestões de quais as medidas de prevenção que devem ser adquiridas, para impedir que a falha ocorra novamente.

Para os casos em que a reparação seja rápida, mas o tempo de espera seja elevado, quer seja por falta de formação dos técnicos, ou por falta de material em stock, ou mesmo nos casos em que essa avaria nunca tenha acontecido antes. É feita uma pesquisa com o objectivo de encontrar uma solução para reduzir o tempo de espera. Essa pesquisa é feita pelo responsável da manutenção. Com o objectivo de tentar saber o que é que levou a existir um tempo de espera tão elevado, se foi por não existir uma peça em stock ou porque a equipa não tem a devida formação para realizar a reparação, ou mesmo porque foi um componente que nunca tinha avariado, mas que o seu custo é demasiado elevado para ter esse mesmo componente em stock estudar possibilidade de delegar a responsabilidade de fornecimento em tempo útil num fornecedor externo. Como foi mostrado na tabela 3.1 o tempo de espera para colocar a máquina em estado operacional é enorme atingindo valores acumulados de 8767 horas.

5.1.6. Folha de Operação Standard

A folha de operação standard, é uma preparação de trabalho que tem como principal objectivo ajudar os técnicos de manutenção na reparação de componentes com complexidade mais elevada. Mais uma vez este tipo de documento é elaborado pelo responsável da manutenção mas sempre com a colaboração dos técnicos de manutenção. Nessa folha consta toda a informação necessária para que o operador realize a reparação sem limitações, conta com registos fotográficos e descrições minuciosas do que o técnico tem de efectuar.

Uma forma de iniciar o processo de criação da folha de operação standard, é aproveitando o relatório para avarias de longa duração da ficha de análise de falha. Uma

vez que nesse relatório da ficha de análise de falha contem uma descrição das medidas tomadas para colocar a máquina em estado operacional.

A criação da folha de operação standard, tem especial importância na formação de novos técnicos de manutenção. Se o novo elemento tiver alguma dúvida durante a reparação de um determinado componente, pode fazer uma pesquisa rápida na base de dados para saber se já existe alguma informação sobre o componente em causa, e assim não tem de interromper um colega da equipa.

5.2. Manutenção de Processo

Este grupo é constituído pelos técnicos de manutenção, e é responsável por efectuar todas as reparações e intervenções existentes na secção dos moldes.

Como foi referido anteriormente têm responsabilidade de executar a PMP, assegurar o cumprimento do PMA e levar a cabo todas as operações de manutenção correctiva.

Uma vez que a manutenção de processo vai trabalhar com todas as plataformas criadas pela manutenção técnica, o *feedback* dado pela equipa de execução tornar-se essencial para a optimização das mesmas.

Outra função da manutenção de processo é realizar, sempre que possível, todas as melhorias decorrentes do *Kaizen*.

Kaizen é uma palavra de origem japonesa com o significado de melhoria contínua. As actividades *Kaizen* são realizadas por uma equipa constituída por elementos das diferentes áreas, isto é, a equipa pode ser constituída por elementos da produção de injeção, da manutenção e da qualidade. Estas melhorias têm como principal objectivo a melhoria contínua do processo de produção.

5.3. Resultados da Implementação

Todo o trabalho realizado na organização da manutenção do sector dos moldes da Yazaki Saltano encontra-se pronto a entrar em vigor, não tendo sido ainda implementado por ordens da direcção. Esta não implementação do plano deve-se ao facto de na equipa não existir um elemento com disponibilidade para fazer o acompanhamento de todas as propostas que foram sugeridas.

Contudo serão previsíveis certos resultados. A começar como um provável aumento dos pedidos de reparação, que com o decorrer do tempo tem tendência a regredir até estabilizar, este aumento de pedidos de reparação pode ter duas interpretações. A primeira dever-se-á ao facto de os operadores começarem a detectar anomalias na máquina, uma vez que o PMA obriga a verificação de componentes que anteriormente não eram verificados. A segunda interpretação do esperado aumento de pedidos de reparação dever-se-á a uma possível retaliação por parte dos operadores, demonstrando desta forma alguma resistência à mudança de hábitos de trabalho.

Numa fase inicial será esperado um aumento dos custos com a manutenção, uma vez que irão ser substituídos componentes que se encontrem em mau estado, contudo o objectivo da implementação deste plano de manutenção é a redução de custos, e a melhoria da produtividade do sector a médio e longo prazo. A redução de custos será conseguida sobretudo com a redução do material em stock e como uma maior fiabilidade das máquinas, tendo em conta que pequenas anomalias serão detectadas de forma mais prematura. Já o aumento da produtividade será devido à redução do tempo de reparação e à redução do tempo de espera para reparação

6. ANÁLISE CRÍTICA E TRABALHOS FUTUROS

A situação actual do serviço de manutenção do sector dos moldes da Yazaki Saltano Ovar provou não ter uma organização sistematizada na execução das suas tarefas. Face ao trabalho de campo realizado durante o estágio curricular constatou-se que não existe preparação de trabalho e não existe planeamento prévio de operações de manutenção distribuídas ao longo do tempo. Deste modo, o serviço de manutenção no sector dos moldes da Yazaki Saltano Ovar pode ser descrito como um serviço de ronda e de manutenção correctiva no qual existe apenas um planeamento de oficina, com passagem de ordens nas mudanças de turno, pouca informação fica registada em suporte digital

A manutenção preventiva que é realizada deveria ser chamada de revisão anual, uma vez que apenas é realizada uma vez por ano. A gestão do armazém é igualmente primitiva. Pode ser concluído que o planeamento das tarefas na manutenção é muito baixo.

O tempo de espera para reparações é bastante problemático, 8767 horas equivale a mais de um ano de tempo de espera. É este tipo de dados que reforçam um défice de manutenção programada.

A falta de distinção entre avarias de longa duração e avarias de curta duração é prova da falta de método existente na manutenção. Não existe a preocupação em perceber o que aconteceu, e o que é que se pode fazer para reduzir o tempo no caso de avarias de longa duração.

6.1. Recomendações e Trabalhos Futuros

Face ao estudo realizado é de referir a importância da empresa passar a ser dotada de uma manutenção técnica no sector dos moldes da Yazaki, integrando-a na sua estrutura organizativa. A implementação das ferramentas criadas por este grupo poderá ser fundamental como embrião para a organização da manutenção. Contudo, deverá existir um planeamento que possibilite a implementação destas ferramentas.

As várias ferramentas criadas deverão começar a ser implementadas de forma faseada e de forma contínua. Isto é, deverá começar pela implementação do PMA num determinado número de máquinas, especialmente as mais problemáticas, iniciar de imediato o processo de codificação de avaria e em simultâneo começar a fazer o registo de saída do material em armazém e fazer um levantamento dos materiais mais utilizados, dando assim a possibilidade de elaborar um valor de stock mínimo para cada componente.

As intervenções preventivas deverão ser mais rápidas, mas aumentar a frequências com que essas intervenções devem ser realizadas, coordenando as paragens com a produção, serem agendadas reuniões semanais entre os responsáveis da manutenção e da produção, com o objectivo de verificar quais as máquinas que terão paragens de processo para que nesse tempo seja realizada uma intervenção preventiva. As paragens coordenadas com a produção só trarão vantagens económicas para a Yazaki.

O tratamento das avarias de longa duração juntamente com a elaboração de folhas de operação standard, seria implementado numa segunda fase, numa fase em que o PMA já estivesse implementado e a funcionar correctamente, permitindo libertar um pouco de tempo à manutenção, para a realização de uma descrição rigorosa das avarias de longa duração.

A grande variedade de equipamentos presente na secção dos moldes da Yazaki levanta uma grande limitação para a equipa de manutenção. Uma vez que dificulta a formação dos técnicos torna-se muito difícil devido a esta situação.

A colaboração entre as diferentes áreas que constituem o sector dos moldes da Yazaki Saltano Ovar é uma pedra fundamental para o sucesso da implementação de todas estas propostas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Advanced Consulting & Training, “ A sua melhor opção de assessoria à implementação do TPM”, 26 janeiro 2014 em: <http://www.advanced-eng.com.br/sobretpm.htm>
- Cabral J.P.S. (2006), “Organização e Gestão da Manutenção”, Lidel-edições técnicas, lda, Lisboa, pp. 2, 238-251
- Carlos Costa, “Manutenção Industrial”. 23 Janeiro 2014 em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAe7VcAJ/manutencao-industrial>
- Coelho, J.A.S. (2008). “implementação da Total Productive Maintenance (TPM) numa Empresa de Produção”. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, Perfil de Manutenção e Produção, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Material fornecido no âmbito da disciplina de Manutenção lecionada pelo docente Amílcar Lopes Ramalho, no departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra.
- Nakajima, Seiichi (1988), “Introduction to TPM”. S.l.: Productivity press, Inc., 1988 ISBN. pp 23-29
- Seiichi Nakajima (2006), “The Principles and Practice of TPM”. 23 Janeiro 2014 em: <http://www.cetpm.de/downloads/nakajima/index.htm>.
- Seiichi Nakajima (2011) “Introduccion Al TPM mantimento produtivo total”. 23 Janeiro de 2014 em: <http://pt.scribd.com/doc/51170378/Introduccion-Al-Tpm-de-Seiichi-Nakajima>