

# **Desenvolvimento e implementação de um plano de melhorias na área da manutenção de uma indústria de tapeçarias**

*João Pedro Correia Cardoso*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa



**Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão**

2019-01-11



*À minha mãe.*

## Resumo

O presente trabalho pretende dar um contributo para o desenvolvimento e implementação de um plano de melhorias na área da manutenção de uma empresa de tapeçarias. A Tapeçarias Ferreira de Sá, querendo continuar no topo e manter os seus padrões de excelência, reconhece na manutenção uma área extremamente importante e decisiva para a competitividade e produtividade da empresa. Apesar de apresentar já um bom nível de desempenho, devido ao aumento do número de equipamentos e para fazer face ao aumento do volume de trabalho, surge a necessidade de desenvolver um programa de melhorias ao nível dos planos de manutenção dos seus equipamentos.

Numa primeira fase foi efetuado o acompanhamento ao principal processo produtivo e às várias ações de manutenção realizadas. Este acompanhamento possibilitou um maior conhecimento dos equipamentos existentes para uma posterior análise e proposta de melhorias a implementar. Ao mesmo tempo, analisaram-se, com os dados disponíveis, os registos das avarias existentes e foi realizada uma análise de fiabilidade e cálculo da disponibilidade do equipamento considerado mais crítico, o robô. A sua criticidade deve-se tanto ao nível produtivo como ao nível económico, pois as suas paragens podem significar graves quebras.

Numa fase posterior, analisaram-se também os planos de manutenção existentes e identificaram-se as principais lacunas, de modo a serem revistos e lançados novos planos de manutenção mais adequados, mais eficientes e mais exequíveis. Verificou-se também a ausência de manutenção de 1.º Nível, sendo criado um plano de manutenção a esse nível para os robôs, de modo a criar também uma maior responsabilidade e comprometimento dos operadores com o seu equipamento.

Por último, deu-se início à construção da ferramenta FMEA, de modo a fornecer à manutenção mais um instrumento na avaliação e minimização de riscos do equipamento, recorrendo à análise de possíveis falhas e modos de falha.

Este trabalho pretende ainda servir de base para a melhoria do sistema de informação, no módulo da manutenção, que será alvo de reformulação e melhoria nos próximos meses.

Tendo em conta a constante mudança diária, a imprevisibilidade e o grande número de variáveis envolvidas, o setor da manutenção não se revela uma área fácil de gerir sendo que exige algum tempo para se perceber e definir o caminho a seguir. Este trabalho visa também melhorar a qualidade e acrescentar algum valor a uma área muitas vezes considerada “menor”, mas que serve de suporte a toda a produtividade de uma organização.

# Development and implementation of an improvement plan in the maintenance area of a tapestries company

## Abstract

The present work intends to make a contribution to the development and implementation of an improvement plan in the area of maintenance of a tapestries company. The tapestry company Ferreira de Sá, wanting to continue on top and maintain its standards of excellence, recognizes in maintenance an extremely important and decisive area for the competitiveness and productivity of the company. Despite having already a considered level of performance, due to the increase in the number of equipment and to the necessity to cope with the increase in workload, the need for an improvement in the level of maintenance plans of their equipment arises.

In a first phase, we monitored both the main productive process and the various maintenance actions undertaken. This monitoring enabled a greater knowledge of existing equipment for further analysis and proposed solutions and improvements to implement. At the same time, with the available data, the records of the existing breakdowns were analyzed and a reliability analysis and calculation of the availability of the equipment considered more critical, the robot. Its criticality is due to, both, the productive level and the economic level, because its stops can mean serious breakdowns.

At a later stage, the existing maintenance plans were also analyzed and the main gaps were identified in order to revise and launch new and more adequate, efficient and essentially feasible maintenance plans. There is also the absence a first level maintenance, creating a maintenance plan at this level for robots, so as to create a greater responsibility and commitment of the operators with their equipment.

Finally, the construction of the FMEA tool was initiated in order to provide maintenance with an instrument to assess and minimize the risks of the equipment, using the analysis of possible failures and failure modes.

This work also intends to serve as a basis for the improvement of the information system, in the maintenance module, which will be the subject of reformulation and improvement in the coming months.

## Agradecimentos

Em primeiro lugar deixar o meu agradecimento à Eng.<sup>a</sup> Cristina Barbosa e ao Dr. Hernâni Osório pela confiança, apoio e disponibilidade desde o primeiro momento. À Eng.<sup>a</sup> Rita pelos conselhos, ao Eng.<sup>o</sup> Bruno Costa por todos os conhecimentos transmitidos, disponibilidade e atenção, ao Vítor e ao Ricardo pelo companheirismo boa disposição e ajuda e a todos os colaboradores da Ferreira de Sá que em qualquer momento e sempre que foi preciso estiveram disponíveis.

Ao Professor Eduardo Gil da Costa pelo apoio e por algumas vezes, mesmo em poucas palavras, me fazer refletir no caminho a seguir na realização deste trabalho.

À Dr.<sup>a</sup> Helena Lopes pela ajuda nestes últimos meses.

Ao meu colega André pela partilha de experiências, dúvidas e conhecimentos.

E porque o caminho foi longo e difícil para chegar aqui, não posso deixar de agradecer e referir a todos os que estiveram comigo.

Aos meus *irmãos* António Caeiro, Carlos Ribeiro, Pedro Guimarães, António Scarfone, Mariana Bastos, Tiago Brito, João André, Hugo Rodrigues, Tiago Barreira e Bruno Oliveira, obrigado por nunca me terem deixado cair e me fazerem acreditar que é sempre possível.

À Sónia D., à Filipa P., à Mara P., aos Lamecenses, Margarida M., Margarida L, Fred e ao Tiago por todos os anos juntos e a sorrir.

À Helena Falcão e à Marta Conceição, por estarem sempre comigo.

À família L.T.A., em especial ao Eng.<sup>o</sup> Domingos B., à Ana, à Mariana e ao Luís por todos os ensinamentos e amizade.

À Teresa, ao Rui P., e à minha família que sempre me apoiou.

À minha avó e ao meu padrinho por tudo o que me ensinaram, mesmo sem palavras.

Ao meu pai, por toda a paciência, ensinamentos e valores transmitidos.

À minha sobrinha Maria, porque ainda sem se aperceber o brilho dos seus olhos é a minha maior fonte de inspiração e força de vontade. À minha irmã por todos os sacrifícios, porque só os dois sabemos o quão difícil foi chegar aqui. Sem ti, certamente não teria chegado até aqui.

Por último, à minha mãe, o meu maior exemplo de vida.

Obrigado!

## Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	Enquadramento do projeto.....	1
1.2	A empresa Tapeçarias Ferreira de Sá .....	1
1.3	Objetivos e âmbito do projeto.....	2
1.4	Estrutura da dissertação .....	2
2	Enquadramento Teórico.....	3
2.1	Conceito de Manutenção .....	3
2.2	Evolução da Manutenção.....	3
2.3	Gestão da Manutenção e seus Objetivos.....	4
2.4	Políticas e Níveis de Manutenção .....	4
2.4.1	Políticas de Manutenção.....	5
2.4.2	Níveis de Manutenção .....	6
2.5	Equipamentos .....	7
2.5.1	Conhecimento dos Equipamentos .....	7
2.5.2	Manual Técnico do Equipamento .....	8
2.5.3	Criticidade dos Equipamentos .....	8
2.6	Ferramentas de análise de dados.....	9
2.7	Avarias .....	11
2.7.1	Avaria e Taxa de Avaria.....	11
2.7.2	Análise de Tendência – Teste de Laplace .....	13
2.8	Fiabilidade, Manutibilidade e Disponibilidade.....	14
2.9	Metodologias de Gestão de Manutenção.....	16
2.9.1	TPM – Total Productive Maintenance.....	16
2.9.2	RCM – Reliability Centred Maintenance .....	17
2.10	FMEA – Failure Mode and Effects Analysis .....	18
3	Análise da Situação atual.....	20
3.1	Produtos e Processos Produtivos .....	20
3.2	Sistemas de Informação.....	23
3.3	Levantamento de Equipamentos.....	23
3.4	Análise de Criticidade dos Equipamentos .....	24
3.5	Registo global de avarias .....	25
3.6	Descrição da constituição dos robôs.....	26
3.7	Análise de avarias dos robôs .....	28
3.8	Teste de Laplace – Análise de Fiabilidade.....	30
3.9	Planos de Manutenção existentes .....	34
4	Trabalho desenvolvido .....	35
4.1	Ficha Máquina.....	35
4.2	Planos de Manutenção Robôs .....	35
4.2.1	Manutenção de 1.º Nível.....	35
4.2.2	Manutenção Preventiva Robôs.....	36
4.3	Manutenção Preventiva da Cabeça de Robô.....	37
4.4	Planos de Manutenção Teares Semiautomáticos .....	39
4.5	Calendarização .....	39
4.6	FMEA .....	40
5	Conclusões e propostas de trabalho futuro .....	43
5.1	Conclusões .....	43
5.2	Trabalhos futuros .....	43
6	Referências .....	45
ANEXO A:	Cálculo OEE .....	46

ANEXO B:	Parque de Equipamentos .....	47
ANEXO C:	Ficha Máquina .....	48
ANEXO D:	Manutenção de 1.º Nível – Robôs .....	49
ANEXO E:	Manutenção Preventiva Semanal – Robôs .....	51
ANEXO F:	Manutenção Preventiva 3 em 3 Semanas – Robôs .....	54
ANEXO G:	Manutenção Preventiva Cabeça de Robô .....	58
ANEXO H:	Manutenção Preventiva Teares Semiautomáticos .....	60

## Índice de Figuras

Figura 1- Vista Exterior.....	1
Figura 2 – Políticas de Manutenção .....	5
Figura 3 – Natureza e Classificação dos Equipamentos.....	8
Figura 4 - Número de avarias registadas por família.....	10
Figura 5 - Média dos tempos consecutivos às avarias.....	10
Figura 6 – Produto artificial de $n$ por $t$ .....	11
Figura 7 - "Curva da Banheira" .....	12
Figura 8 - Relação entre Fiabilidade, Manutenção e Disponibilidade .....	16
Figura 9 - Produção <i>Hand-Knotted</i> .....	20
Figura 10 - Produção <i>Hand-Woven</i> .....	21
Figura 11 - Robô em produção .....	21
Figura 12 - Pormenor de injeção de fio .....	21
Figura 13 – Retificação.....	22
Figura 14 - Máquina a aparar carpete.....	22
Figura 15 - Página inicial do “REC” .....	23
Figura 16 - Máquina da Cola.....	25
Figura 17- Máquina de aparar .....	25
Figura 18 - Percentagem de Avarias por Equipamento.....	26
Figura 19 - <i>Creel</i> .....	27
Figura 20 - Cabeça de robô.....	27
Figura 21- Calcador, bico e lâmina .....	27
Figura 22 - Tempo total de paragens por avaria.....	28
Figura 23 - Número total de paragens por avaria .....	28
Figura 24 - Percentagem de tempo gasto por avaria no motor T .....	29
Figura 25 - Percentagem de tempo gasto por avaria no motor Y .....	30
Figura 26 - Número de avarias em função do tempo .....	31
Figura 27 – MTBF por robô .....	33
Figura 28 – Fluxograma para reparação de cabeças.....	38
Figura 29 - Calendarização das Manutenções .....	39
Figura 30 - Aplicação FMEA .....	42
Figura 31 - Exemplo a desenvolver no "REC" .....	44

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Evolução da Manutenção .....	4
Tabela 2 - Níveis de Manutenção (Pinto, 2002; Amaral, 2016) .....	7
Tabela 3 - Fatores de Criticidade e Distribuição de Pontuação (Pinto, 2002) .....	9
Tabela 4 - Sugestão de política de Manutenção .....	9
Tabela 5 - Exemplo de Classificação da característica Detecção para cálculo de RPN .....	19
Tabela 6 - Resultados obtidos pelo método <i>Ipinza</i> .....	24
Tabela 8 - Resultados do Teste de Laplace para robô 6 .....	31
Tabela 8 - Resultados Teste de Laplace .....	32
Tabela 9 - Resultado obtidos para Taxa de Avarias e MTBF .....	32
Tabela 10 - Resultados do cálculo da Disponibilidade .....	33

## 1 Introdução

O presente trabalho foi realizado no âmbito do Projeto de Dissertação em Ambiente Empresarial, do 5.º Ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

O presente capítulo aborda o enquadramento do projeto desenvolvido, bem como os objetivos, e é também feita uma descrição da estrutura do relatório. Neste capítulo é também efetuada uma breve apresentação da empresa onde foi desenvolvido, a Tapeçarias Ferreira de Sá.

### 1.1 Enquadramento do projeto

A presente dissertação, com o título “*Desenvolvimento e implementação de um plano de melhorias na área da manutenção numa indústria de tapeçarias*”, decorreu na empresa Tapeçarias Ferreira de Sá, no departamento de manutenção. A manutenção desempenha nos dias de hoje, uma função vital em qualquer indústria, pois permite assegurar o sucesso da sua produção. Do mesmo modo que vai havendo uma rápida e constante evolução, principalmente tecnológica, a nível de equipamentos e processos, a manutenção tem sentido também a necessidade de uma crescente evolução.

Embora considerada e colocada, muitas vezes, em segundo plano, é a função da manutenção que permite a fluidez das áreas da produção e da qualidade, ao minimizar e tentar evitar as avarias e falhas nos equipamentos. Com uma gestão adequada e eficiente, a manutenção contribui para aumentar a eficiência e rapidez de processos de uma organização, ao mesmo tempo que permite um controlo e minimização de custos.

A Tapeçarias Ferreira de Sá, consciente da crescente competitividade global e da rapidez de reação que deve ter, para assegurar a qualidade que pretende oferecer aos seus clientes, atribui extrema importância à área de Manutenção. É assim neste contexto, e sentindo essa necessidade, que a presente dissertação pretende dar o seu contributo.

### 1.2 A empresa Tapeçarias Ferreira de Sá

Exclusividade, tradição e inovação caracterizam em simultâneo a Tapeçarias Ferreira de Sá (Figura 1). Sediada em Silvalde, Espinho, e fundada em 1946 a empresa tem nas tapeçarias artesanais o seu centro de negócio.



Figura 1- Vista Exterior

in <https://ferreiradesa.pt>, consultado em 2019-01-11, 17h50.

Com uma rede heterogénea de clientes e parceiros, A Ferreira de Sá vê o seu trabalho reconhecido tanto em edifícios ligados a área de hotelaria, restauração, serviços públicos e museus, como em ambientes residenciais ou de escritórios. Encarando cada carpete como exclusiva, o processo de criação e produção é entregue a equipas experientes e dedicadas que colocam em cada peça todo o seu talento, saber e dedicação. A exclusividade passa por ir ao encontro dos gostos de cada cliente, em consonância com tendências cores e materiais que acompanham a qualidade empregue em trabalho.

O presente trabalho decorreu na secção de Manutenção da Tapeçarias Ferreira de Sá, que em muito contribui para o seu sucesso.

### **1.3 Objetivos e âmbito do projeto**

Este projeto pretende dar um contributo de desenvolvimento e melhoria no setor de manutenção da Tapeçarias Ferreira de Sá. Os objetivos definidos do trabalho passam pelo diagnóstico da situação atual e pela proposta de melhorias dos planos de manutenção existentes, essencialmente ao nível de manutenção preventiva, com o estabelecimento de novos planos dos serviços manutenção ou alteração de procedimentos de manutenção já existentes.

Incluem-se também nos objetivos a implementação de manutenção de 1.º Nível, bem como uma análise ao registo existente de dados de avarias existente. O trabalho deverá também servir de base para o desenvolvimento do módulo de Manutenção do Sistema Integrado de Gestão, que será implementado nos próximos meses.

### **1.4 Estrutura da dissertação**

A presente dissertação está organizada em cinco capítulos.

Neste primeiro capítulo foi efetuada uma breve introdução à empresa, para além da referência ao enquadramento e objetivos do projeto.

No segundo capítulo, é feito um enquadramento teórico sobre manutenção, focando os temas principais que servem de base para os capítulos seguintes.

O terceiro capítulo faz referência à situação atual, referindo o principal processo produtivo de carpetes, bem como uma análise aos equipamentos críticos, registos e análises de dados de avarias.

No quarto capítulo, apresenta-se o desenvolvimento do trabalho realizado com base na análise efetuada no terceiro capítulo. Apresenta-se ainda o plano de melhorias ao nível dos serviços de manutenção de alguns equipamentos considerados de maior importância, para além da criação de instruções de 1.º Nível.

Por último, o capítulo cinco apresenta as conclusões do trabalho realizado e propostas de trabalhos a realizar futuramente.

## 2 Enquadramento Teórico

Este capítulo apresenta os conceitos relativos à manutenção considerados relevantes para a execução do restante trabalho.

### 2.1 Conceito de Manutenção

O conceito de Manutenção tem evoluído ao longo dos anos e, embora não exista um conceito único, as diferentes definições apresentadas pelos diversos autores são consensuais e convergentes.

Segundo a Norma EN 13306:2010, a Manutenção é definida como a “combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida”.

Para Pinto (2002), a manutenção é “combinar ações de gestão, técnicas e económicas, aplicadas aos bens para otimização do seu ciclo de vida” e Cabral (2006) define manutenção como “o conjunto de iniciativas e ações efetuadas em equipamentos ou instalações, tomadas de forma a assegurar o seu bom funcionamento, prevenindo a avaria ou o baixo rendimento. A reposição da normalidade deve ser efetuada tendo em conta o custo e o tempo de reparação”.

Moubrey (1997) refere ainda que Manutenção é “garantir que os ativos físicos continuem a fazer aquilo que os seus proprietários querem que eles façam”.

### 2.2 Evolução da Manutenção

Os vários autores especializados na área identificam três períodos distintos na evolução da Manutenção.

A importância da função de Manutenção tem sofrido muitas alterações, especialmente a partir dos anos coincidentes com a Segunda Guerra Mundial. Neste primeiro período, as intervenções dependiam da existência de avarias.

Já no segundo período, a partir de 1950, a crescente automatização de processos leva a uma maior preocupação com a manutenção e com os equipamentos. Começa assim a dar-se alguma importância às longas paragens por avaria e aos custos elevados que essas paragens acarretam. Neste período nasce a ideia e a orientação para a Manutenção Preventiva.

Com o aparecimento das novas tecnologias de gestão, essencialmente a partir dos anos 70, resulta também a necessidade de melhoria e eficiência na gestão de recursos no terceiro período. Uma avaria ou paragem de um equipamento envolve elevadas perdas quer a nível da produção quer a nível financeiro, obrigando assim a função Manutenção a um desenvolvimento contínuo até aos dias de hoje, no sentido de prevenção com novas técnicas e políticas de manutenção, levando também à envolvimento de toda a organização.

A Tabela 1 resume esses três períodos.

Tabela 1 – Evolução da Manutenção

1. <sup>a</sup> Geração (1940-190)	2. <sup>a</sup> Geração (1950-190)	3. <sup>a</sup> Geração (1950-1970)
Reparação após avaria <b>Manutenção Corretiva</b>	Crescente Automatização Valorização da Conservação dos equipamentos Maior Disponibilidade <b>Manutenção Preventiva</b>	Novos desafios de Gestão de recurso. Maior disponibilidade e fiabilidade <b>Gestão Integrada da Manutenção e Nível Organizativo</b>

## 2.3 Gestão da Manutenção e seus Objetivos

A norma EN 13306:2010 define Gestão da Manutenção como “todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por diversos meios tais como o planeamento, o controlo e supervisão de manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo aspetos económicos”. A mesma norma refere que os objetivos da gestão da manutenção são “metas fixadas e aceites para as atividades de manutenção”.

Segundo Ferreira (1998), uma organização de manutenção apresenta três objetivos:

- 1- Manter a segurança de pessoas e bens;
- 2- Assegurar os níveis de qualidade;
- 3- Assegurar o custo do produto.

Para Pinto (2002), a gestão da manutenção envolve cinco atividades para que os objetivos supracitados sejam realizados:

- Planeamento: realizado com base no conhecimento técnico do equipamento. Constituído pelo plano de manutenção, preparação e programação de trabalhos.
- Realização: no sentido da execução das intervenções planeadas e na preparação e programação dos trabalhos, garantido a qualidade de execução.
- Controlo de Custos: apuramento dos custos de mão-de-obra, materiais e serviços envolvidos nas intervenções.
- Gestão de materiais: gestão quer de materiais de uso corrente da manutenção quer de peças ou equipamentos de reserva.
- Gestão de Pessoal: estímulo e motivação dos recursos humanos afetos à manutenção, bem como formação adequada.

Todas as ações de manutenção devem estar alinhadas com os objetivos estratégicos da empresa e esquemas organizacionais.

## 2.4 Políticas e Níveis de Manutenção

Como referido no ponto anterior, ou dito até de outra forma, os objetivos da manutenção passam por assegurar um bom padrão de desempenho dos equipamentos a um custo mínimo. É assim importante perceber quais as necessidades de manutenção de um equipamento ou sistema. Pinto (2002) refere que entre as opções de políticas de manutenção disponíveis, estas devem ser definidas de acordo com as características dos equipamentos e os condicionalismos da produção. A escolha da política de manutenção deve então ter em conta os seguintes aspetos:

- Fiabilidade dos equipamentos e taxa de avarias;
- Manutibilidade do equipamento;
- Tipos de avarias (em função do tempo de funcionamento ou aleatórias);
- Criticidade do equipamento em relação à sua influência nas perdas de produção;
- Consequências de uma avaria no equipamento em termos de segurança, quer do pessoal, quer do próprio equipamento ou das instalações;
- Aspetos legais;
- Viabilidade técnica e económica da deteção antecipada de possíveis avarias por controlo das variáveis de funcionamento e das alternativas de substituição ou reparação;
- Avaliação económica do benefício resultante de entre as opções disponíveis de manutenção a aplicar.

### 2.4.1 Políticas de Manutenção

A manutenção de equipamentos, como função de apoio às atividades produtivas, pode assumir várias formas, conforme a sua exigência e as necessidades de produção. A divisão das políticas de manutenção é apresentada de forma diferente conforme o autor, no entanto, é consensual a sua divisão em dois tipos: Manutenção Planeada e Manutenção Não Planeada.

A Figura 2 apresenta a divisão das diversas políticas de Manutenção.

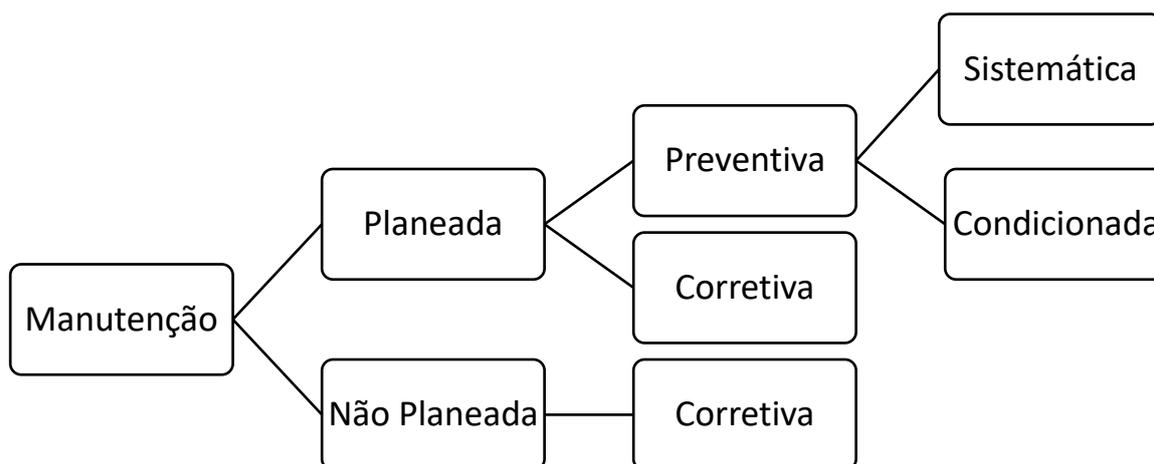


Figura 2 – Políticas de Manutenção

**Manutenção Planeada** – Amaral (2016) refere que se deve entender por este tipo de manutenção as operações de manutenção levadas a efeito na sequência de metodologias otimizadas de manutenção. É uma política de manutenção em que se preparam devidamente as intervenções a serem realizadas em termos de peças de reserva, tempos de entrega das peças e disponibilidade do equipamento. Na Manutenção Planeada, distinguem-se a Manutenção Preventiva (que pode ser Sistemática ou Condicionada) e a Manutenção Corretiva.

**Manutenção Preventiva** – é efetuada segundo critérios predeterminados com a intenção de reduzir a probabilidade de avaria de um bem ou a degradação de um serviço prestado (Amaral, 2016). Ferreira (1998) refere ainda que os objetivos da Manutenção Preventiva passam, por exemplo, pelo aumento da fiabilidade de um equipamento reduzindo a taxa de avarias conseguindo assim uma redução de custos e aumento da disponibilidade, pelo aumento da

duração de vida útil do equipamento, pela melhoria das cargas de trabalho, pela facilidade na gestão de stocks e por assegurar também a segurança das intervenções.

**Manutenção Preventiva Sistemática** – esta política de manutenção é efetuada com periodicidade fixa e definida segundo um calendário estabelecido em função das unidades de utilização. A periodicidade da manutenção pode ser definida por tempo absoluto (calendário) ou tempo relativo (unidades de utilização – km ou horas, por exemplo). Tem por objetivo manter o sistema ou equipamento no estado de funcionamento equivalente ao inicial (Ferreira, 1998).

**Manutenção Preventiva Condicionada** – em função do estado do equipamento realiza-se este tipo de manutenção, também designada como manutenção preditiva. Segundo Amaral (2016), este tipo de manutenção é subordinado a um acontecimento predeterminado revelador do estado de degradação do bem. Ferreira (1998) refere ainda que, nesta política de manutenção, a decisão de intervenção preventiva é tomada quando existe evidência experimental de avaria iminente ou quando se aproxima do limite de degradação admissível predeterminada. Para ser verdadeiramente eficaz, deve ser pensada durante a fase de conceção do equipamento.

**Manutenção Planeada Corretiva** – Conceição (2013) indica que esta política de manutenção se pode utilizar em duas situações: quando existe uma falha no equipamento ou sistema e a sua reparação não é urgente; ou nos casos em que a avaria não afeta o funcionamento do equipamento e é planeada uma vez que o equipamento não se encontra disponível.

**Manutenção Não Planeada** – Como facilmente se pode entender pela designação, é uma política de manutenção que não envolve qualquer tipo de planeamento.

**Manutenção Não Planeada Corretiva** - Esta política de manutenção tem como objetivo corrigir as condições de funcionamento de determinado equipamento. Pode acarretar custos elevados embora não se verifiquem gastos até à ocorrência da avaria. Este tipo de manutenção deve ser reservada aos equipamentos cuja indisponibilidade tenha pouca relevância sobre a produção e cujo custo de reparação, bem como as avarias imprevistas, sejam aceitáveis (Conceição, 2013). Amaral (2016) explica ainda que esta política de manutenção é efetuada após avaria e que, se a intervenção corretiva for definitiva, se designa “curativa”; no caso de ter carácter provisório, designa-se “paliativa”.

Mais recentemente, alguns autores defendem também uma outra política de Manutenção designada de Manutenção de Melhoria. Esta política de Manutenção consiste, segundo Pinto (2002), no estudo, projeto e realização de alterações no próprio equipamento com o objetivo de eliminar operações de manutenção.

## 2.4.2 Níveis de Manutenção

De acordo com a norma EN 13306:2010, podem distinguir-se cinco níveis de prestação de manutenção. Estes diferenciam-se entre si tendo em conta a natureza dos trabalhos a realizar, o local de intervenção, os meios materiais requeridos e a documentação necessária.

A Tabela 2 resume os níveis de manutenção.

Tabela 2 - Níveis de Manutenção (Pinto, 2002; Amaral, 2016)

<b>Nível de Manutenção</b>	<b>Descrição</b>	<b>Executante</b>	<b>Local</b>
<b>1.º Nível</b>	Tarefas simples de limpeza, lubrificação, verificação de níveis, substituição de elementos acessíveis sem necessidade de desmontagem ou abertura do equipamento	Operador do Equipamento	No local de trabalho
<b>2.º Nível</b>	Reparações previstas efetuadas por substituição de elementos standard e operações simples de manutenção preventiva	Técnico habilitado ou, em algumas situações, pelo operador	No local de trabalho
<b>3.º Nível</b>	Identificação, diagnóstico e reparação de avarias por substituição de componentes funcionais ou reparações menores	Técnico(s) especializado(s)	No local de trabalho ou em oficina local de apoio
<b>4.º Nível</b>	Trabalhos importantes de manutenção corretiva e preventiva com exceção de renovação ou reconstrução	Equipa de Manutenção com enquadramento técnico especializado	Em oficina central ou por subcontratação
<b>5.º Nível</b>	Trabalhos importantes de renovação de construção ou de reparação	Equipa completa de manutenção e respetivo enquadramento técnico especializado	Em oficina externa ou em oficina do construtor

Os cinco níveis de manutenção assumem diferentes formas dependendo, de empresa para empresa, da sua forma de execução. Em conjunto com as novas técnicas de manutenção, levam a que exista uma interligação cada vez maior entre as áreas de produção e de manutenção, nomeadamente na realização dos planos de manutenção e na atribuição de tarefas de 1.º nível aos operadores.

## 2.5 Equipamentos

De modo a integrar a tecnologia dos equipamentos nas suas funções no processo produtivo, garantir o seu bom funcionamento e zelar pela sua segurança é também da manutenção a responsabilidade de criar e conservar o conhecimento técnico dos equipamentos.

### 2.5.1 Conhecimento dos Equipamentos

Uma unidade industrial possui no seu espaço um elevado número de equipamentos. É de extrema importância, refere Ferreira (1998), um conhecimento aprofundado desses mesmos equipamentos, de modo a que fácil e rapidamente seja possível responder a questões como:

- Que equipamentos devem estar sujeitos a manutenção preventiva?

- Como se deve fazer a manutenção?
- Quando se deve fazer a manutenção?
- A manutenção é realizada de forma técnica e economicamente viável?

A diversidade ou variedade de equipamentos existentes implica assim a necessidade de, antes de se determinar as prioridades e níveis de manutenção, existir um inventário do material devidamente identificado e localizado. Na Figura 3 é apresentada a Natureza e a Classificação dos Equipamentos segundo Ferreira (1998).

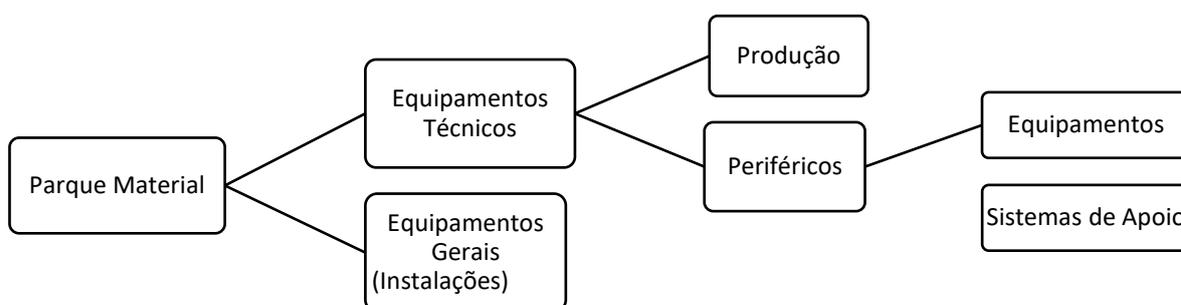


Figura 3 – Natureza e Classificação dos Equipamentos  
(Ferreira, 1998)

O inventário dos equipamentos é uma nomenclatura codificada do parque de máquinas que dá a informação relativa ao conjunto dos mesmos, bem como da sua localização, natureza do serviço prestado e o tipo ou família.

### 2.5.2 Manual Técnico do Equipamento

Após a identificação dos equipamentos através do inventário é necessário, para cada um deles, elaborar um manual técnico.

Este manual deve ter duas componentes:

- Dossier do Construtor;
- Ficheiro interno ou Ficha de equipamento.

O dossier do Construtor é específico de cada equipamento e deve conter, para além dos documentos comerciais (contratos, garantias, referencias pós-venda), os documentos técnicos como as características, lista de acessórios, nomenclatura de peças, esquemas, modos de manutenção, fluxogramas de deteção de avarias (Ferreira, 1998).

O ficheiro interno deve ser classificado de acordo com o inventário realizado. Estes ficheiros poderão variar conforme a complexidade, de equipamento para equipamento, em função da sua criticidade e importância para a produção.

### 2.5.3 Criticidade dos Equipamentos

Como referido anteriormente, na seleção da política de manutenção, um dos fatores a ter em conta é a criticidade dos equipamentos relativamente ao volume de produção. Assim, surge a necessidade de efetuar uma classificação dos equipamentos do ponto de vista do impacto da sua avaria na qualidade da produção e dos custos. Pinto (2002) sugere a utilização do método *Ipinza* na avaliação da criticidade dos equipamentos na tomada de decisão das políticas de manutenção. Este método engloba vários critérios, destacando-se, de entre eles, o valor do

equipamento para a produção, o valor económico do equipamento, o número de equipamentos alternativos e as dependências, tanto logística como de mão-de-obra. Na sua aplicação, para cada equipamento, são analisadas as características e são atribuídos pontos a cada situação, de acordo com a Tabela 3. A partir da pontuação determinada pela soma dos pontos atribuídos, é estabelecida a política de manutenção de acordo com os parâmetros definidos na Tabela 4.

Tabela 3 - Fatores de Criticidade e Distribuição de Pontuação (Pinto, 2002)

<b>Característica a considerar</b>	<b>Situação</b>	<b>Pontuação</b>
Efeito na produção	Paragem	4
	Reduz	2
	Não paragem	0
Valor técnico-económico	Alto	4
	Médio	2
	Baixo	1
Prejuízo à máquina em si	Sim	2
	Não	0
Prejuízo ao processo	Sim	3
	Não	0
Prejuízo ao pessoal	Risco	1
	Sem Risco	0
Dependência logística	Estrangeiro	2
	Nacional	0
Dependência de mão-de-obra	Terceiros	2
	Própria	0
Probabilidade de avaria	Alta	1
	Baixa	0
Facilidade de reparação	Alta	1
	Baixa	0
Flexibilidade e redundâncias	Simples	2
	By-pass	1
	Dupla	0

Tabela 4 - Sugestão de política de Manutenção

<b>Pontuação</b>	<b>Aplicação de Manutenção Preventiva</b>	<b>Sugestão</b>
19 a 22	Crítica	Manutenção Preventiva
13 a 19	Importante	Manutenção Preventiva
6 a 13	Conveniente	Manutenção Corretiva
0 a 6	Opcional	Manutenção Corretiva

## 2.6 Ferramentas de análise de dados

Não tendo uma aplicação única e específica, e sendo da responsabilidade do utilizador a escolha da ferramenta a utilizar, tendo em conta o tipo de problema em questão e o conhecimento do processo a analisar, são várias as ferramentas de análise de dados disponíveis. Entre elas, podem destacar-se as folhas de verificação, o diagrama de Pareto, Histograma, Diagrama de Causa e Efeito, Diagramas de Dispersão ou Fluxogramas. Estas ferramentas são de grande importância, dado que permitem identificar informações importantes e consideráveis de forma fácil e rápida.

De forma muito resumida, definem-se algumas das mais importante para a execução do trabalho.

- Histograma – gráfico obtido a partir da distribuição de frequências de um conjunto de dados amostrais.
- Gráfico de barras – gráficos utilizados para dados discretos (número de falhas e sua frequência, por exemplo).
- Diagrama de Pareto – gráfico de colunas que permite a priorização de problemas. Permite uma fácil visualização e identificação de causas ou problemas mais importantes ou críticos possibilitando assim uma maior concentração sobre os mesmos.

Na análise de equipamentos que sofrem avarias, os mesmos são geralmente identificados por famílias. Devem organizar-se as avarias por tipos repetitivos. Existindo dois tipos de documentos, qualitativos (fichas de análise de avaria e auditoria, por exemplo) e quantitativos ( históricos com datas de intervenção e duração de intervenção) podem construir-se diagramas de Pareto tendo em conta as variáveis  $n$ ,  $t$  e  $n.t$ , sendo  $n$  o número de avarias registado por família,  $t$  a média das durações das intervenções consecutivas às avarias e  $n.t$  o produto artificial dos dados anteriores. A Figura 4 apresenta um exemplo de um diagrama de Pareto tendo em conta número de avarias por família e que dá uma indicação sobre a fiabilidade, a Figura 5 mostra um exemplo de um diagrama de Pareto com a média dos tempos consecutivos à avaria e dá uma indicação sobre a manutibilidade. Por último a Figura 6 apresenta um exemplo de diagrama de Pareto que relaciona o produto do número de avarias pela média das durações das intervenções consecutivas às avarias por famílias e que representa uma indicação sobre a disponibilidade.

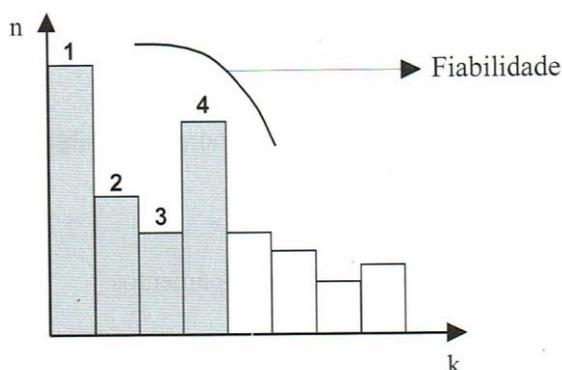


Figura 4 - Número de avarias registadas por família

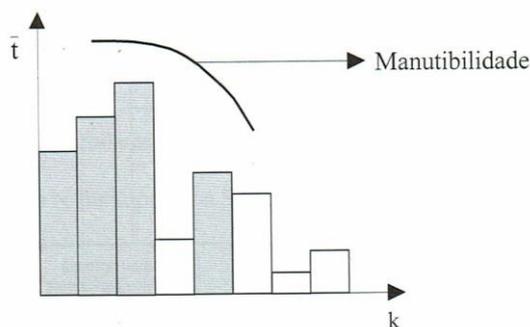
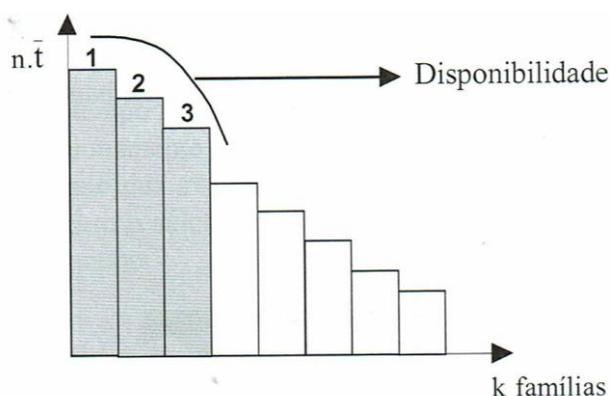


Figura 5 - Média dos tempos consecutivos às avarias

Figura 6 – Produto artificial de  $n$  por  $t$ 

## 2.7 Avarias

A análise de avarias assume grande importância no sentido de melhorar o conhecimento dos equipamentos e do seu comportamento permitindo assim uma atuação mais rápida e eficiente na redução ou eliminação das suas potenciais consequências. É relevante também a distinção das avarias ao nível da sua importância de modo a melhor alocação de recursos na sua resolução.

### 2.7.1 Avaria e Taxa de Avaria

De modo a ter-se um melhor conhecimento dos equipamentos, e para que seja possível realizar ações com o objetivo de diminuir ou eliminar avarias e suas consequências, é de extrema importância a sua análise.

Pela Norma EN 13306:2010, avaria é definida como a “cessação da aptidão de um bem para cumprir a função requerida”.

A taxa de avarias, representada por  $\lambda(t)$ , é um indicador de fiabilidade e representa a proporção de dispositivos ou equipamentos que devam sobreviver num instante  $t$ . Estatisticamente,  $\lambda(t)$  é uma densidade de probabilidade condicional que caracteriza a probabilidade de avaria no intervalo  $\Delta(t)$  dos dispositivos que sobreviveram até ao instante  $t$ .

Sendo,

$N_0$  – número inicial de dispositivos

$N_s(t)$  – número de sobreviventes no instante  $t$

$N_s(t+\Delta(t))$  – número de sobreviventes no instante  $t+\Delta(t)$

$$\lambda(t) = \frac{N_s(t) - N_s(t+\Delta(t))}{N_s(t) \cdot \Delta(t)}$$

isto é,

$$\lambda = \frac{N^\circ \text{ de avarias}}{\text{Tempo total funcionamento}}$$

Existe também outro indicador que se relaciona com a taxa de avarias, o MTBF, derivado do inglês, *Mean Time Between Failures*, do seguinte modo,

$$MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

O MTBF representa o tempo médio de bom funcionamento, ou seja, o tempo que decorre, em média, entre duas avarias consecutivas.

De notar ainda que o MTBF se refere apenas a bens ou sistemas reparáveis. No caso de Sistemas Não Reparáveis, o indicador é o MTTF, do inglês *Mean Time to Failure*, e representa o tempo médio até à ocorrência da falha.

Pinto (2002) refere que a taxa de avarias de um determinado componente ou equipamento varia com o seu tempo de funcionamento, de uma forma que é conhecida como “Curva da Banheira” como se pode verificar na Figura 7.

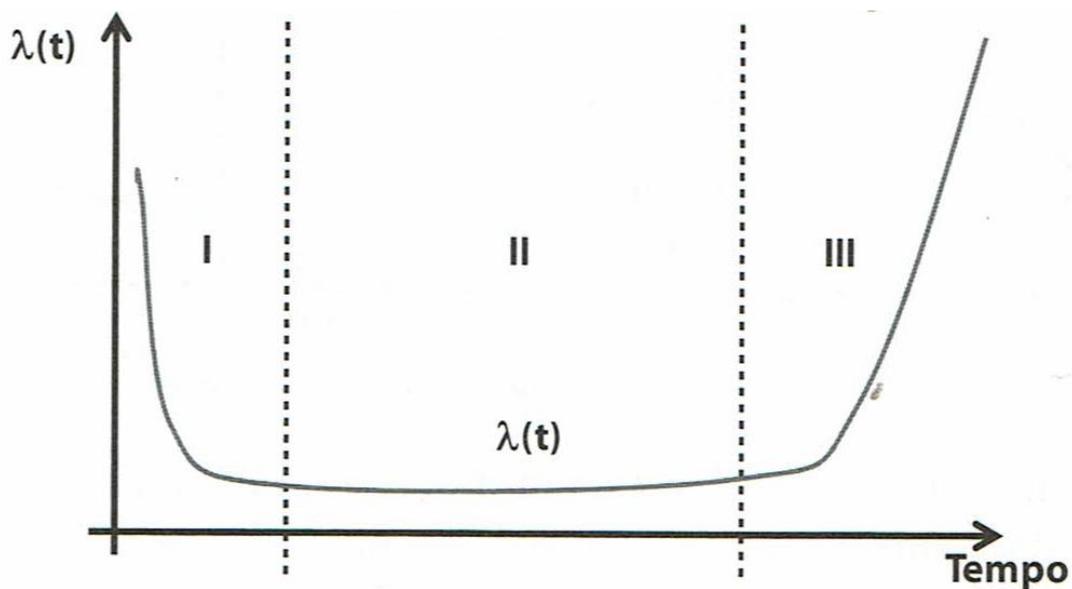


Figura 7 - "Curva da Banheira"  
in livro Amaral (2016)

Como se pode constatar distinguem-se três regiões diferentes no gráfico.

I – Fase de Juventude do Equipamento.

Corresponde à fase inicial da instalação e arranque do equipamento, que se caracteriza por uma elevada taxa de avarias, devido essencialmente a defeitos de fabrico, deficiências de montagem, má utilização por inexperiência, mas que decresce rapidamente.

II – Fase de Maturidade do Equipamento

Caracteriza-se por uma taxa de avarias constante, a que não se pode imputar uma causa específica. É o período mais significativo, pois a sua duração é normalmente muito superior às outras duas fases.

### III – Fase de Obsolescência

Corresponde ao período final da curva e revela o crescimento contínuo da taxa de avarias, pois o bem entra na fase final do seu ciclo de vida, em que vai perdendo a sua capacidade de bom funcionamento, devido ao progressivo desgaste e envelhecimento dos materiais.

Um dos objetivos do engenheiro de Manutenção é tentar reduzir os períodos I e III, correspondentes às fases de taxas de avarias decrescente e crescente.

## 2.7.2 Análise de Tendência - Teste de Laplace

Segundo Amaral (2016), antes de aplicar qualquer distribuição estatística a um conjunto, devemos analisar a tendência desses dados sob o ponto de vista do processo estocástico (processo aleatório que depende do tempo, ordem cronológica de ocorrências, entre outros). Analisar a tendência corresponde a um processo de inferência estatística baseado em testes de hipóteses, a cuja utilização se recorre sempre que se queira verificar se os dados amostrais são ou não compatíveis com determinadas populações.

A análise de Tendência é efetuada através da aplicação do teste de Laplace.

Também no teste de Laplace se distinguem duas situações: uma no caso de Sistemas Reparáveis e outra para Sistemas Não Reparáveis. Importa assim, antes de se descrever o Teste de Laplace, fazer uma distinção entre estes dois tipos de Sistemas.

Um sistema diz-se reparável quando a ocorrência de uma avaria nesse sistema não implica o seu fim de vida. Após reparação ou substituição, estes sistemas devem retomar as suas condições habituais de funcionamento. Um sistema diz-se Não Reparável quando uma avaria neste tipo de sistema implica uma falha no seu funcionamento, que não pode ser resolvida, não sendo assim possível repor as suas condições iniciais e habituais de funcionamento. O sistema, para cumprir sua função, tem obrigatoriamente de ser substituído.

No caso de Sistemas Reparáveis, o objetivo é verificar qual a tendência que a ocorrência de avarias apresenta, isto é, se há indícios de a taxa de avarias ser constante, crescente ou decrescente. Já na situação de Sistemas Não Reparáveis, o objetivo é verificar se os tempos de avarias São Independentes e Identicamente Distribuídos (IID) constituindo um processo de Poisson Homogéneo.

O teste de Laplace é realizado do seguinte modo:

#### 1. Formulação das Hipóteses:

$H_0$ : Taxa de Avarias Constante

$H_1$ : Taxa de Avarias Crescente ou Decrescente, ou

$H_0$ : Avarias são IID

$H_1$ : Avarias não são IID

#### 2. Identificação da Estatística de Teste (ET)

Para o cálculo da ET utiliza-se uma de duas expressões, conforme o teste seja limitado pelo tempo (i) ou limitado por ocorrência (ii)

i)

$$ET = \sqrt{12 * N} * \left[ \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N * t_0} - 0,5 \right] \quad (\text{Equação 2.1})$$

$$\text{ii) } ET = \sqrt{12 * (N-1)} * \left[ \frac{\sum_{i=1}^{N-1} t_i}{(N-1) * t_0} - 0,5 \right] \quad (\text{Equação 2. 2})$$

Onde,

N- número de ocorrências, e  $N \geq 4$

$T_i$  – tempo decorrido até à ocorrência de ordem i

$T_0$  – tempo total

3. Definição da regra de decisão e especificação do nível de significância  $\alpha$ ;
4. Cálculo da ET e tomada de decisão;

## 2.8 Fiabilidade, Manutibilidade e Disponibilidade

A norma EN 13306:2010, define Fiabilidade como “aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um intervalo de tempo”. Refere ainda que o termo “fiabilidade” é também utilizado como uma medida de desempenho da fiabilidade e poderá ser definido como uma probabilidade.

Ferreira (1998) define fiabilidade como a característica de um dispositivo expressa pela probabilidade de que este dispositivo exerça uma função requerida em condições de utilização e por um período de tempo determinado. Significa assim a extensão da “qualidade” no tempo. Salienta-se que, por qualidade, se entende a conformidade de um produto à saída da fábrica e fiabilidade é a sua capacidade de manter a qualidade durante a sua vida de funcionamento.

Como já referido em, 2.7, a fiabilidade tem como indicadores a taxa de avarias  $\lambda$  e o MTBF.

Manutibilidade, segundo a norma EN 13306:2010, é a “aptidão de um bem, sob condições de utilização definidas, para ser mantido ou restaurado, de tal modo que possa cumprir uma função requerida, quando a manutenção é realizada em condições definidas, utilizando procedimentos e recursos prescritos”.

Segundo Martins e Leitão (2009), o termo Manutibilidade traduz a capacidade de um sistema ser mantido em boas condições operacionais e Ferreira (1998) refere ainda que, estaticamente, é a probabilidade de recuperar um sistema nas condições de funcionamento especificadas, em prazos de tempo estabelecidos quando as ações de Manutenção são efetuadas nas condições e com os meios previstos.

A Manutibilidade é uma característica construtiva e de montagem de equipamentos relacionada com o tempo necessário para a sua reparação. Uma maior ou menor facilidade de acesso aos equipamentos, quando se realizam ações de inspeção, substituição ou reparação, são fatores que influenciam a Manutibilidade (Amaral, 2016).

A Manutibilidade pode ser quantificada pelos tempos médios de reparação, MTTR ( do inglês, *Mean Time To Repair*). A expressão que permite o seu cálculo, para um determinado período de tempo, é:

$$MTTR = \frac{\sum_{i=0}^n TTRi}{N^{\circ} \text{ avarias}}$$

Onde:

TTR – tempo de reparação da avaria  $i$

Importa ainda referir que o MTTR engloba todo o tempo necessário para diagnosticar a avaria e reunir todos os recursos lógicos, o tempo de execução do trabalho propriamente dito e ainda o teste e entrega do equipamento.

Ainda segundo a norma EN 13306:2010, Disponibilidade é definida como a “aptidão de um bem cumprir uma função requerida sob determinadas condições, num dado instante de tempo ou durante um intervalo de tempo, assumindo que é assegurado o fornecimento dos necessários recursos externos”.

Leitão e Martins (2009) referem que a Disponibilidade é uma característica dos sistemas Reparáveis e que traduz a proporção de tempo em que o sistema se encontra em condições de ser utilizado e assim realizar as suas funções específicas.

Pinto (2002) refere dois tipos de Disponibilidade: a Disponibilidade Intrínseca (i) e a Disponibilidade Operacional (ii).

i. Disponibilidade Intrínseca

Este tipo de Disponibilidade define, para um dado período de funcionamento, o tempo durante o qual o equipamento se encontra disponível. Não contempla o tempo de ações de Manutenção Preventiva Planeada.

Define-se através da equação:

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

O valor da Disponibilidade Intrínseca irá depender de um determinado valor de MTTR, isto é, do grau de Manutibilidade do equipamento.

ii. Disponibilidade Operacional

A Disponibilidade Operacional define, para um dado período de funcionamento, o tempo durante o qual o equipamento se encontra disponível considerando todas as ações de Manutenção efetuadas no equipamento.

Define-se através da equação:

$$D_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT}$$

MTBM (do Inglês, *Mean Time Between MAIntenance*) – Tempo Médio entre Manutenções.

A Figura 8 mostra de que forma se podem relacionar estas três características da Manutenção.

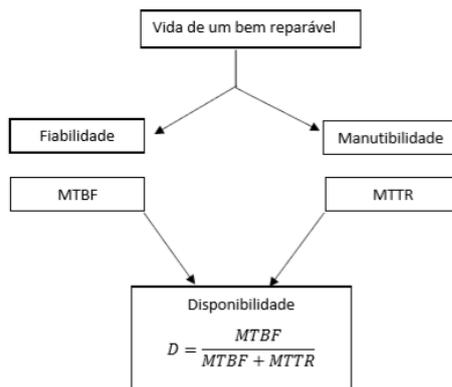


Figura 8 - Relação entre Fiabilidade, Manutenção e Disponibilidade

adaptado de livro de Ferreira (1998)

Resumidamente, a Fiabilidade refere-se à probabilidade de bom funcionamento, a Manutibilidade à probabilidade de um bem ser reparado após falha e a Disponibilidade à probabilidade de um bem se encontrar operacional e assegurar a sua função.

O gestor da Manutenção deve, assim, ter como um dos seus objetivos, aumentar a Disponibilidade dos bens e equipamentos. Para o conseguir, deve tentar reduzir o número de paragens, ou seja, aumentar a Fiabilidade, e tentar reduzir os tempos de reparação – aumentar a Manutibilidade.

## 2.9 Metodologias de Gestão de Manutenção

Com a importância cada vez maior atribuída à função da manutenção em conjunto com a complexidade cada vez maior dos equipamentos surgiram nos últimos anos algumas metodologias que permitem uma maior e melhor resposta ao nível da disponibilidade dos equipamentos ao mesmo tempo que se tenta garantir custos mínimos de reparação. A utilização e aplicação destas metodologias, que muitas vezes se complementam, como ferramentas de apoio à tomada de decisão, estudo de fiabilidade previsional ou prevenção de riscos são um grande auxílio para o responsável de manutenção no cumprimento dos objetivos estabelecidos de uma organização. Nestas metodologias destacam-se a TPM – *Total Productive Maintenance* e RCM - *Reliability Centered Maintenance*.

### 2.9.1 TPM - Total Productive Maintenance

A metodologia TPM ( do inglês, *Total Productive Maintenance*), Manutenção Produtiva Total, foi introduzida por Nakajima no Japão, nos anos 70, devido aos bons resultados obtidos nas empresas em que foi implementada, e teve uma rápida ascensão.

A TPM é uma metodologia que envolve todos os setores da empresa e conta com a participação de todos, desde os operadores de máquinas e do pessoal da manutenção, até ao nível superior de gestão, passando pelos quadros intermédios, e considera o ciclo total de vida dos equipamentos. Tem como objetivo, segundo Pinto (2002), a maximização da disponibilidade dos equipamentos com a eliminação das falhas, defeitos e outras formas de perdas e desperdícios para a produção, através da meta “Zero avarias”, com a consequente eliminação das perdas de produção.

Segundo Cabral (2004), são dezasseis as grandes causas de ineficiências conhecidas, sendo que são sete as consideradas grandes perdas e que esta metodologia pretende eliminar ou minimizar:

- i) Paragens da linha de fabrico causadas por avarias;

- ii) Paragens por mudança de fabrico e ajustes;
- iii) Pequenas paragens;
- iv) Operação em vazio;
- v) Baixa velocidade;
- vi) Defeitos gerados no processo produtivo;
- vii) Arranques de produção e quedas de rendimento.

Para a sua implementação, a TPM assenta nos oito pilares essenciais seguintes:

- Segurança e Ambiente;
- Treino e Formação;
- Manutenção Autónoma;
- Manutenção Planeada;
- Manutenção de Melhoria;
- Controlo inicial de equipamentos;
- Gestão da Qualidade;
- TPM nos escritórios.

A TPM rege-se também por um indicador, o OEE (do inglês, *Overall Equipment Effectiveness*), que dá ao gestor a indicação sobre a produtividade dos processos produtivos e a eficiência da mão-de-obra, e cujo objetivo é a sua maximização.

O cálculo deste indicador é explicado em maior detalhe no Anexo A.

## 2.9.2 RCM - Reliability Centred Maintenance

Esta metodologia tem origem na indústria aeronáutica Americana, por volta dos anos 70, sendo uns anos mais tarde aplicada no setor industrial.

RCM, (do inglês, *Reliability Centred Maintenance*), Manutenção Centrada na Fiabilidade, segundo a NASA (2000) é uma metodologia utilizada para determinar a abordagem mais eficaz para a Manutenção. Envolve a identificação de ações que, quando realizadas, irão reduzir a probabilidade de falha e a identificação de quais serão as falhas menos dispendiosas.

Pinto (2002) refere que esta metodologia tem como objetivo a otimização do binómio custo/eficácia da manutenção, através da combinação dos fatores Políticas de Manutenção e Custos de Manutenção.

Moubray (1997), ao definir esta metodologia como “processo usado para determinar o que deve ser feito para garantir que qualquer ativo físico continue a fazer o que é suposto pela sua função no seu contexto operacional”, defende que o modelo deve procurar responder às sete questões:

- Quais as funções do Sistema?
- Quais as avarias fundamentais que podem ocorrer?
- Quais as possíveis consequências no caso de ocorrência dessas avarias?
- Qual a importância de cada avaria?
- O que pode ser feito para prevenir a avaria?
- Qual a função de risco associado a cada modo de avaria?
- O que fazer se não se encontrar a melhor medida de melhoria?

A NASA (2000) propõe também que, para uma abordagem rigorosa na metodologia RCM, se deve ter por base uma análise detalhada dos modos de falha e efeitos. Esta análise largamente utilizada não só neste contexto, é conhecida como FMEA (do inglês, *Failure Mode and Effects Analysis*), Modos de Falha e análise de efeitos. Esta ferramenta é descrita e explicada no ponto seguinte.

## 2.10 FMEA - Failure Mode and Effects Analysis

FMEA (do inglês, *Failure Mode and Effective Analysis*), Modo de Falha e Análise de Efeitos é, segundo Amaral (2013), um procedimento que visa o estudo das falhas potenciais e que permite identificar os seus modos de falha, as suas causas e os seus efeitos. Esta ferramenta tem como objetivo identificar os potenciais modos de falha de um sistema ou processo de forma a avaliar o risco associado a esses modos de falha e sejam classificados em termos de importância e então promover ações corretivas com o intuito de diminuir a incidência de falhas e pode ser utilizada em várias áreas de uma organização. Por falha entende-se o fim da capacidade de um item em realizar a sua função, modo de falha a maneira em que a incapacidade do item para executar a função ocorre e causa de falha deve entender-se como as circunstâncias que resultam em falha e por último referir que o efeito sugere a consequência da ocorrência da falha.

McDermot *et all* (1996) identificam dez passos essenciais na construção de uma ferramenta FMEA, após definido o processo, sistema ou equipamento a analisar.

- 1.º- Revisão de todo o processo/equipamento;
- 2.º- Debate de ideias de potenciais modos de falha;
- 3.º- Listar potenciais efeitos de cada modo de falha;
- 4.º- Construir uma escala de critério para cada efeito de Severidade;
- 5.º- Construir uma escala de critério para cada tipo de Ocorrência;
- 6.º- Construir uma escala de critério para o nível de Detecção;
- 7.º- Avaliar o Risco;
- 8.º- Priorizar os modos de falha através da avaliação do Risco;
- 9.º- Identificar ações para eliminar ou reduzir os modos de falha prioritários;
- 10.º- Avaliar os resultados.

Por Severidade, entende-se a gravidade da consequência da falha, por Ocorrência a probabilidade ou frequência de ocorrência da falha e por Detecção a probabilidade de a falha ser detetada antes de acontecer.

O risco da falha é definido pelo Número de Prioridade de Risco, RPN (do inglês, *Priority Risk Number*) e é definido como o produto dos critérios definidos anteriormente. O RPN fica assim associado ao modo de falha.

$$\text{RPN} = \text{Severidade} \times \text{Ocorrência} \times \text{Detecção}$$

Usando conhecimentos técnicos e recorrendo à análise de dados e ao apoio de ferramentas como elaboração de fluxogramas de deteção de avarias, vista explodida de equipamentos, para cada um dos fatores utilizados no cálculo do RPN, são criadas escalas de 0 a 10 para as classificar, valores esses que, após classificação, servem de base para o cálculo, como se documenta no exemplo da Tabela 5 para o fator Detecção.

Tabela 5 - Exemplo de Classificação da característica Deteção para cálculo de RPN

Deteção da Falha	Grau de Deteção
<b>Impossível detetar</b>	10
<b>Probabilidade mínima de detetar</b>	8
<b>Probabilidade moderada de detetar</b>	6
<b>Probabilidade média alta</b>	4
<b>Praticamente certa a detetar</b>	1

O valor do RPN é utilizado para estabelecer quais os modos de falha prioritários a eliminar ou minimizar. Após a determinação e execução de ações corretivas, deve ser realizada nova avaliação do RPN, reavaliando também as escalas de Severidade, Ocorrência e Deteção. Estas ações devem continuar até se atingir um nível RPN aceitável. Trata-se de um processo iterativo e moroso, mas que se revela extremamente útil na análise de problemas em várias áreas, incluindo a manutenção.

### 3 Análise da Situação atual

O capítulo 3 apresenta a descrição da situação atual encontrada na empresa. Para além da apresentação dos produtos e do principal processo produtivo de carpetes, é feita uma análise aos registos das avarias de equipamentos e aos planos de manutenção existentes.

#### 3.1 Produtos e Processos Produtivos

Como empresa conceituada no setor das tapeçarias, a Ferreira de Sá dedica-se à produção de carpetes. Os seus produtos são dedicados a hotéis, museus, escritórios, palácios, entre outros, produzindo ainda para algumas marcas de luxo com grande representatividade a nível mundial. As matérias-primas utilizadas na produção dos carpetes são, essencialmente, a lã, o linho, o *lyocel*, a seda e o algodão. Para corresponder à exigência dos clientes, estas matérias são utilizadas em estado muito puro, dispondo de uma vasta gama de cores em diversos tipos de fio.

Na produção de carpetes, são utilizados dois tipos de produção:

- i) Produção artesanal;
- ii) Produção *tufting* (tufagem em telas).

A produção artesanal divide-se em dois modos diferentes de produção:

- a produção *Hand-Knotted*, realizada nos tradicionais e antigos teares de madeira e caracteriza-se pelo famoso Nó de Beiriz (Figura 9), e
- a Produção *Hand-Woven*, realizada em teares semiautomáticos (Figura 10).



Figura 9 - Produção *Hand-Knotted*

in <https://ferreiradesa.pt>, consultado em 2019-01-11, 17h50.



Figura 10 - Produção *Hand-Woven*

in <https://ferreiradesa.pt>, consultado em 2019-01-11, 17h55.

A produção *tufting* é realizada de forma automática por robôs que fazem a injeção de fio numa tela (Figura 11 e Figura 12).



Figura 11 - Robô em produção



Figura 12 - Pormenor de injeção de fio

Tendo em conta a sua maior importância para a realização deste trabalho, descreve-se de forma resumida o processo de produção robô *Tufting*.

### 1. Conceção do desenho

Nesta primeira fase é criado o desenho técnico do produto no Software CAD. São realizados o desenho, a correspondente vetorização e é feita a conversão do ficheiro de modo a que possa ser lido pelo programa do robô.

### 2. Tingimento e Controlo do Fio

Para verificar se estão de acordo com os parâmetros de qualidade exigidos (cor, solidez, dureza, tonalidade) é realizado um controlo do fio após o seu tingimento, onde são aplicadas técnicas para se obter a cor pretendida.

### 3. Produção da Amostra

Antes de iniciar a produção da carpete, é realizada uma pequena amostra na tela, onde são testados e verificados os parâmetros definidos na fase de conceção do desenho e, caso necessário, são realizados ajustes aos parâmetros.

### 4. Produção

Depois da amostra e todos os ajustes necessários, o operador dá início à produção após o download do ficheiro preparado para a produção da carpete.

### 5. Retificação

No final da produção no robô, surge muitas vezes a necessidade de correção das carpetes, em zonas onde o robô não conseguiu injetar o fio. Manualmente, e com recurso a uma pistola, é feita a injeção do fio (Figura 13).



Figura 13 – Retificação

*in* <https://ferreiradesa.pt>, consultado em 2019-01-11, 18h00.

### 6. Aplicação de cola e isolante

Finda a produção e retificação as carpetes passam pela colocação de isolante e cola nas costas da carpete de modo a fixar o fio e garantir maior consistência.

### 7. Aparar

Depois de secar a cola e retirar da estrutura onde foi produzida, a carpete é aparada (Figura 14) de modo a uniformizar a altura do fio (especificada pelo cliente) e garantir um aspeto mais suave.



Figura 14 - Máquina a aparar carpete

### 8. Colocação de fita

Na fase de acabamentos, para além de pequenos retoques finais, são feitas as dobras laterais e colocada a fita nos contornos das costas da carpete.

## 9. Embalamento

Última etapa antes do envio para o cliente em que a carpete é enrolada numa máquina automática específica.

### 3.2 Sistemas de Informação

O Sistema Integrado de Gestão, ERP, utilizado pela Tapeçarias Ferreira de Sá é o Sistema Primavera. Este software apresenta uma solução completa e vocacionada para a indústria, e disponibiliza uma vasta gama de funcionalidades desde o controlo de stocks, notas de encomenda, faturas e fichas técnicas, entre outras.

Paralelamente ao Primavera, a empresa dispõe de um outro sistema desenhado e construído especificamente, de modo a corresponder às suas necessidades. Este sistema designa-se por “REC” e é constituído por quatro módulos. A Figura 15 mostra a página inicial onde é possível ver a existências dos quatro módulos, a que é possível aceder através de autenticação. Dos quatro módulos, destacam-se dois principais: Produção e Manutenção.

O módulo “Produção” destina-se ao apoio e controlo da produção, sendo, por exemplo, possível ao operador registar, modificar e consultar informação.

O módulo “Manutenção” está ainda em processo de constante melhoria. É possível, por exemplo, aos técnicos de manutenção, consultar as operações a realizar nas intervenções, consultar o tipo de intervenção a fazer e onde registam a hora de início e fim de cada atividade, sendo possível controlar o tempo de realização de cada atividade. É permitido ainda, sempre que se justifique, escrever comentários, no momento da realização das tarefas. O presente projeto constitui base para o desenvolvimento deste módulo. É fundamental que, num futuro próximo, este sistema permita a consulta *online* da lista de equipamentos, para que se possa, por exemplo, verificar componentes de um determinado equipamento ou consultar a última manutenção ou reparação efetuadas.

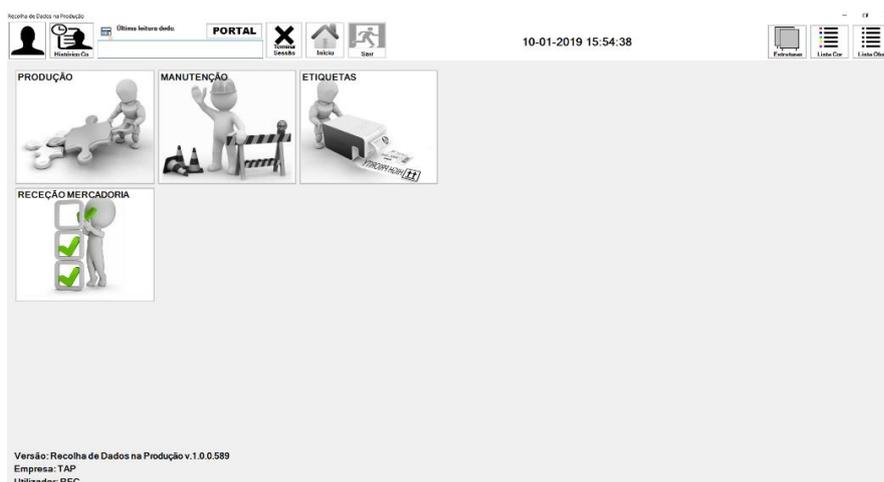


Figura 15 - Página inicial do “REC”

### 3.3 Levantamento de Equipamentos

Após um breve período de integração e adaptação à empresa, é feito, inicialmente, um levantamento, por secção, dos equipamentos existentes na fábrica. Por secção, entende-se a área da fábrica onde é realizado um certo tipo de operações.

A Tapeçarias Ferreira de Sá divide-se em nas seguintes secções:

- Produção *tufting*;
- Artesanato;
- Tinturaria (Tingimento de fios para amostras/catálogo);
- Armazém de fio;
- Amostras/Pompons;
- Colas;
- Acabamentos;
- Distribuição de Ar Comprimido;
- Instalações (geral).

No Anexo B – Parque de Equipamentos, podem ser consultados os diversos equipamentos por cada uma das secções. O levantamento de equipamento permite depois um estudo das possíveis políticas de manutenção, mas também a criação de fichas de máquina, quer para equipamentos não inventariados até à data, quer para atualizações de outros equipamentos.

Não existe aqui a necessidade de codificação dos equipamentos, dado que que praticamente todos se encontram codificados.

### 3.4 Análise de Criticidade dos Equipamentos

A utilização do método *Ipinza* descrito em 2.5.3 pretende dar uma visão sobre quais os equipamentos prioritários na fábrica e sobre quais deve ser dada maior importância à Manutenção Preventiva, de modo que não se percam, de forma desnecessária, tempo e recursos.

A partir da listagem de todos os equipamentos, e recorrendo ao método *Ipinza*, pode concluir-se que existem equipamentos que necessitam de Manutenção Preventiva. Não apresentando valores considerados críticos mas sim importantes e isto pode explicar-se, por exemplo, nos robôs, pelo treino e formação dos técnicos de manutenção que, assim, excluem a dependência de mão-de-obra de terceiros.

A Tabela 6 apresenta um resumo do resultado obtido para alguns equipamentos. Verifica-se que os equipamentos apresentados nesta tabela, e de acordo com a Tabela 4, devem sofrer uma manutenção importante. Tanto nos robôs e cabeças de robôs, na produção *tufting*, como nos Teares na Produção Artesanal, já era expectável que apresentassem uma criticidade elevada, devido a serem os principais responsáveis pela produção propriamente dita. A presença dos Compressores pode explicar-se pela sua importância na alimentação dos robôs para a injeção do fio.

Tabela 6 - Resultados obtidos pelo método *Ipinza*

Área	Equipamento	Total
Produção Tufting	Robôs	17
	Cabeças	16
Artesanato	Teares	16
	Automáticos	
Colas	Máquina Isolante	15
Dist. Ar Comprimido	Compressor	13
Acabamentos	Máquina Enrolar	15
	Máquina Aparar	15

A aplicação de cola e isolante é uma das etapas essenciais no processo de produção da carpete, pois é com este processo que é dada consistência ao fio. A cola, à base de latex, e que passa pela máquina responsável pela sua aplicação (Figura 16), pode muitas vezes secar ou conter resíduos. O material utilizado pode, assim, ser umas das principais causas de avarias, que, em caso de necessidade de reparação, precisa de uma entidade externa, dada a especificidade de ferramentas a utilizar.



Figura 16 - Máquina da Cola

O processo de aparar é um dos processos considerados fundamentais na linha de acabamentos. A máquina de aparar (Figura 17) apresenta um nível de criticidade importante em manutenção preventiva que se justifica também pelo seu elevado volume de produção, bem como pela necessidade de conhecimentos técnicos específicos na afinação de corte.



Figura 17- Máquina de aparar

### 3.5 Registo global de avarias

No departamento de Manutenção existe um ficheiro *Excel* com o registo de avarias de alguns equipamentos. Neste ficheiro é registado o equipamento que sofreu a avaria, a data, as horas de início e fim da avaria e uma breve descrição do problema. Este registo está atualizado, embora apresente algumas falhas, como por exemplo, em paragens muito breves o registo não é efetuado por ser considerado irrelevante a nível de significância de avaria. Pode acontecer também que o registo seja muito sucinto e, muitas vezes, não é indicado o tempo de início e fim da avaria ou paragem.

Existe ainda um outro ficheiro *Excel*, dedicado exclusivamente às cabeças dos robôs. Neste ficheiro, para além das datas das intervenções, eram inicialmente registadas as peças que eram substituídas na manutenção ou quando necessitavam de reparação. Mais recentemente, foram também registadas as razões para a substituição das peças bem como os m<sup>2</sup> de fio injetado entre intervenções.

Analisando o ficheiro geral de avarias dos equipamentos, pode verificar-se que a maior percentagem de intervenções por avaria ocorre nos robôs (Figura 18). Este facto pode dever-se, para além da complexidade de alguns dos seus componentes, ao volume de trabalho que recai sobre os robôs, que trabalham praticamente vinte e duas horas e meia por dia, durante cinco dias, com uma paragem de apenas trinta minutos por cada turno.

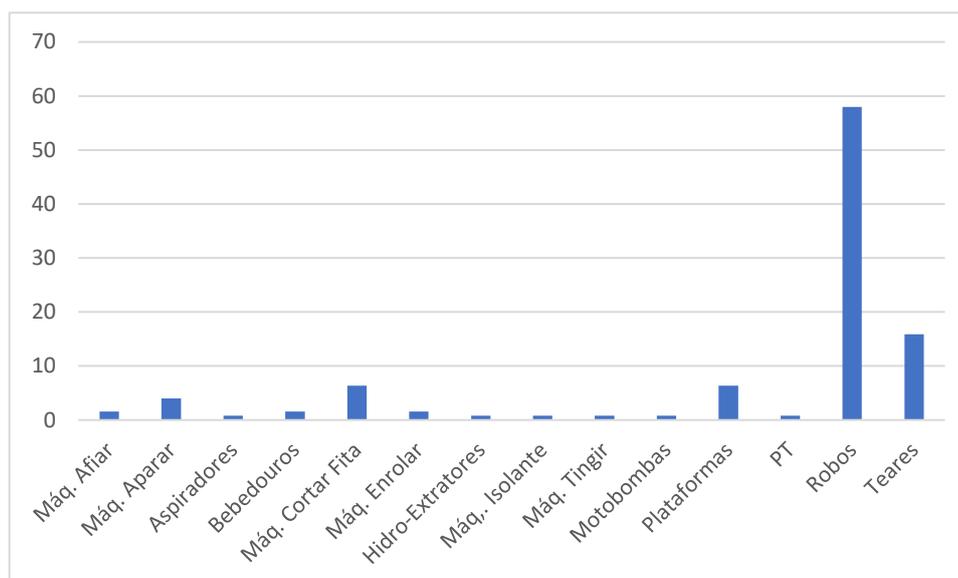


Figura 18 - Percentagem de Avarias por Equipamento

### 3.6 Descrição da constituição dos robôs

Antes de iniciar a análise às avarias dos robôs, importa fazer uma breve descrição da sua constituição. Existem, atualmente, dez robôs de produção *tufting* de três modelos diferentes. O modelo 1 engloba os robôs 1, 2, 3, 4, 5 e 8, o modelo 2 os robôs 6 e 7, e o modelo 3 os robôs 9 e 10, denominando-se desta forma pela ordem de sua instalação.

O modelo 1 e 3 diferem do modelo 2 na cabeça de injeção utilizada, enquanto os modelos 2 e 3 diferem do modelo 1 por utilizarem um *encoder* “absoluto”, que é “incremental” no segundo caso. Esta diferença nos *encoders* implica, para o modelo 1, a ausência de memória na posição de calibração, enquanto que para os modelos 2 e 3 o *encoder* permite memorizar a posição de calibração e um aumento de estabilidade na precisão de produção.

Os robôs estão acoplados numa estrutura metálica que permite a produção em vários tamanhos. O modelo 1 dispõe de cinco servo-motores que permitem uma rápida velocidade de produção para qualquer tipo de projeto. O motor X é o responsável pelo deslocamento no eixo dos *xx* e o motor Y é responsável pelo deslocamento no eixo dos *yy*. Estes motores são praticamente iguais, diferenciando-se pelo fato de o motor X não ter travão. O motor Z é o mais pequeno do equipamento, mas com um grau de importância elevado, pois é o responsável pela alimentação do fio para a cabeça.

O motor T tem como função o acionamento da cabeça acoplada ao robô, permitindo o corte e a injeção do fio, enquanto o motor V tem como responsabilidade o movimento rotacional da cabeça.

Os modelos 2 e 3, para além dos cinco servo-motores já referidos, apresentam ainda o motor Q, responsável pelo movimento de encosto da cabeça à estrutura.

Faz parte também dos robôs uma cesta de fio, o *Creel* (Figura 19), que é um suporte rotativo onde estão colocadas as bobines do fio, bem como vários sensores de deteção de quebra do fio para cada bobine, de modo a minimizar paragens desnecessárias por ausência de fio, quando este acaba.



Figura 19 - *Creel*

Os robôs são movidos eletricamente e alimentados para injeção de fio por ar comprimido, trabalhando a uma pressão de aproximadamente 8 bar e com um consumo de ar de aproximadamente 300 litros/minuto.

Apesar de ser um equipamento à parte, as cabeças acopladas aos robôs (Figura 20) merecem ser referidas. Pelas cabeças passa o fio que é injetado através de um bico (disponível em várias dimensões) na tela e é também aqui que, através de uma lâmina instalada, é feito o corte do fio no modo e alturas desejadas. Por último, importa referir outro componente importante, o calcador, que constitui a parte da cabeça que encosta à tela onde está a ser produzida a carpete e por onde passa o bico. A Figura 21 mostra, com mais pormenor, estes três elementos.



Figura 20 - Cabeça de robô



Figura 21- Calcador, bico e lâmina

### 3.7 Análise de avarias dos robôs

Com base nos registos de avarias dos robôs, compreendidas entre 1 de outubro de 2016 e 1 de novembro de 2018, foi feita uma análise das paragens tanto ao nível do seu número como ao nível do tempo de paragens através de diagramas de Pareto (Figura 22 e Figura 23 ). Esta análise é feita para o conjunto dos dez robôs.

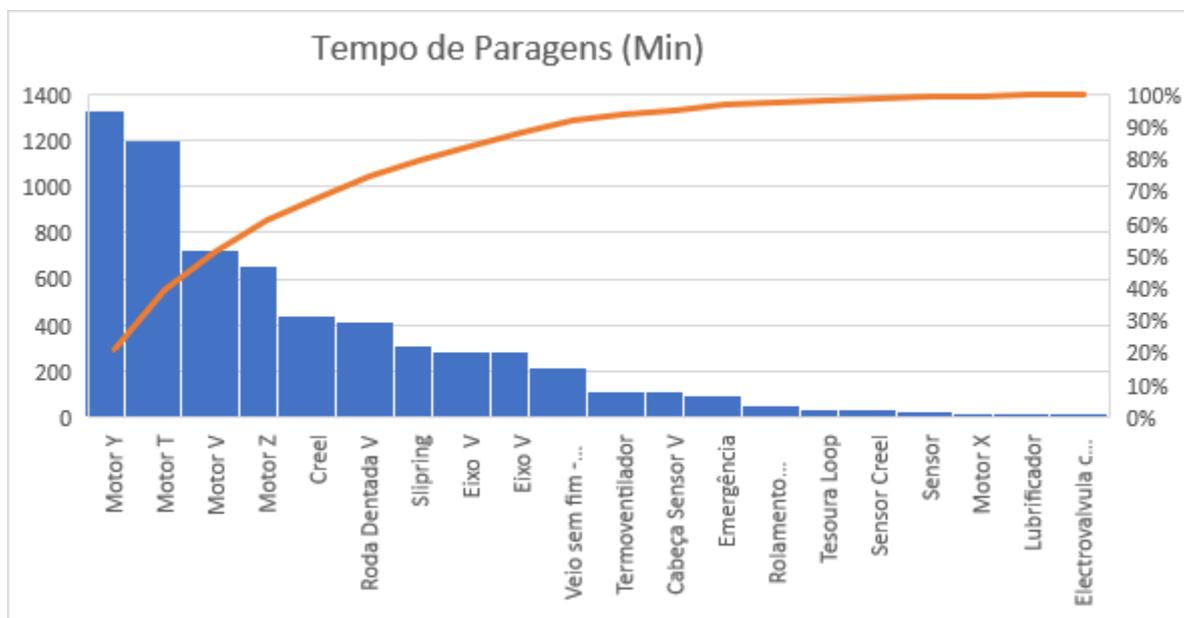


Figura 22 - Tempo total de paragens por avaria

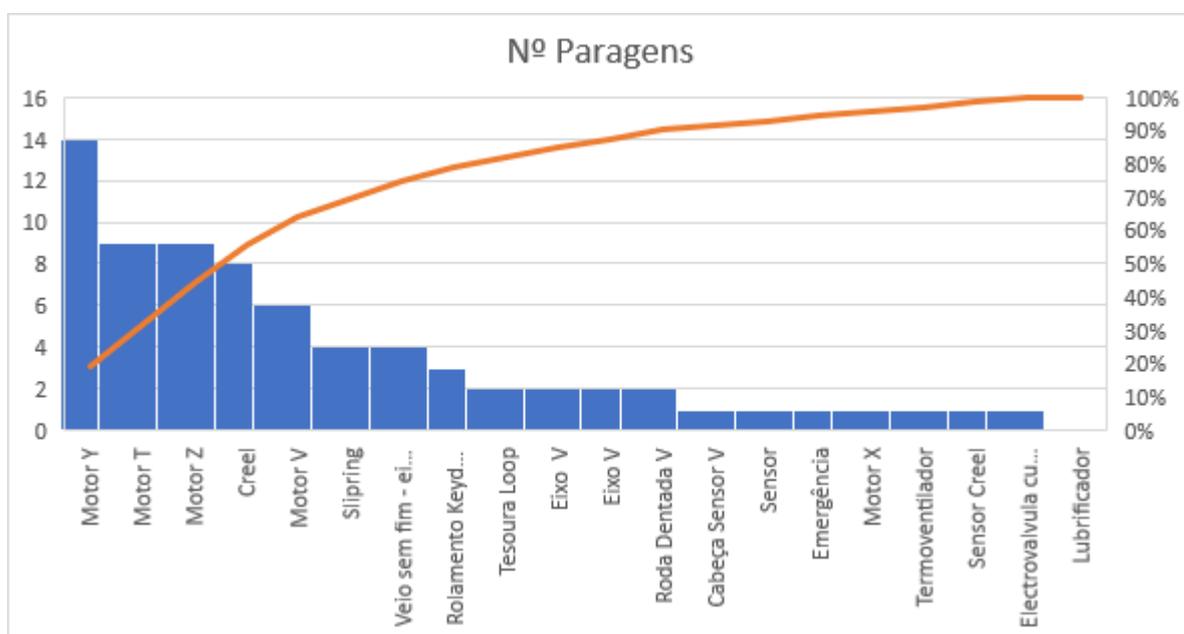


Figura 23 - Número total de paragens por avaria

Como se pode constatar pelos dois diagramas de Pareto das Figura 22 e Figura 23, no conjunto dos dez robôs os motores Y e T são os principais responsáveis pelos maiores tempos de paragem e pelo número de paragens. O tempo elevado de paragens para o motor T prende-se com o facto do seu acesso ser difícil, sendo necessário, para qualquer intervenção, retirar primeiro o motor

Z e desligar as conexões na parte rotacional da cabeça, pelo que apresenta uma baixa Manutibilidade.

Relativamente ao motor Y, este possui um elevado desgaste superior aos restantes, devido a trabalhar com movimentos estáticos (trabalha numa posição fixa) suportando o grande peso de toda a base da cabeça. O facto de possuir um travão interno que origina, em algumas situações, o aquecimento do motor, implicando assim a sua paragem, constitui mais uma razão para o seu maior número de paragens.

Importa referir também o baixo número de avarias e tempos de paragem do motor X. Esta situação pode justificar-se pelo facto de ser um motor sujeito a pouco desgaste, dado que se destina ao movimento contínuo no eixo do X, sendo este movimento de transições suaves.

Excluindo os cinco motores constituintes dos robôs, verifica-se que o *Creel* e o *Slipring* são os responsáveis pelo maior número de paragens. Ao nível do tempo de paragem, o *Creel* e a Roda Dentada V apresentam o maior valor.

As intervenções na Roda Dentada V, uma engrenagem que interliga o eixo do motor, apresenta tempo de reparação elevado, apesar do baixo número de avarias, pois uma intervenção requer a desmontagem de vários outros componentes a montante da sua posição, como o *Slipring* (*encoder* rotativo), toda a base da cabeça e o rolamento do principal do eixo. Importa salientar que nos robôs mais recentes esta situação já não acontece dado que, após um estudo de melhoria, foi desenvolvida essa Roda Dentada de forma diferente, evitando assim a necessidade de desmontagem dos componentes adjacentes.

Através da leitura dos gráficos das Figura 24 e Figura 25, pode concluir-se que, relativamente aos robôs onde existem avarias nos motores, o tempo gasto por avaria é idêntico para os robôs 4, 5 e 8 e para o grupo dos robôs 1, 2 e 3. Relativamente ao tempo gasto por avaria no motor Y dos robôs, verifica-se uma grande diferença do robô 4 para os restantes robôs onde ocorreram as avarias.

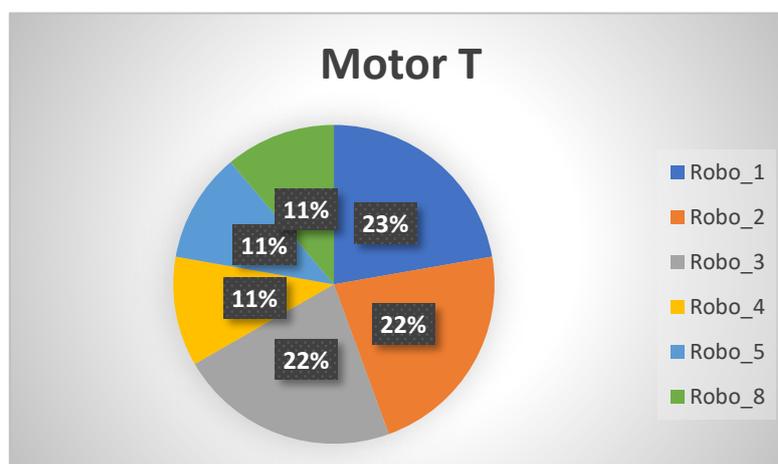


Figura 24 - Percentagem de tempo gasto por avaria no motor T

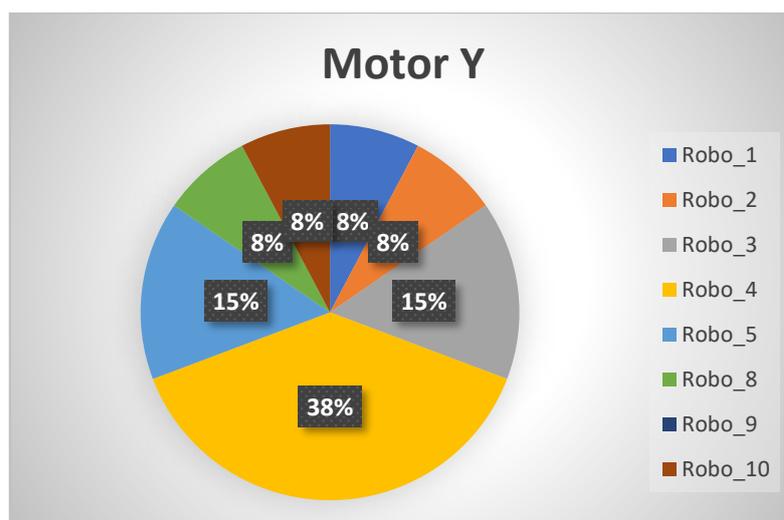


Figura 25 - Porcentagem de tempo gasto por avaria no motor Y

Constata-se também a ausência de avarias quer no motor Y quer no Motor T em alguns robôs, que se podem justificar pela sua ausência de dados relativos ao período anterior a esta análise. Nesse período, podem efetivamente ter ocorrido avarias que, tendo sido corrigidas, implicam que num momento posterior, e objeto desta análise, não tenha havido essa necessidade.

### 3.8 Teste de Laplace - Análise de Fiabilidade

Tal como referido no ponto anterior, esta análise refere-se ao período compreendido entre 1 de outubro de 2016 e 1 de novembro de 2018. No período anterior a 1 de outubro verifica-se a ausência de alguns registos e alguns dos registos existentes não se encontram completos.

De forma a verificar se a taxa de avaria de cada robô é ou não constante, recorreu-se ao teste de Laplace, definido pelas seguintes hipóteses:

$H_0$ : Taxa de avarias constante

$H_1$ : Taxa de avarias crescente ou decrescente

Sendo, neste caso, um teste limitado pelo tempo, recorre-se à Equação 2.1 apresentada em 2.7.

A hipótese  $H_0$  será aceite se o valor da Estatística de Teste,  $Z_t$ , se situar compreendido entre  $Z = -1.96$  e  $Z = 1.96$ , valores tabelados, considerando um nível de significância  $\alpha = 5\%$ , ou seja, se  $-Z_{\alpha/2} < ET < Z_{\alpha/2}$  aceita-se a hipótese  $H_0$ .

Antes de iniciar o teste é importante referir alguns pressupostos subjacentes à realização do mesmo. Na análise de fiabilidade devem distinguir-se os diferentes modos de avaria. No entanto, como qualquer avaria de um componente dos robôs implica a sua paragem, considera-se o robô como um só, constituindo assim um único modo de avaria. Considera-se também o robô como um Sistema Reparável, isto é, após avaria é repostado no seu estado inicial, para cumprir a sua função. Por último, considera-se que apresenta um de dois estados, em funcionamento ou em avaria, sendo que é um estado de avaria sempre que acontece a paragem do robô.

Para exemplificar, o gráfico da Figura 26 permite visualizar o comportamento do robô 6 através do número de avarias em função do tempo (em dias). Este robô apresenta, para além de uma visível tendência linear, um valor de  $R^2$  muito próximo de 1, correlação perfeita, indicando assim uma taxa de avarias constante.

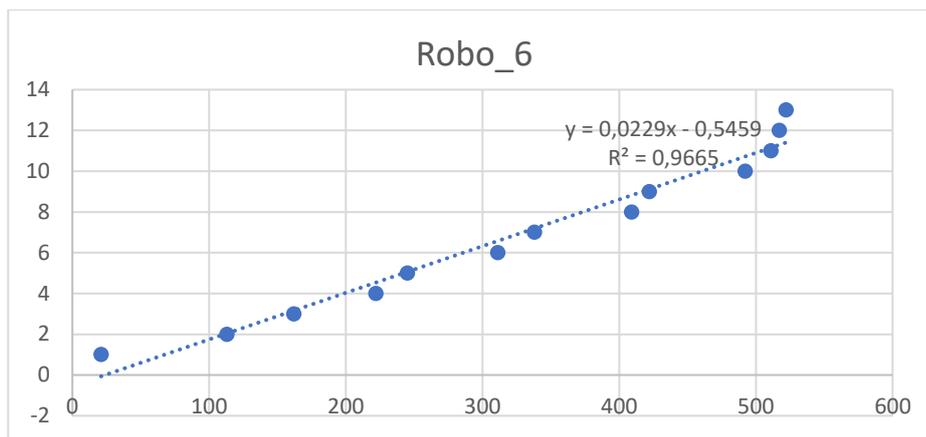


Figura 26 - Número de avarias em função do tempo

O Teste de Laplace (Tabela 7) permite confirmar o que foi anteriormente explicitado.

Tabela 7 - Resultados do Teste de Laplace para robô 6

<b>N</b>	<b>T<sub>0</sub>(Dias)</b>	<b>ΣT<sub>i</sub>(Dias)</b>	<b>Z<sub>t</sub></b>	<b>V.Prova</b>
13	525	4285	1,596706	85,95044

Verifica-se assim, pelos resultados da Tabela 7, que o valor da Estatística de Teste se encontra dentro dos limites  $[-1,96; 1,96]$  definidos para o teste, com um Valor de Prova de 85.95 %.

Confirma-se, deste modo, a tendência de Taxa de Avarias constante para o Robô 6.

A taxa de avarias é então

$$\lambda = \frac{\text{Nº de avarias}}{\text{Tempo total funcionamento}} = \frac{13}{525} = 0,024762 \text{ avarias por dia}$$

O tempo entre avarias consecutivas, MTBF, é

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,024762} = 40,3 \text{ dias}$$

A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos para os restantes robôs, assumindo os mesmos pressupostos e procedimentos.

Tabela 8 - Resultados Teste de Laplace

	<b>N</b>	<b>T<sub>0</sub>(Dias)</b>	<b><math>\sum T_i</math> (Dias)</b>	<b>Zt</b>	<b>V.Prova</b>
<b>Robô 1</b>	11	525	3230	0,68139	75,22%
<b>Robô 2</b>	6	525	1953	1,018234	84,57%
<b>Robô 3</b>	6	525	1371	-0,54952	29,13%
<b>Robô 4</b>	10	525	2192	-0,90348	18,31%
<b>Robô 5</b>	6	525	1166	-1,10174	13,53%
<b>Robô 7</b>	12	525	3716	1,078095	85,95%
<b>Robô 8</b>	4	525	1498	1,478017	93,03%
<b>Robô 9</b>	6	525	1884	0,832366	79,74%
<b>Robô 10</b>	6	525	1946	0,999378	84,12%

Conforme se pode constatar, todos os robôs apresentam, tal como o robô 6, valores de Estatísticas de Teste dentro dos valores limite definidos. Pode então concluir-se que todos os robôs possuem uma Taxa de Avarias constante.

A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos para a taxa de avarias e tempo entre avarias consecutivas dos robôs (exceto para o robô 6 cujo resultado já apresentado anteriormente).

Tabela 9 - Resultado obtidos para Taxa de Avarias e MTBF

	<b><math>\lambda</math></b>	<b>MTBF (dias)</b>
<b>Robô 1</b>	0,020952	47,7
<b>Robô 2</b>	0,011429	87,5
<b>Robô 3</b>	0,011429	87,5
<b>Robô 4</b>	0,019048	52,5
<b>Robô 5</b>	0,011429	87,5
<b>Robô 7</b>	0,022857	43,8
<b>Robô 8</b>	0,007619	131,3
<b>Robô 9</b>	0,011429	87,5
<b>Robô 10</b>	0,011429	87,5

De modo a permitir uma leitura mais rápida, apresenta-se o gráfico da Figura 27, onde é visível que o robô 8 apresenta o maior valor entre avarias consecutivas e os robôs 1, 6 e 7 apresentam um valor menor entre avarias consecutivas. Apesar de todos se encontrarem com uma taxa de avarias constante (Fase II, de Maturidade dos Equipamentos, da “curva da banheira”), não se podendo imputar qualquer causa específica, há sempre algo a melhorar.

Apesar da metodologia TPM na procura de “zero avarias” não estar implementada na empresa, mas existindo implementados alguns dos seus pilares, será natural uma maior preocupação e atenção aos robôs com menor MTBF.

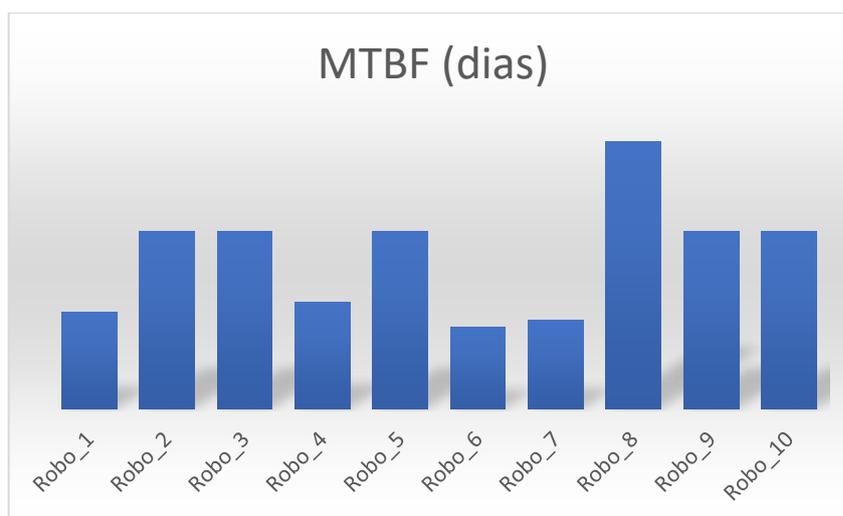


Figura 27 – MTBF por robô

Depois de calculado o tempo entre avarias consecutivas, MTBF, apresenta-se o cálculo da Disponibilidade Intrínseca ( $D_i$ ) dos robôs. Este tipo de Disponibilidade, como referido no subcapítulo 2.8, não contempla as ações de manutenção preventiva. O seu cálculo foi feito pela utilização da expressão:

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$\text{Onde } MTTR = \frac{\sum_{i=0}^n TTR_i}{N^{\circ} \text{ avarias}}$$

Analisando a Tabela 10 é possível concluir que todos os robôs apresentam uma disponibilidade de quase 100%. Conclui-se assim que o tempo em que os robôs não estão aptos a exercer a sua função é quase insignificante.

Tabela 10 - Resultados do cálculo da Disponibilidade

	TTR (Minutos)	MTTR (Minutos)	Disponibilidade
Robô 1	934	84,91	0,998
Robô 2	385	64,2	0,992
Robô 3	767	127,8	0,998
Robô 4	1277	127,7	0,991
Robô 5	708	118	0,990
Robô 6	414	31,8	0,999
Robô 7	493	41,1	0,995
Robô 8	468	117	0,993
Robô 9	453	75,5	0,991
Robo 10	488	81,3	0,999

### **3.9 Planos de Manutenção existentes**

O Departamento de Manutenção é responsável por várias funções. Para além da manutenção dos equipamentos, não só dos utilizados nos processos produtivos, mas também a nível geral das instalações, faz a gestão e compras do armazém de peças, bem como a análise e validação de compra de máquinas.

Na sua maioria, a política de manutenção mais utilizada é a manutenção preventiva, tanto sistemática como condicionada. Acontece, porém, que algumas instruções de manutenção se encontram desatualizadas, contemplando ações desnecessárias, que não estão a ser realizadas.

As paragens de férias, são aproveitadas para a resolução de problemas que implicam intervenções mais demoradas, evitando paragens longas durante o tempo de produção. Durante esse período, começam também a realizar-se algumas manutenções de melhoria especialmente nos robôs.

Verifica-se também a ausência de instruções de manutenção de 1.º Nível em todos os equipamentos em que seja possível a sua realização. Sendo o robô um equipamento crítico e essencial para a produção, sente-se uma maior necessidade da criação de instruções para a sua realização.

No início de cada ano é feita a calendarização para a realização das manutenções.

## 4 Trabalho desenvolvido

Neste capítulo são apresentadas as propostas de melhoria a serem implementadas, essencialmente para os robôs. Para além de planos de manutenção preventiva, apresenta-se também a introdução da ferramenta FMEA para dois componentes essenciais no seu funcionamento. De salientar também a introdução de manutenção de 1.º Nível, a ser realizada pelos operadores.

### 4.1 Ficha Máquina

No subcapítulo 3.3 e no Anexo B foi apresentado um levantamento do parque de equipamentos existentes na Tapeçarias Ferreira de Sá, sendo feita a sugestão de criar e manter Fichas de Máquina, cujo modelo é apresentado no Anexo C. Este ficheiro deve existir no Departamento de Manutenção, de modo a que todos os equipamentos estejam devidamente identificados. Nesta ficha consta a designação do equipamento, bem como o seu código interno e o código de imobilizado. A marca e, se possível, o modelo são também campos importantes para uma gestão mais eficiente dos equipamentos, pois será mais fácil e rápida a consulta de catálogos do fornecedor através das suas referências.

Em paralelo, foi também criado um campo em que deve assinalar-se a existência ou não de manual de construtor. No caso de não existir, deve ser feito um levantamento da árvore de componentes, de modo a existir uma referência dos mesmos. Dado que a Tapeçarias Ferreira de Sá é uma empresa certificada em todos os processos e procedimentos pelos requisitos na norma ISO 9001, e alguns equipamentos necessitam de Inspeção pelo Decreto Lei 50/2005, aparece também na Identificação do equipamento se existe declaração CE. Esta declaração é um dos requisitos que a empresa necessita para as situações referidas anteriormente e assim ficar identificada a sua existência. Tal como já foi referido, como o módulo de manutenção do “REC” será alvo de melhoria, a Ficha de Máquina deverá ser um dos pontos que deve estar presente.

### 4.2 Planos de Manutenção Robôs

Como se pode constatar pelos resultados do teste de Laplace, verifica-se que todos os robôs apresentam uma taxa de avarias constante, não existindo uma causa importante que possa ser atribuída. Nestes casos, não se deveria realizar Manutenção Preventiva. No entanto, e tendo sempre em conta uma perspectiva de melhoria, foi tomada a decisão de continuar com esta política de Manutenção, especialmente em equipamentos considerados críticos para a produção como é o caso dos robôs.

#### 4.2.1 Manutenção de 1.º Nível

Como já foi referido neste relatório, uma das situações verificadas é a ausência de instruções de trabalho de 1.º Nível para os vários equipamentos. Como o foco do trabalho se centra nos robôs, foi desenvolvido um procedimento específico que se encontra disponível no Anexo D.

As instruções criadas visam pequenas ações de limpeza e lubrificação, a serem realizadas pelos operadores, das quais é pertinente destacar duas ações:

- Tendo em conta o tipo de matéria-prima utilizada e o processo de produção, regista-se a existência de uma quantidade elevada de pó que deve ser minimizado sempre que possível, de modo a não se infiltrar e acumular em alguns locais como os patins dos eixos X e Y, já que pode levar ao encravamento enquanto o robô se desloca nessas direções.
- É fundamental o *Creel* que este se mantenha limpo, pois o *encoder* rotativo encontra-se na sua parte inferior juntamente com o motor para a opção de rotação do cesto e comunicação dos sensores. A presença de fio no rolamento do *encoder* tem como efeito

prender o rolamento e com o acumular do fio pode gripar o rolamento levando, em casos mais extremos, ao rompimento do cabo do *encoder*.

Todas as ações são ações de manutenção básicas que podem ser realizadas pelo operador de forma autónoma. O operador do robô utiliza a máquina diariamente e deve assegurar-se que se encontra sempre em boas condições de trabalho.

Com a implementação destes procedimentos de manutenção de 1.º Nível pretende-se, para além da realização da manutenção básica do robô, detetar precocemente anomalias que possam surgir, conduzindo a uma diminuição das paragens não programadas, e permitindo libertar os técnicos de manutenção não só para outras ações de manutenção, como também para tomada de ações de melhoria ou remodelação de outros equipamentos.

## 4.2.2 Manutenção Preventiva Robôs

Neste subcapítulo são apresentadas as instruções criadas para os serviços de Manutenção Preventiva dos Robôs. Sempre que possível, foi feita uma tentativa de acompanhamento de algumas ações de manutenção, quer preventiva quer corretiva, de modo a tentar perceber quais as tarefas mais importantes para, em conjunto com o responsável da manutenção, e de acordo com os manuais do fabricante, se tomarem decisões.

É importante uma referência a instrução “Inspeção visual – verificar aspeto geral” que está presente em todas as manutenções. Trata-se de uma técnica de simples realização, mas que implica algum poder de observação e conhecimento por parte de quem a vai realizar. Assim, pretende-se, com este procedimento, uma ajuda a detetar rapidamente algum ponto problemático que possa surgir. O objetivo é realizar uma verificação visual que permite aferir se os componentes do robô estão em conformidade, corretamente instalados e não danificados visualmente.

As instruções de manutenção preventiva dos robôs descritas de seguida encontram-se detalhadas no Anexo E, Manutenção Preventiva Semanal, e Anexo F, Manutenção Preventiva de três em três semanas.:

### 1. Manutenção Preventiva Semanal

As instruções de Serviço de Manutenção encontram-se separadas para cada modelo e podem ser consultadas no Anexo E.

Pela sua relevância, importa referir duas instruções:

- “Lubrificar trilho do eixo x” - é por este trilho que corre a estrutura de suporte do robô e é, por isso, importante que esteja devidamente limpa e lubrificada, de modo a que não haja pequenas paragens ou encravamentos no seu funcionamento durante a produção da carpete.
- “Analisar estado das cabeças do robô” - é referente aos modelos de robô 1 e 3. Embora não diretamente ligada ao robô, semanalmente deve ser verificado o estado das cabeças para, no caso de alguma anomalia visível, ser preparada e criada a ação de manutenção a realizar posteriormente.

### 2. Manutenção Preventiva de três em três semanas

Na Manutenção Preventiva de três em três semanas devem ser salientadas duas situações, sendo uma situação aplicável aos três modelos de robôs, e a outra situação é dividida de acordo com a especificidade de cada modelo, conforme se pode consultar no Anexo F.

O serviço de manutenção aplicável aos três modelos é especialmente dirigido ao *Creel*, já várias vezes referido no texto. Aqui destaca-se a importância da ação “Lubrificar o rolamento superior do *Creel*”, de modo a reforçar a sua lubrificação porque é um elemento que está em muito

contacto com o pó existente e para o seu correto funcionamento deve estar devidamente lubrificado.

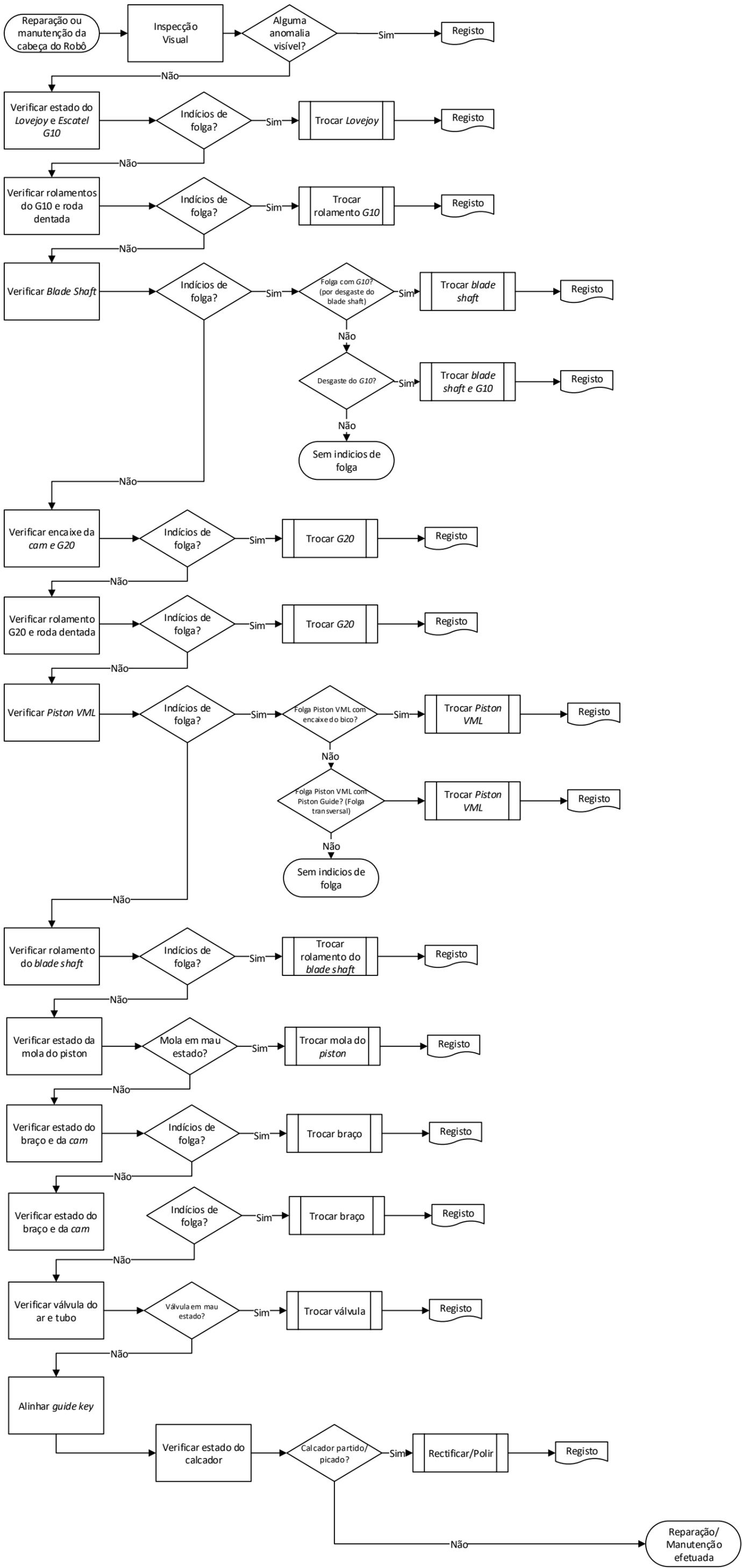
Distingue-se depois, conforme o modelo do robô, um outro serviço de manutenção a realizar de três em três semanas, constituído pelas ações “lubrificar veio sem-fim do eixo in/out com óleo” e “colocar massa lubrificante no rolamento do eixo in/out”.

Esta foco adicional no veio e rolamento deve-se ao facto de, nos modelos 2 e 3, ajuste de o sistema de encosto da cabeça à tela ser feito por motor elétrico ao contrário da versão mais antiga (modelo 1).

### **4.3 Manutenção Preventiva da Cabeça de Robô**

As cabeças dos robôs assumem extrema importância no processo produtivo de carpetes. Sem elas, os robôs não conseguem produzir e cada robô, com exceção dos robôs 6 e 7, possui quatro cabeças. Verificando-se a ausência de um procedimento para reparação ou manutenção das cabeças, é proposto um conjunto de instruções para a sua realização. Este conjunto de instruções é válido para a reparação e para a manutenção, dado que sempre que é feita uma reparação implica a “abertura” da cabeça, aproveitando-se para verificar os restantes pontos para além do motivo da reparação. Através do acompanhamento de várias ações de reparação de cabeças, construiu-se o fluxograma apresentado na Figura 28 que deu origem às instruções de Serviço de Manutenção Cabeças de Robô que podem ser visualizadas no Anexo G Como é na cabeça do robô que se encontra a lâmina responsável pelo corte do fio e o bico por onde passa o fio a injetar na tela, é importante a sua manutenção porque, no caso de existência de folgas nos mecanismos interiores, pode levar a problemas no corte ou provocar uma injeção deficiente afetando a qualidade da carpete.

Dado que existe um ficheiro Excel com o registo das avarias das cabeças, este será, a partir de agora, uma base para um futuro estudo de fiabilidade, e assim definir futuramente a periodicidade da manutenção com base em horas de funcionamento e não em m<sup>2</sup> produzidos. Uma vez que o output depende da complexidade do desenho, o que significa que para desenhos complexos o tempo de trabalho por m<sup>2</sup> é muito superior do que para um desenho liso, entende-se que o registo deverá ser feito em horas de trabalho realizado e não em quantidade de m<sup>2</sup> produzidos.





## 4.6 FMEA

Na introdução desta ferramenta, o primeiro passo passou pela identificação do sistema a analisar, tendo-se optado, pela sua relevância, pelos robôs.

O segundo passo consistiu na identificação dos componentes e na definição da sua função, que deveriam estar presentes na avaliação do risco potencial. A escolha recaiu sobre dois dos componentes do robô que poderão apresentar mais problemas, o *Slip ring* e o motor Y.

O passo seguinte consistiu na definição dos critérios das categorias dos fatores de cálculo do RPN.

O primeiro consistiu na definição dos critérios da Severidade, que estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Índice de severidade dos efeitos de falha

Índice	Critério
10	Perigosa – Falha põe em risco segurança do operador e da própria máquina
9	Extremamente alta – Falha pode causar danos graves levando ao fim de vida do equipamento
8	Muito alta – Falha pode causar danos com alguma gravidade cuja reparação seja de longa duração
7	Alta – Falha pode provocar danos cuja gravidade implica algum tempo de paragem na produção
6	Moderada – Efeito moderado da falha que pode causar pequena interrupção na produção
5	Baixa – Efeito ligeiro da falha que já obriga à intervenção do serviço da manutenção
4	Muito baixa – Efeito da falha muito baixo ainda sem necessidade do serviço da manutenção
3	Leve – Efeito leve da falha que é detetada, mas sem qualquer impacto
2	Muito leve – Efeito muito leve da falha que praticamente não é detetada
1	O efeito não é detetado pelo operador

De seguida foram definidos os critérios do índice de deteção, conforme consta na Tabela 12.

Tabela 12 - Índice de detecção

<b>Índice</b>	<b>Critério</b>
10	Impossibilidade de detetar a falha
9	Probabilidade muito remota de detetar a falha
8	Probabilidade remota de detetar a falha
7	Probabilidade muito baixa de detetar a falha
6	Probabilidade baixa de detetar a falha
5	Probabilidade moderada de detetar a falha
4	Probabilidade moderada/alta
3	Probabilidade elevada de detetar
2	Alta probabilidade de detetar a falha
1	Praticamente certo detetar a falha

Por último, relativamente aos fatores de cálculo, foi construída a tabela relativa à probabilidade de ocorrência. O ideal para a definição desta tabela seria possuir dados estatísticos de maior dimensão e num período mais alargado de tempo. Na sua ausência foram definidos os índices de ocorrência de falha conforme se apresenta na Tabela 13.

Tabela 13 - Índice de ocorrência

<b>Índice</b>	<b>Probabilidade de ocorrência</b>
10	Muito alta
9/8/7	Alta
6/5/4	Moderada
3/2	Baixa
1	Mínima

A Figura 30, permite verificar os modos de falha encontrados para os componentes selecionados, bem como as potenciais causas que poderão estar na sua origem. Após calcular o RPN verifica-se que as procuras de ações corretivas para minimização dessas causas devem começar pelo Motor Y, especialmente no modo de falha “Excesso de consumo do motor”. Relativamente ao *Slip Ring* para ação corretiva salienta-se a “Falha de comunicação”.

Dado o curto espaço de tempo disponível para a realização do trabalho não foi possível passar à fase seguinte de procura dessas mesmas ações corretivas.

Com um registo mais completo deve seguir-se no departamento de manutenção, liderado pelo seu responsável, a continuação da construção do FMEA, de modo a desenvolver ações de melhoria orientadas à prevenção de avarias dos robôs, acompanhadas por um registo mais completo e elaborado no seguimento daquele que já existe.

FMEA - Modo de Falha e Análise de Efeitos								
FMEA Nº: 1		Responsável: Bruno Costa						
Área: Produção <i>Tufting</i>		Preparado por: João Cardoso; Bruno Costa						
Sistema: Robô		Data início: Dezembro de 2018						
Componente	Função	Modo de Falha	Causa	Severidade	Ocorrência	Deteção	RPN	Efeito da falha
Slipring	Encoder elétrico e ar comprimido	Fuga de ar	Desgaste de utilização	5	3	5	75	Diminuição de pressão ou perda de caudal
		Falha de Comunicação	Cabos de ligação deteriorados	6	4	7	168	Paragem da máquina (por falha de comunicação)
		Falha de Comunicação	Desgaste dos contactos internos	6	4	8	192	Paragem da máquina (por falha de comunicação)
Motor Y	Responsável pelo movimento no eixo y	Falha de Fase	Quebra/corte no cabo de alimentação	6	3	4	72	Paragem do motor (não implica substituição)
		Excesso de consumo no motor	Desgaste no travão eletromecânico	8	6	8	384	Travão inativo - possibilidade de motor cair
		Excesso de consumo no motor	Desgaste nas bobinas do travão	6	6	8	288	Travão fica encravado
		Excesso de consumo no motor	Rolamento do motor gripado	6	2	5	60	Aquecimento e consequente paragem do motor

Figura 30 - Aplicação FMEA

## 5 Conclusões e propostas de trabalho futuro

Neste capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho e a proposta de trabalhos a realizar futuramente.

### 5.1 Conclusões

A realização deste trabalho revelou-se um desafio extremamente enriquecedor dada a sua complexidade, quer a nível de conhecimentos técnicos, quer a nível de aplicação de conceitos.

O projeto constitui uma parte do desenvolvimento da área da manutenção na Ferreira de Sá dada a potencialidade que esta área da empresa apresenta. Considera-se, no entanto, que estão criadas bases para que num caminho que se adivinha longo e estimulante se cumpra a estratégia de eficiência pretendida na área da manutenção da empresa.

No decurso do projeto foram sentidas algumas dificuldades e limitações na realização do trabalho dado que, para além do período de estadia na empresa ser curto para as necessidades que esta área exige, o corpo técnico ser reduzido e ter de cobrir diversas situações não só de manutenção, como do conhecimento mais aprofundado dos equipamentos.

O trabalho incidiu essencialmente na área de Produção *Tufting*, especialmente nos robôs, pois é umas das áreas mais importantes e onde se revela maior preocupação com os equipamentos dado que a sua paragem pode implicar custos elevados.

Apresentando já uma elevada disponibilidade nos robôs, há sempre espaço para melhorar esse indicador. A iniciação da manutenção de 1.º Nível pode revelar-se fundamental pretendendo-se também um maior comprometimento dos operadores com a máquina e entre os departamentos de manutenção e produção.

As cabeças de robô são também um fator de preocupação na produção para que sejam mantidos os padrões de qualidade exigidos. A implementação de instruções de manutenção preventiva devem proporcionar uma maior disponibilidade e evitar custos desnecessários, por exemplo com a retificação cujo serviço é realizado por entidade externa.

Não sendo possível a quantificação de resultados, com a introdução destas melhorias é esperada uma diminuição de custos, quer ao nível da manutenção quer ao nível de perdas de produção por avaria.

É expectável também que diminuam as ações de manutenção corretiva, sendo possível dedicar o tempo semanal planeado às ações de manutenção preventiva estabelecidas sem que sejam assim atrasadas ou não realizadas.

### 5.2 Trabalhos futuros

Como já referido no ponto anterior, devido à curta duração do projeto não foi possível cobrir todas as áreas possíveis. Assim, para continuação do trabalho realizado sugere-se a criação de instruções de manutenção de 1.º Nível para outros equipamentos importantes, tais como as máquinas de isolante e de aparar.

Deve também ser feito um registo mais completo das avarias de todos os equipamentos e não só dos robôs. É importante o registo de todas as avarias com a descrição do problema, as datas e horas de início e fim, que possibilitará estudos de fiabilidade de componentes que se venham a revelar críticos futuramente.

Dado que em breve será iniciada a melhoria do módulo de manutenção do Sistema de Informação da empresa, é proposto que nele estejam presentes as Fichas Máquina de todos os equipamentos bem como os seus manuais para serem consultadas em qualquer computador

disponibilizado nos vários departamentos da empresa. Devem estar também presentes todas as instruções de manutenção criadas e as desenvolvidas futuramente.

Utilizando o exemplo da manutenção da cabeça do robô, propõe-se que seja possível o técnico registar todos os passos identificando em cada passo se está “ok” ou “não ok”. Neste caso deve aparecer automaticamente quais as possíveis causas do problema, ficando disponível “on-line” para o responsável e registada na ficha do equipamento a intervenção realizada. Poderão também ficar registados os consumíveis utilizados sendo mais fácil o controlo e registo de stock de componentes e peças de reserva. A Figura 31 mostra um protótipo do que poderá ser desenvolvido e implementado.

Manutenção Preventiva Cabeça de Robô					
#	Operação	OK	NOK		
1	Inspeção Visual (alguma anomalia visível a registar)				
2	Verificar estado do Lovejoy e Escatel G10				
3	Verificar estado Rolamento G10 e Roda Dentada				
4	Verificar Blade Shaft				
5	Verificar encaixe CAM - G20				
6	Verificar rolamento G20 e Roda Dentada				
7	Verificar Piston VML				
8	Verificar rolamento do Blade Shaft				
9	Verificar estado da mola do Pistão				

Manutenção Preventiva Cabeça de Robô					
#	Operação	OK	NOK		
1	Inspeção Visual (alguma anomalia visível a registar)	X			
2	Verificar estado do Lovejoy e Escatel G10	X			
3	Verificar estado Rolamento G10 e Roda Dentada	X			
4	Verificar Blade Shaft				X
5	Verificar encaixe CAM - G20				

#	Operação	OK	NOK	Sim	Não
1	Inspeção Visual (alguma anomalia visível a registar)	X			
2	Verificar estado do Lovejoy e Escatel G10	X			
3	Verificar estado Rolamento G10 e Roda Dentada	X			
4	Verificar Blade Shaft		X		
	Folga com o G10 por desgaste do Blade Shaft			X	
	Desgaste com o G10				
5	Verificar encaixe CAM - G20				
6	Verificar rolamento G20 e Roda Dentada				

Figura 31 - Exemplo a desenvolver no "REC"

Por último sugere-se a continuação da análise FMEA. Esta análise deve identificar as ações de melhoria a realizar e ser reavaliada dentro de 6 meses e, ao mesmo tempo, tentar identificar os modos de falha potenciais bem como as suas causas e efeitos, dos restantes componentes do sistema robô.

## 6 Referências

- Amaral, Fernando Dias. *Gestão da Manutenção na Indústria*. Lisboa: Lidel - Edições Técnicas, 2016.
- Cabral, José Paulo Saraiva. *Organização e Gestão da Manutenção, Dos Conceitos à Prática*. Lisboa: Lidel - Edições Técnicas, 2004.
- Conceição, Ana Marta Viseu da. “MANutenção Baseada na Condição na Tabaqueira, E.I.T.” 2013.
- Ferreira, Luis Andrade. *Uma introdução à Manutenção*. Porto: Publindústria, 1998.  
<https://ferreiradesa.pt/>. s.d. (acedido em Janeiro de 2019).
- Martins, Maria Prudêncio G., e Armando L.F. Leitão. “Predição de Falhas no Apoio à Decisão na Gestão da Manutenção.” 2009.
- McDermott, Robin E., RAYmond J. Mikulak, e Michael R. Bearegard. *The Basics of FMEA*. CRC Press, 2008.
- Moubray, John. *RCM II - Reliability Centred Maintenance*. Elsevier Butterworth-Heinemann, 1997.
- NASA. “Reliability Centered Maintenance - Guide for fafacilities and collateral equipment.” 2000.
- Pinto, Carlos Varela Pinto. *Organização e Gestão da Manutenção*. Lisboa: Monitor, 2002.
- European Standard NP EN 13306, Versão Portuguesa – Terminologia de Manutenção, 2010.

## **ANEXO A: Cálculo OEE**

O OEE é o resultado de uma multiplicação de 3 fatores, sendo eles, a Disponibilidade, O Desempenho e a Qualidade. Todos eles devem ser expressos em percentagem,

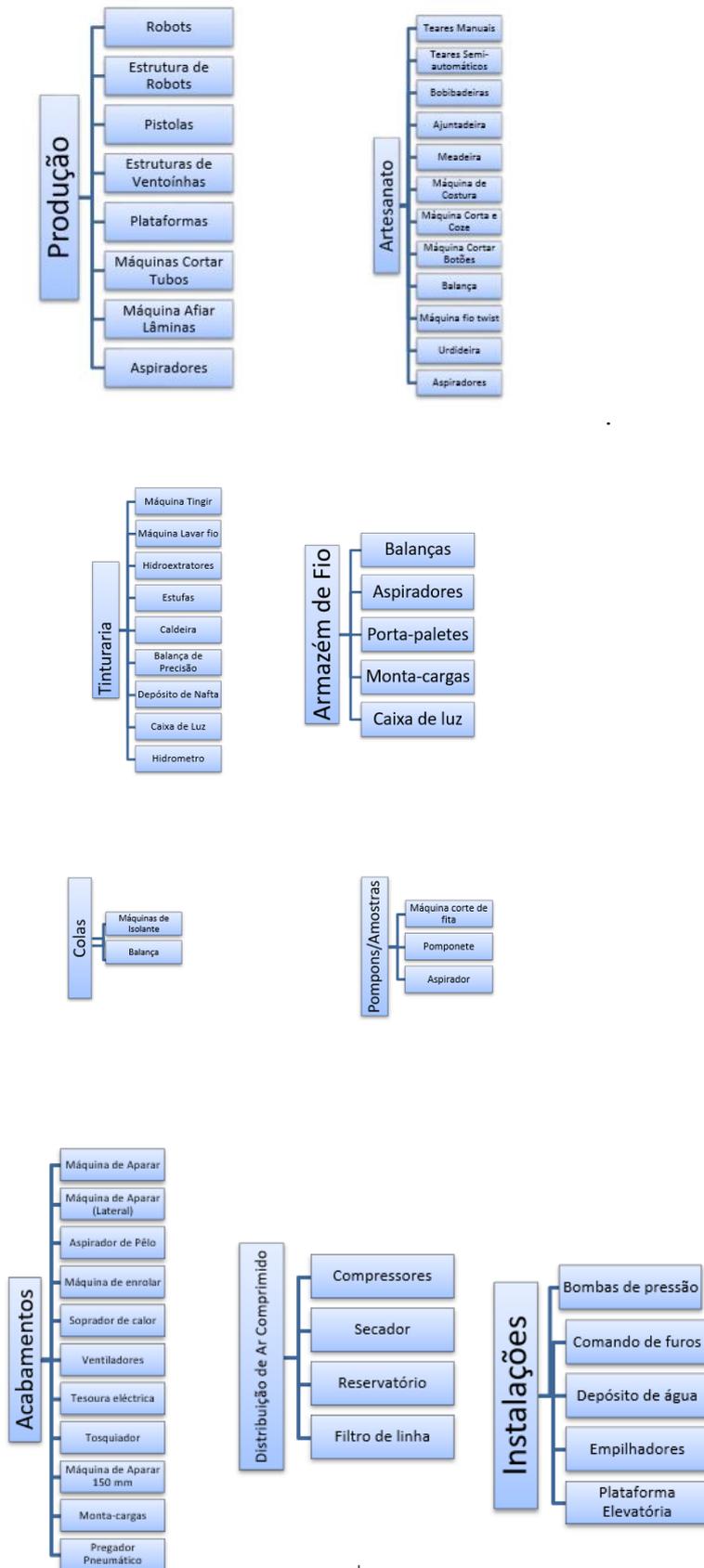
$$\text{OEE} = \textit{Disponibilidade} \times \textit{Desempenho} \times \textit{Qualidade}$$

$$\textit{Disponibilidade} = \frac{(\textit{Tempo total disponível} - \textit{Tempo total de avarias})}{\textit{Tempo total de avaria}}$$

$$\textit{Desempenho} = \frac{\textit{N}^{\circ} \textit{ de unidades produzidas}}{\textit{N}^{\circ} \textit{ de unidades possiveis de produzir}}$$

$$\textit{Qualidade} = \frac{(\textit{N}^{\circ} \textit{ de unidades produzidas} - \textit{N}^{\circ} \textit{ de unidades defeituosas})}{\textit{N}^{\circ} \textit{ de unidades pproduzidas}}$$

## ANEXO B: Parque de Equipamentos



## ANEXO C: Ficha Máquina

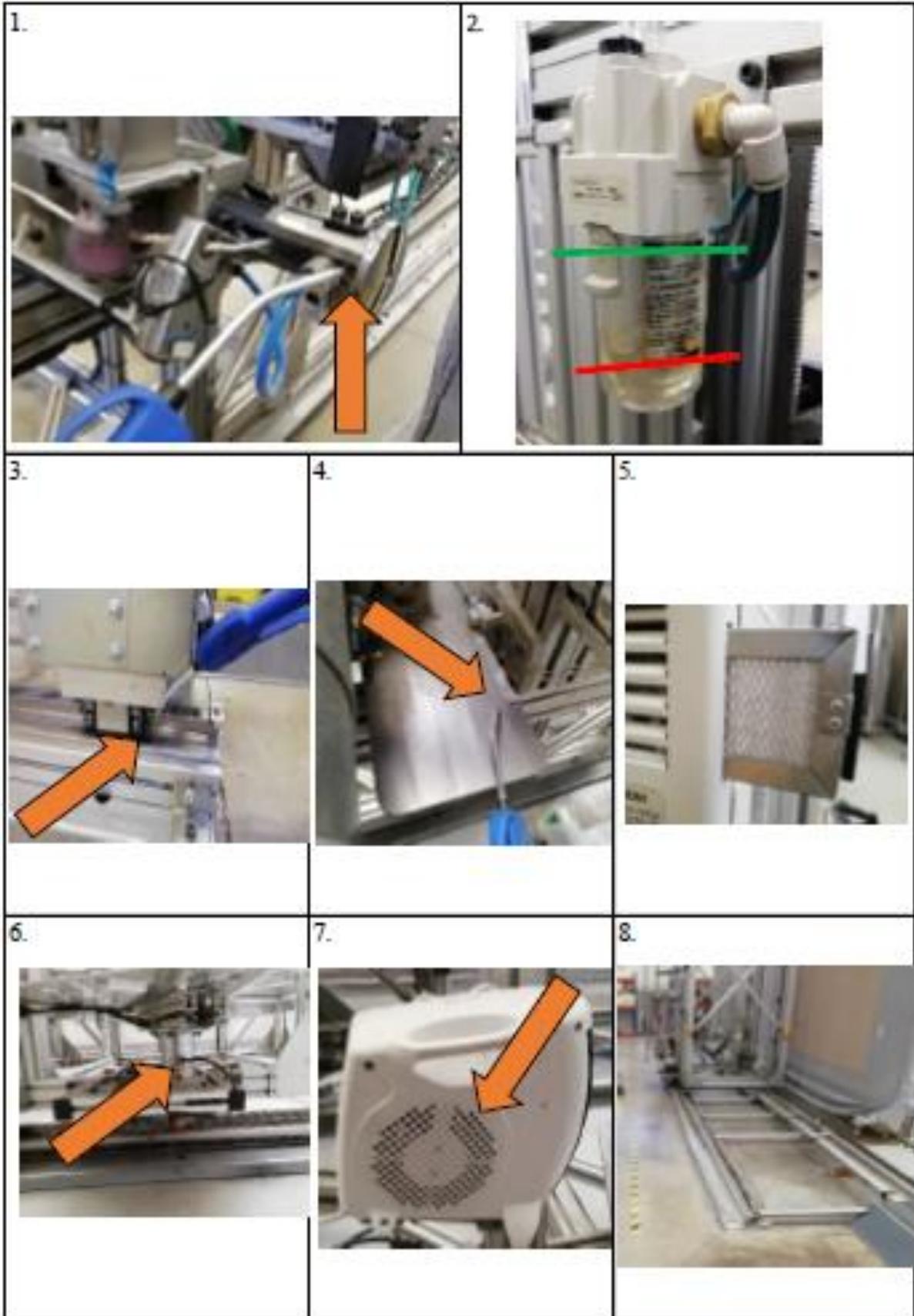
 <b>FICHA DE EQUIPAMENTO</b>	
<b>Identificação do Equipamento</b>	
Designação do Equipamento:	
Código Interno:	
Código de Imobilizado:	
Família/Departamento:	
Marcas/Modelo:	
Ano de Instalação:	
Número de Série:	
Manual do Utilizador:	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
Existência de declaração CE	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
<b>Fotografia</b>	
<b>Periodicidade de Manutenção</b>	
Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Anual <input type="checkbox"/> Outra <input type="checkbox"/> _____	
Observações:	
<b>Lista de componentes</b>	
<small>* No caso de o equipamento não possuir Manual do Construtor, inserir Listagem de Componentes</small>	
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	

## ANEXO D: Manutenção de 1.º Nível - Robôs


**INSTRUÇÃO DE TRABALHO**  
**MANUTENÇÃO DE 1º NÍVEL**

 IT.13.22\_0  
 Pág. 1 de 2

	Item	Modo de atuação	Periodicidade
1	Cabeça do Robot	Limpeza do calcador + lubrificação	Aproximadamente de 30 em 30 minutos (Aplicação Relógio).
2	Copo do óleo	Reposição de óleo no lubrificador	Sempre que o nível baixa.
3	Patins – Eixo do X e Y	Limpeza dos Patins - Soprar com a pistola do ar	Aproximadamente de 2h em 2h (4 Vezes por cada turno).
4	Tabuleiro do <i>Tufthead</i>	Limpeza do tabuleiro - Soprar Zona dos rolamentos em baixo e em cima	Aproximadamente de 4h em 4h (2 Vezes por cada Turno).
5	Filtro do AC	Limpeza do filtro - retirar o filtro e sacudir o pó para o lixo	Aproximadamente de 2h em 2h (4 Vezes por cada turno).
6	Creel	Manter o creel limpo	Sempre que uma bobine salta fora do creel, puxar/remover totalmente o fio enrolado de forma a evitar que se introduza no interior do creel.  Verificar sempre na mudança de turno a correta limpeza do creel.
7	Ventilador	Limpeza – Soprar com a pistola quando estiver desligado	Antes de cada utilização. De vez em quando sempre que está a ser utilizado.
8	Área envolvente	Organização do local	Limpeza sempre que necessário.

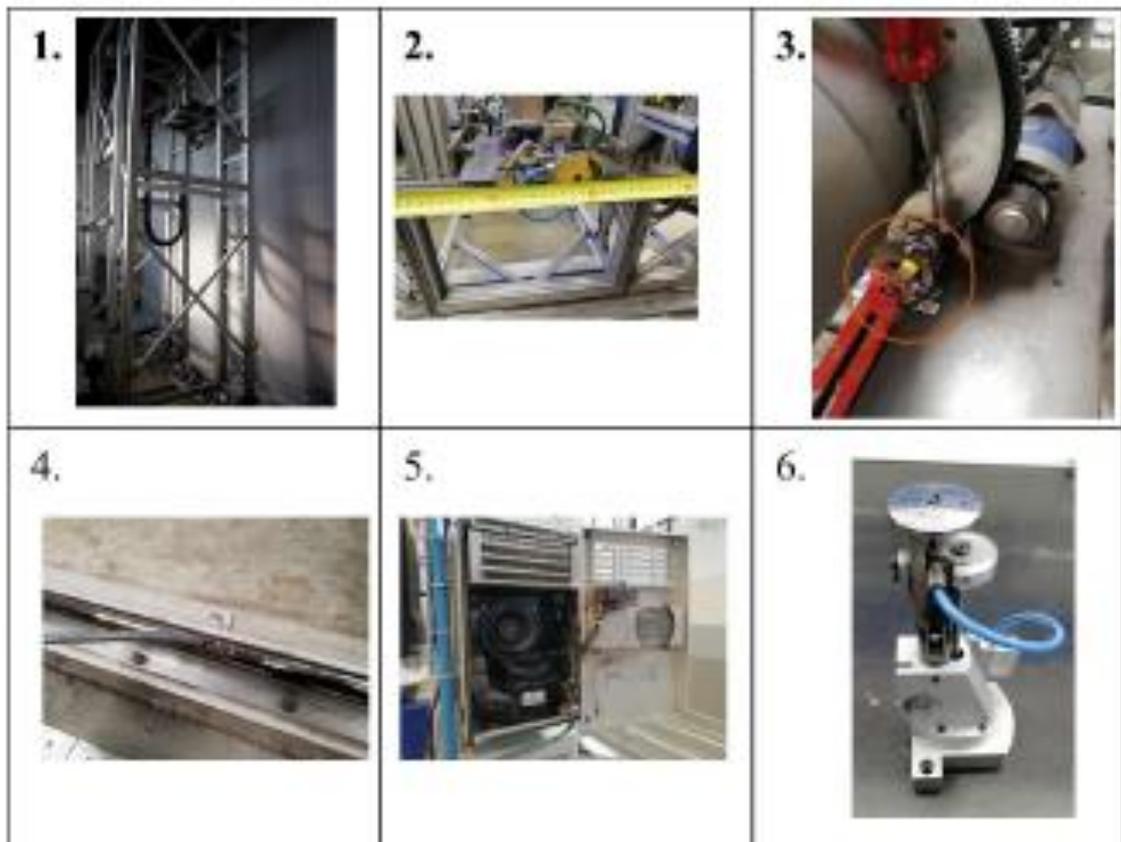


## ANEXO E: Manutenção Preventiva Semanal - Robôs

(Robô modelo 1)

<i>Ferraria de São Paulo</i> 1911 1999	Serviço de Manutenção <b>ROBÔS</b> MANUTENÇÃO SEMANAL HPR-5	SM 13.22_0 Pág. 1 de 1
---	---	---------------------------

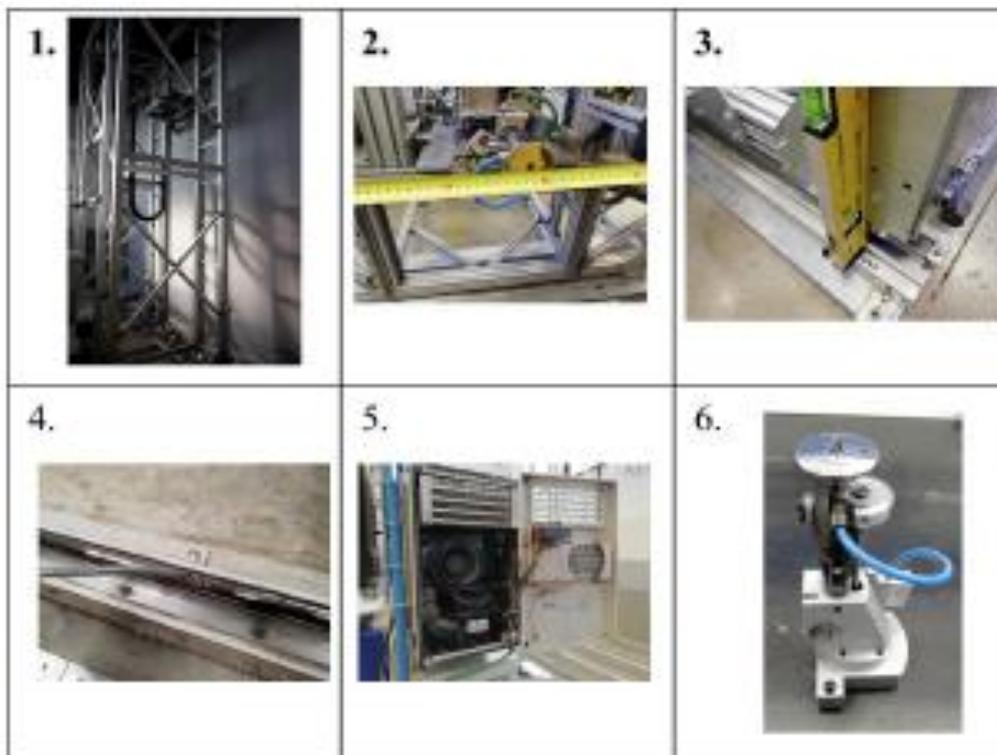
#	Descrição da Operação
1	Inspeção visual (Verificar existência de alguma anomalia visível).
2	Verificar alinhamento do Eixo V.
3	Verificar funcionamento e afinação dos sensores de Calibração.
4	Lubrificar trilho do eixo X.
5	Limpar ar condicionado.
6	Analisar estado das cabeças dos Robôs (Para criação de F.O. corretiva ou condicionada).



(Robô modelo 2)

<i>Ferraria de São Paulo</i> 1900 1900	Serviço de Manutenção <b>ROBÔS</b> MANUTENÇÃO SEMANAL HPR-5B	SM 13.23_0 Pág. 1 de 1
---	--	---------------------------

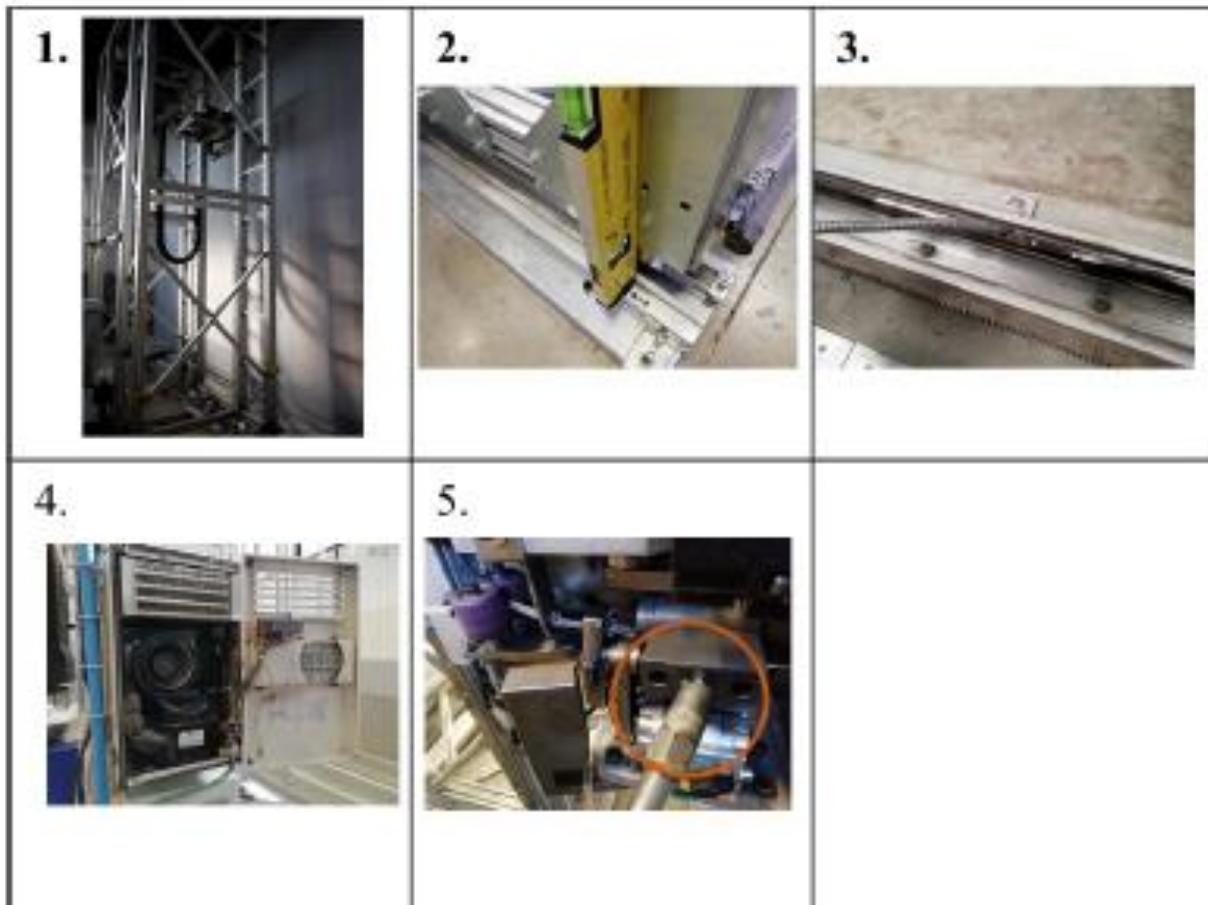
#	Descrição da Operação
1	Inspeção visual (Verificar existência de alguma anomalia visível).
2	Verificar alinhamento do Eixo V.
3	Verificar o ponto 0 da máquina.
4	Lubrificar trilho do eixo X.
5	Limpar ar condicionado.
6	Analisar estado das cabeças dos Robôs (Para criação de F.O. corretiva ou condicionada).



(Robô modelo 3)

	<b>SERVIÇO DE MANUTENÇÃO ROBÔS MANUTENÇÃO SEMANAL HPR-6</b>	SM 13.26_0 Pág. 1 de 1
---	---	---------------------------

#	Descrição da Operação
<b>1</b>	<b>Inspeção visual (Verificar existência de alguma anomalia visível)</b>
<b>2</b>	<b>Verificar o ponto 0 da máquina (X,Y,Z)</b>
<b>3</b>	<b>Lubrificar trilho Eixo X</b>
<b>4</b>	<b>Limpar ar condicionado</b>
<b>5</b>	<b>Lubrificar suporte da lâmina cut/loop</b>

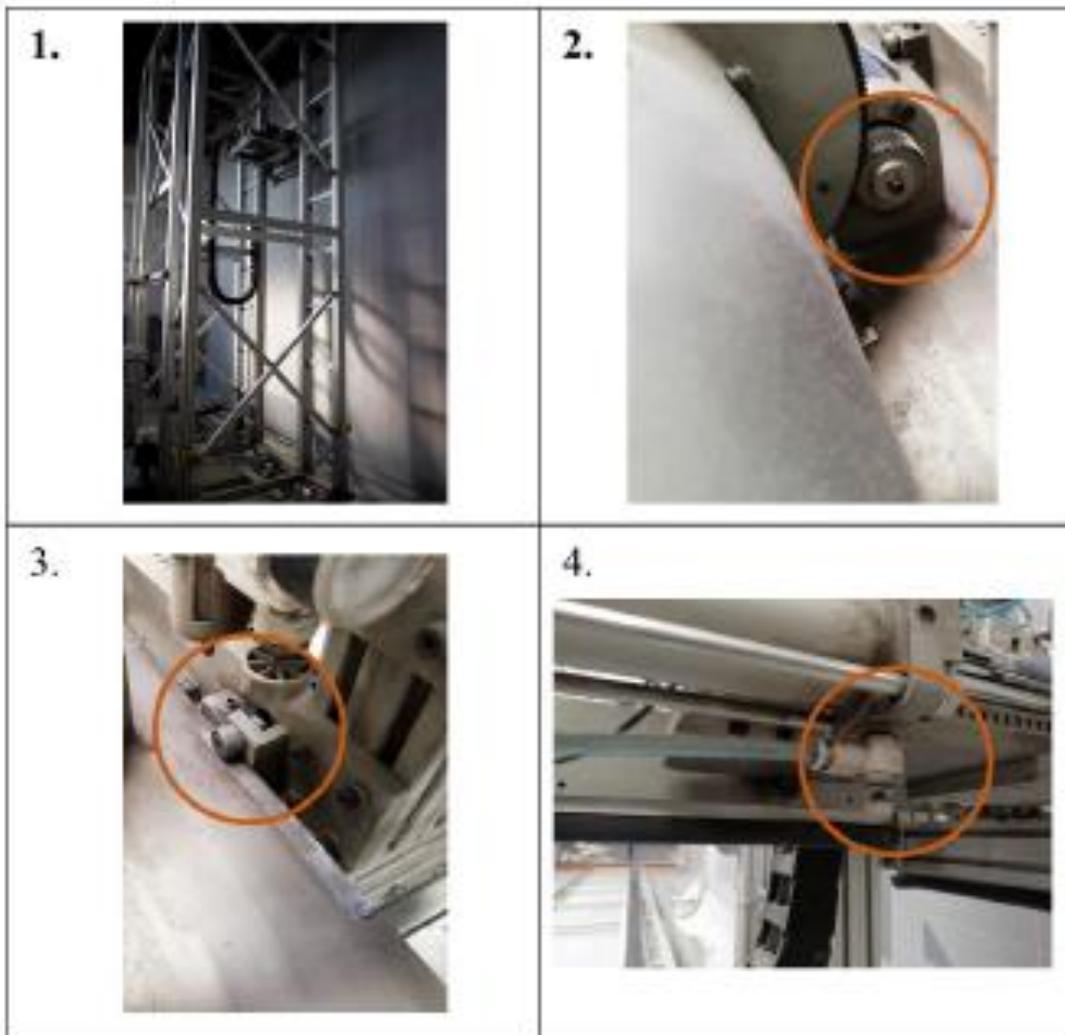


## ANEXO F: Manutenção Preventiva 3 em 3 Semanas - Robôs

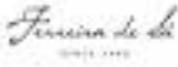
(Robô modelo 1)

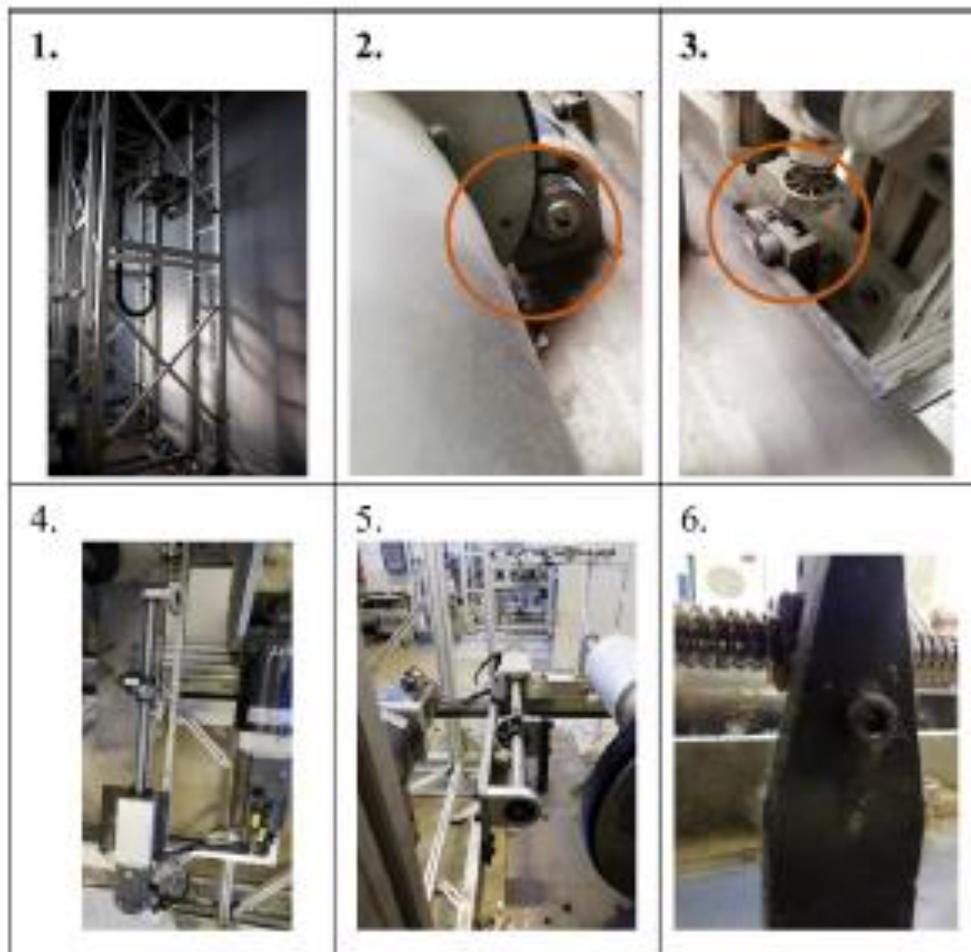
<i>Ferracim de São Paulo</i> 1911 1999	<b>SERVIÇO DE MANUTENÇÃO ROBÔS MANUTENÇÃO 3 em 3 Semanas – HPR-5</b>	SM.13.27_0 Pág. 1 de 1
---	--	---------------------------

#	Descrição da Operação
1	Inspeção visual (Verificar existência de alguma anomalia visível).
2	Verificar estado dos rolamentos do tabuleiro.
3	Afinar tabuleiro do tufthead.
4	Regular velocidade do cilindro in/out.



(Robô modelo 2)

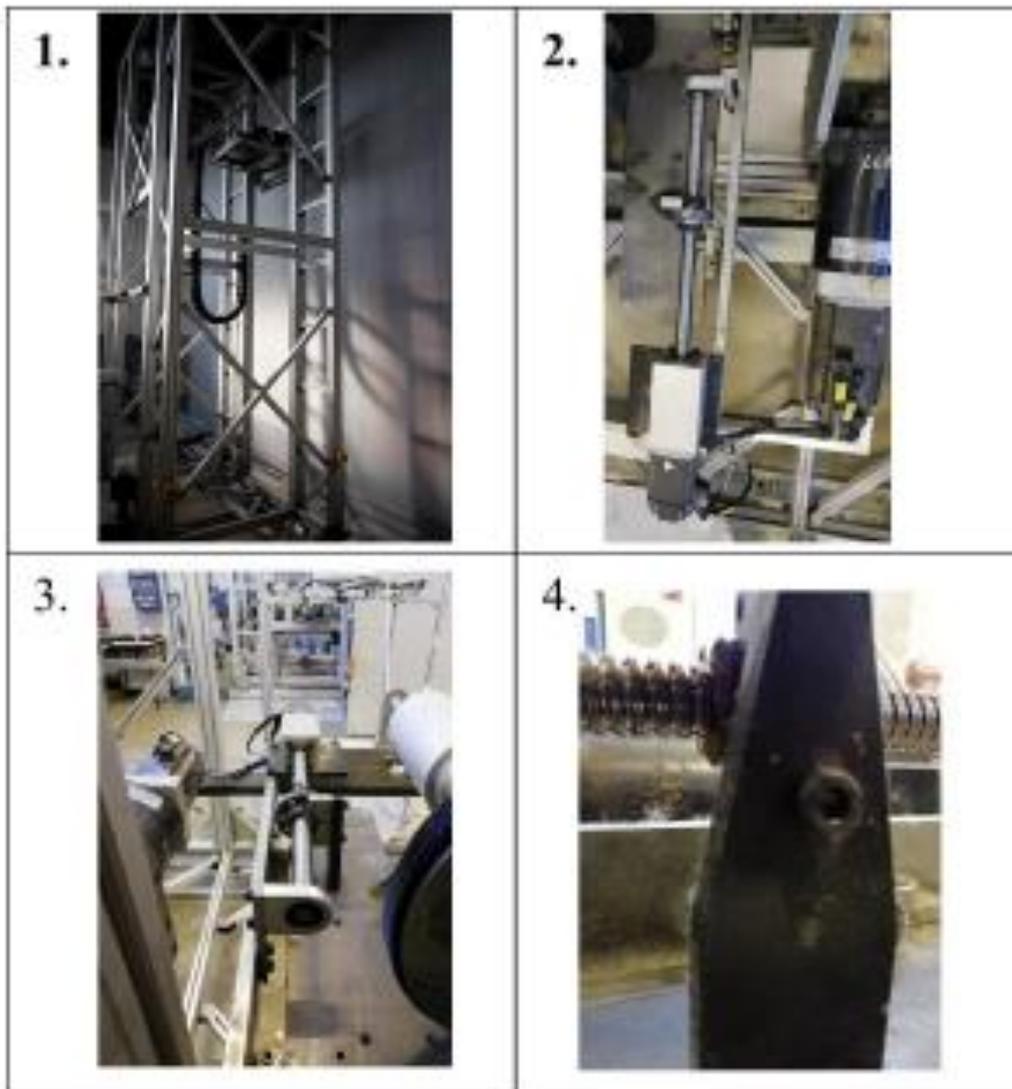
 <b>SERVIÇO DE MANUTENÇÃO</b> <b>ROBÔS</b> <b>MANUTENÇÃO 3 em 3 Semanas – HPR-5B</b>		SM 13.28_0 Pág. 1 de 1
#	Descrição da Operação	
1	Inspeção visual (Verificar existência de alguma anomalia visível)	
2	Verificar estado dos rolamentos do tabuleiro.	
3	Afinar tabuleiro do tufthead.	
4	Lubrificar veio sem fim do eixo in/out.	
5	Colocar massa lubrificante no rolamento do eixo in/out.	
6	Verificar apertos das fixações.	



(Robô modelo 3)

<i>Ferraria de São Paulo</i>	<b>SERVIÇO DE MANUTENÇÃO ROBÔS MANUTENÇÃO 3 em 3 Semanas – HPR-6</b>	SM 13.20_0 Pág. 1 de 1
------------------------------	--	---------------------------

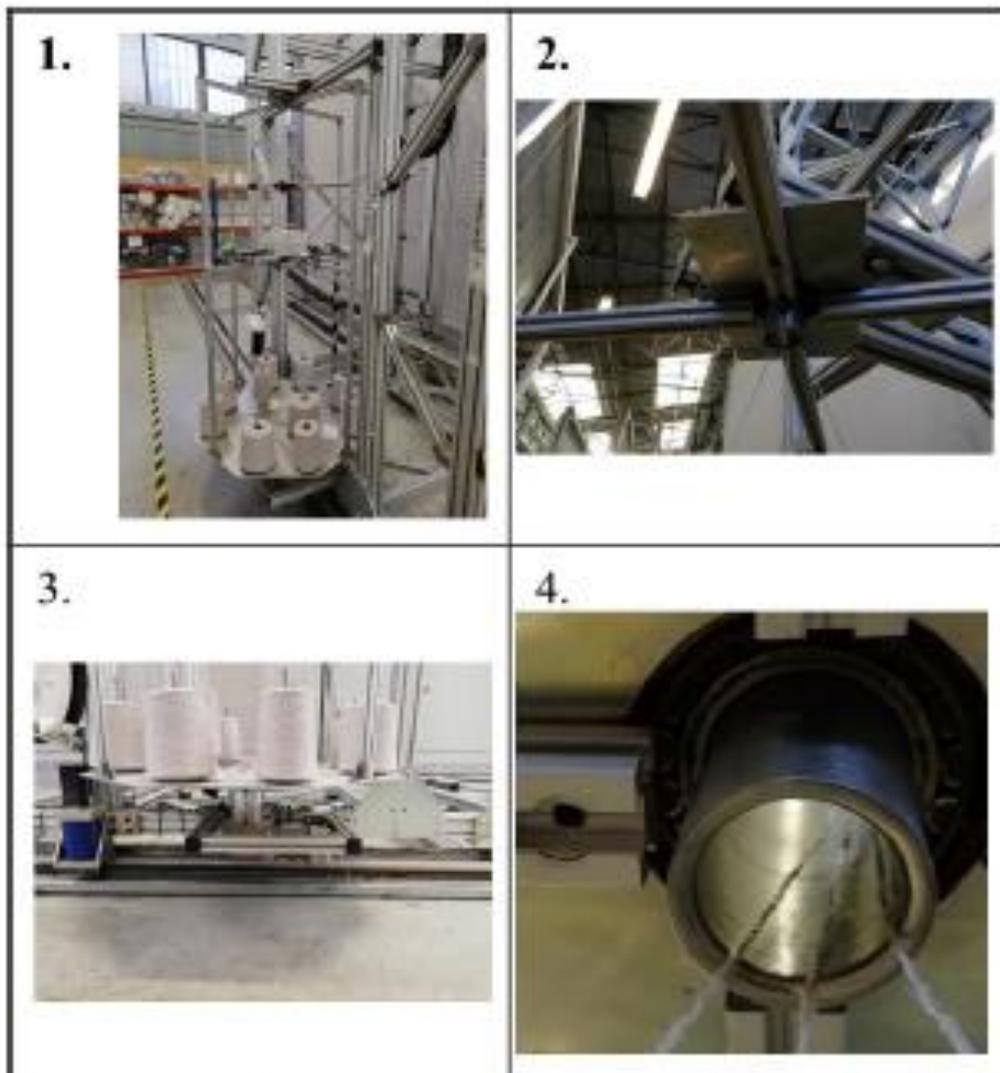
#	Descrição da Operação
1	Inspeção visual (Verificar existência de alguma anomalia visível).
2	Lubrificar veio sei fim do eixo in/out com óleo.
3	Colocar massa lubrificante no rolamento do eixo in/out.
4	Verificar apertos das fixações do veio.



(Para todos os robôs)

<i>Ferraria de São Paulo</i> 1911-1999	<b>SERVIÇO MANUTENÇÃO ROBÔS MANUTENÇÃO 3 em 3 Semanas – Creel</b>	SM 13.30_0 Pág. 1 de 1
---	---	---------------------------

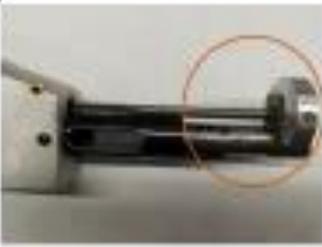
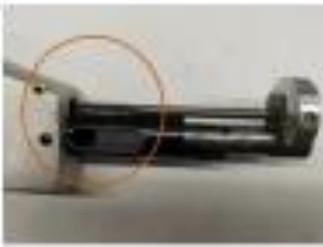
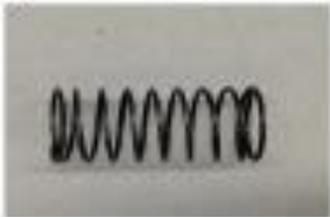
#	Descrição da Operação
<b>1</b>	Inspeção visual (Verificar existência de alguma anomalia visível).
<b>2</b>	Confirmar apertos da estrutura do Creel.
<b>3</b>	Verificar presença de fio no slip ring do Creel.
<b>4</b>	Lubrificar rolamento superior do Creel.



**ANEXO G: Manutenção Preventiva Cabeça de Robô**

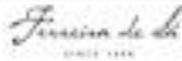
	INSTRUÇÃO DE TRABALHO	SM.13.32_0
	<b>MANUTENÇÃO CABEÇAS DE ROBO</b>	Pág. 1 de 2

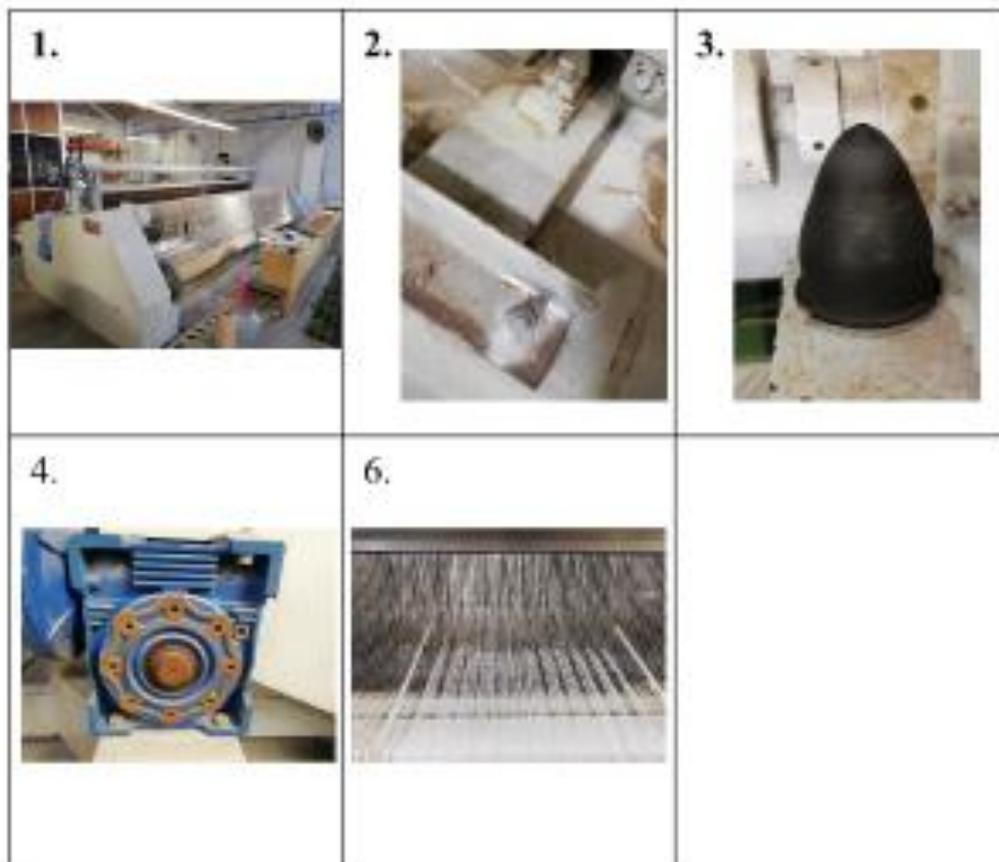
#	Descrição da Operação
1	Inspeção Visual – Alguma anomalia visível
2	Verificar estado do Lovejoy e Escatel G10
3	Verificar estado rolamento G10 e Roda Dentada
4	Verificar estado do Blade Shaft
5	Verificar estado do encaixe CAM – G20
6	Verificar estado rolamento G20 e Roda Dentada
7	Verificar Piston VML (encaixe com o bico)
8	Verificar Piston VML com Piston Guide
9	Verificar Rolamento Blade Shaft
10	Verificar estado da mola do Pistão
11	Verificar estado do braço e da CAM
12	Verificar estado da válvula de ar + tubo
13	Alinhar Guide-Key
14	Verificar estado do Calçador

<p>1.</p> 	<p>2.</p> 	<p>3.</p> 
<p>4.</p> 	<p>5.</p> 	<p>6.</p> 
<p>7.</p> 	<p>8.</p> 	<p>9.</p> 
<p>10.</p> 	<p>11.</p> 	<p>12.</p> 
<p>13.</p> 	<p>14.</p> 	

## ANEXO H: Manutenção Preventiva Teares Semiautomáticos

(mensal)

	Serviço de Manutenção <b>TEARES SEMIAUTOMÁTICOS</b> <b>MANUTENÇÃO MENSAL</b>	SM 14_15_0 Pág. 1 de 1
#	Descrição da Operação	
1	Inspeção visual (Verificar existência de alguma anomalia visível).	
2	Reapertar fixações ao chão.	
3	Confirmar estado dos batentes	
4	Verificar nível de óleo pneumático (repor no caso de valor mínimo).	
5	Verificar existência de fugas de ar.	
6	Confirmar oxidação e folga do pente.	



(semestral)

	<b>Serviço de Manutenção TEARES SEMIAUTOMÁTICOS MANUTENÇÃO SEMESTRAL</b>	SM 14.18_0 Pág. 1 de 1
---	--	---------------------------

#	Descrição da Operação
1	Inspeção visual (Verificar existência de alguma anomalia visível).
2	Aplicar massa lubrificante em todos os graxeres.
3	Verificar existência de fugas de óleo nos redutores.
4	Limpar e lubrificar as guias em nylon dos liços.
5	Higienizar toda a máquina.

