



isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA E
GESTÃO INDUSTRIAL

***TAGS RFID* para apoio à Manutenção
Preventiva de Moldes na TRIDEC
Portugal**

Autor

Emanuela Alexandra Godinho Tomás

Orientador

José Torres Farinha

Coimbra, dezembro 2022

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E
BIOLÓGICA

***TAGS RFID* para apoio à Manutenção Preventiva de Moldes na TRIDEC Portugal**

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do
grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Autor

Emanuela Alexandra Godinho Tomás

Orientador

José Torres Farinha

Supervisor na empresa ***TRIDEC Portugal***

Miguel Henriques

Para os meus avós Maria e José, que me acompanham noutra dimensão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais, por todo o amor, paciência, otimismo e confiança ao longo de todos os anos, mas sobretudo naqueles que incluíram o meu percurso académico. A vocês devo tudo e todos os meus sucessos são vossos também, tal como o término desta etapa trabalhosa que nos fez crescer a todos mas sobretudo a mim a nível pessoal e académico, mas que mostra que apesar de todos o esforço que os três tivemos, valeu muito a pena. “O nosso sonho concretiza-se!”

Gostaria também de agradecer a toda a equipa TRIDEC que me recebeu com muito carinho e me ajudaram a desenvolver o trabalho que deu origem a este relatório. Sobretudo aos meus colegas do departamento de engenharia, especialmente ao Engenheiro Miguel Henriques pela disponibilidade, pela incentivo a melhorar o trabalho que fui desenvolvendo e por ter acreditado sempre nas minhas capacidades, também não poderia deixar de agradecer ao Professor José Farinha pelo suporte no desenvolvimento do meu relatório.

Agradeço a todos os que fizeram parte do meu percurso académico no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, a todos os professores que me deram as ferramentas para concluir esta etapa e a todos os amigos que fiz e me ajudaram a superar as etapas mais complicadas, com amizade e companheirismo.

Por fim, mas de uma forma muito especial ao João, que com o seu amor me apoiou incondicionalmente e incentivou sempre a acreditar nas minhas capacidades.

RESUMO

A globalização mundial tem vindo a ser um fator impulsionador da competição entre as organizações, sobretudo no que toca à utilização de tecnologias que permitam melhorar os processos produtivos.

Um dos fatores que mais influencia a capacidade competitiva das empresas é o conhecimento que a organização tem dos aspetos que pode melhorar para reduzir os seus custos e aumentar a disponibilidade dos seus produtos perante a concorrência.

Por esse motivo, nos últimos anos as empresas têm vindo a focar-se cada vez mais em investir em planos de manutenção de carácter preventivo que eliminem perdas de tempos não planeados e custos adicionais.

Indo ao encontro deste ideal de que investir em melhorar as políticas de manutenção ajuda a reduzir o custo total dos processos produtivos e catapulta as empresas para a implementação de tecnologias referentes à indústria 4.0, têm vindo a surgir cada vez mais tecnologias de apoio à manutenção baseadas em recolhas de dados massivas que permitem a análise de tendências comportamentais dos equipamentos que ocorrem antes das falhas e que podem servir como suporte à definição de políticas de manutenção preventiva.

Uma das tecnologias que tem vindo a ser utilizada nos mais variados campos industriais é a tecnologia de identificação por radiofrequência RFID, que neste relatório foi aplicada como suporte à implementação de uma nova política de manutenção preventiva dos moldes utilizados nos processos produtivos na empresa TRIDEC, bem como suporte à implementação do *Total Productive Maintenance* (TPM), com recurso ao cálculo do seu principal *Key Performance Indicator* o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

Palavras Chave: RFID, Manutenção, Manutenção Preventiva, Indústria 4.0.

ABSTRACT

Globalization has been one of the factors that most influence the competition between organizations, especially when it comes to the use of technologies to improve production processes.

One of the factors that most influences the competitive capacity of companies is the knowledge that the organization has of the aspects that it can improve to reduce its costs and increase the availability of its products compared to the competition.

For this reason, in recent years companies have been increasingly focusing on investing in preventive maintenance plans that eliminate unplanned time losses and additional costs.

For this reason that investing in improving maintenance policies helps reduce the total cost of production processes and help companies to implement technologies related to Industry 4.0, more and more maintenance support technologies have been emerging based on massive data collection that allow the analysis of behavioral trends of equipment that occur before failures and that can support the definition of preventive maintenance policies.

One of the technologies that has been used in various industrial fields is the radio frequency identification technology RFID, which in this report was applied to support the implementation of a new preventive maintenance policy of molds used in the production processes in TRIDEC company, as well as support the implementation of Total Productive Maintenance (TPM), using the calculation of its main Key Performance Indicator the Overall Equipment Effectiveness (OEE).

Keywords: RFID, Maintenance, Preventive Maintenance, Industry 4.0.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABELAS	ix
SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS	xi
CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Empresa de acolhimento.....	1
1.2.1 Apresentação da Empresa.....	1
1.2.2 Processo Produtivo	2
1.2.3 Organização do chão de fábrica.....	2
1.2.4 Produtos	3
1.2.5 Envolvimento do departamento de engenharia no processo produtivo.....	5
1.2.6 Moldes	8
1.3 Estrutura do Relatório.....	11
CAPÍTULO 2 - ENQUADRAMENTO TEÓRICO	13
2.1 Manutenção	13
2.1.1 Políticas de manutenção	13
2.1.2 Índices de Manutenção	15
2.1.3. <i>Total Productive Maintenance</i>	18
2.2 Indústria 4.0	20
2.2.1 Evolução Histórica	20
2.2.2 Pilares	21
2.2.3 <i>Smart Factory</i>	24
2.3 Sistemas RFID.....	26
2.3.1 Arquitetura do sistema RFID.....	26
2.3.2 Etiquetas	27
2.3.3 Capacidade de armazenamento	28
2.3.4 Frequência de Funcionamento.....	29

2.3.5 Principais aplicações da tecnologia RFID	30
2.3.6 Principais desafios da tecnologia.....	32
2.3.7 RFID vs Código de Barras	33
CAPÍTULO 3 - CASO DE ESTUDO	35
3.1 Política de manutenção atual dos JIGs	35
3.2 Programa <i>tflow</i>	36
3.2.1 Equipamentos utilizados no <i>tflow</i>	36
3.3 Introdução de dados no sistema <i>tflow</i>	38
3.4 <i>tflow</i> no apoio às ações de manutenção	42
3.4.1 Utilização da funcionalidade de emissão de alertas	46
CAPÍTULO 4 - Cálculo da disponibilidade, desempenho e qualidade dos JIGs utilizando o <i>tflow</i>	51
4.1 Disponibilidade.....	51
4.2 Desempenho	54
4.3 Qualidade.....	55
4.4 OEE	58
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	65
A.1 Impresso F93-Ficha cadastro de moldes.....	65
A.2 Impresso F55-Registo de Moldes	67
A.3 Utilização mensal dos JIGS	69
A.4 DATASHEET C4RED	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sistema Direcional TD

Figura 2: Suspensão TF-VO

Figura 3: Fluxograma do processo de conceção dos moldes

Figura 4: Desenho 2D de uma peça de soldadura

Figura 5: a) Desenho de peça 3D, b) Desenho do molde e respetiva peça em 3D

Figura 6: Molde físico

Figura 7: Tipos de manutenção

Figura 8: Curva da Banheira (fonte: GIAGI)

Figura 9: As revoluções industriais (adaptado de Kagermann, Wahlster, & Helbig)

Figura 10: Pilares da Indústria 4.0

Figura 11: Modelo de Smart Factory (Chen *Et al.*, 2017).

Figura 12: Arquitetura de um sistema RFID (adaptado de (Finkenzeller, 2010)

Figura 13: Etiquetas RFID ativas

Figura 14: Etiquetas RFID passivas

Figura 15: *Tags* RFID utilizadas na Via Verde

Figura 16: *Tags* RFID em animais

Figura 17: Tag RFID utilizada

Figura 18: Leitor RFID

Figura 19: Ficha identificativa do JIG 524A no tflow

Figura 20: Anexo do desenho 3D do JIG 524A no tflow

Figura 21: Desenho 2D anexado no tflow correspondente a uma peça produzida no JIG 524A

Figura 22: Aplicação física da *tag* RFID no JIG 524A

Figura 23: Criação de processos de verificação dos JIGs

Figura 24: Criação/programação de atividades no tflow

Figura 25: Contador de utilizações do JIG

Figura 26: Criação de uma emissão de alerta

Figura 27: Atividades programadas no tflow

Figura 28: Menu atividade

Figura 29: Ficha de ações numa atividade de manutenção de um JIG com circuitos pneumáticos.

Figura 30: Tempo produtivo planeado para a referência 619596 no Epicor

Figura 31: Evolução do OEE do JIG 524 A de março a agosto

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Tabela resumo das características para várias frequências de operação

Tabela 2: Aspetos a avaliar por família de JIG

Tabela 3: Definição dos ciclos de verificação com base na utilização anual dos JIGs

Tabela 4: Contagens mensais da utilização dos JIGs

Tabela 5: Ciclo de verificação dos JIGs

Tabela 6: Número de referências produzidas no JIG 524A mensalmente

Tabela 7: Cálculo do tempo de produção planeada, com recurso ao JIG 524A no mês de

Tabela 8: Cálculo da disponibilidade do JIG 524A nos meses de março a agosto

Tabela 9: Cálculo do desempenho do JIG 524A nos meses de Tabela 10: Peças produzidas e rejeitadas no mês de março

Tabela 10: Peças produzidas e rejeitadas no mês de março

Tabela 11: Cálculo da qualidade para o JIG 524 A, de março a agosto

Tabela 12: Cálculo do OEE para o JIG 524A, para os meses de março a agosto

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

BOM	Bill of Materials
CNC	Computer Numeric Control
ERP	Enterprise Resource Planning~
IoT	Internet of Things
JOB	Ordem de Trabalho
KPI	Key Performance Indicator
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time to Repair
MWT	Mean Waiting Time
OEE	Overall Equipment Effectiveness
RFQ	Request for Quotion
TPM	Total Productive Maintenance

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO

No presente capítulo é elaborada uma pequena contextualização da realização do Estágio Curricular, bem como apresentação da empresa de acolhimento, seu funcionamento, organização, processo produtivo e produtos comercializados.

1.1 Enquadramento

Inserido no plano curricular do 2º ano do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra encontra-se a frequência em um Estágio Curricular.

O presente relatório é o resultado do trabalho desenvolvido durante esse mesmo estágio, que foi realizado, na empresa TRIDEC Portugal, com a supervisão do Engenheiro Miguel Henriques, responsável pelo departamento de Engenharia e Manutenção da empresa. E sob orientação do Professor José Torres Farinha, docente do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

1.2 Empresa de acolhimento

1.2.1 Apresentação da Empresa

A TRIDEC, “*Transport Industry Development Centre, B.V.*”, foi fundada em 1990 na cidade de Eindhoven-Holanda, com o objetivo de desenvolver sistemas direcionais e suspensões, inovadoras, para a indústria automóvel, nomeadamente para camiões de transporte de mercadorias.

Nos anos seguintes a empresa teve um crescimento significativo, resultando numa expansão além-fronteiras. Essa expansão resultou, em 2001, na abertura da TRIDEC-Sistemas Direcionais para Semirreboques, Lda. em Portugal, nomeadamente na Zona Industrial de Murte-de-Cantanhede.

Mais tarde, em 2008 o grupo alemão JOST adquiriu a TRIDEC, passo importante para a empresa, já que este grupo é líder mundial na construção e distribuição de componentes para camiões. Encontrando-se presente em todos os continentes, com dezenas de escritórios de produção e empregando milhares de pessoas em todo o mundo.

1.2.2 Processo Produtivo

O processo produtivo da TRIDEC Portugal assenta sobretudo na produção de componentes individuais, que serão montados pela TRIDEC Holanda. Como referido na subsecção anterior o processo produtivo inicia-se no departamento de planeamento, são eles que avaliam as especificações dos RFQ (*Request for quotation*), ou seja, as matérias-primas e os tipos de trabalho a realizar e consoante isso definem o que existem em stock e o que deve ser comprado, os custos, os prazos de entrega, condições de pagamento, etc. Se necessário é elaborada uma ordem de compra e criado um job no ERP (*Enterprise Resource Planning*) Epicor, em caso contrário são logo requisitados os materiais a utilizar, os programas CAD/CAM, etc e elabora-se o mapa de planeamento de produção.

Após a criação do job no ERP, este é impresso e enviado para o gabinete de produção, que os distribui pelos vários “teams leaders” de cada um dos setores da produção que, por sua vez, distribuem funções pelos operários.

Os referidos setores são 4: corte e preparação, soldadura, maquinação e montagem. A grande maioria da produção começa no setor corte e preparação, onde o material é preparado e cortado. Para os produtos finais que assim necessitem estes serão soldados e/ou maquinados, e finalmente encaminhados para o setor da montagem, podendo apenas serem preparadas as peças ou elaborada a montagem final. Depois de o produto se encontrar acabado, este é encaminhado para o departamento da qualidade, que avalia e controla a qualidade final. Em caso de se encontrarem conforme as especificações de qualidade definidas, estas seguem para o armazém, onde serão preparadas para expedição ou, em caso de não conformidade, podem ser retrabalhadas ou encaminhadas para sucata.

1.2.3 Organização do chão de fábrica

O chão de fábrica da TRIDEC encontra-se organizado em três grandes secções, a secção de soldadura, a de maquinação e a de montagem.

A secção de soldadura alberga postos de soldadura manual, robôs de soldadura, bem como o armazém dos moldes que servem de auxílio à realização das tarefas de soldadura. É também nesta secção que se encontram equipamentos de corte, quinagem, decapagem e a zona de armazenamento de chapas e varões e restantes matérias-primas que serão utilizadas na soldadura. É ainda nesta secção que se encontra uma zona, internamente designada como “*tool shop*”, na qual são concebidos e testados os moldes de apoio à produção e ainda elaboradas reparações a ferramentas de trabalho e a peças que necessitem de retrabalhos.

A secção de maquinação é constituída por uma zona com máquinas CNC, nomeadamente de 3 e 5 eixos, bem como o armazenamento de todos os moldes que servem de auxílio à maquinação das peças produzidas.

Na secção de montagem encontram-se várias boxes para montagem de *subassemblys*, bem como uma zona para o controlo de qualidade à receção e também controlo final.

1.2.4 Produtos

Os produtos da TRIDEC dividem-se em dois grandes grupos: sistemas direcionais e suspensões, desenvolvidos para posteriormente, serem integrados em reboques e semirreboques.

Dentro dos sistemas direcionais, a empresa fabrica sistemas mecânicos, hidráulicos e eletrónicos, já no que diz respeito às suspensões existem dois tipos as que funcionam com sistemas hidráulicos e as que funcionam com sistemas pneumáticos.

De entre os sistemas direcionais produzidos na TRIDEC, destaca-se o TD, presente na Figura 1, este é o sistema mais vendido pela empresa, principalmente por ser o mais acessível e também por ser aquele que mais facilmente é instalado.

Trata-se de um sistema direcional mecânico e é constituído por uma *fifth wheel*, um *steering arm* e uma *axle mounting frame*, o primeiro componente funciona como uma quinta roda, permitindo uma maior manobrabilidade em trajetos com rotundas por exemplo. O *steering arm* faz a ligação entre essa quinta roda e a *axle mounting frame*, que é montada no eixo do camião, podendo este tipo de sistemas ter até 3 eixos. De notar ainda que qualquer um dos 3 constituintes pode ter vários tamanhos, indo de acordo àquilo que é pretendido pelo cliente.

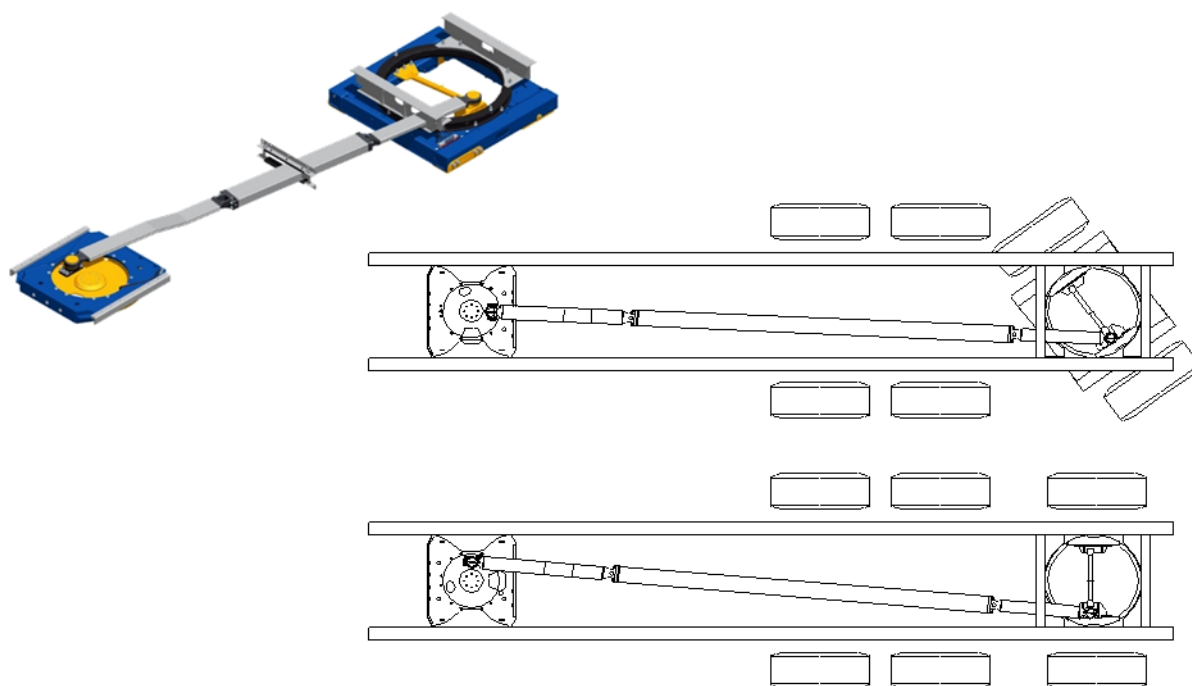


Figura 1: Sistema Direcional TD

Já no que toca a suspensões, o grande destaque vai para os TF-VO, representados na Figura 2. Este sistema de suspensões, funciona com recurso a ar, sendo constituída cada uma das suspensões por 2 *airbellows*, o que se traduz numa maior estabilidade aos veículos que as utilizam. Por outro lado, o design do sistema completo das suspensões, sem o eixo maciço entre as suspensões, permite que os semirreboques que incorporam um sistema TF-VO, consigam ter o dobro de espaço de carga do que um semirreboque convencional.

Este tipo de sistemas pode ter 2 ou 3 eixos, cada eixo constituído por 2 suspensões que são montadas dentro de 2 *wheelboxes* que são unidas por uma *floorplate*. O sistema tem ainda um *steering arm* e uma *fifth wheel*, elemento comum com o sistema mencionado anteriormente.

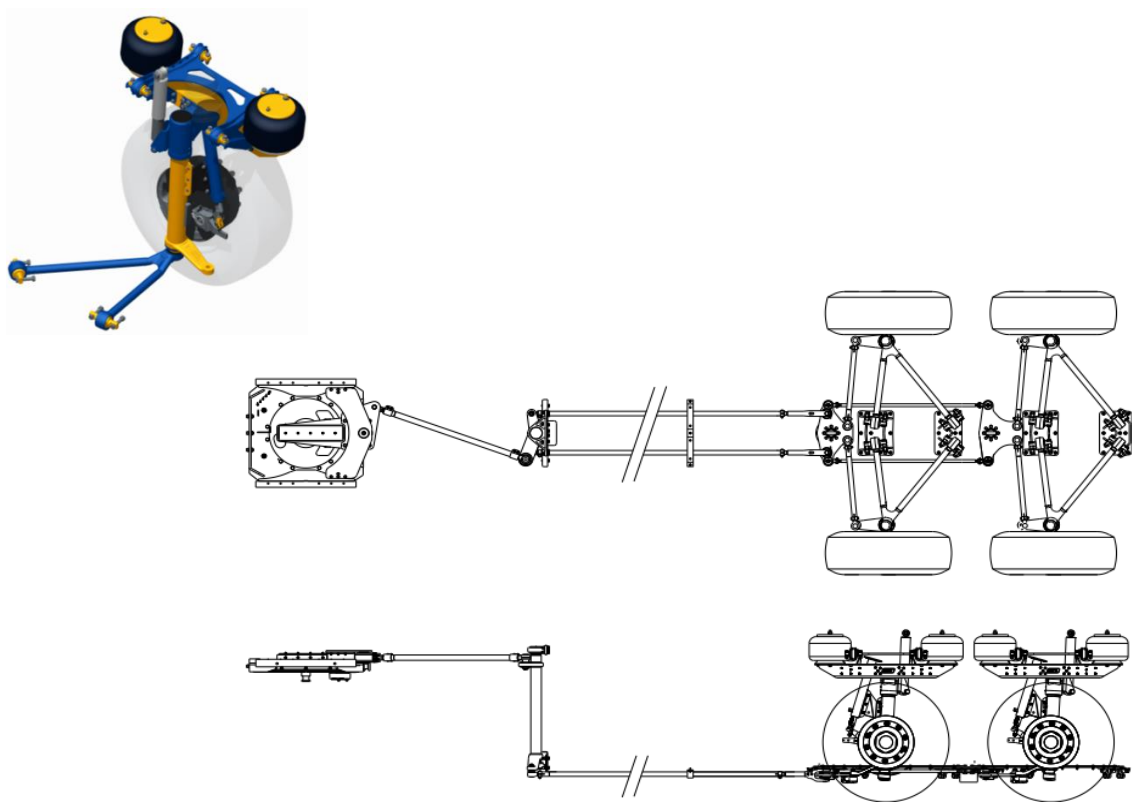


Figura 2: Suspensão TF-VO

1.2.5 Envolvimento do departamento de engenharia no processo produtivo

Os produtos da TRIDEC destinam-se às necessidades particulares dos clientes, tornando-os muitas vezes em produtos únicos e exclusivos. Por esse motivo, o processo produtivo inicia-se no departamento de planeamento que avalia o pedido do cliente, ou seja, o processo RFQ e conclui se já existe um BOM (*Bill of Materials*) para o produto em questão. Este BOM pode ser entendido como estrutura sequenciada para conceção dos produtos que contém as operações e materiais necessários e os tempos de operação/peça estimados.

Existem duas situações particulares que envolvem os BOM's, que são o BOM encontra-se disponível, mas necessita de alterações ou então há necessidade de criar um novo BOM. Em ambas os casos, cabe ao departamento de engenharia solucionar a situação, no primeiro caso, mediante a aprovação do departamento de planeamento procede-se à modificação do BOM. Já no segundo caso, o departamento de engenharia contata com o cliente e requer um pedido de desenho do produto, de seguida o departamento avalia-o e decide se é viável ou se necessita de modificações. Quando é avaliado positivamente é criado o produto e o seu BOM na base de dados do sistema ERP Epicor, de seguida o departamento procede à avaliação da necessidade de um molde de apoio ao processo produtivo do produto, também denominado de JIG.

Em certos casos há a necessidade de um novo molde/JIG para suporte à conceção dos produtos.

É também o departamento de engenharia que é responsável por elaborá-los, indo da conceção do desenho 3D no Creo View até à sua conceção física. Depois de terminado o molde deve ser aprovado pelo departamento da qualidade, a fim de ser considerado como operacional e quando é aprovado, o departamento de engenharia regista-o no Epicor, associando-o às peças que serão produzidas recorrendo a este.

O Fluxograma da Figura 3, mostra as atuais etapas de conceção/controlo destes moldes:

- **Requisição do Molde:** O responsável da Produção requer um novo molde ao responsável do Departamento de Engenharia, de modo a produzir novos componentes ou a aumentar a produção de componentes já existentes.
- **Elaboração dos Desenhos Técnicos:** O Departamento de Engenharia elabora o projeto em consonância com os vários departamentos. Cada molde representa um projeto, o qual finaliza com a elaboração de todos os desenhos técnicos.
- **Execução do Molde:** A construção do molde é efetuada na secção da ferramentaria ou em alguns casos poderá ser subcontratada a uma empresa exterior. Todo o processo é acompanhado pelo responsável da conceção do molde.
- **Verificação de Molde:** Este procedimento é efetuado pelo técnico controlador Qualidade, sendo a avaliação definida pelos critérios de aprovação descritos na impresso F93 (Anexo A.1).

Um dos critérios de aprovação é o recurso à análise dimensional da primeira peça executada pelo novo molde. No caso de haver uma família de peças, existirá a aprovação do molde para apenas uma peça verificada. Posteriormente, uma nova peça da mesma família terá de ter uma nova verificação.

Os restantes critérios de aprovação são a identificação visível no molde (etiqueta metálica do lado direito), a estrutura completa do molde com todos os seus subcomponentes, um aspeto limpo e cuidado, a ausência de deformações ou danos no molde.

Caso seja aprovado, o molde é colocado num local pré-definido no layout fabril às ordens do responsável da Produção. Se o molde for rejeitado, voltará à fase execução, a fim de serem retificadas as anomalias existentes e de ser verificado novamente.

- **Fabricação de Produtos – Molde na Produção:** Neste procedimento, a utilização do molde é a corrente, com a aprovação de todas as peças fabricadas. Caso haja rejeição de algum componente, é notificado o Departamento de Engenharia pelo técnico controlador da Qualidade e será efetuada imediatamente uma revisão do molde em questão.
O responsável da Produção possui toda a informação na impresso F55 (anexo A.2), acerca do molde que pretende utilizar para a fabricação de um determinado componente
- **Controlo Periódico do Molde:** Todos os moldes são controlados semestralmente ou anualmente, dependendo da quantidade anual produzida no ano transato. O critério estabelece que para quantidades anuais inferiores a 500 unidades, proceder-se-á a um controlo anual e que para quantidades anuais superiores a 500 unidades, proceder-se-á a um controlo semestral. No caso de não haver peças a serem produzidas ao final de 2 anos, o molde será analisado pelo responsável da Produção e poderá ser abatido.
- **Reparação do Molde:** Se o molde for rejeitado pelo técnico controlador de Qualidade poderá ser retificado na ferramentaria ou numa empresa exterior. Depois da retificação, o molde é controlado novamente apenas nos pontos que o levaram à rejeição.
- **Abate do Molde:** Este procedimento será devido a um fim de ciclo dos componentes que eram produzidos ou como consequência da rejeição dos critérios de aprovação durante o procedimento de verificação do mesmo. A ordem de abate será obrigatoriamente definida pelo responsável de Produção ou pelo técnico controlador de Qualidade.

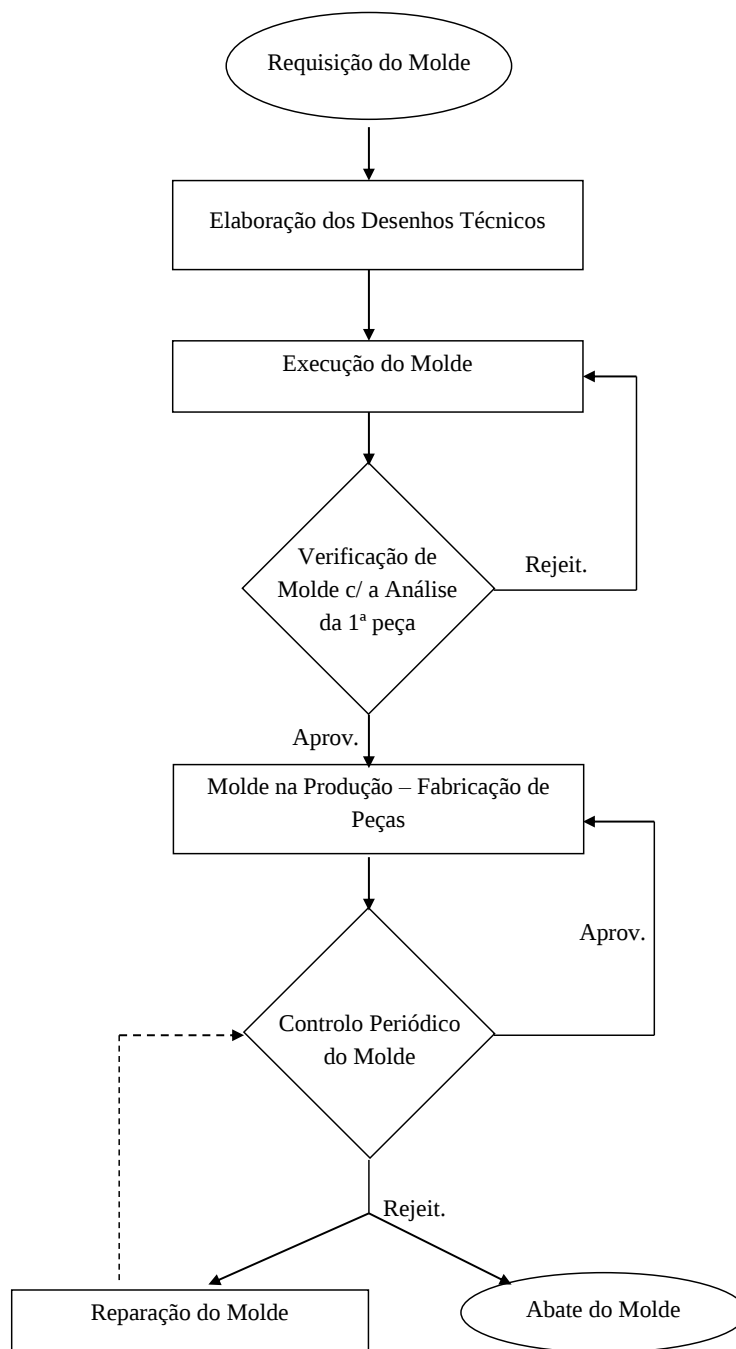


Figura 3: Fluxograma do processo de conceção dos moldes

1.2.6 Moldes

Como referido na secção 1.2.2, para determinados produtos, é identificada a necessidade de serem desenvolvidos moldes/JIGs de apoio à produção, na sua maioria são requeridos no setor de soldadura e no de maquinação. Existindo atualmente algumas centenas de moldes em funcionamento na TRIDEC.

Normalmente, a conceção dos moldes, é suportada pelos desenhos 2D e 3D das peças a conceber. A partir do desenho 2D são identificadas as tolerâncias, condições geométricas e outras especificações das peças, permitindo ao departamento de Engenharia, perceber, aquando da conceção do molde quais as especificações que necessita ter em consideração.

Já o desenho 3D, permite conceber o molde à escala adequada para a peça em questão. Para tal o desenho da peça é consultado através do software Creo e nele é desenhado o respetivo molde de suporte à conceção da peça.

Abaixo, na

Figura 4 é possível ver um produto de soldadura, primeiramente apresentando-se o seu desenho 2D com todas as especificações a ter em consideração.

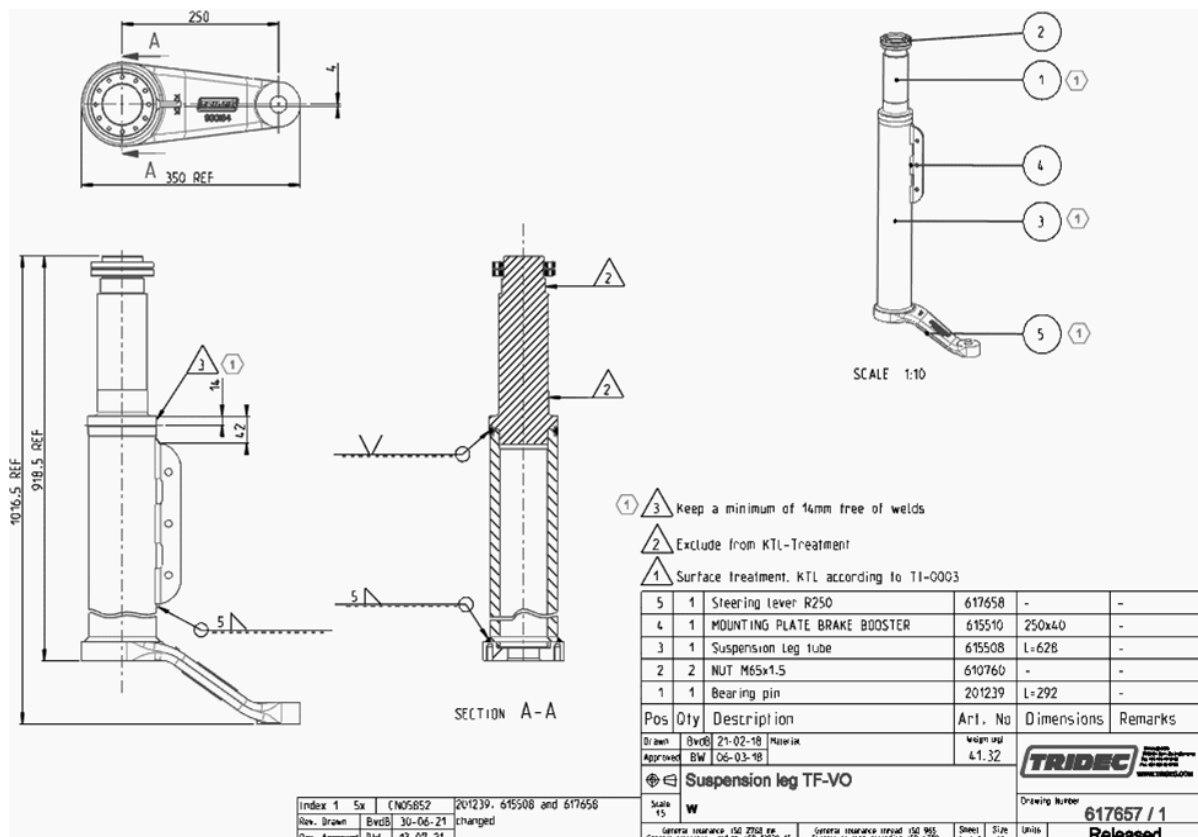


Figura 4: Desenho 2D de uma peça de soldadura

Depois de avaliadas as especificações presentes no desenho 2D, o departamento de Engenharia recorre ao desenho 3D da peça e a partir dele concebe um molde que auxilie nas operações de fabrico.

Na Figura 5 é mostrada a mesma peça presente na Figura 2, mas em 3D e o respetivo molde que auxilia na soldadura das várias partes que constituem esta mesma peça.

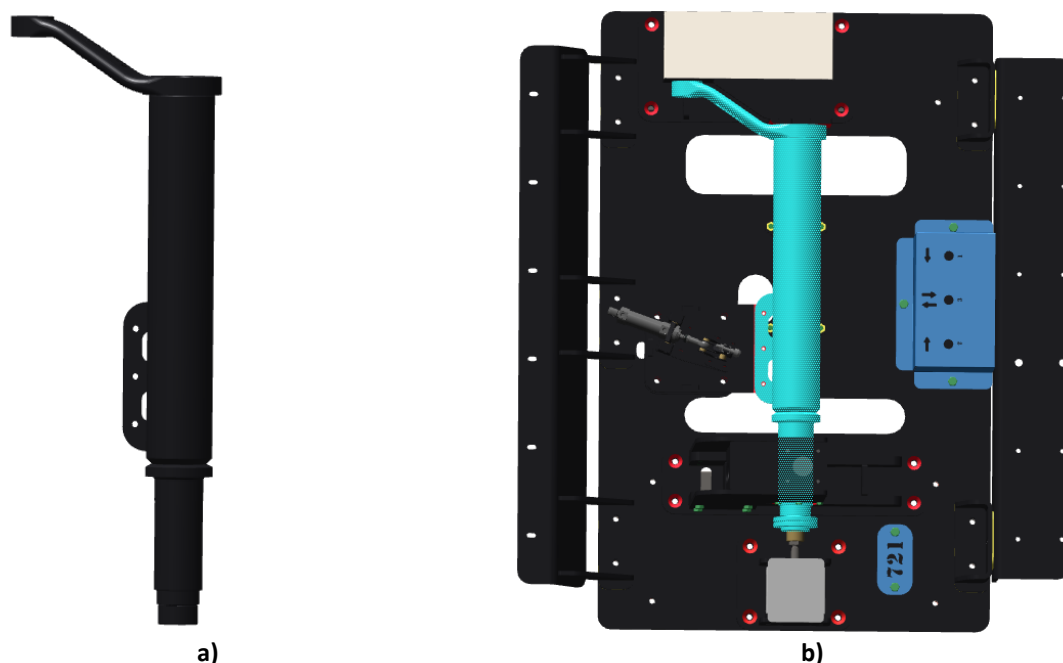


Figura 5: a) Desenho de peça 3D, b) Desenho do molde e respetiva peça em 3D

O processo de conceção física dos moldes, é o mesmo que para um outro produto concebido na TRIDEC, com componentes de compra, outros produzidos na própria TRIDEC que passam por processos como corte, quinagem, soldadura e maquinação, sendo o processo final de montagem e testagem levado a cabo na *“tool shop”* da fábrica.

Na Figura 6 encontra-se presente o molde já fisicamente concebido, com a respetiva peça à qual vai servir de apoio para que seja soldada.

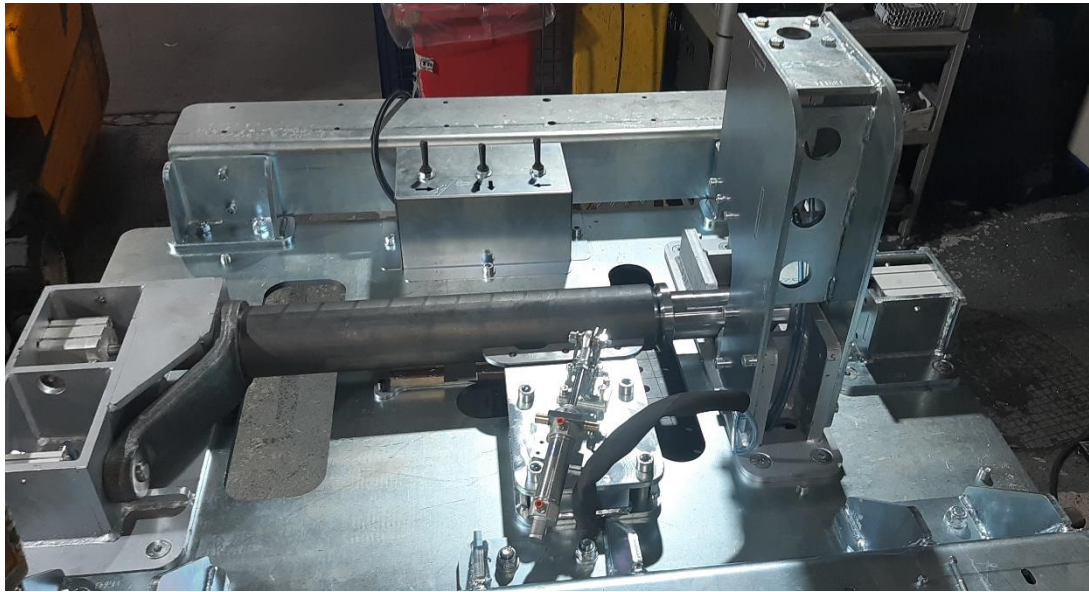


Figura 6: Molde físico

1.3 Estrutura do Relatório

O presente relatório encontra-se dividido por capítulos, sendo que neste primeiro capítulo foi apresentada a empresa onde decorreu o estágio que deu origem a este relatório, bem como o seu processo produtivo, organização e produtos.

No capítulo 2 é feito um enquadramento teórico com conceitos relevantes para o trabalho desenvolvido durante o estágio. Nomeadamente uma abordagem a temas relacionados com a manutenção, a indústria 4.0 e a tecnologia de identificação por radiofrequência denominada por RFID.

No capítulo 3 é descrito o processo de implementação e utilização de um *software* de apoio à monitorização dos moldes utilizados nos processos produtivos da unidade fabril onde se realizou o estágio que deu origem a este relatório. O dito *software* baseia-se na comunicação via RFID, sendo mostrado neste capítulo todos os passos para a sua utilização como apoio à definição de novas políticas de manutenção na empresa, nomeadamente manutenção de carácter preventivo.

Já no capítulo 4 é descrito como os dados recolhidos através do *software* referido no capítulo 3 auxiliaram no cálculo da disponibilidade, desempenho, qualidade e, consequentemente, do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dos moldes utilizados na unidade fabril.

CAPÍTULO 2 - ENQUADRAMENTO TEÓRICO

No presente capítulo, serão abordados conceitos teóricos, de relevância e enquadrados com o trabalho desenvolvido, nomeadamente relacionados com manutenção, a indústria 4.0 e o sistema de identificação por radiofrequência (RFID).

2.1 Manutenção

Segundo a norma NP EN 13306:2010, manutenção pode ser entendida como “a combinação de todas ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado que possa desempenhar a função requerida”. Tendo como principais finalidades:

- Garantir segurança para todos os que utilizam o equipamento;
- Gestão dos equipamentos durante a sua vida útil;
- Garantir a disponibilidade dos equipamentos, de forma a assegurar o máximo retorno do investimento;
- Controlar os efeitos das falhas que se encontram relacionadas com o meio envolvente.

A manutenção desempenha um dos papéis mais importantes dentro de uma organização, pois esta afeta a disponibilidade e fiabilidade dos equipamentos que asseguram o processo produtivo, mas também os custos globais. Torna-se, portanto, importante fazer uma boa gestão da manutenção, que vise equilibrar os benefícios que a manutenção acresce à organização, aumentando a disponibilidade e a qualidade, mas sem aumentar os custos a ela associados.

Assim, torna-se importante definir a própria Gestão da Manutenção, que segundo a norma NP EN 13306:2010 se entende como “todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à Manutenção, que os implementam por diversos meios, tais como o planeamento, o controlo e supervisão da Manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos”.

Um ponto importante no desenvolvimento dos objetivos da manutenção, bem como da organização da gestão da manutenção é ter em conta os objetivos e filosofias gerais da própria organização, pois só assim o tão desejado equilíbrio pode ser atingido.

2.1.1 Políticas de manutenção

Com a crescente evolução e aumento da complexidade dos equipamentos que se utilizam, as organizações têm vindo a mudar a sua maneira de encarar a necessidade das ações de manutenção.

Há alguns anos atrás, a manutenção era vista apenas como um conjunto de ações de caráter corretivo, que respondia à necessidade de se corrigirem as falhas/avarias que ocorriam. Não existindo a preocupação de se prever a ocorrência de tais falhas, nem tendo em consideração o aumento de custos e tempos de produção que elas implicavam.

Com o passar do tempo, as organizações começaram a perceber que para conseguirem competir num mercado cada vez mais globalizado, necessitavam de investir em reduzir o tempo e o custo da sua produção. Por esse motivo, perceberam que precisavam de se prevenir da ocorrência de falhas imprevistas, necessitando para tal, de fazer ações de manutenção de caráter preventivo. Planeando quando seria menos desvantajoso parar os equipamentos para intervenções de manutenção, de forma que os equipamentos não chegassem ao ponto de falhar.

Mais recentemente, com o aumento da utilização de tecnologia dentro das indústrias, tem sido possível recolherem-se dados dos próprios equipamentos, avaliando o seu estado constantemente e possibilitando estimar quando é que uma avaria irá ocorrer. Assim, as organizações conseguem perceber, através da condição do equipamento, quando é a altura para implementar ações de manutenção e evitar falhas, estando-se perante uma manutenção preditiva.

A Figura 7 mostra, os vários tipos de manutenção que se consideram segundo a norma EN 13306.



Figura 7: Tipos de manutenção

Segundo a norma 13306, as definições dos vários tipos de manutenção apresentados são:

- **Manutenção corretiva**

Aquela que apenas é efetuada aquando da deteção da falha e que se destina apenas à reposição do bem, para que este possa desempenhar as funções a que se destina. Ou seja, é uma manutenção que não tem qualquer tipo de programação, que é efetuada por necessidade. Dentro desta manutenção tem-se dois tipos, a adiada e a imediata, a primeira refere-se a ações de manutenção que não resolvem na totalidade a avaria, apenas ações que permitam no imediato que o bem continue em funcionamento, ainda que não seja nas melhores condições. Já a segunda, é uma manutenção em que as ações são elaboradas de forma que o bem seja reparado na sua totalidade e nas melhores condições.

- **Manutenção preventiva**

Pode ser entendida como uma manutenção planeada, pois é efetuada a intervalos de tempo pré-determinados e considerando determinados critérios, tendo como principal objetivo evitar que a falha/avaría do bem chegue a acontecer. Não só segue um plano temporal, como utiliza um plano previamente elaborado, com as intervenções a realizar e em que altura do ciclo de vida do equipamento devem ser realizadas.

Este tipo de manutenção, pode subdividir-se ainda em **manutenção preventiva sistemática** e a **manutenção preditiva**.

A sistemática consiste em ações de manutenção que se realizam após um tempo ou número de utilizações de um bem e que consistem em realização de medições, ajustes e troca de componentes, quando necessário.

Por outro lado, a preditiva faz um controlo exaustivo dos bens/equipamentos, recolhendo dados massivos e estudando comportamentos dos equipamentos a fim de estudar a sua condição e assim prever quando irá ocorrer a avaria. Sendo considerada por muitos como a política de manutenção mais vantajosa, por permitir retardar a degradação das máquinas e evitar a ocorrência de falhas não planeadas, mas ao mesmo tempo a mais exigente de todas as que existem.

2.1.2 Índices de Manutenção

Os cálculos dos índices de manutenção, permitem às organizações ter conhecimento das perdas relativas a tempos de paragem na produção e os custos que estas comportam. Por outro lado, através destes índices é ainda possível obter o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), que traduz a eficiência global dos equipamentos.

Taxa de avarias

Exprime a capacidade de um equipamento desempenhar as suas funções, pois dá o número de avarias por unidade de utilização, sendo expressa através da fórmula presente na equação (1).

$$\lambda = \frac{n^{\circ} \text{ de avarias}}{\text{tempo total de funcionamento}} \times 1000 \quad (1)$$

MTBF

Corresponde ao tempo médio de ocorrência de falhas, exprimindo, portanto, a fiabilidade do equipamento, pois mostra o tempo que o equipamento consegue desempenhar a sua função.

Este indicador é calculado com base na equação (2).

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total de funcionamento}}{\text{avarias}} \quad (2)$$

Curva da Banheira

Pegando na taxa de falhas que ocorrem para determinado equipamento ao longo do tempo, é possível traçar uma curva, denominada de Curva da Banheira. Esta encontra-se dividida em três fases distintas: a fase de mortalidade infantil, a fase de vida útil do equipamento e por fim a fase de desgaste.

A fase de mortalidade infantil demonstra a ocorrência de falhas nos primeiros tempos de laboração do equipamento, normalmente associadas a montagem/instalação errada ou mesmo decorrente do desconhecimento típico de um período de adaptação.

Normalmente na fase enumerada anteriormente, a taxa de falhas é superior, tendo depois tendência a baixar e chegar a um ponto de estagnação. É nesse ponto que se enquadra a segunda fase, a da vida útil do equipamento, que é caracterizada por uma ocorrência de falhas constante, decorrentes do uso quotidiano dos equipamentos.

Com o passar do tempo e envelhecimento do equipamento, entra-se numa última fase da curva da banheira, em que a taxa de ocorrência de falhas tende a aumentar drasticamente, a chamada fase de desgaste/envelhecimento. Quando o equipamento entra nesta fase, depreende-se que está a chegar o fim da sua vida útil, muito por conta do desgaste dos seus componentes.

A Figura 8 mostra a Curva da Banheira, na qual se pode ver a taxa de falhas ao longo do tempo de vida útil do equipamento. Nela é possível verificar o decrescimento da taxa de falhas do início da “vida” do equipamento para a fase de vida útil e um crescimento após essa fase, já na fase de envelhecimento.

Este tipo de curva pode ser um bom auxílio para o gestor de manutenção, pois permite visualizar em que fase é que o equipamento se encontra e planear manutenções de caráter

preventivo, que permitam “reiniciar” a curva da banheira e prolongar a vida útil do equipamento, evitando que entre na fase de desgaste.

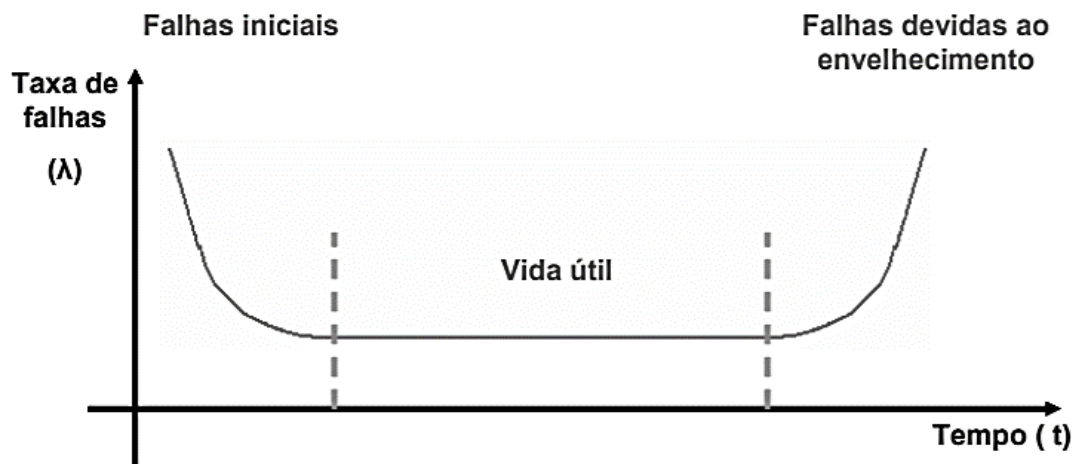


Figura 8: Curva da Banheira (fonte: GIAGI)

MTTR

Pode ser entendido como o tempo médio de reparação, avaliando a rapidez de execução das ações de manutenção, podendo então dizer-se que este indicador avalia a manutibilidade do equipamento.

Este indicador é expresso pela fórmula presente na equação (3).

$$MTTR = \frac{\text{Tempo de reparação}}{\text{avarias}} \quad (3)$$

MWT

Representa o tempo médio de espera para resolução de avarias/falhas num determinado intervalo de tempo.

Este indicador é obtido pela fórmula presente na equação (4).

$$MWT = \frac{\text{Tempo de espera para reparação}}{\text{avarias}} \quad (4)$$

Disponibilidade

Retrata a aptidão de um equipamento para realizar as suas funções, durante um determinado período de tempo.

A disponibilidade é expressa através da fórmula presente na equação (5).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MWT} \quad (5)$$

2.1.3. Total Productive Maintenance

O *Total Productive Maintenance* ou simplesmente TPM é um sistema que tem por base a filosofia *Just in Time*, que tem como grande finalidade a eliminação de todo o tipo de perdas, diminuição de custos e aumento de qualidade.

Este sistema surgiu na década de 70, no Japão, tendo sido resultado da necessidade de se eliminarem perdas e desperdícios resultado do funcionamento dos equipamentos, numa altura em que o setor industrial cresceu exponencialmente naquele país.

Com a implementação deste tipo de sistema as organizações visam eliminar as suas perdas, associadas aos processos produtivos, fomentando a manutenção proativa e preventiva, trabalhando para alcançar os zero defeitos e as zero perdas e incrementando a sua eficiência. Para tal, o TPM busca eliminar um conjunto de perdas:

- Perdas decorrentes de falhas;
- Perdas por ajuste;
- Perdas por micro e pequenas paragens;
- Perdas devido à redução de capacidade;
- Perdas por falhas no processo;
- Perdas no arranque das operações.

Segundo Nakajima (1989) um dos fundadores do TPM, este é um sistema que tem como principais objetivos:

- Maximizar a eficiência dos equipamentos, otimizando a disponibilidade, o desempenho e ainda a qualidade dos produtos produzidos pelos equipamentos;
- Criar uma política de manutenção que envolva os vários tipos, tanto a preventiva como a corretiva em toda a vida útil dos equipamentos;
- Envolver todas as funções da organização, como a produção, a manutenção, financeiro e colaboradores;
- Garantir a participação de todos os colaboradores, desde a gestão de topo aos trabalhadores de chão de fábrica;
- Implementar ações de melhoria contínua através de atividades com equipas independentes.

De forma a avaliar a implementação do sistema TPM, é utilizado um cálculo que avalia a eficiência dos equipamentos, denominado de *Overall Equipment Effectiveness* ou simplesmente OEE, considerado com um KPI do TPM.

O OEE exprime a eficiência global dos equipamentos, sendo, portanto, um índice que traduz a verdadeira produtividade de um equipamento, tendo em conta as perdas associadas à falta de desempenho, de disponibilidade e de qualidade (Chundhoo *Et al.*, 2017).

O desempenho é avaliado tendo em conta a velocidade a que se opera, sendo as paragens existentes o que mais o influencia. Quanto mais e maiores estas forem, menor será o desempenho e vice-versa. Normalmente, os valores de desempenho baixos prendem-se com

paragens não planeadas, bem como com mau uso dos equipamentos e valores baixos de velocidade produtiva.

Por outro lado, também se pode ter em conta este indicador do ponto de vista da quantidade de produtos produzida, isto é, para um determinado espaço temporal um equipamento deveria ter a capacidade de produzir um determinado número de peças, em caso de não se produzir esse número esperado, então o desempenho do equipamento encontra-se inferior a 100%.

Já a disponibilidade avalia quanto da produção planeada foi realmente tempo de produção, ou seja, quanto mais tempo o equipamento estiver a ser usado, mas sem desempenhar as suas funções de produção, então menor será este indicador. Normalmente, para melhorar este indicador é necessário adotar novas políticas de manutenção e, por conseguinte, eliminar as paragens não planeadas.

Por fim, a qualidade encontra-se diretamente relacionada com a quantidade de rejeições de determinado produto/processo, durante todo o processo produtivo, podendo estas estar relacionadas com o funcionamento deficiente dos equipamentos.

A avaliação deste indicador é de extrema importância em qualquer que seja a empresa, pois garantir a qualidade ajuda à satisfação do cliente, mas também a evitar custos com desperdício de materiais (Chundhoo *Et al.*, 2017).

Normalmente o OEE é expresso em percentagem, em que qualquer empresa deve almejar que o seu valor seja de 100%, por forma a ter uma empresa de excelência.

Em sentido contrário, empresas que calculem OEEs na ordem dos 40% devem ter em consideração que o seu desempenho produtivo é visto como deficitário e que devem adotar medidas de melhoria do desempenho global da empresa, incrementando os valores dos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade.

O *Overall Equipment Effectiveness* é calculado através da equação 6:

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade \quad (6)$$

Em que:

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de Produção Planeada} - \text{Tempo Perdido}}{\text{Tempo de Produção Planeada}} \quad (7)$$

$$Desempenho = \frac{\text{Tempo teórico de ciclo por peça} \times \text{Nr de peças produzidas}}{\text{Tempo de ciclo produtivo}} \quad (8)$$

$$Qualidade = \frac{\text{Peças ok produzidas}}{\text{Peças produzidas}} \quad (9)$$

De acordo com Nakajima (1989), o valor ideal do OEE deve igualar ou superar 85%; por outro lado, este autor considera que os valores se podem subdividir em quatro grandes grupos:

- <65%: demonstra baixa competitividade, com possibilidade de perdas monetárias significativas;
- 65%-75%: valores considerados como aceitáveis, mas que devem ser analisados e tirar conclusões se a tendência é de os valores aumentarem, pois se assim for é sinal de que as perdas estão numa tendência decrescente e, portanto, a eficiência se encontra num crescendo;
- 75%-85%: valores que demonstram que a empresa almeja chegar aos valores mundiais de referência;
- 85%: considerado o valor mundial de referência que qualquer organização deve almejar atingir, pois neste nível as perdas são residuais e a eficiência ótima.

2.2 Indústria 4.0

2.2.1 Evolução Histórica

Ao longo dos séculos o setor industrial tem sofrido alterações pautadas pela introdução de novas metodologias e tecnologias nos sistemas produtivos. Essas alterações, são por vezes de tal ordem que podem ser consideradas como uma verdadeira revolução, como é mostrado na Figura 9.

No seu livro *“The Fourth Industrial Revolution”*, Klaus Schwab aborda a evolução histórica do setor industrial e que acontecimentos despoletaram as várias revoluções. Segundo o autor, foi no final do século XVIII que se assistiu à primeira grande revolução industrial, que ficou marcada pelo início da produção mecânica, em detrimento da mão de obra totalmente humana. Essa produção mecânica era conseguida através da utilização de máquinas a vapor e a força hidráulica, o que se refletiu num crescimento das quantidades que era possível produzir.

A segunda grande revolução industrial, deu-se no final do século XIX, tendo ficado marcada pela utilização da eletricidade e pelo começo da produção em série, ao invés do que se passava anteriormente em que os produtos concebidos eram “únicos”.

Nos anos 60/70 do século XX, com a introdução da utilização de sistemas computacionais, originou-se a terceira revolução industrial, que ficou ainda marcada pelo surgimento da internet.

Mais recentemente, já no século XXI, começou a falar-se numa quarta revolução industrial, a chamada Indústria 4.0. Esta nova revolução tem sido marcada pelo aumento de automatização

dos processos produtivos, bem como na introdução de Sistemas Físicos Cibernéticos e de IoT's nos processos de fabricação.

A quarta revolução industrial tem ficado ainda marcada pelo desenvolvimento das chamadas fábricas inteligentes, em que há uma partilha massiva de dados, em tempo real, através da interconexão dos sistemas, equipamentos e tecnologias que as constituem. Essa partilha permite que se observem tendências comportamentais através do tratamento dos dados, melhorando a eficiência e a diminuição da ocorrência de erros (Agolla, 2018), (Schwab, 2016).

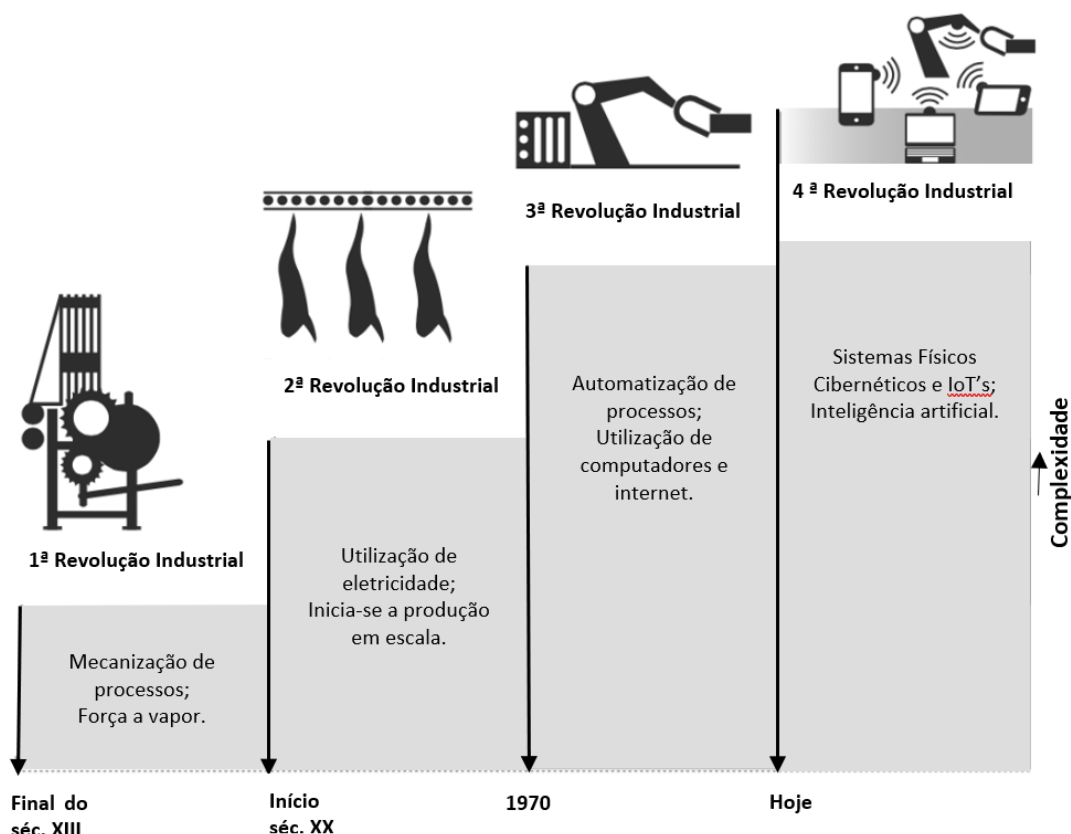


Figura 9: As revoluções industriais (adaptado de Kagermann, Wahlster, & Helbig)

2.2.2 Pilares

Tal como referenciado anteriormente, a quarta revolução industrial baseia-se num conjunto de tecnologias responsáveis pela transformação das fábricas convencionais em fábricas inteligentes. Estas têm vindo a ser sumariadas em 9 categorias ou pilares que se encontram presentes na Figura 10, e são: a *Internet of Things*, *Big Data*, Sistemas horizontais e verticais, Simulação, *Cloud Computing*, Robôs autónomos, Fabricação aditiva, Realidade aumentada e Cibersegurança (Silvestri *Et al.*, 2020).

- **Internet of Things**

A IoT, também denominada de *Machine to machine*, é a responsável por interconectar todos os dispositivos que se encontram dentro da fábrica entre si, através da internet e sem intervenção humana. Essa conexão fomenta uma partilha de dados em tempo real, permitindo que as máquinas se monitorizem e controlem entre si, tomando decisões, baseadas em algoritmos, que visam a melhoria dos processos produtivos e ainda auxiliam na redução de custos e de tempos (Rüßmann *Et al.*, 2015).

Dentro da IoT pode destacar-se a IIoT (Industrial Internet of Things), que é tal como o nome indica a aplicação da IoT dentro da indústria.

Uma das ferramentas que mais tem impulsionado a IIoT dentro das indústrias é a identificação por rádio frequência (RFID), sobretudo através da implementação de sensores, os quais contém toda a informação sobre o equipamento e que ao serem lidos permitem ter acesso a essa mesma informação em tempo real (Da Xu *Et al.*, 2014).

- **Big Data**

Resultado da grande quantidade de dados recolhidos da IoT, começou a falar-se no termo *Big Data*. Este termo, encontra-se então relacionado aos dados que são recolhidos a cada instante e que devem estar disponíveis em qualquer lugar, seja num computador, num smartphone, etc., mas também sobre a análise que se faz deles. Existe uma necessidade de tratamento correto desses dados, para que eles sejam informação e não apenas números ou palavras. Para tal, é necessário que se utilizem tecnologias avançadas, munidas com algoritmos capazes de interpretar de forma correta os dados que se recolhem e com eles delinear estratégias de tomada de decisão e resolução de problemas (Rüßmann *Et al.*, 2015).

- **Sistemas de integração horizontais e verticais**

A integração de sistemas horizontais e verticais refere-se a uma conexão de toda a cadeia de abastecimento, proporcionando uma integração total de todos os envolventes desde o processo de produção à distribuição ao cliente, ou seja, fomenta uma conexão entre a empresa, os seus clientes e fornecedores (Silvestri *Et al.*, 2020).

- **Simulação**

Atualmente, em muitas indústrias a simulação é utilizada nos departamentos de engenharia de forma a simular produtos, materiais e processos produtivos. No entanto, para fomentar a indústria 4.0 a utilização de simulação vai para além disso, através da utilização dos dados que se recolhem em tempo real, para projetar os passos seguintes no processo produtivo num mundo virtual. Isto permitirá uma poupança de tempos, pois os operadores poderão configurar as máquinas e preparar os materiais para a fase seguinte, enquanto o processo ainda está no passo anterior (Rüßmann *Et al.*, 2015).

- **Cloud Computing**

A *Cloud Computing* é a ferramenta da indústria 4.0 que permite a partilha dos dados recolhidos, pois é através dela que esses dados são armazenados e podem ser acedidos através de qualquer dispositivo, desde que se encontre conectado à internet. Atualmente, existem duas opções de *cloud*, a que permite uma sincronização automática e a que não permite, no primeiro caso os dados são atualizados mesmo que se esteja *offline*, já no segundo caso, os dados apenas podem ser carregados de forma manual e quando se está *online*.

Existem várias opções de *cloud* disponíveis, como *Google Drive*, *DropBox*, *OneDrive*, *Meo Cloud*, *Mega*, *Box*, etc.

- **Robôs autónomos**

A utilização de robôs na indústria não é uma novidade, mas tem vindo a ser cada vez mais uma escolha. Sobretudo pelo facto de possuírem tecnologia cada vez mais avançada, que lhes permite interagir uns com os outros de forma autónoma, mas também com os operadores. Essa autonomia permite que se otimize o tempo de trabalho e consequentemente se reduzam custos, mas também assegura que não exista qualquer tipo de risco no trabalho conjunto entre humanos e robôs (Rüßmann *Et al.*, 2015).

- **Fabricação aditiva**

A fabricação aditiva relaciona-se sobretudo com a utilização de impressão 3D. A utilização deste tipo de fabricação dá a possibilidade de se criarem protótipos, ferramentas e pequenos componentes com grande precisão e de forma rápida, com qualquer fisionomia e numa grande panóplia de materiais (Rüßmann *Et al.*, 2015).

- **Realidade aumentada**

A realidade aumentada visa a interação dos humanos com os computadores, permitindo que seja possível incluir sistemas virtuais no mundo real. Essa introdução do mundo virtual no real, permite que se recebam instruções de trabalho e reparação em tempo real, através da utilização de óculos de realidade aumentada. Também o treinamento virtual é uma possibilidade na realidade aumentada (Rüßmann *Et al.*, 2015).

A realidade aumentada pode ser entendida como um sistema ciber-físico que permite:

- Fundir o mundo físico e o virtual;
- Aumentar a inteligência e complexidade dos sistemas;
- Ter sistemas operacionais autónomos;
- Ter sistemas cooperativos com controlo descentralizado.

- **Cibersegurança**

Com a partilha massiva de dados que é impulsionada pela indústria 4.0, torna-se importante por uma questão de segurança que existam meios de assegurar que os dados partilhados não são acedidos por qualquer pessoa.

Para uma implementação adequada e de sucesso de uma *smart factory*, torna-se então necessário não só a segurança física das pessoas e dos equipamentos/infraestruturas, mas também dos dados partilhados.



Figura 10: Pilares da Indústria 4.0

2.2.3 *Smart Factory*

A *smart factory* pode ser entendida como uma fábrica do futuro, em que todos os processos devem ser otimizados, a fim de se conseguir mais e melhor produção e menos desperdício. E

Nesta fábrica, existe uma conexão entre os seres humanos, as máquinas e os recursos, com uma partilha de dados massiva, que permite o controlo de toda a linha de produção, percecionando o estado dos equipamentos, controlo de stocks, etc. culminando em menores tempos de falha e custos.

A *smart factory* é, portanto, um sistema de engenharia composto por várias camadas, nomeadamente: camada de recursos físicos, camada de rede ou network, camada de dados partilhados e camada terminal onde se inserem aqueles que tomam as decisões.

A Figura 11 mostra a arquitetura de uma *smart factory*, com as camadas enumeradas no parágrafo anterior.

Possibilitando visualizar que a camada de recursos físicos é o local onde os dados são adquiridos, necessitando existir dispositivos de suporte de aquisição de dados em tempo real e com capacidade de transmissão em alta velocidade. Também na camada de rede é importante

ter dispositivos flexíveis com capacidade de utilização de novos protocolos e com a capacidade e velocidade desejáveis para uma partilha de dados sem falhas. Já na camada de dados partilhados estão presentes os servidores e bases de dados, onde serão armazenados os dados recolhidos, sendo que quando se pretende ter uma *smart factory* torna-se importante implementar metodologias como o aprendizado de máquina, a fim de que os dados cheguem filtrados, com as informações mais relevantes a quem toma decisões na chamada camada terminal. Com essa filtragem de dados, já com os indicadores mais relevantes, a tomada de decisões, a todos os níveis dentro da organização, torna-se mais fácil (Chen *Et al.*, 2017).

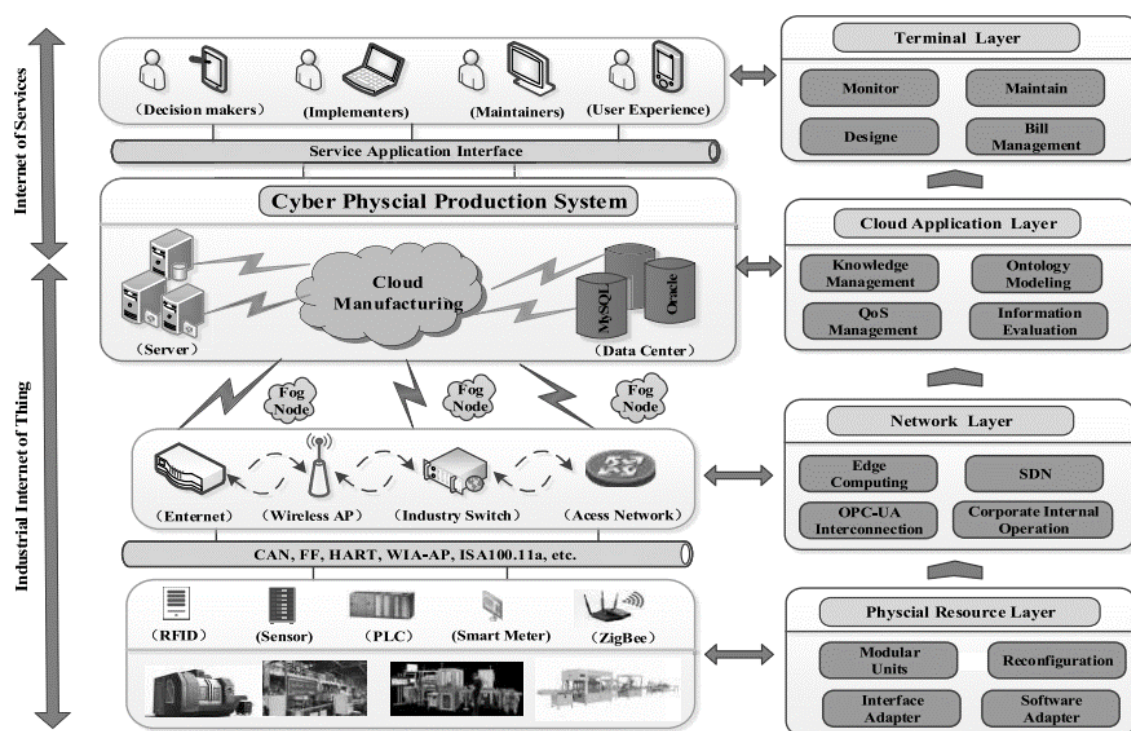


Figura 11: Modelo de Smart Factory (Chen *Et al.*, 2017).

2.3 Sistemas RFID

Para se conseguir a tão desejada fábrica inteligente da indústria 4.0 torna-se necessário utilizar determinados recursos que suportem os nove pilares enumerados anteriormente.

Uma das tecnologias que tem servido como base da implementação da IoT dentro das fábricas é a utilização da tecnologia de comunicação RFID (*Radio Frequency Identification*). Apesar de ser uma tecnologia já utilizada desde a Segunda Guerra Mundial, tem sido amplamente aplicada a vários campos, nomeadamente na indústria.

Através de etiquetas/*tags* RFID é possível fazer uma partilha/recolha de dados entre os objetos físicos e os dispositivos, de forma que se consiga, através da leitura da *tag*, ter toda a informação sobre o equipamento em que é colocado, bem como fazer uma monitorização e avaliação dos mesmos em tempo real (Da Xu *et al.*, 2014).

2.3.1 Arquitetura do sistema RFID

Os sistemas RFID são constituídos por dois componentes principais: as etiquetas/*tags* e o leitor, ambos podendo ser recetores ou transmissores de informação, comunicando através de ondas rádio (Jia *et al.*, 2012).

Os leitores são, normalmente, equipados com uma antena de radiofrequência que produz um campo eletromagnético ao seu redor. Por seu lado, as etiquetas são constituídas por um chip de silício e antenas, que permite que, quando estas ficam sob a ação do campo produzido pelo leitor, reconheçam o sinal de ativação e enviem os dados que estão guardados na sua memória, por conseguinte, o leitor recebe esses dados, descodifica-os e transmite-os para um computador. A partir desse computador é também possível transmitir dados de volta para a etiqueta (Figura 12).

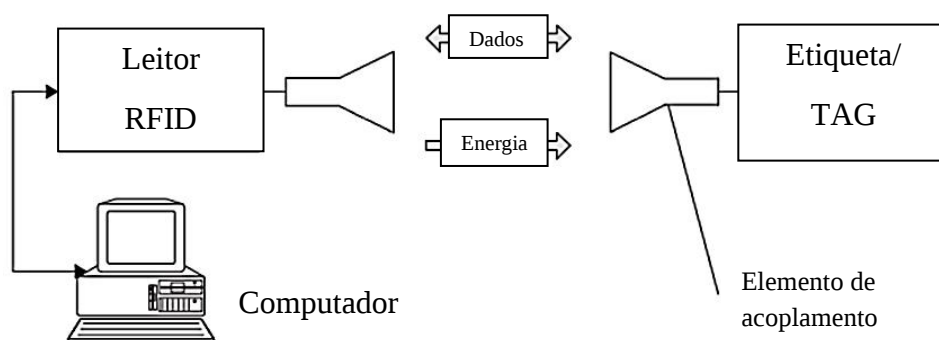


Figura 12: Arquitetura de um sistema RFID (adaptado de (Finkenzeller, 2010))

2.3.2 Etiquetas

As etiquetas ou *tags* de identificação implementadas nos objetos/equipamentos podem ser de vários tipos, consoante a maneira como a energia para o seu funcionamento lhes é fornecida, dividindo-se em três grupos, (Finkenzeller, 2010):

- **Etiquetas ativas**

As etiquetas ativas, ilustradas na Figura 13, são um tipo de etiqueta que tem a sua própria fonte de alimentação, normalmente uma bateria, tendo a vantagem de conseguir comunicar num maior alcance, uma vez que é capaz de detetar sinais mais fracos transmitidos pelo leitor.

Por outro lado, este tipo de etiquetas costuma ter uma dimensão maior do que as etiquetas passivas, o que em determinados casos pode ser considerado como desvantajoso.

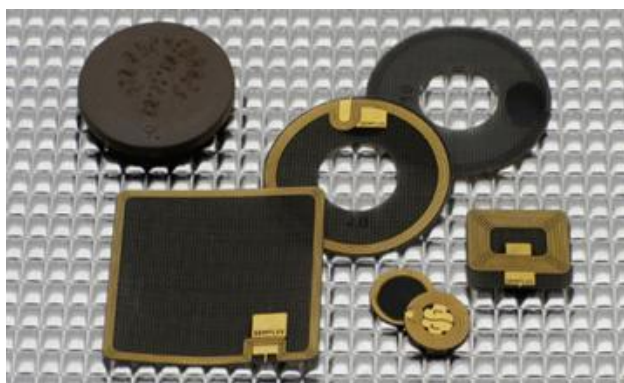


Figura 13: Etiquetas RFID ativas

- **Etiquetas passivas**

As etiquetas deste tipo, ilustradas na Figura 14, são dependentes do *reader* para funcionarem, uma vez que a energia necessária ao seu funcionamento resulta do campo eletromagnético produzido pelo leitor. Isto é, estas são ativadas quando o seu campo recebe energia suficiente pelo campo produzido pelo leitor e aí conseguem transmitir os dados que têm armazenados.

Pelo facto de dependerem do campo eletromagnético do *reader* para conseguirem comunicar, estas *tags* têm uma capacidade de comunicação com um alcance reduzido. Por outro lado, têm a vantagem de serem mais baratas, sobretudo pelo facto de não necessitarem de bateria para funcionar.

A nível de funcionamento, estas etiquetas estão equipadas com um microchip com um retificador AC/DC, que converte a potência recebida em potência DC e ainda um modulador de onda.



Figura 14: Etiquetas RFID passiva

- **Etiquetas semi-passivas**

Tal como acontece com as etiquetas ativas, também estas etiquetas possuem uma alimentação própria. Por outro lado, não se encontram permanentemente ativas, necessitando de estar sob efeito do campo eletromagnético do leitor, tal como acontece nas *tags* passivas. Por não estarem permanentemente ativas, normalmente, as suas baterias duram mais tempo do que aquelas que se utilizam em etiquetas do tipo ativo.

Assim, pode dizer-se que estas etiquetas resultam da combinação de características das etiquetas ativas e das passivas.

2.3.3 Capacidade de armazenamento

As etiquetas utilizadas nos sistemas RFID podem ser classificadas quanto à sua capacidade de armazenamento, que varia entre poucos *bytes* até aos *megabytes* de dados, tendo em consideração que o *reader* e a etiqueta devem estar configurados para o mesmo formato de funcionamento.

Podem ter-se etiquetas que contêm determinada informação, inserida nestas previamente e que permitem apenas que a sua informação seja lida, sem qualquer possibilidade de se adicionarem novos dados. Estes tipos de etiquetas têm, portanto, uma memória classificada como *read only*.

Existem ainda etiquetas que permitem a adição de dados, normalmente através do *reader*, ou seja, as etiquetas podem ser reprogramadas inúmeras vezes e a sua informação atualizada sempre que necessário.

2.3.4 Frequência de Funcionamento

A frequência de funcionamento dos sistemas de comunicação RFID tem uma ligação direta com a velocidade de partilha de dados, variando as duas grandezas de forma proporcional, ou seja, quanto maior é a frequência de operação maior é a velocidade de transmissão.

No entanto, apesar das frequências mais elevadas permitirem uma maior velocidade de transmissão e também um maior alcance, são ineficazes em determinados meios de propagação. Acresce ainda a desvantagem do custo dos sistemas que operam nestas frequências mais altas serem muito mais elevados.

A gama de frequências de funcionamento dos sistemas RFID varia entre a os 135 kHz (*high frequency*) e os 5,8 GHz (*microwaves*), o que se reflete num alcance que vai de milímetros até 15m.

Quando se fala de frequência e alcance, torna-se indispensável mencionar o acoplamento físico que permite a partilha dos dados dentro do sistema. Por norma, este acoplamento é conseguido através de campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos (Finkenzeller, 2010).

Na Tabela 1 é apresentada uma comparação entre as várias frequências de funcionamento dos sistemas RFID, mostrando as aplicações, velocidades de transmissão, alcance e meios de propagação para cada uma delas.

Tabela 1: Tabela resumo das caraterísticas para várias frequências de operação

GAMA DE FREQUÊNCIA	APLICAÇÕES	VELOCIDADE DE TRANSMISSÃO	ALCANCE	MEIO DE PROPAGAÇÃO
HIGH FREQUENCY	Cartões inteligentes sem contato; identificação de animais	Moderada	~1m	Todos
ULTRA HIGH FREQUENCY	Scuts; Gestão de stocks; Automação industrial.	Elevada	<10m	Não se propaga na água, nem no metal
MICROWAVE FREQUENCY	Monitorização de comboios.	Muito Elevada	>10m (até 15m)	Não se propaga na água, nem no metal

2.3.5 Principais aplicações da tecnologia RFID

Tal como enunciado anteriormente, esta tecnologia existe desde meados do século XX, quando os alemães e ingleses a começaram a utilizar em plena Segunda Guerra Mundial, para conseguirem identificar a aproximação de aviões e evitar ataques.

No entanto, com o passar dos anos, devido à facilidade de acesso a dados em tempo real que esta tecnologia oferece, a sua utilização tem vindo a ser amplamente explorada nas mais diversas áreas.

Uma aplicação desta tecnologia, utilizada por milhões de pessoas, é para pagamento de portagens automático. A tão conhecida Via Verde é um exemplo da utilização de *tags* RFID ativas, em que a *tag* é colocada no para-brisas dos carros e, aquando da sua aproximação do leitor ou antena aplicado nas estruturas das portagens ou *scuts*, é feita a leitura dos dados de identificação do veículo, registada a passagem, sendo ainda reconhecido se o veículo é aderente da Via Verde.

Na Figura 15 é possível ver as *tags* RFID de identificação dos veículos utilizadas na tecnologia Via Verde em Portugal.



Figura 15: Tags RFID utilizadas na Via Verde

Outra aplicação desta tecnologia que tem vindo a ser estudada é no campo da saúde, em que se prevê a colocação de *tags* RFID por baixo da pele, de forma a conter informação sobre as doenças de que as pessoas padecem, bem como o seu tipo sanguíneo, alergias e medicação prescrita.

Este tipo de aplicação já é utilizada em animais, como é ilustrado na Figura 16, permitindo ter informação sobre o animal, mas também sobre o seu dono, facilitando a resolução de situações quando os animais se perdem, pois se levados a um veterinário é possível saber quem é o dono, pois aproximando o leitor ao animal tem-se acesso a informação que é lida na *tag* passiva aplicada.

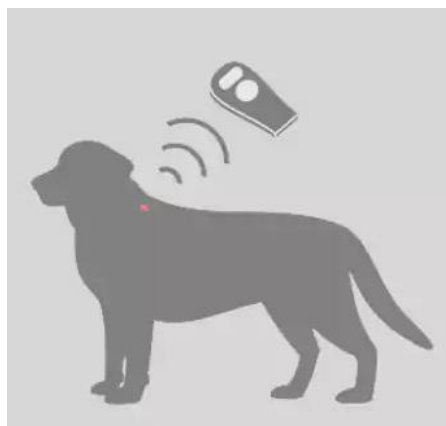


Figura 16: Tags RFID em animais

Na indústria, as aplicações da tecnologia RFID têm sido largamente exploradas, tanto para auxílio em processos logísticos, como nas linhas de montagem e, ainda como suporte à manutenção dos equipamentos das unidades fabris.

Um exemplo da utilização desta tecnologia a nível logístico é a identificação de produtos com as *tags*, que permitem uma monitorização em tempo real das movimentações dos produtos, bem como o controlo de *stocks* e expedição de encomendas. A implementação de *tags* RFID em paletes e estantes de armazém, também pode ser um sistema facilitador para os operadores de *picking*, que poderão localizar mais facilmente os produtos, reduzindo os tempos de separação de material e a ocorrência de erros.

Também em linhas de montagem em série, a utilização das *tags* pode ser um auxílio importante para controlo de todas as etapas de produção, implementando leitores em vários locais da linha de montagem. Assim, aquando da passagem do produto identificado com a *tag*, é possível monitorizar em que fase da produção está determinada encomenda e garantir o cumprimento de prazos, bem como ter a perceção da ocorrência de incidentes durante o processo produtivo.

A utilização das *tags* também pode ser um auxílio para os gestores de manutenção, já que a aplicação desta tecnologia permite a recolha de dados em tempo real de máquinas. Assim, ao aplicar uma *tag* numa máquina, torna-se possível perceber comportamentos das máquinas que antecedem falhas, definindo planos de manutenção preventiva e também preditiva, através da recolha massiva de dados.

A implementação de *tags* RFID em determinadas indústrias, como, por exemplo, de automóveis e outras máquinas, também pode servir para que seja colocada informação relevante sobre estes, como, por exemplo, números de série, certificados e outra informação relevante.

Todas estas aplicações da tecnologia RFID na indústria ajudam as organizações a colecionar dados relevantes, os quais, ao serem processados, estudados e filtrados, permitem que tenham o conhecimento suficiente para transformarem as unidades fabris em fábricas inteligentes e entrem no mundo da indústria 4.0.

2.3.6 Principais desafios da tecnologia

A tecnologia RFID tem inúmeras vantagens e possíveis aplicações, mas ainda enfrenta alguns desafios e aspetos que podem ser melhorados para que se consiga tirar um maior partido da sua utilização com ainda mais aspetos positivos.

Tal como já referido, quando se abordou a frequência de funcionamento dos sistemas, um dos principais desafios desta tecnologia é o custo a ela associado, nomeadamente no que respeita aos sistemas que são precisos para utilização da tecnologia.

Por exemplo, quando se pretende monitorizar produtos de baixo valor e aos quais é fácil ter acesso, acaba por ser mais vantajoso utilizar a tecnologia de leitura através de código de barras, pois a tecnologia é mais barata e permite o rastreamento da mesma forma, desde que os produtos estejam ao alcance do leitor.

Outro desafio que a tecnologia tem prende-se com a segurança, uma vez que, em determinados casos, qualquer leitor pode ler as *tags* e ter acesso à informação, pondo em risco a segurança e proteção de dados confidenciais.

Por outro lado, através da escrita nas *tags*, é também possível utilizá-las como um meio de propagação de um vírus, por exemplo, pondo em causa a informação nos bancos de dados de uma organização. Para colmatar este problema já têm vindo a ser implementadas estratégias de proteção, como a utilização de criptografia baseada em chaves ou a utilização de códigos ou palavras-passe para dar acesso à leitura da *tag*.

Também como enunciado anteriormente, a comunicação das *tags* RFID com os leitores é feita com base em ondas eletromagnéticas, num princípio denominado de acoplamento indutivo. Por esse motivo, a utilização desta tecnologia em locais com materiais condutivos fica dificultada, já que as transmissões de dados vão sofrer interferências indesejadas.

2.3.7 RFID vs Código de Barras

O código de barras é a tecnologia de comunicação automática mais utilizada no presente, sendo que é aquela que está presente na identificação de todo o tipo de produtos e equipamentos, nas mais diversas áreas.

A sua utilização é fácil e o custo a ela acrescida baixo, já que apenas é necessária uma impressora que gere os códigos de barras nas etiquetas que são colocadas nos produtos/equipamentos e um leitor que permita ler esses mesmos códigos. No entanto, se a etiqueta ficar danificada, o que facilmente acontece, uma vez que são frágeis a leitura fica impedida e os dados nela presentes ficam inacessíveis. Por outro lado, também crescem a desvantagem de que não podem ser adicionados dados a essa mesma etiqueta e nem serem feitas monitorizações de dados em tempo real.

Essas desvantagens acabam por ser um entrave neste tipo de tecnologia quando se pretende, por exemplo utilizá-la a nível industrial, uma vez que o ambiente sujo de certas indústrias poderá danificar as etiquetas e, para uma recolha de dados de equipamentos, por exemplo, não é indicada, já que as etiquetas têm a elas associada informação prontamente inserida, não permitindo que se recolham dados novos em tempo real e tão pouco permitem que um leitor/computador comunique com elas.

No entanto, a tecnologia RFID, apesar de mais cara e de precisar de *software* mais robusto, já permite que as suas etiquetas recolham dados em tempo real e que leitores/computadores partilhem dados e os “escrevam” nas etiquetas, que também são mais resistentes a ambientes industriais do que as que se utilizam na tecnologia de comunicação com código de barras.

Outro ponto mais vantajoso, quando se utiliza a tecnologia RFID num ambiente industrial, é o facto de que a comunicação entre o leitor e a etiqueta, pode ser feito sem que estes se encontrem tão próximos quanto o que acontece com o código de barras.

Já que na comunicação com código de barras é necessário que a etiqueta se encontre muito próximo do leitor, para que seja possível que a leitura seja feita, já na tecnologia RFID, como enunciado anteriormente é possível que a etiqueta que se pretende ler esteja a alguns metros de distância do leitor e ainda assim é possível ler os dados que se encontram nela guardados.

A nível de memória, também a tecnologia RFID permite que se guardem muito mais dados, o que para monitorização de equipamentos, com recolhas de dados massivas, esta é a tecnologia mais própria de ser utilizada, em detrimento do código de barras, que não é minimamente apropriada, já que as etiquetas de código de barras só permitem um tipo de informação, como por exemplo, uma para o fabricante, outra para verificação, etc.

Em suma, num ambiente industrial, no qual se pretenda fazer algum tipo de controlo de equipamentos, que requeiram aquisição de dados, para auxílio de processos produtivos, logísticos ou de manutenção, a tecnologia de comunicação RFID é aquela que mais se adequa.

CAPÍTULO 3 - CASO DE ESTUDO

A globalização das últimas décadas, tem impulsionado as empresas a procurarem mecanismos de ordem tecnológica que melhorem os seus processos e as façam demarcar-se da sua concorrência.

Uma das áreas, que mais tem influência na qualidade e fiabilidade das organizações e dos seus processos produtivos/produtos é ter uma boa gestão da manutenção dos equipamentos utilizados. Para uma boa gestão é, sobretudo necessário ter *softwares* que permitam uma boa recolha de dados, que ao serem analisados sustentem a melhor tomada de decisões.

Indo de encontro a esta filosofia, durante o estágio na TRIDEC Portugal, foi utilizado um *software* de aquisição de dados para dar suporte à gestão de manutenção preditiva dos JIGs de produção, baseado na utilização de *tags* identificativas RFID.

No presente capítulo, é explicado em detalhe como foi feita a programação e a colocação física das *tags*, bem como os dados recolhidos podem servir para facilitar a tomada de decisão relativa a ações de manutenção nos JIGs de apoio à produção.

3.1 Política de manutenção atual dos JIGs

Na TRIDEC Portugal existem cerca de uma centena de JIGs, que se dividem sobretudo em JIGs de apoio aos processos de soldadura e os de apoio à maquinação. Sendo que os primeiros são utilizados nos 6 robots de soldadura automática presentes no chão de fábrica. Já os segundos são utilizados sobretudo nas duas máquinas CNC Heller FP8000 e na Heller MCH280.

Sendo que a maioria das partes produzidas internamente passam por estas duas secções, é de extrema importância o controlo dos JIGs, de forma a garantir que as especificações geométricas são respeitadas e a qualidade dos produtos é garantida. Por outro lado, sobretudo no que à soldadura diz respeito, a degradação dos JIGs é acelerada devido às partículas tóxicas resultantes deste tipo de atividade.

Por estes motivos, torna-se fulcral fazer um controlo mais apertado dos JIGs, o que não acontecia na TRIDEC, já que os JIGs apenas eram controlados a cada seis meses ou uma vez por ano. Segundo um determinado critério estabelecido, em que para quantidades anuais inferiores a 500 unidades, o controlo seria anual e que para quantidades anuais superiores a 500 unidades, o controlo seria semestral. Fora desses períodos os JIGs apenas eram intervencionados com ações de manutenção corretiva quando se detetavam anomalias nas peças produzidas ou quando algum dos componentes do próprio JIG se estragava.

Esta política de manutenção corretiva, acabava por meter em causa o processo produtivo, pois por um lado, as peças produzidas acabavam por ser rejeitadas pelo departamento da qualidade, fazendo com que se gastassem recursos por uma segunda vez, para proceder a retrabalhos ou no pior dos casos as peças teriam de ser sucataadas, desperdiçando-se o tempo despendido na produção das peças e fazendo a empresa perder lucro. Por outro lado, as paragens

não planeadas para proceder às ações de manutenção corretiva atrasavam a produção e metiam em causa os prazos de entrega das peças e mais uma vez levavam a empresa ter custos extra.

3.2 Programa *tflow*

De forma a contornar os problemas enumerados na subsecção anterior, decidiu-se começar a controlar os JIGs através da implementação de *tags* RFID em cada um dos JIGs, que permitiria controlá-los, através de uma recolha de dados da sua utilização, guardando informações sobre incidentes, sobre ações de manutenção anteriores, sobre os aspetos a ter em consideração ao avaliar o estado do JIG, etc. Para tal, escolheu-se um software da empresa portuguesa Themis, denominado *tflow*.

O sistema *tflow* é um *software* que permite a gestão e controlo de determinadas atividades dentro de uma empresa, através da recolha de dados dos equipamentos, como é o caso do tempo de laboração, registo de incidentes, data da última intervenção, entre outros.

O *software* deste sistema tem a possibilidade de funcionar em três plataformas distintas: Windows desktop, Android e via navegadores Internet.

No caso do trabalho desenvolvido na TRIDEC, foram utilizadas as duas primeiras, uma vez que o *software* se encontrava instalado no computador, no qual foram introduzidos todos os dados relativos a cada um dos JIGS (ver subsecção 3.3).

Já a segunda plataforma, estava presente no leitor portátil RFID que permitia a comunicação/leitura dos dados presentes em cada uma das *tags* RFID. O facto de o *software* estar disponível também para a versão Android, possibilita que se tenha acesso aos dados em qualquer dispositivo Android, como é o caso do telemóvel, apenas com a impossibilidade de ler as *tags*.

Outro ponto a ter em consideração na apresentação do *tflow*, é a base de dados utilizada para armazenar todos os dados inseridos na aplicação. Neste caso, é utilizado o Microsoft SQL Server, que nada mais nada menos que um sistema base de dados relacional, isto é que mostra ao utilizador todos os dados inseridos em tabelas, o que permite uma visualização e melhor perceção dos dados e dos resultados.

3.2.1 Equipamentos utilizados no *tflow*

O primeiro equipamento a ter em consideração na utilização do sistema RFID, são as *tags* identificativas para os JIGs. Tendo em vista que, a TRIDEC é uma fábrica metalomecânica e que as *tags* estarão expostas por um lado a ambiente com partículas tóxicas e sujidade, decorrentes dos processos de soldadura. E por outro lado expostas a fluídos, como água e óleo, decorrentes do processo de maquinação é importante que tenham uma determinada resistência a este tipo de ambientes.

Para o trabalho desenvolvido foram utilizadas *tags* passivas de classe 2 e com uma frequência UHF (*ultra high frequency*). De destacar que estas *tags* possuem características excelentes para estarem no ambiente industrial, uma vez que têm capacidade para operar numa alargada gama de temperaturas (-40 °C a +85 °C), têm proteção contra poeiras e água (classe de proteção IP68), capacidade de exposição a raios UV, água salgada, óleos, etanol, etc.

Por outro lado, o seu *design* permite que sejam fixadas em qualquer superfície, recorrendo à utilização de dois parafusos em cada um dos lados da *tag*, tal como é possível ver na Figura 17.



Figura 17: Tag RFID utilizada

O segundo equipamento a ter em consideração é o leitor RFID presente na Figura 18, tendo-se trabalhado com o RFID Mobile Computer C4 Red da iDTRONIC. Este leitor encontra-se com o Android 7 instalado, permitindo operar em qualquer frequência, pelo que pode ler dados de *tags* de qualquer tipo, por outro lado uma das características mais importantes deste leitor é a sua capacidade de leitura que vai até 1,5m.



Figura 18: Leitor RFID

3.3 Introdução de dados no sistema *tflow*

A utilização do *tflow* começa pela introdução dos dados relativos a cada um dos equipamentos que se pretende controlar, no caso do trabalho desenvolvido trata-se dos JIGs de apoio à maquinação e à soldadura.

Primeiramente, cada uma das *tags* foi identificada com um número que no *software* será colocado no campo de “código” da ficha identificativa do equipamento.

Seguidamente a *tag* é lida pelo leitor RFID de forma a obter o código identificador da *tag*, que posteriormente é adicionado no campo “código identificador”. A introdução deste código identificativo é a etapa mais importante, pois a partir deste momento, na posse do leitor é possível ter acesso a todos os dados relativos ao JIG que forem inseridos no futuro (Figura 19).

The screenshot shows a software window titled "Equipamento: (1) JIG 524 A". It features a menu bar with icons for "Seguros", "Diagnóstico", and "Verificação", and a tab bar with "Geral", "Foto", "Componentes", "Observações", "Notas", and "Anexos". The main form contains the following fields:

- Código:** 1
- Cód. identificador:** E2009A7120006AF000002067
- Descrição:** JIG 524 A
- Tipo:** JIG MAQUINAÇÃO (dropdown menu)
- Permite reserva?:** ☐
- Modelo:** TD-K
- Nr. série:** 1
- Viatura?:** ☐
- Responsável:** 001 (with a search icon) Emanuel Tomás
- Cliente:** 7 (with a search icon) Heller FP8000
- Localização:** Maquinação (with a search icon)

Figura 19: Ficha identificativa do JIG 524A no *tflow*

Depois da introdução do código, foi colocada uma designação ao JIG, bem como de que tipo é, em que máquina é utilizado, em que peças dá suporte ao fabrico, onde se encontra localizado no chão de fábrica, o responsável pelas ações no JIG e ainda adicionadas fotos do JIG e dos desenhos de fabrico das peças.

As informações introduzidas serão de grande importância para os operadores, pois com através da utilização do leitor poderão ter acesso ao local exato onde o JIG se encontra localiza, sem terem de olhar as estantes à sua procura, já que para cada JIG foi colocada a respetiva linha e coluna da estante onde se encontram. Por outro lado, o facto de ter uma imagem 3D do JIG permitirá que novos trabalhadores identifiquem mais facilmente o JIG que devem procurar, bem como se estão a utilizá-lo na máquina correta.

Na Figura 19 é possível ver a ficha identificativa completa do JIG 524A, após preenchida, o JIG passa a ser ‘‘mostrado’’ no leitor e no computador com a sua designação oficial, sendo que quando a *tag* implementada no JIG se encontrar no campo de alcance do leitor RFID, passa a ser possível, a qualquer pessoa no chão de fábrica aceder a todos os dados que forem inseridos a partir de agora.

Na Figura 20 é mostrado o desenho 3D do JIG 524A que foi anexado no *software*, o que acresce a possibilidade de visualizar qual a estrutura física do JIG para mais facilmente o identificar.

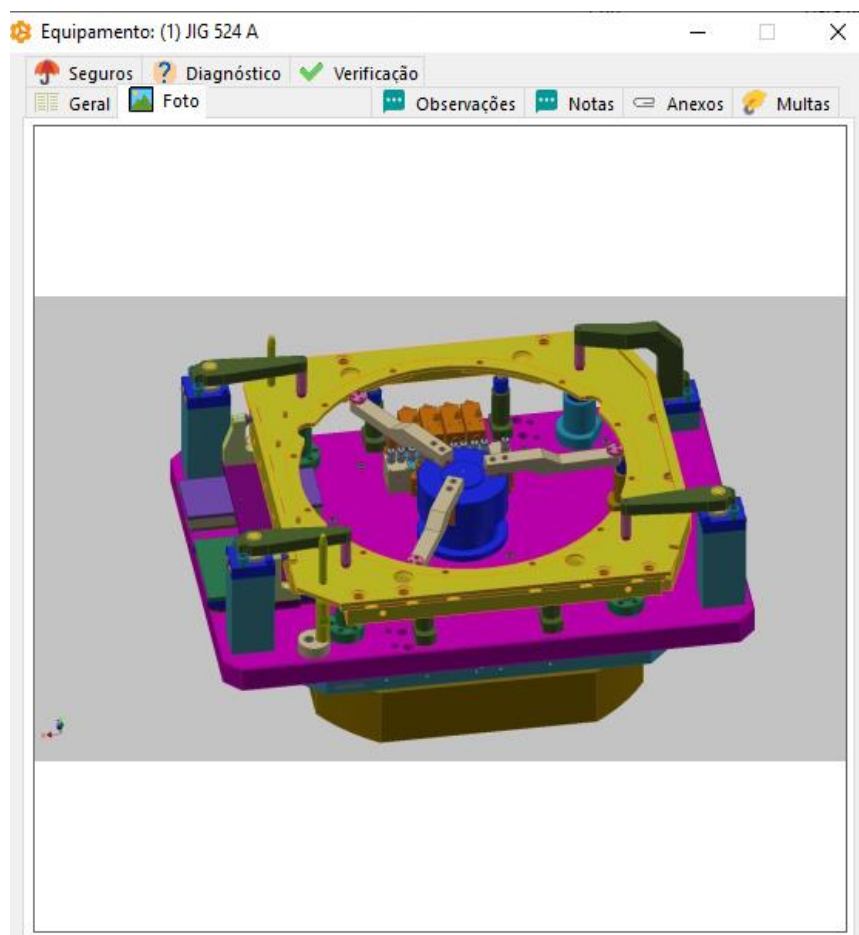


Figura 20: Anexo do desenho 3D do JIG 524A no *tflow*

Foram ainda adicionados anexos que continham os desenhos de peças produzidas, com recurso ao JIG. Esta facilidade de acesso ao desenho da peça e suas especificações geométricas, permitiria aos colaboradores deixar de utilizar desenhos em papel aquando da produção das peças. O que poderia vir a ser uma forma de contribuição para o projeto “*paperless*” em desenvolvimento na TRIDEC atualmente.

Na

Figura 21 à esquerda encontra-se a lista de desenhos de peças produzidas no JIG 524A, estes foram adicionados como anexos à ficha do JIG e podem ser consultados, tanto na aplicação no computador quanto no leitor RFID.

À direita da figura está presente um dos desenhos anexados, tal como aparece na aplicação, tanto no computador quanto no leitor existe a possibilidade de fazer zoom no desenho de forma a conseguir visualizar todos os pormenores e especificações geométricas presentes.

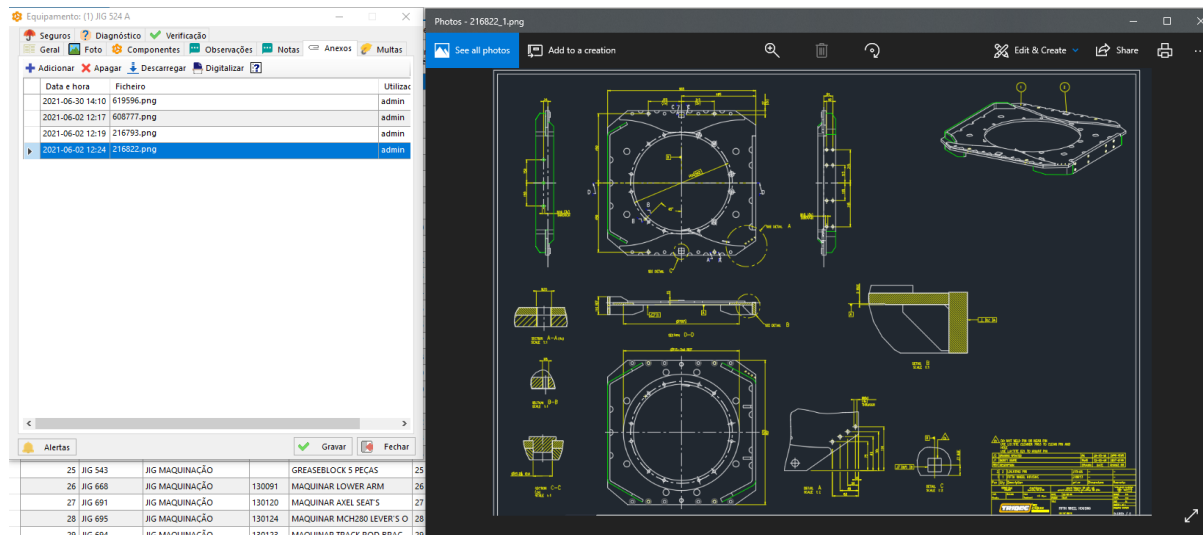


Figura 21: Desenho 2D anexado no tflow correspondente a uma peça produzida no JIG 524A

Este processo de introdução de dados foi repetido para mais de 30 outros JIGs, tanto de maquinação quanto de soldadura, todos eles com os mesmos parâmetros considerados para o JIG 524A, que serviu de exemplo para o desenvolvimento desta subsecção.

O conjunto de JIGs não foi escolhido ao acaso, mas sim tendo por base o número de peças produzidas no ano anterior à realização do estágio. Para tal foi retirada do EPICOR uma lista com todas as peças produzidas no ano transato; posteriormente, as mesmas foram ordenadas da mais para a menos produzida e feita uma pesquisa sobre se as mesmas são produzidas com recurso a JIGs e, em caso afirmativo, qual é o usado. Essa filtragem permitiu concluir quais os JIGs mais utilizados na fábrica, tanto na soldadura como na maquinação, tendo sido decidido monitorizar os 50 mais utilizados.

Após se concluir quais os JIGs a serem monitorizados e os dados relativos a estes terem sido inseridos no *tflow* e nas respetivas *tags*, foi necessário implementar as *tags* fisicamente nos JIGs para que se pudesse começar a adquirir os primeiros dados.

Assim sendo, colocaram-se as *tags* nos JIGs com recurso a dois parafusos, tal como mostra a Figura 22, em que é possível ver a aplicação da *tag* no JIG 524 A.



Figura 22: Aplicação física da *tag* RFID no JIG 524A

3.4 *tflow* no apoio às ações de manutenção

A introdução dos dados identificativos relativos a cada um dos JIGs e a implementação física das *tags* foram as ações da primeira etapa para o começo da utilização do *tflow*.

Posteriormente a esse passo, foi utilizada uma funcionalidade de criação de processos/atividades existente no *tflow* que serviria para descrever uma ação de manutenção. Para tal, foram desenhados fluxogramas que representariam os passos a ter em consideração durante as ações de verificação/manutenção preventiva dos JIGs.

Tendo em consideração que na TRIDEC existem três tipos diferentes de JIGs, as etapas do processo de verificação são distintas.

Na Tabela 2 encontram-se os aspetos a ter em consideração para cada uma das famílias de JIGs.

Tabela 2: Aspetos a avaliar por família de JIG

FAMÍLIA DE JIGS	ASPETOS A AVALIAR
JIGS COM CIRCUITOS PNEUMÁTICOS	• Verificação do aspeto geral; • Verificação da funcionalidade dos apertadores; • Verificação de dimensões importantes; • Verificação do circuito pneumático.
JIGS COM CIRCUITOS HIDRÁULICOS	• Verificação do aspeto geral; • Verificação da funcionalidade dos apertadores; • Verificação de dimensões importantes; • Verificação do circuito hidráulico.
JIGS COMUNS	• Verificação do aspeto geral; • Verificação da funcionalidade dos apertadores; • Verificação de dimensões importantes.

Na Figura 23 encontra-se representado o processo de verificação para os JIGs com circuitos hidráulicos, ao qual se relacionam os passos que se devem ter em consideração durante a verificação do JIG, neste caso concreto, estes focam-se na verificação de quatro aspetos distintos:

- A verificação do aspeto geral;
- A verificação da funcionalidade dos apertadores;
- A verificação das dimensões que asseguram as especificações geométricas das peças produzidas no JIG;
- A verificação do circuito hidráulico dos JIGs.

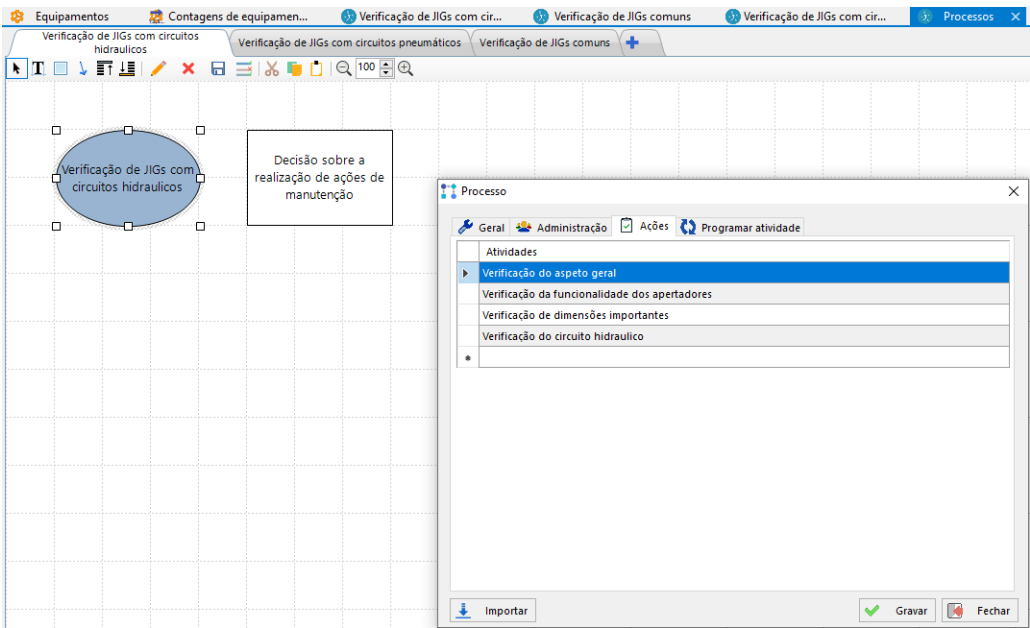


Figura 23: Criação de processos de verificação dos JIGs

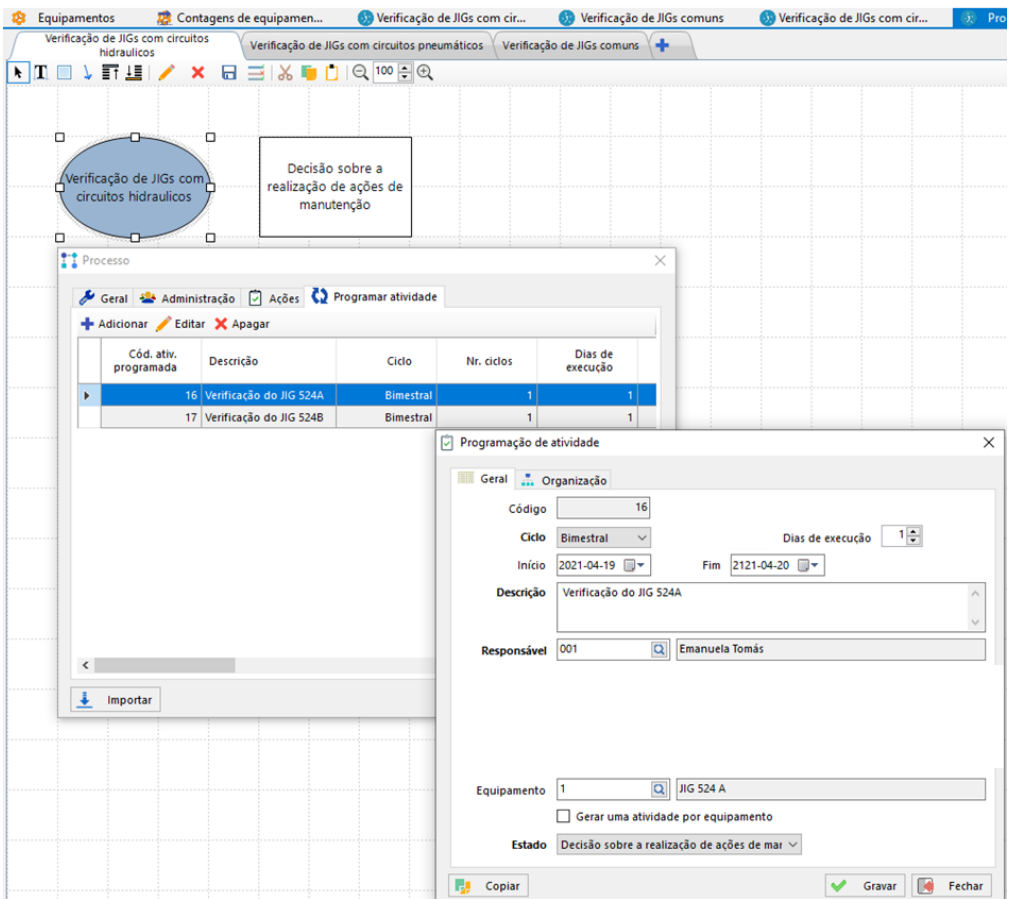


Figura 24: Criação/programação de atividades no tflow

Depois da criação dos processos de verificação dos JIGs com circuitos hidráulicos, torna-se possível a programação de atividades relacionadas aos processos. Tirando partido dessa funcionalidade, programaram-se atividades para todos os JIGs com circuitos hidráulicos, nomeadamente para o JIG 524A.

Na

Figura 24 é possível ver a atividade criada para a verificação do JIG 524A, ao programar a atividade é possível escolher o ciclo, isto é, de quanto em quanto tempo se deve verificar o JIG, quem será o responsável pela execução, quanto tempo irá demorar a verificação, o período desde que começaram as verificações e até quanto devem durar.

O processo de criação/programação de atividades foi repetido para as famílias de JIGs com circuitos pneumáticos e para os JIGs comuns.

Inicialmente, a definição do ciclo de verificação, ou seja, do tempo decorrido entre as várias verificações de manutenção preventiva dos JIGs foi baseada na utilização que os mesmos tiveram no ano anterior.

Assim, para JIGs com mais de 10.000 utilizações a verificação deveria ser bimestral; já para JIGs com uma utilização entre 5.000 e 10.000 utilizações deveria ser semestral e, para os que tiverem uma utilização menor do que as 5.000 vezes, a verificação deveria ser anual (Tabela 3).

Tabela 3: Definição dos ciclos de verificação com base na utilização anual dos JIGs

UTILIZAÇÃO ANUAL DO JIG	CICLO DE VERIFICAÇÃO
>10000 UTILIZAÇÕES ANUAIS	Bimestral
>5000 E <10000 UTILIZAÇÕES ANUAIS	Semestral
<5000 UTILIZAÇÕES ANUAIS	Anual

De forma a contabilizar o número de vezes que cada um dos JIGs é utilizado, recorreu-se à funcionalidade de contador do *tflow*. Para tal, cada vez que um JIG é utilizado é inserido o número de peças que o JIG produziu no campo contador da ficha identificativa do JIG, em que a funcionalidade de contador vai incrementando o número de utilizações ao longo do tempo.

Na Figura 25 é possível ver o contador de utilizações para o JIG 524 A, com a respetiva data e hora da última contagem, podendo ver-se que já se contabilizam 4.713 utilizações.

Figura 25: Contador de utilizações do JIG

Com esta funcionalidade, os JIGs foram monitorizados e as contagens guardadas em cada mês, de forma que, ao final de um ano, fosse possível decidir se o ciclo de verificação e implementação de ações de manutenção de carácter preventivo deveria ser bimestral, semestral ou anual.

Na Tabela 4 é possível ver a utilização para um intervalo de seis meses, neste caso de março a agosto. Sendo que, em meio ano, o JIG já está próximo de atingir as 5.000 utilizações, pelo que se prevê que, ao final do ano, o JIG tenha sido utilizado cerca de 10.000 vezes, concluindo-se que a verificação deste deverá ser semestral.

Tabela 4: Contagens mensais da utilização dos JIGs

JIG	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	TOTAL
JIG 524 A	525	705	867	982	786	848	4713

No anexo A3 pode ver-se a tabela que contém as contagens, para os meses de março a agosto, de todos os JIGs de maquinação e soldadura. Com os dados recolhidos foi possível fazer uma previsão da utilização anual dos JIGs e, consequentemente definir os ciclos de verificação dos mesmos, utilizando a lógica presente na Tabela 3.

Em suma, dos cerca de 50 JIGs a serem monitorizados, mais de 30 JIGs terão uma verificação anual, 10 com um ciclo de verificação semestral e os restantes uma verificação bimestral, tal como é possível observar na Tabela 5.

Tabela 5: Ciclo de verificação dos JIGs

CICLO DE VERIFICAÇÃO	JIGS
BIMESTRAL	JIG 684 JIG 621 JIG 616
SEMESTRAL	JIG 640 A, B, C JIG 674 A, B, C JIG 615 JIG 524 A, B JIG 634 JIG 635
ANUAL	RESTANTES

3.4.1 Utilização da funcionalidade de emissão de alertas

Após serem definidos os tempos de ciclos de verificação para ações de manutenção preventiva, utilizou-se a funcionalidade de emissão de alertas no *tflow*. Para tal, criaram-se alertas associados a cada uma das atividades que representam a verificação dos JIGs.

Estes alertas consistem no envio de um email a relembrar o responsável de que nesse dia deve realizar uma ação de verificação de manutenção preventiva em determinado JIG.

Na Figura 26 é mostrada a criação de um alerta para o JIG 524A; tal como enunciado anteriormente, este é um JIG que tem uma utilização anual próxima das 10.000 utilizações, pelo que deverá ser verificado semestralmente. Para o caso, definiu-se então que quando o número de contagens atingir as 5.000 unidades produzidas deve ser gerada uma atividade de verificação

do JIG e enviado um email para o responsável a lembrar do agendamento da atividade/ação de manutenção preventiva.

Figura 26: Criação de uma emissão de alerta

Para além do email, dentro da própria aplicação *tflow*, tanto no computador quanto na consola, as atividades agendadas aparecem listadas. Se as mesmas estiverem ainda dentro do prazo definido para a sua realização, as atividades encontram-se identificadas a verde; se, por outro lado, o prazo para as concluir já tiver expirado, as atividades aparecem identificadas com a cor vermelha, de forma a alertar que não foi cumprida a ação de verificação no dia agendado.

Na Figura 27 encontra-se representada a lista de atividades programadas para um determinado dia em que a atividade a verde representa uma atividade programada para o dia em questão e a que se encontra a vermelho mostra uma atividade de verificação do JIG que já deveria ter sido realizada e não foi.

T.Flow - admin | MySQL themis.TFlow@PT-MU1-V-FLO01 - 1.2021.0520

Verificação de JIGs com circuitos hidráulicos

Cód. atividade	Ref. interna	Ref. externa	Data de início	Data de fim	Responsável	Cliente	Cód. equipamento	Equipamento	Descrição	Estado
000126	Verificação		2021-09-06	2021-09-13	Emanuela Tomás	Robot 3	10	JIG 701	Verificação - Aspecto geral: Funcionalidade dos apertadores: Dimensões importantes	Decisão sobre a realização de ações de manutenç...
000153	Verificação		2021-09-22	2021-09-29	Emanuela Tomás	Heiler FFB...	1	JIG 524 A	Verificação - Aspecto geral: Funcionalidade dos apertadores: Dimensões importantes: Circuito hidráulico	Decisão sobre a realização de ações de manutenç...

Figura 27: Atividades programadas no *tflow*

Após o alerta ser emitido, o responsável deve abrir a atividade e clicar em iniciar a atividade, para que fique registado no sistema que esta se encontra em curso, tal como ilustra a Figura 28, onde é mostrado o menu a que se acede aquando da abertura da atividade.

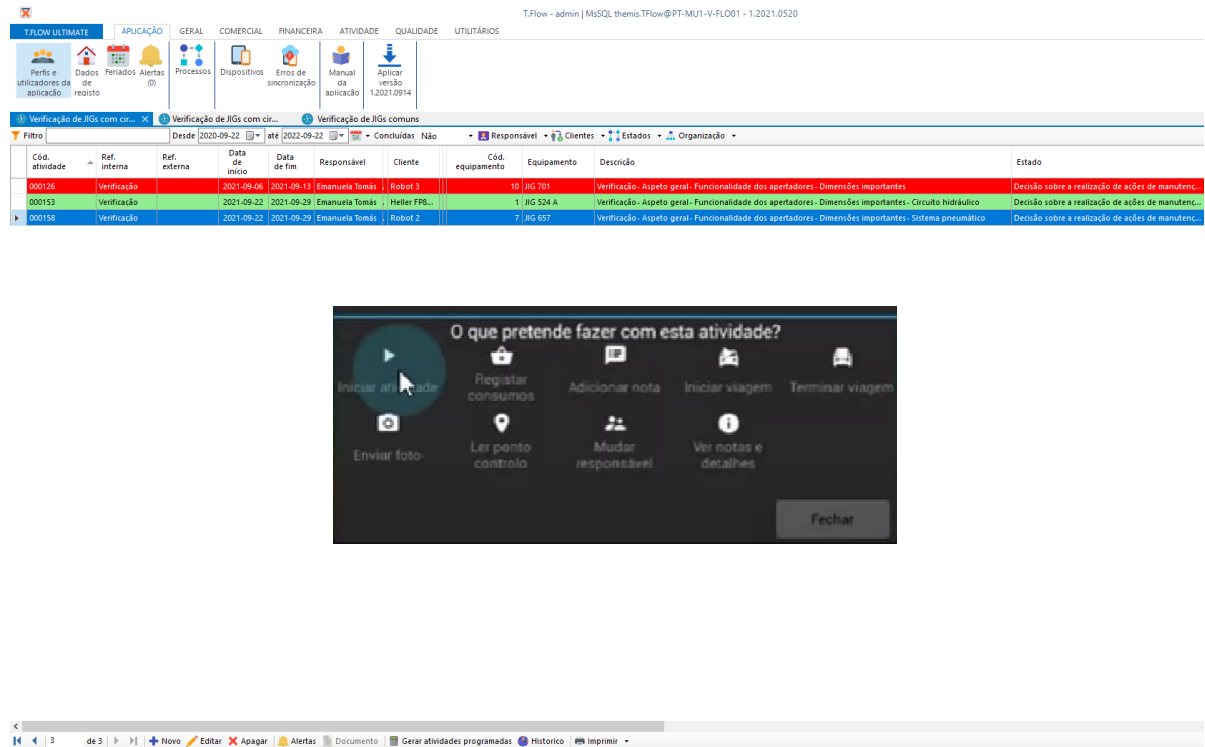


Figura 28: Menu atividade

Ao clicar em iniciar atividade aparecem enumerados os pontos a verificar, depois da verificação de cada um desses pontos deve selecionar-se cada um deles com um *check* e, no final, clicar em gravar, registando-se, assim, no sistema que a verificação do JIG foi realizada.

Na Figura 29: é possível ver a ficha de pontos/ações a avaliar durante a verificação de um JIG com circuitos pneumáticos. Nesta ficha o técnico de manutenção encontra ao seu dispor os pontos a ter em atenção durante a realização da verificação do JIG.

Tendo em conta o ambiente agressivo a que estão sujeitos os JIGs de maquinação e soldadura, torna-se importante começar por fazer uma análise ao aspeto geral do JIG. Sendo que os JIGs de maquinação são utilizados dentro de máquinas CNC, expostos a jatos de água e óleo, enquanto os de soldadura estão permanentemente cobertos por pó de solda, pelo que é importante verificar se se encontram danificados em algum ponto, bem como decidir a realização de uma limpeza, normalmente com gelo seco.

Outro aspeto a ter em consideração será a funcionalidade dos apertadores, uma vez que é a fixação correta do JIG que ajuda a que as tolerâncias de maquinação e soldadura sejam cumpridas, evitando defeitos nas peças e posterior rejeição pelo departamento de qualidade.

Também é importante que o técnico de manutenção tenha em conta as dimensões importantes, também estas diretamente relacionadas com as tolerâncias definidas para as peças produzidas.

Por fim, tem-se a verificação do circuito pneumático ou hidráulico, dependendo da família a que o JIG pertence.

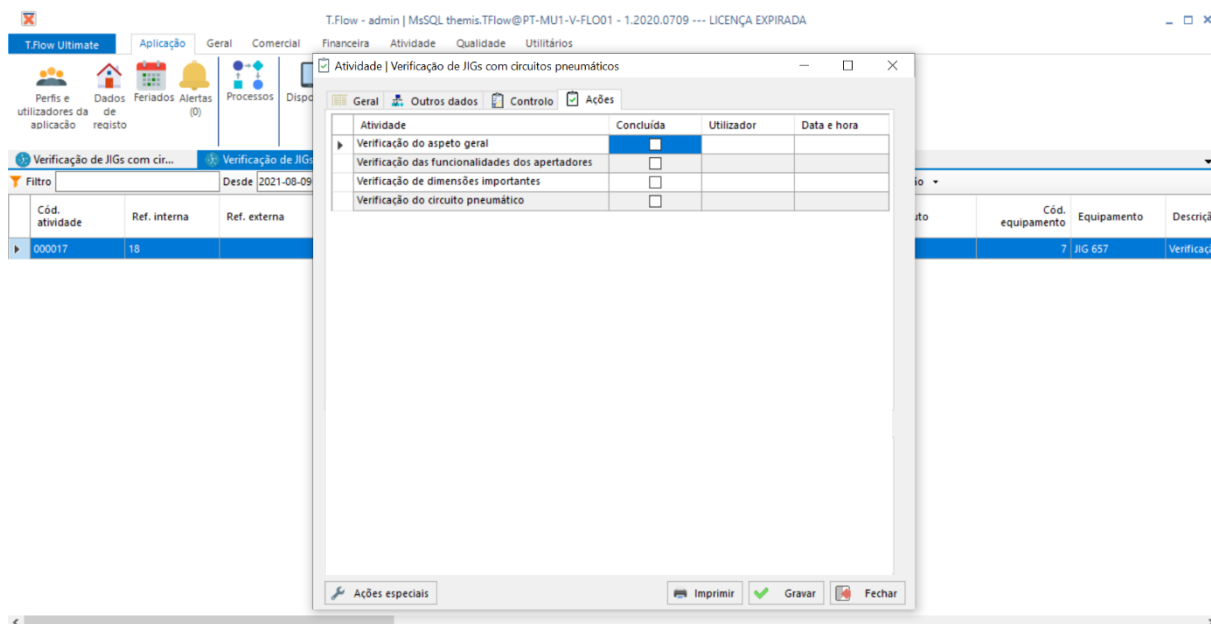


Figura 29: Ficha de ações numa atividade de manutenção de um JIG com circuitos pneumáticos.

Após o técnico de manutenção fazer a verificação dos vários pontos enumerados, a atividade pode ser terminada, tendo-se aqui, em conjunto com a emissão de alertas periódicos para realização de outras manutenções preventivas um suporte para a criação de planos de manutenção preventiva contínua dos JIGs que permitirá a redução de manutenções de caráter corretivo, que influenciam negativamente os processos produtivos, pois aumentam perdas de tempo e custos.

Com este suporte, a TRIDEC poderá revolucionar a sua atual política de manutenção e melhorar a disponibilidade dos seus JIGs, já que as políticas de manutenção preventiva auxiliam as organizações a eliminar perdas indesejadas.

CAPÍTULO 4 - Cálculo da disponibilidade, desempenho e qualidade dos JIGs utilizando o *tflow*

O *Total Productive Maintenance*, enunciado na seção 2.1.3, auxilia as organizações a perceberem a eficiência dos seus equipamentos, utilizando como KPI principal o cálculo do OEE. A fim de determinar o TPM dos JIGs, utilizaram-se os dados recolhidos no *tflow* e outros retirados do ERP da TRIDEC.

Neste capítulo é abordada a maneira como foi posto em prática o estudo do TPM nos JIGs da TRIDEC, tendo-se tomado como ponto de partida a monitorização de um primeiro JIG, sendo o escolhido o JIG 524 A.

É explicado como todos os dados para o cálculo do TPM foram recolhidos e calculados, começando por se demonstrar como se obteve o valor da disponibilidade, seguindo-se o desempenho e, por fim a qualidade num período de 6 meses.

4.1 Disponibilidade

O primeiro indicador a avaliar é a disponibilidade do JIG, necessitando-se para tal do tempo de produção planeada e do tempo perdido.

Primeiramente, através das contagens registadas no *tflow*, foi possível ter a quantidade de peças produzidas pelo JIG 524A em cada mês, registos esses que se encontram presentes na Tabela 6; de notar que este JIG é utilizado para produzir 6 referências diferentes, pelo que é necessário ter em consideração a utilização do JIG em cada uma delas.

Tabela 6: Número de referências produzidas no JIG 524A mensalmente

PART	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO
619596	220	520	560	640	502	600
216793	230	130	247	220	160	188
216822	40	10	45	45	40	25
218654	0	30	15	30	15	10
607426	10	0	0	32	40	25
607463	10	15	0	15	14	0
TOTAL	525	705	867	982	786	848

Já recorrendo ao Epicor, o sistema ERP da TRIDEC, foi possível ter acesso ao tempo produtivo planeado para cada uma das peças produzidas no JIG, para tal utilizou-se o recurso *Method Tracker*, que mostra as operações, os tempos produtivos, bem como os materiais utilizados na produção de cada uma das referências produzidas na TRIDEC.

Tal como é possível ver na Figura 30, através do *Method Tracker*, conseguiu-se consultar o tempo produtivo estipulado como planeado para produção da referência 619596 usando o JIG 524 A como suporte à maquinação. Repetindo-se a consulta para cada uma das outras 5 referências.

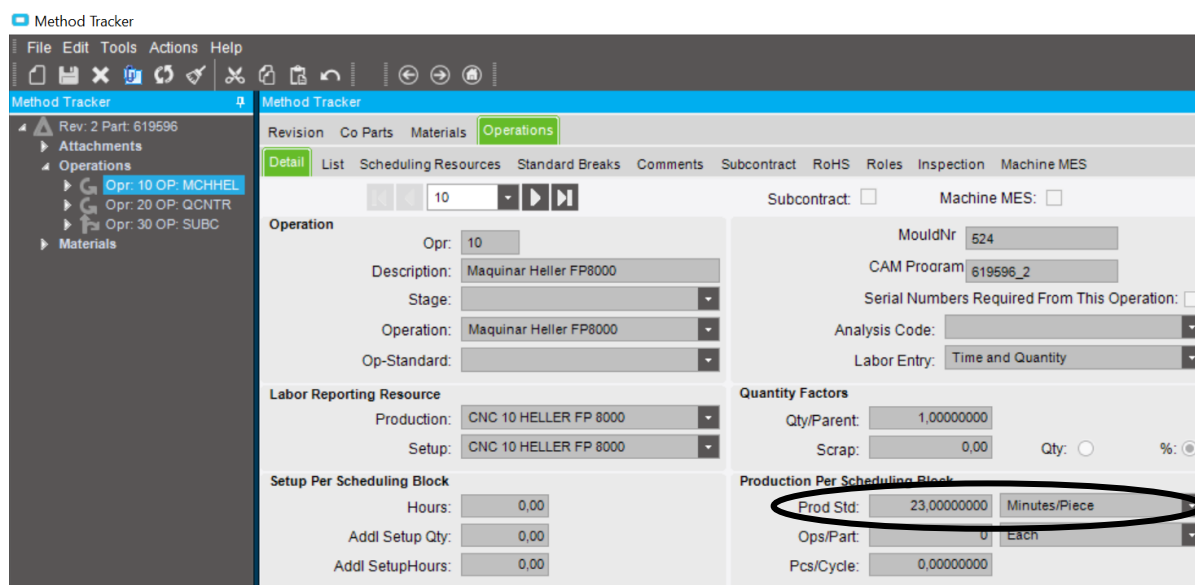


Figura 30: Tempo produtivo planeado para a referência 619596 no Epicor

Reunindo as utilizações do JIG, através do número de contagens presentes na Tabela 6 e os tempos produtivos associados a cada uma das referências, foi possível obter o tempo de produção planeada.

Primeiro multiplicando as quantidades de cada referência pelos tempos de produção definidos para cada uma delas e, finalmente somando todos esses resultados, obteve-se o tempo de produção planeada para cada mês.

Tomando como exemplo os dados recolhidos no mês de março, tem-se, na Tabela 7, na primeira coluna, o tempo produtivo estipulado no ERP Epicor, na segunda coluna a quantidade produzida de cada uma das referências retirada das contagens do *tflow*, na terceira coluna encontra-se o tempo de produção planeada, e o resultado da multiplicação das duas primeiras colunas.

Por último, na coluna mais à direita encontra-se o tempo de produção planeada que corresponde à soma do tempo de produção de todas as referências no mês de março, o que fez um tempo de produção planeada de 8.795 minutos nesse mês.

Tabela 7: Cálculo do tempo de produção planeada, com recurso ao JIG 524A no mês de março

PART	TEMPO PRODUTIVO (min)	QUANTIDADES PRODUZIDAS NO MÊS DE MARÇO	TEMPO DE PRODUÇÃO PLANEADA (min)	TEMPO DE PRODUÇÃO PLANEADA TOTAL (min)
619596	23	220	5060	8795
216793	12,5	230	2875	
216822	12,5	40	500	
218654	12,5	0	0	
607426	18	10	180	
607463	18	10	180	

Por outro lado, foi necessário, junto dos operadores, pedir o registo de paragens durante a utilização do JIG, que não fizessem parte do processo produtivo.

Mais uma vez, tomando o mês de março como exemplo, os operadores registaram cerca de 50 incidentes, anotando o tempo total de paragem de cada um deles, o que perfaz 1.065 minutos de paragens, ou seja, de tempo perdido.

Por fim, já com os dados de tempo de produção planeada e de tempo perdido para o mês de março, recorreu-se à equação 7:

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de Produção Planeada} - \text{Tempo Perdido}}{\text{Tempo de Produção Planeada}}$$

$$Disponibilidade \text{ (março)} = \frac{8795 - 1065}{8795} \simeq 0,88 = 88\%$$

Tendo-se obtido a disponibilidade do JIG 524 A no mês de março, com um valor de, aproximadamente, 88%.

Repetiu-se o mesmo processo para os restantes meses em que decorreu o estágio, tendo-se obtido os valores de disponibilidade que se encontram presentes na Tabela 8.

Analisando os dados obtidos é possível verificar que o valor de disponibilidade do JIG se encontra em valores inferiores a 90% para todos os seis primeiros meses do ano, o que demonstra que a situação atual não é ideal. É possível concluir que existe a necessidade de implementar ações que permitam o aumento da disponibilidade acima dos 90%, como é o caso da realização de ações de manutenção preventiva e análise de dados recolhidos dos equipamentos, ações estas em que o recurso à utilização do *tflow* pode ser um auxílio importante.

Por exemplo, já anteriormente se havia referido neste relatório que, através do número de contagens retiradas dos dados recolhidos do *tflow*, o JIG 524 A deveria sofrer ações de

manutenção preventiva de carácter semestral, ao contrário daquilo que atualmente é praticado como política de manutenção na TRIDEC, o que poderá contribuir para a melhoria da disponibilidade do JIG, ou seja, uma maior percentagem de tempo em que este ativo pode efetivamente ser utilizado para produção de peças.

Tabela 8: Cálculo da disponibilidade do JIG 524A nos meses de março a agosto

MÊS	TEMPO PRODUÇÃO PLANEADA	TEMPO PERDIDO	DISPONIBILIDADE
MARÇO	8795	1065	88%
ABRIL	14355	1812	87%
MAIO	161716	1798	89%
JUNHO	19254	2182	89%
JULHO	15205	1845	88%
AGOSTO	17025	1930	89%

4.2 Desempenho

O desempenho foi o indicador seguinte a ser calculado, que avalia a velocidade da produção usando determinado equipamento, avaliando, portanto, a sua *performance*.

Para o cálculo deste indicador necessitou-se do tempo teórico de ciclo por peça, do número de peças produzidas e do tempo de ciclo produtivo, para que o desempenho fosse calculado através da equação 8:

$$Desempenho = \frac{Tempo\ teórico\ de\ ciclo\ por\ peça \times Nr\ de\ peças\ produzidas}{Tempo\ de\ ciclo\ produtivo}$$

em que o tempo teórico de ciclo por peça e o número de peças produzidas se encontram na Tabela 7, já o tempo de ciclo produtivo pode ser calculado somando o tempo planeado mais o tempo perdido, dados esses presentes na Tabela 8.

Tendo-se obtido para o mês de março um desempenho de aproximadamente 89%.

$$Desempenho\ (março) = \frac{8795}{8795 + 1065} \simeq 0,89 = 89\%$$

Assim, tal como para a disponibilidade, calculou-se, para cada um dos 6 meses de março a agosto, o desempenho do JIG 524 A, tendo-se obtido os valores de desempenho presentes na Tabela 9.

Tabela 9: Cálculo do desempenho do JIG 524A nos meses de março a agosto

MÊS	DESEMPENHO
MARÇO	89%
ABRIL	89%
MAIO	99%
JUNHO	90%
JULHO	89%
AGOSTO	90%

Observando os dados presentes na tabela é possível concluir que o desempenho do JIG é melhor do que a sua disponibilidade, já que os valores de desempenho são superiores àqueles que foram obtidos para a disponibilidade. Tendo-se mesmo verificado que no mês de maio o desempenho do JIG foi de 99%, o que significa que durante o tempo de ciclo produtivo produziram-se 99% das quantidades que seria possível produzir nesse período temporal numa situação de exceção.

Por outro lado, e já como havia sido observando, no cálculo da disponibilidade do JIG, nos meses de março, abril e julho, os valores de desempenho foram mais baixos do que nos restantes meses avaliados, com um valor de desempenho de apenas 89%. Tal demonstra que a velocidade de produção foi mais baixa do que o esperado, e, por conseguinte, é possível concluir que o tempo de ciclo produtivo, em condições em que o desempenho fosse máximo ter-se-iam produzido muito mais quantidades ou, por outro lado, utilizado esse tempo para realização de outro processo produtivo.

4.3 Qualidade

O terceiro indicador a ser calculado foi a qualidade, que traduz a percentagem de peças produzidas que se encontram em perfeitas condições, isto é, peças que não têm defeitos, sem necessidade de serem retrabalhadas ou sucata.

O cálculo deste terceiro indicador, foi igualmente estudado para o mesmo período temporal que a disponibilidade e o desempenho. Para tal utilizou-se a equação 9:

$$Qualidade = \frac{Peças\ ok\ produzidas}{Peças\ produzidas}$$

em que as peças *ok* produzidas se obtiveram subtraindo ao total de peças produzidas aquelas que foram rejeitadas pelo departamento da qualidade.

Tal como já havia acontecido, aquando dos cálculos anteriores é importante ter em consideração que o JIG 524 A é utilizado para produção de várias referências, e que por esse motivo é necessário ter em conta as quantidades produzidas de cada uma delas, bem como da quantidade de peças rejeitadas.

Na Tabela 10 encontram-se presentes dados referentes ao mês de março, sendo que na primeira coluna estão presentes as quantidades produzidas de cada uma das 6 referências produzidas com o JIG 524 A, já na segunda coluna estão presentes as quantidades de peças rejeitadas de cada uma dessas mesmas referências.

Tabela 10: Peças produzidas e rejeitadas no mês de março

PART	QUANTIDADES PRODUZIDAS NO MÊS DE MARÇO	PEÇAS REJEITADAS NO MÊS DE MARÇO
619596	220	11
216793	230	12
216822	40	2
218654	0	0
607426	10	0
607463	10	0
TOTAL	510	25

Assim, para o mês de março registaram-se, no total, 3 peças consideradas como não estado *ok* das 510 produzidas no JIG, ou seja, para o cálculo da qualidade deste mês obteve-se um total de peças *ok* de 507 peças. Seguindo a fórmula de cálculo de qualidade dividiu-se o número de peças *ok* pelo número total de peças, tendo-se obtido um valor de qualidade de 99% para o terceiro mês do ano.

$$Qualidade (março) = \frac{507}{510} \simeq 0,99 = 99\%$$

Tal como para o mês de março fez-se o mesmo estudo para os restantes meses até agosto, obtendo-se os valores de qualidade mostrados na Tabela 11. Observando-os, é possível notar que a percentagem de peças produzidas e que necessitam de retrabalho ou que são sucata é

muito baixa, já que em todos os meses o valor da qualidade é sempre superior a 98% e praticamente constante para os meses avaliados.

Estes valores residuais da percentagem de peças que apresentam algum tipo de defeito demonstram que o JIG se encontra praticamente otimizado na sua totalidade do ponto de vista da qualidade, mas que a empresa ainda tem ao seu encargo alguns custos extra em material e também em retrabalho.

Tabela 11: Cálculo da qualidade para o JIG 524 A, de março a agosto

MÊS	QUALIDADE
MARÇO	99%
ABRIL	98%
MAIO	99%
JUNHO	98%
JULHO	99%
AGOSTO	99%

4.4 OEE

Após o cálculo dos indicadores de disponibilidade, desempenho e qualidade tornou-se possível calcular então a eficiência global do JIG 524 A. Tal como foi enunciado anteriormente o OEE é obtido através da Equação6:

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade$$

Assim sendo, tal como havia sido feito para o cálculo dos indicadores de disponibilidade, desempenho e qualidade, também o OEE do JIG foi calculado para cada um dos meses de março a agosto, tendo-se obtido os valores presentes na Tabela 12.

$$OEE (março) = 0,88 \times 0,89 \times 0,99 \simeq 0,78 = 78\%$$

Tabela 12: Cálculo do OEE para o JIG 524A, para os meses de março a agosto

MÊS	DISPONIBILIDADE	DESEMPENHO	QUALIDADE	OEE
MARÇO	88%	89%	99%	78%
ABRIL	87%	89%	98%	76%
MAIO	89%	99%	99%	88%
JUNHO	89%	90%	98%	79%
JULHO	88%	89%	99%	78%
AGOSTO	89%	90%	99%	79%

A análise do OEE calculado nos vários meses de monitorização do JIG 524 A demonstra que existe espaço para melhorias para que se possa tirar partido da capacidade máxima de produção, já que o seu valor é em todos os meses inferior a 85%. Por outro lado, é também possível denotar que a disponibilidade do equipamento é o indicador que mais influencia de forma negativa o valor do OEE do JIG, já que é este o indicador que em todos os meses apresenta o valor mais baixo. Já a qualidade é o indicador que mais contribui para elevar os valores do OEE.

De forma a perceber melhor qual dos 3 indicadores mais influencia na globalidade o valor do OEE traçou-se um gráfico de linhas com os valores de disponibilidade, desempenho e qualidade, bem como com o próprio OEE, que se encontra abaixo na Figura 31.

Observando-o é possível notar que a linha representativa do OEE, traçada a amarelo segue a mesma tendência de crescimento e decrescimento da linha que traduz os valores do desempenho (traçada a laranja), o que permite concluir que a otimização da eficiência global do JIG passa por melhorar o seu desempenho. Sendo que o valor desse indicador é influenciado

negativamente sobretudo pela ocorrência de microparagens, deve procurar-se saber o que leva a que sejam despoletadas e eliminá-las.

Aprofundando a análise é possível denotar que no mês de maio existiu um pico no valor do OEE, o que reflete o baixo valor de tempo perdido em relação ao tempo de produção planeada, podendo esta diferença ser explicada pelo facto de no mês anterior o JIG ter sofrido ações de manutenção, que se repercutiram num desempenho melhorado. Tal demonstra que, se existir um plano de ações de manutenção adequado e periódico, que vá ao encontro da utilização do JIG, torna-se possível que o OEE global seja otimizado.

Em sentido contrário no mês seguinte, em junho, o indicador voltou a cair, muito resultado da produção estar em alta, tanto em maio quanto em junho, o que se reflete num maior desgaste do equipamento, interferindo de forma negativa no valor dos indicadores, em especial no desempenho.

Fazendo uma análise global, consegue denotar-se que na maior parte da análise o valor do OEE se encontra no intervalo dos 75%-85%, mostrando que a tendência é atingir os valores de referência mundial, acima dos 85%; no entanto é importante ressaltar que é necessário que os restantes JIGs sejam monitorizados, assim como outros equipamentos dentro da empresa para que se possam tirar conclusões relativas ao OEE da empresa em si e analisar se esta se encontra dentro dos valores de referência mundial.

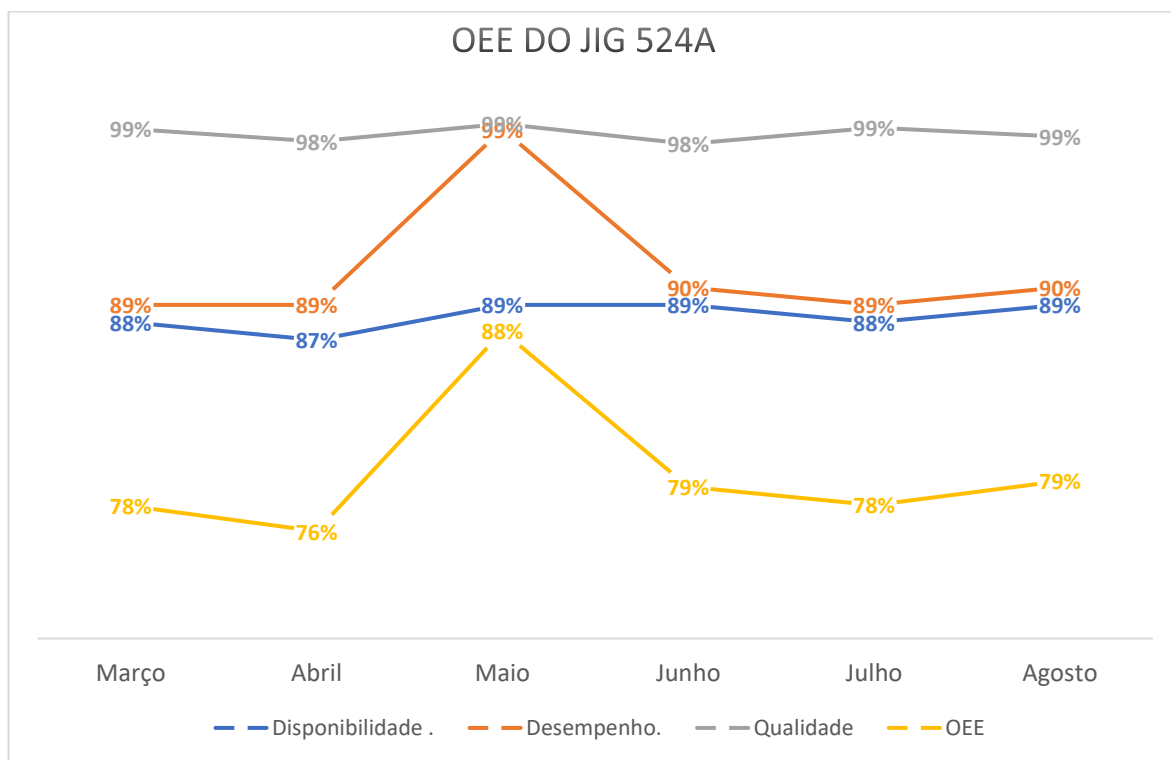


Figura 31: Evolução do OEE do JIG 524 A de março a agosto

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O estágio realizado na empresa TRIDEC Portugal permitiu que fossem exploradas as funcionalidades de um programa baseado na tecnologia de comunicação RFID, o *tflow*. Durante os primeiros meses do estágio foram inseridos no *software* os dados relativos aos vários JIGs que são utilizados como moldes auxiliares na produção de peças no chão de fábrica e exploradas as funcionalidades do *tflow* que poderiam servir para adquirir dados relevantes que auxiliassem a melhorar a eficiência produtiva e as tomadas de decisão relativas às políticas de manutenção.

Enquanto decorria a introdução de dados, começaram a ser colocadas as *tags* fisicamente nos JIGs e começou a fazer-se a sua monitorização, tendo-se escolhido um primeiro JIG para servir como ponto de partida, o JIG 524 A.

Os dados que iam sendo recolhidos permitiram perceber a utilização do JIG, bem como o tempo que se desperdiçava dentro do tempo planeado para produção e ainda ter noção da qualidade das peças produzidas (tendo acesso ao número de peças com defeitos), todos esses dados apontavam para que se conseguisse estudar os indicadores de disponibilidade, desempenho e qualidade, os quais servem de base ao estudo do OEE. Assim sendo, a cada mês, com os dados que iam sendo recolhidos através do *tflow*, o OEE ia sendo calculado, permitindo que se comesse a fazer um estudo da eficiência global do JIG, o que serve como um ponto de partida para a TRIDEC começar a utilizar uma tecnologia que vai de encontro àquelas que se utilizam na indústria 4.0, já que o *tflow* permite a aquisição de dados através de tecnologia de comunicação RFID, *IoT*, *Big Data* e *Cloud Computing*.

Por outro lado, com a utilização deste *software* a TRIDEC poderá redefinir as suas políticas de manutenção, baseando-as na utilização dos JIGs e tirando partido da funcionalidade de emissão de alertas para que as ações de manutenção preventiva sejam feitas em tempo útil, melhorando a eficiência global, já que, dessa forma, as paragens não programadas e o desgaste dos JIGs irão diminuir significativamente.

Futuramente, depois de durante o estágio as funcionalidades do *tflow* terem sido exploradas, seria de todo o interesse que os restantes JIGs fossem monitorizados da mesma forma que o JIG 524 A foi e que os valores de OEE continuem a ser calculados mensalmente, de forma a perceber-se quando é que existem quebras de eficiência e, com isso ajustar a frequência com que as ações de manutenções preventiva devem ocorrer, auxiliando na elaboração de planos de manutenção eficazes.

A monitorização de todos os JIGs também auxiliará a empresa a sinalizar quais os JIGs que apresentam valores de OEE mais baixos e que, por isso, influenciam de forma negativa a eficiência global, o que será um passo importante para a melhoria dessa eficiência, um dos pilares de implementação da metodologia TPM, assim como a elaboração de um plano de manutenção preventiva referido anteriormente.

Também será de todo o interesse que os vários operadores tenham acesso ao *tflow*, através do computador ou consola e, com isso possam introduzir e ter acesso aos dados relativos aos

JIGs, pois o envolvimento e formação dos operários é mais um dos pilares que sustentam a metodologia TPM.

Por outro lado, outros dados relativos aos JIGs, que se encontram presentes na base de dados do *tflow*, como os desenhos das peças a produzir, localizações dos JIGs e suas fotografias, auxiliarão também a que por um lado, se elimine a utilização de papel, já que os desenhos passam a estar disponíveis em suporte digital, torna mais fácil para os colaboradores saberem em que local exato se encontra o JIG e ainda a perceberem qual o aspeto físico dos JIGs.

Em suma, a realização do estágio permitiu que se atingissem dois objetivos, por um lado utilizar um *software* de aquisição de dados, baseado na tecnologia de comunicação RFID, o que vai de encontro à implementação de tecnologias que sustentam a indústria 4.0 e, por outro lado, a aquisição dos dados que se obtém da utilização do *tflow* servirá de base para que se possa monitorizar o OEE e sustentar a implementação dos pilares que compõem a metodologia TPM e assim auxiliar a empresa a definir novos planos de manutenção preventiva para os seus JIGs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M., & Yin, B. (2017). Smart factory of industry 4.0: Key technologies, application case, and challenges. *Ieee Access*, 6, 6505-6519.
- Da Xu, L., He, W., & Li, S. (2014). Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on industrial informatics*, 10(4), 2233-2243.
- European Standard EN 13306 (April 2001) – Maintenance Terminology. CEN, Brussels.
- Fernandes, S. A. S. (2019). Ferramentas de gestão e desenvolvimento de competências na transição para a Indústria 4.0: o caso de uma empresa na indústria automóvel (Doctoral dissertation).
- Finkenzeller, K. (2010). RFID handbook: fundamentals and applications in contactless smart cards, radio frequency identification and near-field communication. John Wiley & sons.
- GIAGI. Manual Formando - Gestão da Manutenção e Disponibilidade dos Equipamentos. 1a Edição. Aveiro: POEFDS; 2007. p. 2–50.
- Jia, X., Feng, Q., Fan, T., & Lei, Q. (2012, April). RFID technology and its applications in Internet of Things (IoT). In 2012 2nd international conference on consumer electronics, communications and networks (CECNet) (pp. 1282-1285). IEEE.
- Lopes, C. S. O. (2019). Gestão da produção e da manutenção preventiva de equipamentos na indústria automóvel (Doctoral dissertation).
- Monteiro, D. M. M. (2013). Estudo de Aplicabilidade de um Modelo de Manutenção de uma Empresa Industrial Metalomecânica Sodecia (Doctoral dissertation, Universidade da Beira Interior (Portugal)).
- NP EN 13306:2010 – Norma Portuguesa – Terminologia da Manutenção
- Nakajima, S. “Introdução ao TPM.”, IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.
- Nambiar, A. N. (2009, October). RFID technology: A review of its applications. In *Proceedings of the world congress on engineering and computer science* (Vol. 2, pp. 20-22). Hong Kong, China: International Association of Engineers.
- Neiva, J. P. B. (2012). Localização e orientação" indoor" com recurso à tecnologia rfid.
- Nepomuceno, L. X. (2014). Técnicas de manutenção preditiva-vol. 1 (Vol. 1). Editora Blucher.
- Olesen, J. F., & Shaker, H. R. (2021). Predictive maintenance within combined heat and power plants based on a novel virtual sample generation method. *Energy Conversion and Management*, 227, 113621.
- Pinto A. Manual de Segurança na Manutenção. 1.a Edição. Robalo M, editor. Lisboa: Edições Silabo, Lda.; 2016. 235 p.

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. Boston Consulting Group, 9(1), 54-89.

Schwab, K. (s.d.). The Fourth Industrial Revolution.

Silvestri, L., Forcina, A., Introna, V., Santolamazza, A., & Cesarotti, V. (2020). Maintenance transformation through Industry 4.0 technologies: A systematic literature review. *Computers in Industry*, 123, 103335.

V. Chundhoo, G. Chattopadhyay, I. Gunawan e MY Ibrahim, "OEE improvement of thermoforming machines through application of TPM at tibaldi australasia", 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) , 2017, pp. 929- 933, doi: 10.1109 / IEEM.2017.8290028.

A.2 Impresso F55-Registo de Moldes

		REGISTO DE MOLDES									
Nº MOLDE	ZONA DE DESCRIÇÃO DO MOLDE					Local	Último Controlo	p/ soldar	p/ pingar	p/ maquinar	p/ prensar
	Foto Molde	Referência do(s) produto(s)	Descrição do molde	Qt	Desenho Nº						
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
—											

A.3 Utilização mensal dos JIGS

JIGS	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	TOTAL
JIG 519	560	80	560	60	760	300	2320
JIG 524 A	525	705	867	982	786	848	4713
JIG 524 B	525	705	867	982	786	848	4713
JIG 543	20	20	60	0	0	0	100
JIG 546	144	0	48	0	72	168	432
JIG 551 A	0	0	0	0	0	0	0
JIG 551 B	0	0	0	0	0	0	0
JIG 558	0	0	0	0	0	0	0
JIG 559	0	0	0	0	0	0	0
JIG 580	42	30	50	10	30	40	202
JIG 581	42	30	50	10	30	40	202
JIG 603	35	0	20	60	0	0	115
JIG 615	830	570	844	853	680	830	4607
JIG 618	0	0	0	0	0	0	0
JIG 621	2000	1600	1600	1200	1000	800	8200
JIG 628	200	240	290	210	240	310	1490
JIG 629	200	240	290	210	240	310	1490
JIG 634	580	730	950	800	960	880	4900
JIG 635	580	730	950	800	960	880	4900
JIG 638	0	0	0	0	0	0	0

JIG 639	0	100	0	10	101	80	291
JIG 640 A	330	420	460	620	370	440	2640
JIG 640 B	330	420	460	620	370	440	2640
JIG 643	70	10	20	20	20	46	186
JIG 649	0	0	166	256	142	230	794
JIG 657	355	180	150	120	240	180	1225
JIG 662	0	0	0	0	0	0	0
JIG 665	146	168	185	150	165	135	949
JIG 674 A	120	480	880	180	840	1020	3520
JIG 674 B	120	480	880	180	840	1020	3520
JIG 674 C	120	480	880	180	840	1020	3520
JIG 675	0	0	168	128	152	232	680
JIG 679	210	243	283	298	318	324	1676
JIG 684	1040	813	1127	1151	998	1154	6283
JIG 694	0	26	0	0	0	40	66
JIG 695	40	20	0	60	0	0	120
JIG 697	6	0	6	0	0	0	12
JIG 701	322	135	10	0	0	0	467
JIG 704	70	37	43	16	69	23	258
JIG 705	3	0	0	4	0	0	7
JIG 721	0	0	160	230	162	294	846
JIG 729	0	0	0	0	98	71	169

JIG616	2480	2676	3010	3360	2070	2370	15966
JIG623	280	216	440	160	120	320	1536
JIG668	4	22	3	29	0	20	78
JIG691	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL GERAL	12329	12606	16777	13949	14459	15713	85833

A.4 DATASHEET C4RED



Handheld Computer C4 RED

PRODUCT DESCRIPTION

FEATURES

- Android 7.0 (Optional 5.1.1)
- Large 5.0" TFT-LCD
- Gorilla Glass 3 Screen
- Li-Ion Polymer Battery
- Wi-Fi/Bluetooth/GSM/GPS/3G
- 1D/2D Barcode Reader Optional
- Rear 8 MP Camera
- Optional Fingerprint Reader
- Optional PSAM Security
- ETSI & FCC Frequencies (UHF)
- IP65 Protection Class
- SOTI MobiControl

The C4 Red is the first professional mobile terminal on the market with Android 7.0 "Nougat" (API Level 24 for Android Studio & Eclipse).

It also supports Googles Mobile Device Management (MDM) system: "Android for Work" and all other Enterprise Mobile Management (EMM) systems.

The combination of the common smartphone technique (high class built-in camera, touch display with Gorilla Glass protection) and an industrial grade device, that last for years, thanks to the IP65 protection, makes the handling easy and long lasting.

The Data Connectivity for different environments and application scenarios (Fast and reliable cellular & Wi-Fi Connections) makes working in changing locations easy to handle. With support of 4G LTE and Dual Frequency Wi-Fi (2.4 GHz & 5.8 GHz) you can speed your work speed up to highspeed.

A world class data capturing with different Barcode (Honeywell and Newland 2D Imagers) & RFID options simplifies your work process. The working range of RFID is extraordinary with up to 1.5 meters (UHF: 865 – 868 MHz / 902 – 928 MHz, up to 150 cm (59"), HF: 13.56 MHz, up to 8 cm (3.15"), LEGIC: 13.65 MHz & LF: 125 kHz / 134.2 kHz, up to 8 cm (3.15")).

Unique on the market, the C4 Red offers a dual RfId feature that can optionally read out not just one, but two RfId frequencies (e.g., UHF & HF)!*

Simplify your solutions with various ways of direct data input. Not only that you can use the display for input, but also Keyboard Emulation, hardware buttons and scanning via RFID & Barcode options.

The C4 Red is equipped with the Mobile Management Application SOTI MobiControl Communications. SOTI MobiControl is an Enterprise Mobility Management Solution. The SOTI MobiControl System is intended to simplify the management of our C4 Red.

The industry comprehensive development package includes Android Studio & Eclipse Sources + Demo Apps for all RFID & Barcode Options.

RFID OPTIONS

- UHF (EPC C1 GEN2 / ISO 18000-6C)
- HF (ISO 14443A, ISO 15693)
- LEGIC (13.56 MHz)
- LF (125 kHz)



RFID



1D/2D Barcode



GSM/3G/4G



GPS



Bluetooth



Wi-Fi



Touch Screen



IP65



Camera



Android OS

TECHNICAL DATA

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Dimensions	Standard: 170 × 85 × 23 mm Extended LF-Antenna: 232 × 85 × 23 mm Extended Battery: 170 × 85 × 35 mm
Weight	Net 370 g (including battery & wrist strap)
Display	Gorilla Glass 3 9H 5.0 in. TFT-LCD (720x1280) touchscreen with LED backlight
Keypads	3 TP keys, 6 function keys, 4 side buttons
Expansions	2 PSAM, 1 SIM, 1 TF
Battery	Standard: Rechargeable li-polymer, 3.7 V, 4500 mAh Extended: Rechargeable li-polymer, 3.7 V, 8000 mAh

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

CPU	Quad A53 1.3 GHz quad-core
RAM/ROM	2 GB / 16 GB
Storage	MicroSD (max. 32 GB expansion)

PROGRAMMING ENVIRONMENT

Operating System	Android 7.0 „Nougat“ (Optional 5.1.1 „Lollipop“)
Mobile Management	Android for Work, SOTI MobiControl Communications

USER ENVIRONMENT

Operating Temp.	-20 to 50 °C / -4 to 122 °F
Storage Temp.	-20 to 70 °C / -4 to 158 °F 10% - 90%RH (Non-condensing)
Drop Specifications	1.5 m / 5 ft. drop to concrete across operating temperature range
ESD	±15 kv air discharge, ±8 kv direct discharge
Sealing	IP65

COMMUNICATION

WLAN	2.4 GHz/5.8 GHz Dual Frequency, IEEE 802.11 a/b/g/n/ac
WWAN	TDD-LTE Band 38, 39, 40, 41; FDD-LTE Band 1, 2, 3, 4, 7, 17, 20; WCDMA (850/1900/2100MHz); GSM/GPRS/ Edge (850/900/1800/1900MHz)
WPAN	Bluetooth Class v2.1+EDR, Bluetooth v3.0+HS, Bluetooth v4.0
GPS	GPS (embedded A-GPS), accuracy of 5 m

1D/2D BARCODE READER (OPTIONAL)

1 D laser engine	Symbol SE955
Symbologies	All major 1D barcodes
2D CMOS Imager	Honeywell N6603
Symbologies	PDF417, MicroPDF417, Composite, RSS, TLC-39, DataMatrix, QR code, Micro QR code, Aztec, MaxiCode, Postal Codes, US PostNet, US Planet, UK Postal, Australia Postal, Japan Postal, Dutch Postal, etc.

CAMERA

Resolution	8.0 megapixel
Lens	Auto-focus with LED flash

FINGERPRINT READER (OPTIONAL)

Sensor / Type	TCS1CT/ Capacitive, area sensor
Resolution	508 DPI
Performance	FRR <0.008 %, FAR <0.005 %
Capacity	1000

PSAM SECURITY (OPTIONAL)

Protocol	ISO 7816
Baudrate	9600, 19200, 38400, 43000, 56000, 57600, 115200
Slot	2 slots (maximum)

RFID READERS

	UHF	HF	LF	LEGIC
Frequency	865 - 868 MHz / 902 - 928 MHz	13.56 MHz	125 kHz	13.56 MHz
Protocol	EPC C1 GEN2 / ISO 18000-6C	ISO 14443A ISO 15693	-	ISO14443A+B and compatible / ISO15693 and compatible / ISO18092/NFC
Antenna Gain	Circular antenna 2 dBi	-	-	-
R/W Range	Up to 1.5 meters (tags and environment dependant)	Up to 8 centime- ters	Up to 8 centimeters	

SUPPORTED STANDARDS/TAGS

ISO 18000-6C	Standard ISO 18000-6C (EPC Class 1 Generation 2) E.g.: Alien Higgs 2/3/4, Impinj Monza, NXP UCODE, etc.
ISO 14443 A and compatible	Read/write: MIFARE® DESFire® EV1 2K / 4K / 8K, MIFARE® Classic Mini / 1K / 4K, MIFARE Ultralight®, MIFARE Ultralight® C, MIFARE® Plus S / X, MIFARE® Pro X, NTAG 21x Read UID only: Read UID only of all other ISO14443A RFID tags
ISO 15693 and compatible	EM4135, EM4043, EM4x33, EM4x35, I-Code SLI / SLIX, M24LR16/64, TI Tag-it HF-I, SRF55Vxx (my-d vicinity)
LF (125 kHz)	Read/write: Hitag 1, Hitag 2, Hitag S, Titan (EM4050), EM4450/4550 and compatible tag types Read only: EM4200, FOX-B, Unique, Zodiac, and compatible tag types
LEGIC (13.56 MHz)	LEGIC RF-Standard: Full read/write operation: LEGIC Advant; LEGIC Prime Read UID only: MIFARE family (Classic, Mini, DESFireEV1, Plus S/X, Pro X, Smart MX, Ultralight, Ultralight C), Infiniteon SLE, NTAG21x Read UID only: EM4x33, EM4x35, I-Code SLI/SLIX, M24LR16/64, Infineon SRF55Vxx (my-d vicinity), TI Tag-it HF-I, reads UID/CSN of Inside Secure tags, e.g. HID iCLASS ISO 18092 / NFC: Passive peer-to-peer mode initiator, NFC Tag 2, 3, 4 Sony Felica: Encryption not supported

PROGRAMMING ENVIRONMENT

SDK	Handheld-Wireless Software Development Kit
Language	Java
Environment	Android Studio or Eclipse