



GESTÃO E ANÁLISE DE CRITICIDADE DO PROCESSO DE EMBUTIÇÃO DE TUBO NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

ANA MARGARIDA DA COSTA VIEIRA

julho de 2019

GESTÃO E ANÁLISE DA CRITICIDADE DO PROCESSO DE EMBUTIDURA DE TUBO NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Ana Margarida da Costa Vieira

1140555

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica – Materiais e Tecnologias de Fabrico



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

GESTÃO E ANÁLISE DA CRITICIDADE DO PROCESSO DE EMBUTIDURA DE TUBO NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Ana Margarida da Costa Vieira

1140555

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva e coorientação do Professor Doutor Raúl Duarte Salgueiral Gomes Campilho, Professores Adjuntos do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Doutora Sandra Cristina de Faria Ramos

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Co-orientador

Doutor Raúl Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutor António Manuel Bastos Pereira

Professor Auxiliar, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro

AGRADECIMENTOS

O meu primeiro agradecimento é dirigido aos meus pais, pelo esforço que desenvolveram para que eu tivesse a melhor educação e formação, tornando-se num exemplo e resultando na minha realização pessoal e académica.

Ao meu namorado, José Cabral, por todo o apoio e compreensão ao longo dos cinco anos de formação, caminhando lado a lado na engenharia e na vida.

Ao Professor Francisco José Gomes da Silva, pela dedicação aos alunos, disponibilidade e pelo exemplo, tanto como profissional de excelência como pela pessoa que é.

À empresa Hutchinson Porto, pela oportunidade de desenvolver a minha dissertação nas suas instalações e a todos os seus colaboradores, que contribuíram para que eu me sentisse parte integrante da organização. Em especial, à equipa de manutenção e de produção, onde destaco a equipa do VS30, Joana Sousa e Tiago Godinho, pelo apoio, orientação e boa disposição, contribuindo significativamente para a minha motivação diária e o meu crescimento enquanto profissional.

PALAVRAS CHAVE

Indústria Automóvel, Embutidura, Manutenção, Criticidade, *Setup*

RESUMO

A indústria automóvel tem evoluído, tornando-se cada vez mais exigente. Assim, torna-se necessário aumentar a disponibilidade dos equipamentos, reagindo de forma eficiente para conseguir responder aos pedidos dos clientes. Por este motivo, as empresas tornaram-se dependentes dos equipamentos industriais, sendo, por isso, extremamente importante garantir o correto funcionamento destes. A manutenção industrial é, neste contexto, um contributo bastante importante, especialmente se a sua gestão tiver em conta o aumento da disponibilidade e fiabilidade das máquinas e a redução de desperdícios.

A dissertação apresentada foi realizada num estágio curricular em contexto industrial, na área de manutenção e produção. O estágio decorreu entre os meses de setembro de 2018 e junho de 2019 numa empresa de produção de componentes para a indústria automóvel. Assim, durante este período, surgiu a oportunidade de integrar a equipa de manutenção, melhoria contínua e QRQC (*Quick Response to Quality Control*) de um projeto da empresa.

O foco deste trabalho é a necessidade de definir os componentes críticos de uma máquina de embutir, com a finalidade de reduzir as paragens de máquina. Para além disso, foi definida a melhoria das ordens de serviço (OS) efetuadas e ainda o aumento da disponibilidade da máquina. Deste modo, foram definidos como objetivos: desenvolvimento de uma metodologia para definição dos equipamentos críticos da máquina, desenvolvimento de *standards* de criação e resolução de OS e redução do tempo médio de *setup* em 20 %.

As metodologias utilizadas são variadas, utilizando-se técnicas quantitativas e qualitativas para a definição da criticidade, técnicas de *standard work* para definição dos procedimentos de OS e metodologia SMED (*Single-Minute Exchange of Die*). Assim sendo, o trabalho desenvolvido permitiu definir três equipamentos de elevada criticidade, definir três folhas de operação *standard* para criar e fechar OS e a redução de 38 % do tempo médio de *setup*, aumentando em 4 % a disponibilidade da máquina.

KEYWORDS

Automotive Industry, Deep Drawing, Maintenance, Criticality, Setup

ABSTRACT

The automotive industry has evolved, becoming increasingly demanding. Thus, it becomes necessary to increase the availability of equipment, reacting efficiently to be able to respond to customer requests. For this reason, companies have become dependent on industrial equipment, and it is therefore extremely important to ensure the correct operation of these. Industrial maintenance is, in this context, a very important contribution, especially if its management takes into account the increased availability and reliability of machinery and the reduction of waste.

The dissertation was done in a curricular internship in an industrial context, in the area of maintenance and production. The internship lasted from September 2018 to June 2019 in a company that manufactures components for the automotive industry. Thus, during this period, the opportunity arose to integrate the maintenance, continuous improvement and QRQC (Quick Response to Quality Control) teams of a project of the company.

The focus of this work is the need to define the critical components of an inlay machine, in order to reduce machine's downtime. In addition, it was defined as the improvement of the work orders (OS) made and also the increase in the availability of the machine. In this way, the following objectives were defined: development of a methodology for defining the critical equipment of the machine, development of OS creation and resolution standards and reduction of the average setup time by 20%.

The methodologies used are varied, using quantitative and qualitative techniques for the definition of criticality, standard work techniques for defining OS procedures and SMED (Single-Minute Exchange of Die) methodology. Thus, the work developed allowed to define three equipment of high criticality, to define three standard operating sheets to create and close OS and the reduction of 38% of the average setup time, increasing the machine's availability by 4%.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

BOM	<i>Bill of Materials</i>
FOS	Folha Operação <i>Standard</i>
GCC	<i>Gabarit</i> Controlado Curvado
GMAO	<i>Software</i> de Pedido de Assistência à Manutenção Industrial
IPSE	Instrução Preparação <i>Standard</i> Embutidura
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
JIT	<i>Just In Time</i>
MP	Matéria-Prima
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTO	<i>Make To Order</i>
MTS	<i>Make To Stock</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OS	Ordem de Serviço
PA	Produto Acabado
PDCA	<i>Plan Do Check Act</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PLC	Controlador Lógico Programável
PREP	Zona de Preparação
PT	Zona de Embutidura
QRQC	Resposta Rápida para Controlado de Qualidade
SMED	<i>Single-Minute Exchange of Die</i>
STI	<i>Science Technique Industrielle</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>

TPS	<i>Toyota Production System</i>
-----	---------------------------------

UAP	Unidade Autónoma de Produção
-----	------------------------------

Lista de Unidades

h	Hora
---	------

m	Metro
---	-------

min	Minuto
-----	--------

s	Segundo
---	---------

Lista de Símbolos

€	Euro
---	------

%	Percentagem
---	-------------

GLOSSÁRIO DE TERMOS

5S	Metodologia de organização do ambiente de trabalho.
Brida	Componente embutido ou soldado, utilizado para fazer conexão do tubo ao automóvel.
<i>Embutidura</i>	Neste trabalho, é designada por embutidura uma operação de conformação plástica em que o tubo é deformado em uma das suas extremidades, com vista à sua posterior conexão.
<i>Gabarit</i>	Ferramenta padrão para controlo da geometria/montagem final.
<i>Jidoka</i>	Significa automação com características humanas e é um dos pilares do TPS.
<i>Nok</i>	Não cumpre os requisitos.
<i>Ok</i>	Cumpre os requisitos.
<i>Setup</i>	Atividades de mudança, ajuste e preparação do equipamento para o fabrico de um novo lote ou produto.
<i>Shop Stock</i>	Local onde são armazenados os produtos semielaborados.
<i>Spare Parts</i>	Peças de substituição.
<i>Standard Work</i>	Documentação e padronização do trabalho.
<i>Kanban</i>	Utilização de cartões para indicar o progresso dos fluxos de produção nas empresas de produção em série.
<i>Layout</i>	Representação gráfica do chão de fábrica.
<i>Poka Yoke</i>	Dispositivo que pretende evitar a ocorrência de defeitos no processo de fabrico.
<i>Obús</i>	Nome dado, pela empresa, ao mecanismo existente no interior da válvula.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – <i>FORD MODEL T</i> [3].	9
FIGURA 2 – IMPORTÂNCIA DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES AUTOMÓVEIS NA ECONOMIA NACIONAL [6].	10
FIGURA 3 – GERAÇÕES DA MANUTENÇÃO, ADAPTADO DE [11].	12
FIGURA 4 – TIPOS DE MANUTENÇÃO. ADAPTADO DE [15], [16].	13
FIGURA 5 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DA MANUTENÇÃO CORRETIVA. ADAPTADO DE [17], [18].	14
FIGURA 6 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA. ADAPTADO DE [17], [18].	15
FIGURA 7 – PADRÕES TÍPICOS DE FALHA. ADAPTADO DE [11].	18
FIGURA 8 – PILARES DO TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE [12].	20
FIGURA 9 – GRÁFICO QUE RELACIONA OS CUSTOS COM O NÍVEL DE MANUTENÇÃO [28].	24
FIGURA 10 – ETAPAS DE UMA METODOLOGIA DE CRITICIDADE. ADAPTADO DE [32].	24
FIGURA 11 – FLUXOGRAMA ABC [33].	26
FIGURA 12 – MATRIZ DE RISCO DE CRITICIDADE [19].	28
FIGURA 13 – EXEMPLO DE DIAGRAMA DE MUDGE [36].	28
FIGURA 14 – DESPERDÍCIOS LEAN. ADAPTADO DE [2], [38], [39].	29
FIGURA 15 - PROPORÇÃO DAS ATIVIDADES PRODUTIVAS. ADAPTADO DE [37], [40].	30
FIGURA 16 – <i>SETUP</i> EXTERNO E INTERNO. ADAPTADO DE [46].	32
FIGURA 17 – PERDAS ASSOCIADAS A CADA PARÂMETRO DO OEE. ADAPTADO DE [52].	33
FIGURA 18 – CATEGORIAS DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE. ADAPTADO DE [54].	34
FIGURA 19 – EXEMPLO DE UM FLUXOGRAMA [56].	36
FIGURA 20 – SIGNIFICADO DE SWOT [58].	37
FIGURA 21 – DIAGRAMA DE PARETO [60].	37
FIGURA 22 – DIAGRAMA DE <i>ISHIKAWA</i> [53].	38

FIGURA 23 – ESQUEMA DO CHÃO DE FÁBRICA DA EMPRESA.	44
FIGURA 24 – DIAGRAMA DE FLUXO DA REFERÊNCIA EXEMPLO.	45
FIGURA 25 – ESQUEMA DA REFERÊNCIA EXEMPLO.	46
FIGURA 26 – FILTRO DE EQUIPAMENTOS.	49
FIGURA 27 – TUBO EMBUTIDO COM CASQUILHO.	50
FIGURA 28 – TUBO EMBUTIDO COM BRIDA E TUBO ROLINADO.	50
FIGURA 29 – MÁQUINA DE EMBUTIR EM ESTUDO.	50
FIGURA 30 – DIVISÃO DA MÁQUINA DE EMBUTIR EM SISTEMAS.	51
FIGURA 31 – EXEMPLO DE HIERARQUIA DO EQUIPAMENTO.	51
FIGURA 32 – ESQUEMA DA ESTRUTURA BASE DA MÁQUINA EM ESTUDO.	52
FIGURA 33 – ESQUEMA DA ESTRUTURA DE SUPORTE DE COLUNAS DA MÁQUINA EM ESTUDO.	53
FIGURA 34 – ESQUEMA DO CORPO CENTRAL DA MÁQUINA EM ESTUDO.	53
FIGURA 35 – <i>TOP</i> UTILIZADO NA MÁQUINA EM ESTUDO.	54
FIGURA 36 – ESQUEMA DA RÉGUA ÓTICA DA MÁQUINA EM ESTUDO.	54
FIGURA 37 – RÉGUA ÓTICA DA MÁQUINA EM ESTUDO.	54
FIGURA 38 – GRUPO PORTA FERRAMENTA DA MÁQUINA EM ESTUDO.	55
FIGURA 39 – PUNÇÃO DE UMA STI DA MÁQUINA EM ESTUDO.	55
FIGURA 40 – MEIA LUA UTILIZADA NA MÁQUINA EM ESTUDO.	56
FIGURA 41 – COMPONENTES DE GARANTIA DE POSIÇÃO.	57
FIGURA 42 – SISTEMA QUE CONTROLA A ROTAÇÃO DO PRATO E CUNHA PNEUMÁTICA.	58
FIGURA 43 – REPRESENTAÇÃO DOS MOVIMENTOS DO PRATO: LONGITUDINAL (A AZUL) E ROTAÇÃO (A VERDE).	58
FIGURA 44 – SISTEMA DE MORDAÇA.	59
FIGURA 45 – PRESSOSTATO E COPO DE ÓLEO.	59
FIGURA 46 – VÁLVULAS PNEUMÁTICAS.	60
FIGURA 47 – UTA DA MÁQUINA.	60

FIGURA 48 – CARREGADORES DE BRIDA OU CASQUILHO.	61
FIGURA 49 – TANQUE E BOMBA HIDRÁULICA.	62
FIGURA 50 – ECRÃ DA MÁQUINA EM ESTUDO (À ESQUERDA A VERSÃO MAIS ANTIGA E À DIREITA A MAIS RECENTE).	62
FIGURA 51 – SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO DA PEÇA.	63
FIGURA 52 – SINAL VISUAL DA MÁQUINA.	63
FIGURA 53 – FECHO DE SEGURANÇA DA MÁQUINA.	64
FIGURA 54 – INTERRUPTOR GERAL.	64
FIGURA 55 – INTERRUPTOR DE EMERGÊNCIA.	64
FIGURA 56 – ÁREA DE PREPARAÇÃO.	72
FIGURA 57 – LAVAGEM DAS FERRAMENTAS.	73
FIGURA 58 – MATERIAL PARA POLIR FERRAMENTAS.	73
FIGURA 59 – ORGANIZAÇÃO DE FERRAMENTAS.	74
FIGURA 60 – ENCHIMENTO DE MORDAÇA.	74
FIGURA 61 – PÁGINA DE CRIAÇÃO DE OS NO GMAO.	75
FIGURA 62 – DISTRIBUIÇÃO DAS MÁQUINAS DE EMBUTIR.	77
FIGURA 63 – TIPOS DE OS DAS MÁQUINAS DE EMBUTIR.	78
FIGURA 64 - ORDENS DE SERVIÇO POR MÁQUINA.	78
FIGURA 65 - Nº DE ORDEN DE SERVIÇO POR COMPONENTE.	79
FIGURA 66 - Nº DE ORDENS DE SERVIÇO POR COMPONENTE DAS MÁQUINAS HIDRÁULICAS.	80
FIGURA 67 - Nº DE ORDENS DE SERVIÇO POR COMPONENTE DAS MÁQUINAS ELÉTRICAS.	81
FIGURA 68 – COMPARAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE ORDENS DE SERVIÇO POR COMPONENTE, POR MÁQUINA.	82
FIGURA 69 – PROPOSTA DE RESOLUÇÃO DOS TRÊS PROBLEMAS.	85
FIGURA 70 – ANÁLISE SWOT DA PROPOSTA DE RESOLUÇÃO PARA O PROBLEMA A.	86
FIGURA 71 – ANÁLISE SWOT DA PROPOSTA DE RESOLUÇÃO PARA O PROBLEMA B.	87
FIGURA 72 – ANÁLISE SWOT DA PROPOSTA DE RESOLUÇÃO PARA O PROBLEMA C.	88

FIGURA 73 – DIAGRAMA DE <i>ISHIKAWA</i> RELATIVO À PARAGEM DA MÁQUINA DE EMBUTIR.	89
FIGURA 74 - TUBOS EMBUTIDOS COM LIMALHAS (1).	91
FIGURA 75 - TUBOS EMBUTIDOS COM LIMALHAS (2).	91
FIGURA 76 - PEDAÇOS DE TUBO DE ALUMÍNIO AGARRADOS AO PINO DA FERRAMENTA.	94
FIGURA 77 - PEDAÇOS DE TUBO DE ALUMÍNIO AGARRADOS À MORDAÇA.	94
FIGURA 78 - PEÇA <i>OK</i> COM BRIDA EMBUTIDA.	95
FIGURA 79 - PEÇA <i>NOK</i> COM BRIDA EMBUTIDA.	95
FIGURA 80 – FLUXOGRAMA DA ELABORAÇÃO DO MODELO DE CRITICIDADE PROPOSTO.	97
FIGURA 81 – DISTRIBUIÇÃO DOS QUATRO NÍVEIS POR CRITÉRIO.	101
FIGURA 82 – CÁLCULO DA CRITICIDADE DO COMPONENTE PRATO.	101
FIGURA 83 - STOCK DE FERRAMENTA DE EMBUTIDURA EXISTENTE NA FERRAMENTARIA.	103
FIGURA 84 – DADOS RESULTANTES DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA.	104
FIGURA 85 – AÇÕES DE ESTRATÉGIA PARA OS COMPONENTES DE CATEGORIA A.	106
FIGURA 86 – AÇÕES DE ESTRATÉGIA PARA OS COMPONENTES DE CATEGORIA B.	106
FIGURA 87 – AÇÕES DE ESTRATÉGIA PARA OS COMPONENTES DE CATEGORIA C.	107
FIGURA 88 – EXEMPLO DE OS PREENCHIDA INCORRETAMENTE.	110
FIGURA 89 – 7ª ETAPA DO <i>STANDARD</i> DE FECHO DE UMA OS PARA A MANUTENÇÃO.	111
FIGURA 90 – 7ª ETAPA DO <i>STANDARD</i> DE FECHO DE UMA OS NA FERRAMENTARIA.	112
FIGURA 91 – EXEMPLO DE COMENTÁRIO ELABORADO POR TÉCNICO DA MANUTENÇÃO ANTES DA IMPLEMENTAÇÃO DO <i>STANDARD</i> .	112
FIGURA 92 – EXEMPLO DE COMENTÁRIO ELABORADO POR TÉCNICO DA MANUTENÇÃO, SEGUINDO O <i>STANDARD</i> .	112
FIGURA 93 – PROCEDIMENTO PARA IMPLEMENTAÇÃO DA TÉCNICA <i>SMED</i> .	113
FIGURA 94 – DURAÇÃO DAS TAREFAS DE <i>SETUP</i> NA SITUAÇÃO INICIAL.	114
FIGURA 95 – EXCERTO DE <i>IPSE</i> NO FORMATO ANTERIOR.	115
FIGURA 96 – EXCERTO DE UMA <i>IPSE</i> ATUALIZADA.	116
FIGURA 97 – DURAÇÃO DAS TAREFAS DE <i>SETUP</i> APÓS IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS.	117

FIGURA 98 – COMPARAÇÃO ENTRE A DURAÇÃO DO *SETUP* INICIAL E APÓS IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS. 118

FIGURA 99 – EVOLUÇÃO MENSAL DO OEE. 119

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – AÇÕES DE MANUTENÇÃO [13].	16
TABELA 2 – INDICADORES GERAIS DE MANUTENÇÃO [7], [21].	18
TABELA 3 – PADRÕES TÍPICOS DE FALHA [22].	19
TABELA 4 – CUSTOS TOTAIS DE MANUTENÇÃO [27].	23
TABELA 5 – CONCEITOS DA ARBORESCÊNCIA DE ATIVOS.	25
TABELA 6 – TIPOS DE TÉCNICAS DE ANÁLISE DE CRITICIDADE DE ATIVOS. ADAPTADO DE [32].	26
TABELA 7 – 5S, SIGNIFICADO E DEFINIÇÃO [44].	31
TABELA 8 – CASOS DE ESTUDO COM APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS <i>LEAN</i> .	39
TABELA 9 – LEGENDA DO EXEMPLO DE TUBAGEM MOSTRADO NA FIGURA 25	46
TABELA 10 – GAMA OPERATÓRIA DA REFERÊNCIA EXEMPLO.	47
TABELA 11 – COMPONENTES PRINCIPAIS DA MÁQUINA.	65
TABELA 12 – COMPONENTES PRINCIPAIS DA MÁQUINA (CONTINUAÇÃO).	66
TABELA 13 – COMPONENTES PRINCIPAIS DA MÁQUINA (CONTINUAÇÃO).	67
TABELA 14 - PROCEDIMENTO DE <i>SETUP</i> DA MÁQUINA.	69
TABELA 15 - PARÂMETROS AJUSTADOS PELO PREPARADOR.	71
TABELA 16 – PROCEDIMENTO DE LIMPEZA DAS FERRAMENTAS.	72
TABELA 17 – MÁQUINAS HIDRÁULICAS.	76
TABELA 18 – MÁQUINAS ELÉTRICAS.	77
TABELA 19 – MTBF E MTTR DAS MÁQUINAS DE EMBUTIR.	79
TABELA 20 - Nº DE ORDENS DE SERVIÇO EFETUADAS PARA CADA COMPONENTE DAS MÁQUINAS HIDRÁULICAS.	80
TABELA 21 - Nº DE ORDENS DE SERVIÇO EFETUADAS PARA CADA COMPONENTE DAS MÁQUINAS ELÉTRICAS.	81

TABELA 22 - CUSTOS DAS ORDENS DE SERVIÇO.	83
TABELA 23 - DESCRIÇÃO DE POTENCIAIS CAUSAS RELACIONADAS COM O MATERIAL.	90
TABELA 24 - DESCRIÇÃO DE POTENCIAIS CAUSAS RELACIONADAS COM A MÁQUINA.	91
TABELA 25 - DESCRIÇÃO DE POTENCIAIS CAUSAS RELACIONADAS COM A MÃO-DE-OBRA.	93
TABELA 26 - DESCRIÇÃO DE POTENCIAIS CAUSAS RELACIONADAS COM O MEIO.	94
TABELA 27 - DESCRIÇÃO DE POTENCIAIS CAUSAS RELACIONADAS COM A MEDIÇÃO.	94
TABELA 28 – DESCRIÇÃO DE POTENCIAIS CAUSAS RELACIONADAS COM O MÉTODO.	96
TABELA 29 - DIAGRAMA DE MUDGE PARA IDENTIFICAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DOS CRITÉRIOS.	100
TABELA 30 – NÍVEIS DE CRITICIDADE. BASEADO EM [32], [67].	102
TABELA 31 – COMPONENTES COM CRITICIDADE SUPERIOR.	104
TABELA 32 – EQUIPAMENTOS CRÍTICOS ANTES DO ESTUDO REALIZADO.	105
TABELA 33 – AÇÕES IMPLEMENTADAS NA FOS DE CRIAÇÃO DE OS.	109
TABELA 34 – DIFICULDADE E AÇÕES IMPLEMENTADAS NA FOS DE FECHO DE OS.	110
TABELA 35 – TAREFAS DE <i>SETUP</i> REALIZADAS.	114
TABELA 36 – TAREFAS DE <i>SETUP</i> REALIZADAS APÓS ATUALIZAÇÃO DA IPSE.	117
TABELA 37 – COMPARAÇÃO ENTRE O <i>SETUP</i> INICIAL E FINAL.	118
TABELA 39 – EVOLUÇÃO MENSAL DO OEE.	119
TABELA 40 – COMPARAÇÃO DOS OBJETIVOS E RESULTADOS OBTIDOS.	123

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	3
1.1	Enquadramento	3
1.2	Objetivos.....	3
1.3	Metodologia.....	4
1.4	Estrutura do relatório.....	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	Indústria automóvel	9
2.1.1	Impacto na economia nacional	10
2.2	Manutenção.....	11
2.2.1	Gestão de manutenção	12
2.2.2	Tipos de manutenção	13
2.2.2.1	Manutenção Corretiva	13
2.2.2.2	Manutenção preventiva	14
2.2.3	Ações de manutenção	16
2.2.4	Nível de Manutenção	17
2.3	Indicadores de Desempenho da Manutenção.....	17
2.3.1	Padrões típicos de falha.....	18
2.3.2	MTBF (<i>Mean Time Between Failures</i>).....	19
2.3.3	MTTR (<i>Mean Time to Repair</i>).....	20

2.4	Modelo de Gestão da Manutenção	20
2.4.1	TPM – <i>Total Productive Maintenance</i>	20
2.4.2	Gestão de materiais e peças de substituição	21
2.4.3	Gestão de Manutenção Assistida por Computador	22
2.4.4	Custos da manutenção	22
2.5	Criticidade.....	24
2.5.1	Identificação e hierarquia de ativos	25
2.5.2	Metodologia de avaliação da criticidade	25
2.5.2.1	Técnicas Qualitativas – fluxograma ABC.....	26
2.5.2.2	Técnicas Quantitativas - Avaliação de risco	27
2.5.2.3	Diagrama de Mudge.....	28
2.6	Lean Manufacturing	29
2.6.1	Ferramentas <i>Lean</i>	30
2.6.1.1	<i>Standard Work</i>	31
2.6.1.2	5S	31
2.6.1.3	SMED (<i>Single Minute Exchange of Die</i>)	32
2.7	OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>)	33
2.8	Ferramentas da Qualidade	34
2.8.1	Fluxograma	35
2.8.2	Análise SWOT.....	36
2.8.3	Diagrama de Pareto.....	37
2.8.4	Diagrama de <i>Ishikawa</i>	38
2.9	Trabalhos práticos baseados em ferramentas lean	39
3	DESENVOLVIMENTO.....	43
3.1	Empresa de acolhimento.....	43

3.2	Descrição do processo produtivo.....	44
3.2.1	Diagrama de fluxo	45
3.2.2	Referência exemplo.....	46
3.2.3	Gama operatória.....	47
3.3	Seleção do equipamento em estudo	49
3.4	Embutição.....	50
3.5	Máquina.....	50
3.5.1	Hierarquia do equipamento.....	51
3.5.2	Estrutura mecânica	52
3.5.3	Ferramentas.....	55
3.5.4	Acionamento Movimento Mecânico.....	56
3.5.5	Mordaza	58
3.5.6	Sistema Pneumático.....	60
3.5.7	Carregadores.....	61
3.5.8	Sistema hidráulico.....	61
3.5.9	Sistema Elétrico.....	62
3.5.10	Sensores.....	62
3.5.11	Lubrificação.....	63
3.5.12	Segurança.....	63
3.5.13	Componentes principais	65
3.6	Preparação.....	68
3.7	Ordem de serviço (OS).....	75
3.8	Descrição do problema.....	76
3.8.1	Análise inicial	76
3.8.2	Análise por máquina.....	78

3.8.3	Análise por componente	79
3.8.4	Análise de custos.....	83
3.8.5	Conclusão da análise	84
3.9	Tempestade de ideias.....	84
3.10	Análise SWOT.....	85
3.10.1	Problema A – Modelo de Criticidade	86
3.10.2	Problema B – <i>Standard</i> para OS	87
3.10.3	Problema C – <i>Setup</i> das máquinas.....	88
3.11	Problema A - Análise funcional.....	89
3.11.1	Diagrama Causa-Efeito.....	89
3.11.2	Modelo de avaliação da criticidade	97
3.11.3	Definição dos critérios do modelo	98
3.11.4	Definição do grau de importância dos critérios.....	99
3.11.5	Cálculo da criticidade.....	100
3.11.6	Análise dos resultados de criticidade obtidos	102
3.11.7	Abordagem perante a criticidade	105
3.12	Problema B - Análise Funcional.....	107
3.12.1	Folhas de Operação <i>Standard</i> (FOS)	107
3.12.1.1	Criação de uma Ordem de Serviço (OS).....	108
3.12.1.2	Fecho de uma Ordem de Serviço (OS).....	110
3.13	Problema C - Análise Funcional.....	113
3.13.1	Atualização de instrução de preparação <i>standard</i> de embutidura (IPSE).....	113
3.13.2	Disponibilidade - OEE.....	119
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	123
4.1	Conclusões	123

4.2	Proposta de trabalhos futuros	124
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	129
6	ANEXOS	137
6.1	ANEXO 1 – TABELA DE CRITICIDADE	137
6.2	ANEXO 2 – FOS PARA CRIAÇÃO DE UMA OS.....	141
6.3	ANEXO 3 – FOS PARA FECHAR UMA OS: FERRAMENTARIA.....	143
6.4	ANEXO 4 – FOS PARA FECHAR UMA OS: MANUTENÇÃO	145
6.5	ANEXO 5 – EXCERTO DE IPSE ANTIGA E IPSE ATUALIZADA	147

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia

1.4 Estrutura do relatório

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Esta dissertação foi desenvolvida no âmbito de um estágio curricular relativo ao Mestrado em Engenharia Mecânica, especialização em Materiais e Tecnologias de Fabrico. O estágio iniciou em setembro de 2018, terminando em junho de 2019 e realizou-se na empresa *Hutchinson* Porto, sediada no concelho de Valongo, no distrito do Porto.

A empresa pertence ao grupo francês *Hutchinson* e dedica-se à produção de componentes para a indústria automóvel, nomeadamente a produção de tubos para sistemas de ar condicionado e direção assistida. O foco do projeto centrou-se no departamento de Produção.

O desafio proposto para a realização deste trabalho consistiu na análise de um conjunto de máquinas, consideradas como as mais importantes para o processo de fabrico, ou seja, as máquinas de embutidura, com o objetivo de distinguir quais os componentes mais críticos destas, assim como a introdução de possíveis melhorias.

1.2 Objetivos

O objetivo do trabalho é identificar os equipamentos que apresentam um índice de criticidade mais elevado, com a finalidade de garantir que não há paragens de máquinas devido a falta de material crítico, e de verificar se o planeamento de manutenção aplicado e os componentes críticos identificados anteriormente, estão ou não a satisfazer as necessidades.

Tendo em conta a grande diversidade de equipamentos na empresa, e de maneira a reduzir a população alvo, decidiu-se focar este estudo nas máquinas de embutidura. Assim, consegue-se ter uma noção mais fiável e credível de todos os equipamentos em estudo, e um tratamento de dados mais sucinto, preciso e de fácil compreensão, podendo posteriormente ser expandido aos restantes equipamentos da empresa.

Outro objetivo deste trabalho é melhorar a gestão e análise das ordens de serviço, criando um *standard* e formando todos os colaboradores.

Por fim, surgiu como objetivo melhorar os tempos do processo de *setup* utilizando a metodologia SMED, facilitando-o e tornando-o *standard*.

1.3 Metodologia

O trabalho desenvolvido obedeceu à seguinte metodologia:

1. Integração na empresa e observação do processo produtivo

- Esta fase consistiu na integração na empresa e equipa de produção, familiarização com os processos produtivos e aprendizagem de conceitos teóricos e práticos sobre os mesmos.

2. Análise do problemas e definição de objetivos

- Etapa de definição e delimitação das atividades a desenvolver no decorrer do estágio, de forma a identificar os objetivos do trabalho.

3. Pesquisa bibliográfica

- Após a definição do problema e objetivos, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, reunindo as referências bibliográficas necessárias para compreender adequadamente os conceitos teóricos, técnicos e metodologias a implementar.

4. Implementação de técnicas e metodologias

- Nesta fase, implementou-se uma matriz para cálculo dos componentes críticos, metodologia SMED para redução dos tempos de *setup* e a aplicação de *standards* para a realização e resolução de ordens de serviço (OS).

5. Análise dos resultados, conclusões e sugestões de melhorias

- Após as implementações efetuadas, monitorizou-se as alterações efetuadas e analisou-se os dados obtidos, as OS e os tempos de *setup*.

1.4 Estrutura do relatório

Este relatório está dividido em seis capítulos.

No primeiro capítulo, é realizado o enquadramento do trabalho, são apresentados os objetivos, descrita a metodologia utilizada e referida a estrutura do relatório.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica, com toda a informação teórica sobre os conceitos e metodologias utilizadas.

O terceiro capítulo é constituído pelo desenvolvimento do trabalho, apresentando as técnicas e metodologias aplicadas e os resultados obtidos.

O quarto capítulo é o capítulo conclusivo, onde se apresentam as conclusões e reflexões retiradas do trabalho desenvolvido, assim como as sugestões de melhoria e considerações para trabalhos futuros.

O quinto capítulo é composto pelas referências bibliográficas e outras fontes de informação, necessárias ao desenvolvimento do trabalho.

Por fim, no sexto e último capítulo, é apresentada a informação adicional, nomeadamente cálculos auxiliares e documentação.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria automóvel

2.2 Manutenção

2.3 Indicadores de Desempenho da Manutenção

2.4 Modelo de Gestão da Manutenção

2.5 Criticidade

2.6 Lean Manufacturing

2.7 OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

2.8 Ferramentas da Qualidade

2.9 Trabalhos práticos baseados em ferramentas *Lean*

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria automóvel

A indústria automóvel começou no final do século XIX, sendo que, inicialmente, era essencialmente de produção artesanal, fornecendo aos clientes exatamente o que pretendiam [1]. No entanto, este método de produção implicava elevados custos e tempos de espera.

No início do século XX, mais especificamente em 1913, a indústria automóvel evoluiu bastante, com a aplicação do conceito de linha de montagem para produzir veículos por Henry Ford [2]. O primeiro modelo produzido pela *Ford* foi o *Model T* (Figura 1). Este automóvel era produzido a cada 24 segundos e o seu fabrico foi mantido durante aproximadamente 19 anos. Esta evolução permitiu um aumento da capacidade produtiva, reduzindo o preço dos automóveis e aumentando a cadência de fabrico destes. Estas condições tornaram-no acessível a um maior número de pessoas [3].



Figura 1 – *Ford Model T* [3].

Posteriormente, a meio do século XX, foram sendo introduzidas ferramentas de controlo estatístico e da qualidade, como a *Toyota Production System* (TPS) e a filosofia *Just-in-Time*, reduzindo tempos de *setup*, *stocks*, eliminando desperdícios e melhorando a qualidade. Hoje em dia, as empresas da indústria automóvel estão sempre em constante desenvolvimento e adaptam-se rapidamente aos pedidos do mercado [2], apesar de enfrentarem alguns desafios no que diz respeito à sustentabilidade dos processos de fabrico que utilizam e à emissão dos veículos [4]. O forte desenvolvimento desta indústria baseia-se em três pilares principais: competitividade, qualidade do produto e tempo de resposta a pedidos [5].

2.1.1 Impacto na economia nacional

São as competências técnicas dos portugueses, os custos de montagem e gestão competitivos, e as infraestruturas logísticas, que fazem com que esta indústria tenha força no país. Este setor é de extrema importância para a economia do país devido à criação de empregos qualificados, à contribuição para o desenvolvimento das exportações, da inovação e do conhecimento. Para além disso, este setor está ligado aos centros de ensino superior e investigação, criando mais valor e empregos qualificados.

Em Portugal, a indústria automóvel (incluindo a produção de automóveis e de componentes) representa 4% do PIB total.

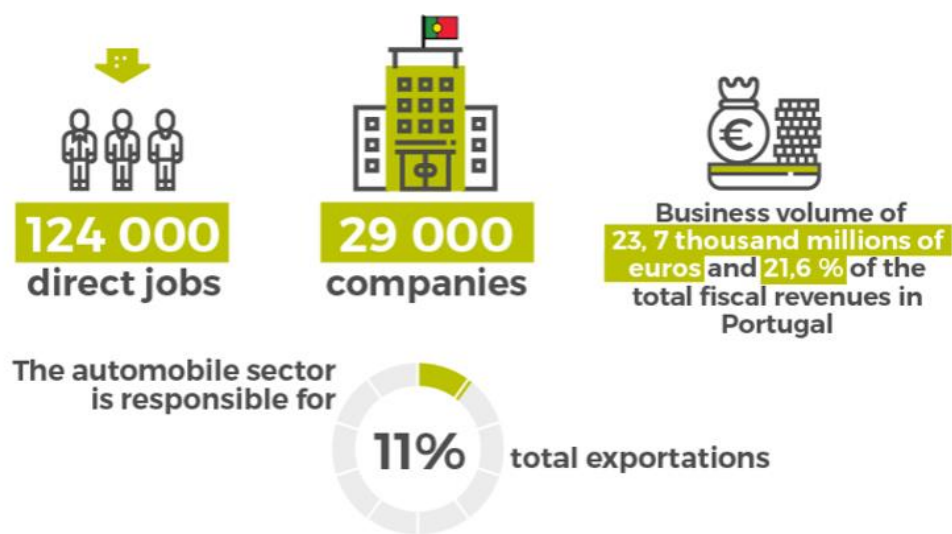


Figura 2 – Importância da indústria de componentes automóveis na economia nacional [6].

Traduzindo a Figura 2 é possível entender que esta indústria é responsável por 11% do valor total exportado. Esta indústria conta com 29 mil empresas e cria 124 mil empregos diretos, tendo um volume de negócios de 23,7 mil milhões de euros e contribuindo com 21,6% das receitas fiscais do país [6].

2.2 Manutenção

A manutenção define-se como a combinação entre as ações técnicas, administrativas e de gestão durante o ciclo de vida de um componente, equipamento ou sistema, com o objetivo de mantê-lo ou repô-lo num estado que possa cumprir as funções que lhe são requeridas [7], [8]. Assim sendo, a manutenção tem como objetivo garantir que a função dos equipamentos está disponível, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados [9].

Devido ao aumento da automação e mecanização da produção, principalmente após a revolução industrial no século XIX, a indústria tornou-se cada vez mais dependente da disponibilidade e fiabilidade dos equipamentos, provocando a evolução das estratégias de manutenção e tornando-a numa operação de relevo. Nos últimos anos, as expectativas sobre a manutenção aumentaram, exigindo melhor qualidade do produto, mais consciência sobre os impactos de potenciais falhas no ambiente e na segurança dos operadores e uma maior disponibilidade do equipamento, controlando os custos [10].

Assim, a manutenção foi evoluindo, dividindo-se em três gerações (Figura 3). Durante a primeira geração, que corresponde ao período anterior à Segunda Guerra Mundial, foi desenvolvido o conceito de manutenção corretiva, ou seja, manutenção focada na reparação após avaria. A resolução das avarias era relativamente simples, devido à baixa mecanização da indústria, ao equipamento robusto, simples e sobre-dimensionado, e à falta de preocupação com o meio ambiente e segurança [11].

A segunda geração surgiu após a guerra, e trouxe o surgimento da manutenção preventiva, baseada em sistemas de planeamento, com intervalos de tempo fixos, o que aumentou o controlo das operações executadas e o investimento na manutenção. Esta geração caracteriza-se pelo aumento da complexidade tecnológica, da mecanização da indústria e pela consideração dos impactos ambientais. Deste modo, uma avaria em algum equipamento teria um grande impacto, e o objetivo seria maximizar o tempo de vida útil dos ativos [11].

A partir dos anos 70, surge a terceira geração e, nos processos industriais, surgiram técnicas de análise de falhas e estudos sobre riscos, evoluindo para a manutenção preditiva. Devido ao crescimento de metodologias como a *Just in Time*, uma paragem num equipamento poderia originar a paragem do sistema de produção, originando elevadas perdas de produção nas fábricas, e levando à crescente necessidade de aumentar a fiabilidade dos equipamentos. Para além disso, os clientes começaram a exigir padrões de qualidade mais elevados, e os custos de manutenção começaram a aumentar [11].

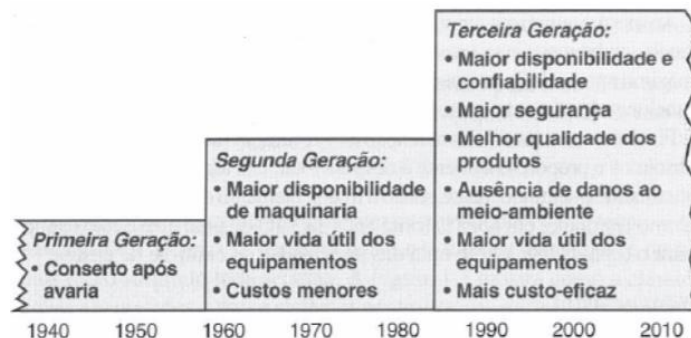


Figura 3 – Gerações da manutenção, adaptado de [11].

2.2.1 Gestão de manutenção

A importância do equipamento para o processo, o custo do equipamento e da sua reposição, as consequências da falha no processo ou os riscos de segurança provocados pela falha, são alguns dos fatores que devem ser levados em consideração para selecionar a política de manutenção. Esta varia de equipamento para equipamento, não podendo ser a mesma para todos.

Equipamentos com manutenção inadequada e, por isso, indisponíveis, afetam a qualidade do produto. A manutenção deve então ser tratada como um fator de enorme importância para a qualidade e produtividade, aumentando a competitividade da empresa.

A definição da estratégia da manutenção é determinante para o sucesso da manutenção na organização. É esta que determina a eficácia da implementação dos planos de manutenção, programas, controlos ou melhorias, e exige capacidade de prever ao longo do tempo os requisitos de produção.

Deste modo, a gestão da manutenção tem objetivos estabelecidos de acordo com a estratégia da empresa [12]:

- Objetivos técnicos: associados ao nível de disponibilidade e capacidade do equipamento, segurança de pessoas e ambiente, e atualização do equipamento;
- Objetivos de requisitos legais e regulamentares: cumprir os requisitos para equipamentos elétricos, proteção contra incêndio, ruído, entre outros;
- Objetivos financeiros: minimizar o custo ao longo da vida do equipamento e retenção do valor dos ativos.

2.2.2 Tipos de manutenção

A gestão da manutenção pode adotar diferentes tipos de manutenção, dependendo dos critérios que possui para intervir nos equipamentos. Deste modo, de acordo com a norma EN 13306 [8], existem dois tipos de manutenção base: manutenção planeada e manutenção não planeada. Estas manutenções podem ser essencialmente de dois tipos, preventiva e corretiva, respetivamente (Figura 4).

A manutenção preventiva é feita para evitar a ocorrência de avarias e/ou paragens provocadas por estas e, por isso, é uma manutenção planeada. Este tipo de manutenção exige planeamento, controlo de ativos e metodologias otimizadas, levando ao prolongamento da vida útil dos equipamentos e à redução de falhas inesperadas [13].

A manutenção corretiva está relacionada com a resolução de avarias que ocorrem no equipamento, e é executada depois de se detetar as falhas, de modo a colocar o equipamento a efetuar as funções que lhe são requeridas. Este tipo de manutenção não envolve qualquer tipo de plano ou análise, e é efetuada apenas quando a falha surge [14].

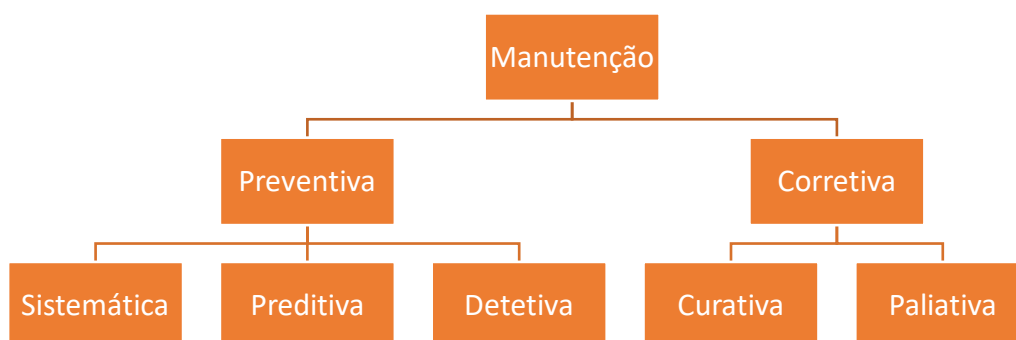


Figura 4 – Tipos de manutenção. Adaptado de [15], [16].

2.2.2.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma falha, implicando a paragem do equipamento e impedindo-o de cumprir a função requerida. É o tipo de manutenção mais antigo e mais utilizado em equipamentos da indústria. Este tipo de manutenção exige ações reativas e não planeadas, necessárias para o restabelecimento do funcionamento do equipamento em questão [13]. As vantagens e desvantagens deste tipo de manutenção encontram-se descritas na Figura 5.

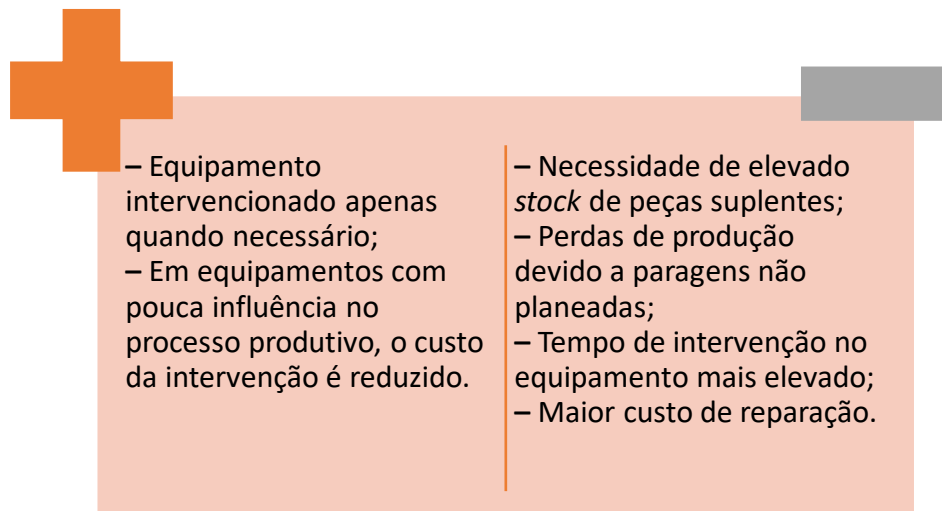


Figura 5 – Vantagens e desvantagens da manutenção corretiva. Adaptado de [17], [18].

A manutenção corretiva pode ainda ser dividida em [19]:

Manutenção Curativa – consiste na manutenção efetuada após o diagnóstico, e de forma definitiva, deixando o equipamento a funcionar.

Manutenção Paliativa – consiste na reparação que ocorre de forma provisória, de modo a minimizar o problema e que, posteriormente, necessitará de um profissional de manutenção para reparar o problema por completo.

2.2.2.2 *Manutenção preventiva*

A manutenção preventiva consiste em evitar que as avarias ocorram, realizando ações em intervalos pré-determinados. Normalmente, este tipo de manutenção segue critérios prescritos e é efetuada em intervalos de tempo estabelecidos de acordo com esses critérios, de modo a reduzir a probabilidade de falha ou degradação de funcionamento de um item [13].

Inicialmente, este tipo de manutenção pode ser considerado menos útil do ponto de vista financeiro, mas devem ser ponderados os custos de paragem de um equipamento devido a uma falha inesperada, pondo em causa o cumprimento de objetivos de produção. A longo prazo, o investimento em manutenção preventiva traz retornos financeiros, nomeadamente com a melhoria da gestão da manutenção, da segurança dos colaboradores e com o aumento da organização dos processos [20]. Na Figura 6 é possível comparar as vantagens e desvantagens da manutenção preventiva.

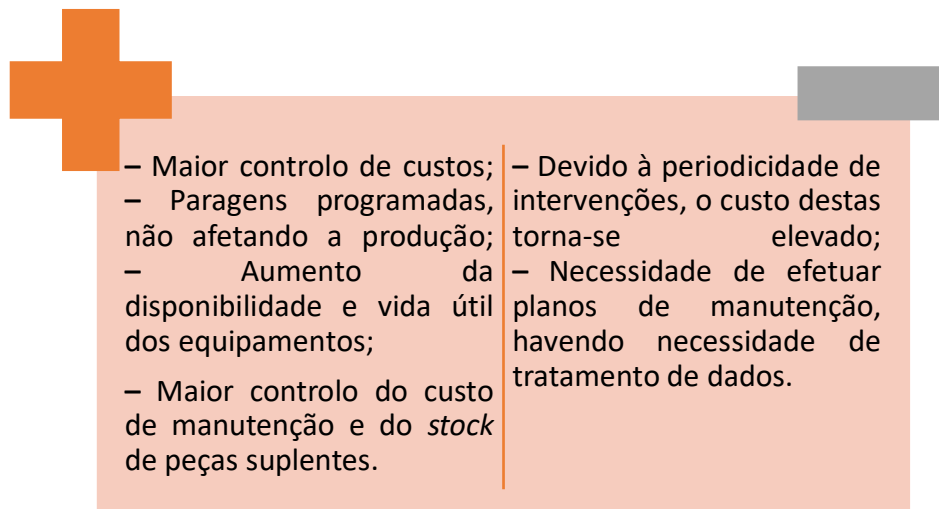


Figura 6 – Vantagens e desvantagens da manutenção preventiva. Adaptado de [17], [18].

A manutenção preventiva pode ainda ser dividida em:

Manutenção preditiva – consiste no acompanhamento periódico do equipamento, através de dados recolhidos em inspeções ou monitorizações, de modo a avaliar o tempo de vida útil dos componentes e sendo feita uma previsão/antecipação da falha. Esta manutenção tem como objetivo antecipar a necessidade de recorrer à manutenção corretiva [13].

Manutenção sistemática/ primeiro nível – este tipo de manutenção tem como finalidade manter o funcionamento do equipamento de acordo com as características do fabricante. O objetivo é ser feita uma manutenção periodicamente, cujos intervalos são medidos numa determinada unidade de tempo, ou noutra parâmetro que traduza o funcionamento do equipamento [11].

Manutenção detetiva – este tipo de manutenção consiste na verificação do estado de funcionalidade de componentes que possuem falhas ocultas associadas. Assim, este tipo de manutenção utiliza testes e ensaios capazes de detetar uma falha, ou a sua iminência [11].

2.2.3 Ações de manutenção

As ações de manutenção dividem-se em inspeção, monitorização, manutenção de rotina, revisão, reparação e reconstrução, tal como indicado na Tabela 1 [13].

Tabela 1 – Ações de manutenção [13].

Ações de manutenção	Descrição
Inspeção	Pode ser uma ação em si, ou ser realizada durante uma outra ação de manutenção. Destina-se a verificar a conformidade do equipamento, medindo e testando.
Monitorizar	O objetivo é observar as condições reais de um equipamento durante o seu funcionamento.
Manutenção de rotina	Manutenção básica repetida regularmente, sem necessidade de qualificação, ferramentas ou autorização especial.
Revisão	Verificações ou ações cujo objetivo é manter o nível de disponibilidade.
Preparação	Inclui o diagnóstico, correção da avaria e verificação do funcionamento do equipamento. O objetivo final é restaurar a função requerida do equipamento avariado.
Reconstrução	Tem como objetivo prolongar a vida útil do equipamento, assim como atualizá-lo tecnologicamente. Esta ação ocorre após a desmontagem do equipamento, ao aproximar-se do fim de vida útil.

2.2.4 Nível de Manutenção

A norma EN 13306 [8] relaciona o nível de manutenção com os níveis de arborescência. O nível de arborescência é o nível de decomposição na hierarquia de um bem, o qual depende da complexidade do equipamento, da acessibilidade aos diferentes componentes, dos meios necessários à intervenção, das considerações de segurança e das políticas de gestão de ativos. Os níveis de manutenção dividem-se em cinco, havendo uma ligação entre manutenção e produção [12]:

- Nível 1: Manutenção autónoma – ações simples, como limpeza, afinações simples, substituição de componentes de fácil acesso ou lubrificação, realizadas habitualmente pelo operador no próprio local de trabalho.
- Nível 2: Manutenção corretiva – ações de manutenção base, normalmente executadas por um técnico qualificado, incluindo diagnóstico de avaria, substituição de componentes funcionais e reparações. Envolve atividades como substituição de componentes *standard*.
- Nível 3: Manutenção preventiva – ações destinadas a identificar e diagnosticar avarias, de modo a prevenir avarias e consequentes indisponibilidades do equipamento.
- Nível 4: Manutenção de prevenção – ações destinadas a melhorar a fiabilidade, introduzindo melhorias, novas técnicas, sistemas ou equipamentos. Estes trabalhos implicam o domínio de uma técnica ou tecnologia especializada.
- Nível 5: Manutenção contratada – ações de manutenção subcontratadas, realizadas por fornecedores externos, que podem ou não ser os fabricantes do equipamento.

2.3 Indicadores de Desempenho da Manutenção

A manutenção tem evoluído e o desempenho dos processos tem tido melhorias. Deste modo, existiu a necessidade de medir e desenvolver indicadores de desempenho. Estes indicadores permitem avaliar a decisão atual e de situações futuras, comparando os respetivos resultados.

Os indicadores de desempenho podem dividir-se em três grupos: económicos, técnicos e organizacionais [19]. Na Tabela 2 encontram-se descritos os indicadores gerais da manutenção, no entanto, são os indicadores técnicos que são utilizados com mais frequência, nomeadamente taxa de falha, MTBF e MTTR. Os dois últimos serão descritos com mais detalhe nos subcapítulos seguintes.

Tabela 2 – Indicadores gerais de manutenção [7], [21].

Indicador de Manutenção	Descrição
Disponibilidade	Probabilidade de um equipamento, quando necessário, ser capaz de cumprir a sua função satisfatoriamente.
Falha	Incapacidade de um equipamento, quando necessário, cumprir a sua função com o desempenho desejado.
Taxa de falha (λ)	Número de falhas que um equipamento sofreu num determinado espaço de tempo.
Fiabilidade	Probabilidade de um equipamento desempenhar a função esperada num período de tempo específico.
<i>Uptime</i>	Contrário de <i>Downtime</i> . Tempo que o equipamento está totalmente operacional, desempenhando a função esperada.

2.3.1 Padrões típicos de falha

Ao longo do tempo, a complexidade dos equipamentos aumentou e os padrões de falha também evoluíram. Estes podem estar, ou não, relacionados com a idade do equipamento. Na Figura 7 e Tabela 3, estão representados os padrões típicos de falha, sendo que o A, B e C relacionam-se com a idade do equipamento, enquanto que os padrões D, E e F não.

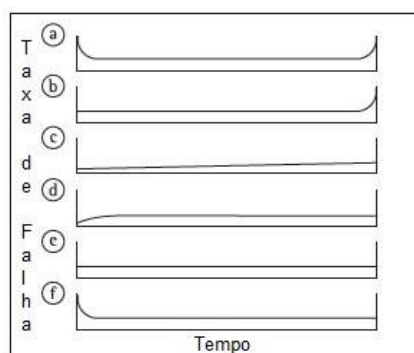


Figura 7 – Padrões típicos de falha. Adaptado de [11].

Tabela 3 – Padrões típicos de falha [22].

Padrão A	Designa-se por “curva da banheira” e é constituído por três períodos distintos. O primeiro é de probabilidade de falha decrescente, infância, o segundo de probabilidade de falha constante, vida útil e, por fim, probabilidade de falha crescente, velhice.
Padrão B	Designa-se por “desgaste típico” e apresenta um desgaste constante, que, no fim de vida do equipamento, termina numa zona de desgaste mais acentuado.
Padrão C	Designa-se por “desgaste gradual” e apresenta uma probabilidade de falha crescente.
Padrão D	Designa-se por “melhor quando é novo” e apresenta uma probabilidade de falha reduzida no início de vida do equipamento, aumentando até um nível constante que se mantém ao longo da vida deste.
Padrão E	Designa-se por “aleatório” e apresenta uma probabilidade de falha constante.
Padrão F	Designa-se por “mortalidade infantil” e apresenta uma elevada probabilidade de falha no início de vida do equipamento, decrescendo até um valor constante, que se irá manter ao longo do ciclo de vida do equipamento.

2.3.2 MTBF (*Mean Time Between Failures*)

MTBF é uma sigla que significa tempo médio entre falhas e representa a fiabilidade dos ativos da empresa [23]. Quanto maior o MTBF, maior a fiabilidade do equipamento. A fórmula de cálculo relaciona o tempo total de funcionamento do sistema com o total de falhas deste [21]:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo Total de Operação}}{\text{Total de Falhas}} [\text{Min}] \quad (1)$$

Este indicador pode ainda ser calculado através do inverso da taxa de falhas:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} [\text{Min}] \quad (2)$$

2.3.3 MTTR (*Mean Time to Repair*)

O MTTR representa o tempo necessário de restauro de um equipamento, até que este apresente o seu perfeito funcionamento [23]. O tempo de reparação inclui o tempo de diagnóstico, de reunir os recursos necessários, de efetuar a reparação, testar o equipamento e entregá-lo já reparado e a funcionar corretamente. Esta ação de manutenção pode ser executada pelo operador, ou pelo departamento de manutenção. A fórmula de cálculo relaciona o tempo total de reparação com o total de falhas deste [21]:

$$MTTR = \frac{\text{Tempo Total de Reparação}}{\text{Total de Falhas}} [\text{Min}] \quad (3)$$

2.4 *Modelo de Gestão da Manutenção*

2.4.1 TPM – *Total Productive Maintenance*

TPM, ou *Total Productive Maintenance*, é um conceito desenvolvido por Deming na década de 1950, que junta várias metodologias e filosofias de manutenção preventiva. Este conceito leva a uma mentalidade mais proativa e responsável por parte de todos os colaboradores da organização, e assenta em cinco pilares fundamentais, conforme descrito na Figura 8 [24].

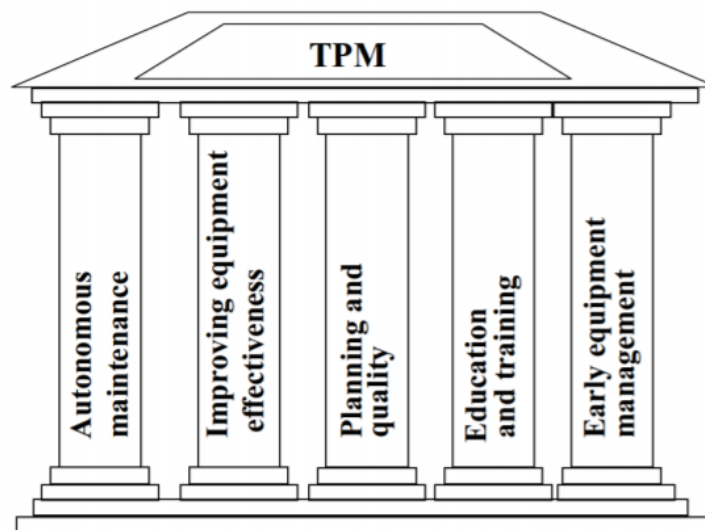


Figura 8 – Pilares do Total Productive Maintenance [12].

Traduzindo cada um dos pilares enunciados na Figura 8, ficamos com os cinco pilares do TPM:

- Manutenção autónoma: atribui aos colaboradores responsabilidades de manutenção nos equipamentos que operam;
- Melhoria da eficácia do equipamento: envolver todos os colaboradores na identificação e análise de perdas que possam ocorrer nos equipamentos;
- Planeamento da qualidade e manutenção: para cada equipamento, estabelecem-se procedimentos de manutenção preventiva;
- Formação em técnicas de manutenção: todos os colaboradores de produção e técnicos de manutenção, devem ser capazes de realizar uma boa parte das operações;
- Gestão do equipamento desde a conceção: em todas as fases de vida do equipamento, identificam-se os potenciais problemas de manutenção, de modo a que sejam eliminados o mais cedo possível.

2.4.2 Gestão de materiais e peças de substituição

A gestão de materiais e peças de substituição é uma das tarefas de manutenção mais importantes [25]. Uma correta gestão de peças, garante que o armazém fornece os materiais necessários num tempo aceitável, e que as peças de maior valor são repostas num tempo considerado ideal. Para que isto aconteça, é necessário existir um compromisso entre todas as partes. Um atraso de um fornecedor, poderá implicar um atraso de reparação e um conseqüente atraso de produção. Em muitos casos, as peças existentes em armazém representam uma percentagem significativa do orçamento.

Para que exista um armazém com todas as peças necessárias, faz sentido saber quais as peças com maior frequência de avaria, associando-lhe um *stock* mínimo/segurança. Usualmente, para esta prática, recorre-se a *softwares* de gestão da manutenção, facilitando a análise [26].

Para garantir a reposição do material necessário, deverá existir um planeamento e gestão do *stock* [21]. Há peças que possuem um prazo de entrega por parte do fornecedor insignificante, e outras que, devido ao seu elevado custo, possuem um prazo de entrega alargado. No entanto, os *softwares* de manutenção conseguem auxiliar nesta gestão, contemplando uma base de dados com todo o inventário e necessidades. Assim, se forem garantidas boas práticas e intervenções de manutenção planeadas e feitas por técnicos formados, garante-se uma boa manutenção e a inexistência de falhas relativas a peças em falta.

2.4.3 Gestão de Manutenção Assistida por Computador

A manutenção necessita, cada vez mais, de um *software* adequado e capaz de controlar a enorme quantidade de informação, controlando a gestão da manutenção e promovendo o acesso das informações a toda a organização. Um sistema GMAC (Gestão de Manutenção Assistida por Computador), deve possuir toda a informação necessária, destacando-se [21], [27]:

- Ativos físicos instalados;
- Criação e gestão de intervenções, incluindo custo, grau de prioridade, tempo de resolução, entre outros;
- Planeamento e programação de trabalhos;
- Gestão de consumíveis e peças necessárias às atividades de manutenção, incluindo informações sobre fornecedores e inventário;
- Registo histórico das intervenções realizadas.

O sistema GMAC pode apresentar-se essencialmente de duas formas: ERP (*Enterprise Resource Planning*) ou CMMS (*Computerized Maintenance Management System*). O primeiro tipo trata-se de um sistema que integra várias aplicações referentes a diferentes áreas da organização. No segundo tipo, existe apenas uma aplicação focalizada na manutenção.

2.4.4 Custos da manutenção

Os custos associados à manutenção apresentam uma grande importância nos custos operacionais das empresas e, por isso, tornam-se necessários para avaliar o desempenho da manutenção [7].

Os custos de manutenção podem ser divididos em custos diretos, indiretos e especiais (Tabela 4).

Tabela 4 – Custos totais de manutenção [27].

Custos Diretos + Custos Indiretos + Custos Especiais = Custos Totais de Manutenção	
Custos Diretos	<ul style="list-style-type: none"> • Custos de mão-de-obra; • Custos de matérias-primas, consumíveis, peças suplentes e respetiva posse em armazém; • Custos de contratos de manutenção e trabalhos subcontratados.
Custos Indiretos	<ul style="list-style-type: none"> • Custos de perda de produção; • Custos de mão-de-obra de produção parada; • Custos de não qualidade dos produtos; • Custos de penalizações ou perdas de clientes; • Custos de amortização de equipamentos parados.
Custos Especiais	<ul style="list-style-type: none"> • Custos associados a situações extraordinárias, como percentagens associadas à manutenção. Nestas inclui-se, entre outros, percentagens de amortizações e de salários administrativos.

A redução dos custos totais de manutenção é uma preocupação cada vez maior por parte das empresas. Para que seja possível controlar e reduzir estes custos, deve-se investir em análises de dispêndio de consumíveis e peças suplentes, e em procedimentos de inspeção, tentando reduzir manutenções desnecessárias, e em planos de manutenção [28].

O investimento em manutenção preventiva faz com que haja uma redução de custos decorrentes de falhas, tal como se pode ver no gráfico da Figura 9, e uma consequente diminuição do custo total da manutenção, que é uma soma dos custos com manutenção preventiva e custos de falhas. No entanto, também é possível analisar que a partir de um determinado investimento em manutenção preventiva, chamado de “ponto ótimo”, mais investimentos acabam por elevar os custos totais de manutenção, não trazendo benefícios significativos [28].

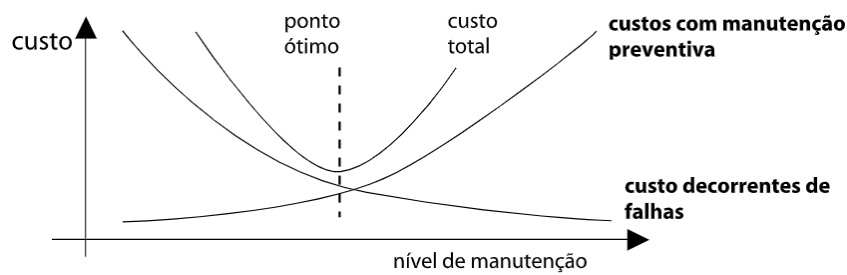


Figura 9 – Gráfico que relaciona os custos com o nível de manutenção [28].

2.5 Criticidade

Um equipamento crítico é aquele que deve estar obrigatoriamente em bom estado de funcionamento, e que apresenta um grau de complexidade elevado para resolver as suas avarias. A definição dos equipamentos críticos é importante para evitar a redução de produtividade e de competitividade da empresa [29].

Deste modo, a análise de criticidade permite determinar quais os equipamentos com um maior impacto nas metas de negócio [12], e aumentar a confiabilidade desses equipamentos [30]. A correta avaliação de criticidade dos equipamentos permite definir e estruturar o tipo de manutenção a ser aplicado, corretiva ou preventiva, e a abordagem de acordo com o nível de prioridade, com rigor e eficácia, otimizando os recursos e diminuindo os custos [31].



Figura 10 – Etapas de uma metodologia de criticidade. Adaptado de [32].

A metodologia de criticidade segue diferentes etapas, dividindo-se essencialmente em fase inicial, que contempla a formação da equipa que irá desenvolver o processo e identificação dos ativos, fase de implementação, onde se determina a criticidade, seleciona-se os ativos alvo de estudo e se atualiza os planos de manutenção e, por fim, a fase final de controlo e avaliação [19].

2.5.1 Identificação e hierarquia de ativos

A identificação dos ativos é importante para se perceber quais os equipamentos que serão analisados, auxiliando a análise do modo de falha, a gestão da manutenção e a criação de uma base de dados que permita rastrear e alocar os custos de manutenção aos equipamentos.

Os ativos identificados segundo uma hierarquia de equipamentos bem definida, permitem um correto registo de falhas, sendo que podem ser identificáveis como equipamentos, sistemas, conjuntos ou componentes, Tabela 5, [19].

Tabela 5 – Conceitos da arborescência de ativos.

Equipamento	Constituído por sistemas, conjuntos e peças, agrupados entre si para desempenhar determinadas funções.
Sistema	Integra um equipamento, pode ser constituído por um ou mais conjuntos, e é responsável por realizar uma função.
Conjunto	Reunião de componentes que permitem o desempenho de uma função.
Componente	Pertencente a um conjunto e, geralmente, não funcional por si mesmo.

2.5.2 Metodologia de avaliação da criticidade

A metodologia de determinação da criticidade tem uma enorme importância para a gestão de manutenção, cujo objetivo é o aumento da confiabilidade dos equipamentos.

As metodologias de avaliação de criticidade podem ser qualitativas ou quantitativas, e variam em função das características e critérios da empresa [32], Tabela 6. A escolha preferencial é a obtenção de uma solução mista, obtendo o melhor das duas técnicas. No entanto, em algumas ocasiões, a avaliação qualitativa pura é necessária como ponto inicial para definir a estratégia de manutenção [12].

As questões referem-se a diferentes critérios selecionados. Na Figura 11 [33], por exemplo, os critérios definidos são:

1. Qualidade do produto;
2. Impacto na produção;
3. MTBF – Confiabilidade da máquina;
4. MTTR – Tempo de reparação da máquina;
5. Custos de manutenção.

2.5.2.2 Técnicas Quantitativas - Avaliação de risco

A avaliação de risco é uma técnica essencialmente quantitativa utilizada para avaliar os ativos mediante a sua criticidade. A gestão de risco é a identificação dos potenciais impactos, positivos ou negativos, de modo a definir planos para os resolver [12].

Este processo de análise de risco varia bastante, dependendo da indústria, pois os critérios e as respetivas importâncias variam conforme o contexto. Nas avaliações de risco, este combina a probabilidade de um evento ocorrer com a respetiva consequência. Assim, o risco total é a soma dos riscos de critérios individuais. Os critérios podem ser: custo de manutenção, facilidade de reparação, segurança, impacto ambiental, MTBF, MTTR, entre outros [34].

Após serem definidos os critérios, devem ser definidas as classificações de cada um deles, e aplica-se ao caso em análise. Tal como para o fluxograma, esta avaliação quantitativa deverá ser aplicada consoante a indústria a que se destina.

Tendo em conta os critérios e as classificações definidas, devem estabelecer-se os níveis de criticidade mediante intervalos numéricos. Os níveis de criticidade dos ativos dividem-se então em críticos, semicríticos e não críticos.

Após se obter o valor da criticidade de cada ativo, a classificação deverá ser apresentada sob a forma de tabela, constando o nome do ativo, os parâmetros de classificação e o nível de criticidade final [12].

Na Figura 12 é possível observar uma matriz de risco onde é verificada, de uma forma mais intuitiva e simples, o nível de criticidade dos ativos [19].

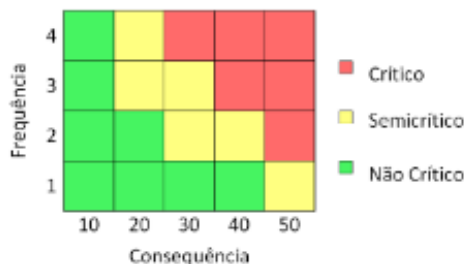


Figura 12 – Matriz de risco de criticidade [19].

Assim, as técnicas de avaliação de risco são utilizadas para priorizar os ativos, atribuindo-lhes ações de manutenção.

2.5.2.3 Diagrama de Mudge

O diagrama de *Mudge* é uma ferramenta que permite comparar uma função de duas em duas, ordenando-as por relevância. A comparação é feita atribuindo números (1,2,3...n) às funções e valores para as comparações [35], [36].

Assim, esta ferramenta permite hierarquizar critérios com a determinação de taxas de importância. A soma das taxas deve ser sempre igual a 100%. Neste diagrama, a valoração é realizada comparando os critérios aos pares e obtendo uma hierarquia, conforme a sua importância. Durante as comparações feitas para o projeto, fazem-se duas perguntas: Qual o critério mais importante? Quanto mais importante é esse critério?

Na Figura 13, a combinação de número e letra nos campos centrais, representa qual critério é predominante e a intensidade da importância. Os critérios estão representados pelos números (de 1 a 5), e as letras (A, B, C, D, E) representam a ordem de relevância entre os critérios, sendo o A o que apresenta maior importância.

Por exemplo, na primeira coluna tem-se 1B, o que significa que o critério 1, relativamente ao critério 2, apresenta uma relevância B, a segunda mais relevante da escala. Nas últimas duas colunas, faz-se a soma dos pesos de cada critério, e obtém-se a percentagem que estes representam relativamente ao total, obtendo uma ordem de importância dos critérios [36].

A	5							
B	4	1	2	3	4	5	SOMA	%
C	3		1B	1A	1A	1B	18	56
D	2		2	2D	2D	5C	4	13
E	1			3	4D	3C	3	9
					4	5D	2	6
					5	5	16	
					TOTAL	32	100	

Figura 13 – Exemplo de diagrama de Mudge [36].

2.6 Lean Manufacturing

O conceito *Lean Manufacturing* consiste num conjunto de técnicas que, combinadas, permitem identificar e reduzir os sete principais desperdícios *Lean*, sendo o principal objetivo atingir a perfeição. Este conceito surgiu no final do século XX, e pode ser tão útil na manutenção como na produção.

O pensamento *Lean* baseia-se em três princípios gerais, e estes são a identificação de valor, a eliminação do desperdício e a geração de um fluxo ou valor para o cliente [37].

Os desperdícios são todas as atividades que não usufruem adequadamente dos recursos para valorização do produto, pelo que não acrescentam valor ao produto, mas podem ter impacto no custo deste para o cliente.



Figura 14 – Desperdícios Lean. Adaptado de [2], [38], [39].

Os sete tipos de desperdício (Figura 14) identificados por *Ohno* são [13]:

- Excesso de produção – produzir mais do que necessário, poderá ter uma implicação no custo de armazenagem do produto, pois vão ser desperdiçados recursos e poderá existir um aumento do custo de transporte;
- Tempo de espera – este tempo deve-se à paragem dos recursos, e pode ter origem em várias situações, como a falta de matéria prima, avaria de máquinas, *setup* ou espera do operador devido a um processo demasiado longo;
- Transporte – engloba todas as deslocações entre a receção da matéria prima e a expedição do produto final. O elevado número de transportes representa desperdício de recursos e de tempo;
- Movimentações – elevada quantidade de movimentações nos postos de trabalho e entre operações, havendo a necessidade de padronizar as tarefas;
- Excesso de processamento – operações que não acrescentam valor ao produto final, operações desnecessárias, retrabalho, *setups* incorretos;

- *Stock* – matéria-prima ou produto acabado em excesso, requerendo elevado espaço físico para armazenamento e, por isso, aumentando o custo de transporte;
- Defeitos – produtos não padronizados, com baixa qualidade de processo e de processamento.

Segundo um estudo do *Lean Enterprise Research Centre* (Figura 15), na maioria dos processos produtivos, 60 % das atividades são consideradas desnecessárias, 35 % são atividades necessárias ao processo, mas sem valor acrescentado, e as atividades de valor acrescentado representam apenas 5 % [37], [40].



Figura 15 - Proporção das atividades produtivas. Adaptado de [37], [40].

Para que se obtenha sucesso com a implementação da filosofia *Lean*, é necessário que haja o envolvimento de todos os colaboradores da empresa, integrando pessoas, métodos, materiais e máquinas. Deste modo, todos devem ser formados de modo a eliminar o desperdício existente em todos os níveis de organização da empresa.

2.6.1 Ferramentas *Lean*

A filosofia *Lean* tem um conjunto de metodologias e ferramentas associadas, contribuindo para os objetivos desta. Entre essas ferramentas, destacam-se [37]:

- *Standard Work*;
- 5 S;
- *Kanban*;
- *Poka-Yoke*;
- Gestão Visual;
- SMED.

As ferramentas utilizadas durante a realização da dissertação serão abordadas com maior detalhe neste capítulo.

2.6.1.1 *Standard Work*

O *Standard Work* consiste num processo de padronização de todas as tarefas. O objetivo do procedimento é a uniformização das tarefas e dos processos para todos os colaboradores. Para que se atinja esta padronização, utiliza-se documentação, como instruções de trabalho ou fichas técnicas de produtos, reduzindo a variabilidade dos produtos [41]–[43].

2.6.1.2 *5S*

Os 5S são um método japonês de organização do espaço de trabalho, o qual tem como objetivo a criação de um ambiente de trabalho limpo, eficiente, seguro e organizado, de modo a aumentar a produtividade [44]. Deste modo, tornou-se numa das ferramentas mais utilizadas em chão de fábrica. A definição de cada termo encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7 – 5S, significado e definição [44].

Termo	Tradução	Definição
<i>Seiri</i>	Triagem	Análise dos materiais e ferramentas necessários e não necessários para a realização das tarefas.
<i>Seiton</i>	Organização	Materiais identificados, ordenados e colocados próximo dos locais onde são necessários.
<i>Seiso</i>	Limpeza	Postos de trabalho limpos, facilitando a deteção de anomalias nos equipamentos, aumentando a qualidade do produto e a segurança do colaborador.
<i>Seiketsu</i>	Normalização	Manter as três etapas anteriores, criando normas e procedimentos que deverão ser cumpridos.
<i>Shitsuke</i>	Autodisciplina	Manter as etapas anteriores, criando hábitos, de modo a implementar os 5S na vida dos colaboradores e da empresa.

2.6.1.3 SMED (Single Minute Exchange of Die)

Shigeo Shingo, nos finais da década de 50 e início da década de 60, desenvolveu o conceito SMED, devido à necessidade de calcular a quantidade ideal de produtos a fabricar e de reduzir o tempo de *setup* entre operações [45]. O tempo de *setup* é o tempo despendido pelo conjunto de operações entre o final de produção de um lote e o início de produção de um novo lote [46].

Assim, a metodologia SMED aborda a redução do tempo de preparação, afinação e troca de equipamentos. O principal objetivo do SMED é diminuir o tempo de perda de eficiência provocado pela mudança de referência em produção [38], [39]. Para se implementar esta metodologia, é necessário considerar uma etapa preliminar e três estágios [47]:

- 1ª Etapa: análise e separação das atividades em *Setup* Interno e *Setup* Externo.
- 2ª Etapa: análise com maior detalhe do processo e verificação da possibilidade de converter atividades internas em externas;
- 3ª Etapa: ações de melhoria contínua, de forma a reduzir a duração das atividades de *setup* externo e interno.

As ações internas, são atividades realizadas quando o equipamento está parado, e as ações externas, são atividades que podem ser efetuadas com o equipamento em funcionamento [39]. Com o equipamento em funcionamento, é possível efetuar várias tarefas, como verificar o funcionamento de ferramentas, limpar e arrumar ferramentas, entre outras. Na Figura 16 é possível perceber a possibilidade de realizar tarefas antes e depois do *setup* interno, permitindo maior flexibilidade de produção.

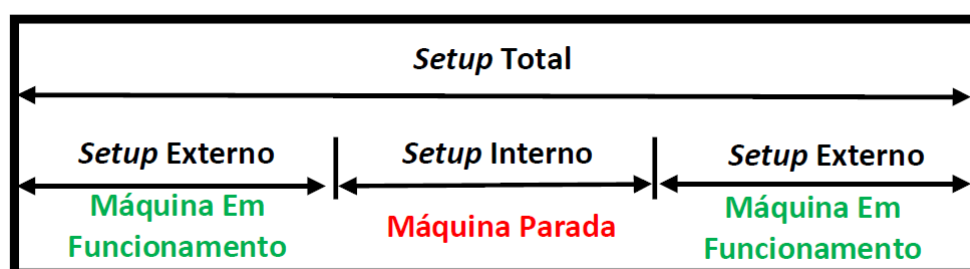


Figura 16 – *Setup* externo e interno. Adaptado de [46].

As principais vantagens desta metodologia são [45]:

- Maior flexibilidade para a empresa se adaptar a mudanças;
- Aumento da produtividade;
- Redução do tempo de inatividade devido a mudanças;
- Uso adequado de ferramentas;
- Maior segurança.

2.7 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

O OEE é um método de medição que põe em prática uma produção *Lean*. O OEE é a primeira medida de verificação da eficácia da produção. Este parâmetro pode ser aplicado a um único equipamento, ou a um conjunto deles, e tem como principal função indicar o comportamento destes perante a gestão do processo e o respetivo planeamento [48].

Este indicador é utilizado mundialmente em diversas indústrias, e pode calcular-se relacionando três parâmetros: Desempenho (ou performance), Disponibilidade e Qualidade (equação 4) [49]–[51].

$$OEE (\%) = \text{Desempenho} (\%) \times \text{Disponibilidade} (\%) \times \text{Qualidade} (\%) \quad (4)$$

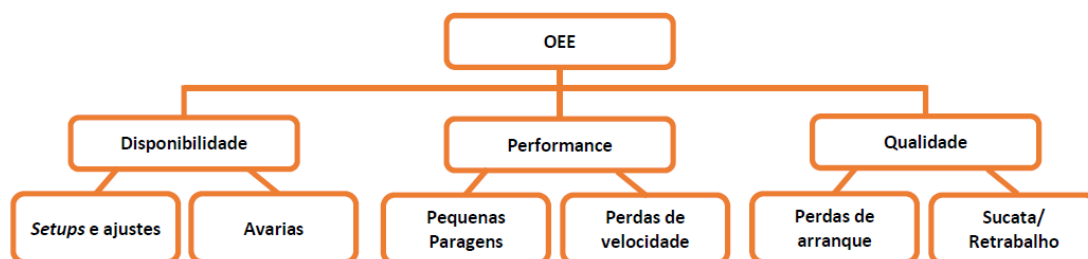


Figura 17 – Perdas associadas a cada parâmetro do OEE. Adaptado de [52].

A disponibilidade do equipamento relaciona o tempo total disponível para a operação, com o tempo efetivo que o equipamento esteve a produzir. Este tempo engloba as paragens devido a avarias, ajustes, *setups*, entre outros (Figura 17).

$$\begin{aligned}
 \text{Disponibilidade} &= \frac{\text{Tempo de produção medido}}{\text{Tempo disponível}} \\
 &= \frac{\text{Tempo disponível} - \text{Tempo de paragem}}{\text{Tempo disponível}}
 \end{aligned} \quad (5)$$

A disponibilidade pode também ser calculada pela seguinte expressão:

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (6)$$

A performance do equipamento relaciona a quantidade produzida com a quantidade que era esperado ter sido produzida. Este indicador contempla as pequenas paragens ou redução de velocidade de operação, assim como as perdas de velocidade do equipamento.

$$Performance = \frac{Tempo\ de\ ciclo\ ideal \times Unidades\ produzidas}{Tempo\ de\ operação} \quad (7)$$

O último indicador é a qualidade, o qual compara o número de unidades produzidas com o número de unidades defeituosas, contabilizando as perdas devido à geração de sucata e retrabalho, e as perdas associadas ao arranque, que origina sucata devido a ajustes.

$$Qualidade = \frac{Total\ produzido - Quantidade\ defeituosos}{Total\ produzido} \quad (8)$$

Em 1988, *Nakajima* definiu que o valor ideal para o OEE seria 85% ou superior, sendo que os parâmetros disponibilidade, desempenho e qualidade, devem apresentar valores mínimos de 90%, 95% e 99%, respetivamente [48].

2.8 Ferramentas da Qualidade

A qualidade dos produtos tem assumido cada vez mais importância na indústria. A partir da década de 50, a qualidade passou a ser um tema de análise e elevada importância, levando ao desenvolvimento de ferramentas de qualidade.

As ferramentas visam proporcionar um controlo mais eficaz dos processos e serviços, auxiliar a tomada de decisão e solucionar problemas identificados. Estas têm inúmeras vantagens, levando a empresa a atingir elevados níveis de qualidade, diminuição de custos e identificação de problemas e suas causas-raiz, resolvendo-os eficazmente. Assim, as empresas conseguem desenvolver melhorias e evitar que os problemas surjam [53].

Na Figura 18 estão descritas as cinco categorias associadas às ferramentas de qualidade.

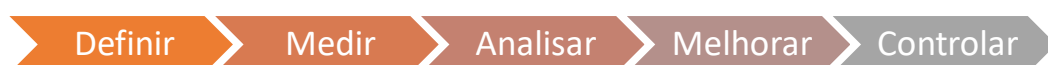


Figura 18 – Categorias das ferramentas de qualidade. Adaptado de [54].

As sete ferramentas da qualidade são [55]:

- Histograma – gráfico de barras com distribuição de dados;
- Fluxograma – representação de um processo através da ilustração sequencial das etapas;
- Diagrama de Pareto – evidencia quais os problemas mais prejudiciais, seguindo a regra do 80/20;
- Diagrama de Dispersão – analisa e correlaciona duas variáveis quantitativas;
- Cartas de controlo – analisa a estabilidade de um processo, baseando-se em variáveis estatísticas;
- Folhas de verificação – facilitam a recolha de dados do processo, de modo a identificar os problemas que podem ocorrer;
- Diagrama de *Ishikawa* – analisa as potenciais causas de um problema, alocando as causas por categorias.

Esta dissertação aborda com mais pormenor as ferramentas utilizadas no desenvolvimento deste trabalho, nomeadamente o fluxograma, o diagrama de Pareto e o diagrama de *Ishikawa*.

2.8.1 Fluxograma

Um fluxograma (Figura 19) é uma representação esquemática de um sistema ou processo, que mostra um fluxo de informação, seguindo a sequência de operações de forma simplificada [56].

Para elaborar um fluxograma, segue-se os seguintes passos:

1. Definir o processo a ser detalhado;
2. Definir as fronteiras do processo, nomeadamente quando este inicia e termina;
3. Decidir as atividades que fazem parte do processo;
4. Sequenciar as atividades;
5. Desenhar o fluxograma;
6. Rever o fluxograma para verificar se este corresponde fielmente ao que ocorre na realidade.

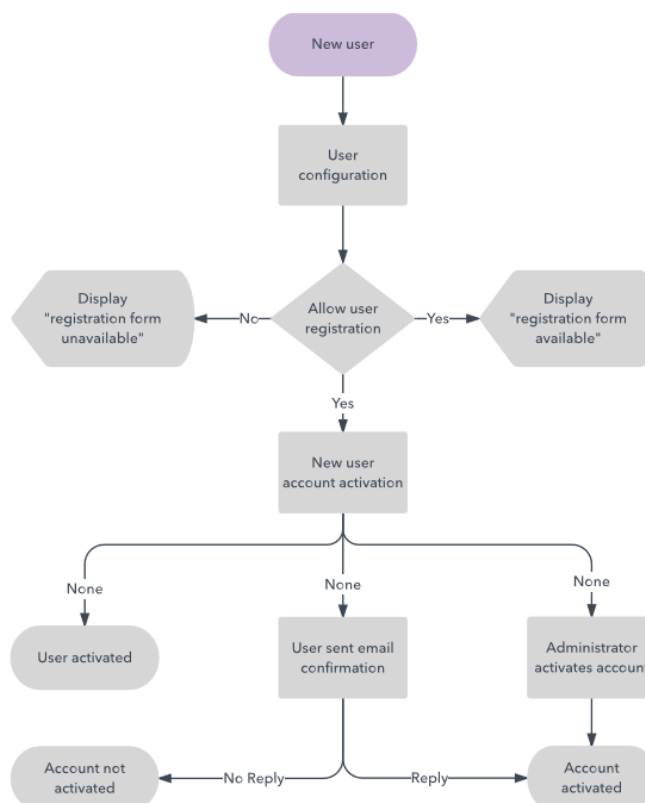


Figura 19 – Exemplo de um fluxograma [56].

Existem diferentes tipos de fluxogramas, nomeadamente linear, separados por setores, por linhas de montagem, entre outros. Esta representação gráfica tem múltiplas aplicações na indústria, nomeadamente a identificação e representação da sequência de atividades que constituem o processo, a identificação, alocação e definição de tarefas dos recursos humanos envolvidos no processo, e a melhoria dos processos empresariais [55].

2.8.2 Análise SWOT

A análise SWOT foi introduzida entre 1960 e 1970 por Albert Humphrey, quando este liderava um projeto de desenvolvimento de métodos para ajudar as empresas dos Estados Unidos a planear mudanças, na Universidade de Stanford [57].

SWOT significa forças, fraquezas, oportunidades e ameaças (Figura 20). Estes são os quatro parâmetros principais, sendo os dois primeiros internos à organização, e os dois últimos externos [58]. Esta ferramenta permite analisar a posição competitiva de uma organização, ou compará-la relativamente aos seus concorrentes. Identificando estes quatro parâmetros, é possível revelar as forças e fraquezas da organização, e identificar possíveis obstáculos que necessitam de antecipações e oportunidades que devem ser desenvolvidas.

Esta ferramenta pode ser utilizada em várias áreas de negócio [58], e utiliza-se essencialmente para o planeamento estratégico de desenvolvimento da empresa a curto e longo prazo.

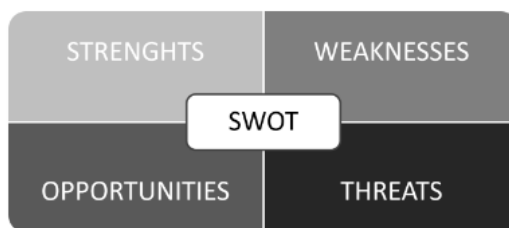


Figura 20 – Significado de SWOT [58].

2.8.3 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é uma ferramenta da qualidade que se baseia na regra dos 80/20, ou seja, no princípio de que 80% dos problemas têm como origem 20% das causas (Figura 21) [59].

Este conceito surgiu no século XIX, quando o italiano Vilfredo Pareto fazia um estudo sobre a riqueza da população, concluindo que 80% da riqueza estava concentrada em 20% da população. Mais tarde, Juran adaptou este conceito à indústria [53].

Este diagrama trata-se de um gráfico de barras que ordena a frequência das ocorrências, da maior para a menor, classificando os problemas ou as suas causas por ordem de importância, permitindo concentrar os esforços nas áreas com mais impacto, obtendo melhorias mais significativas [60]. A principal vantagem deste diagrama é o facto de ser de fácil aplicação e interpretação.

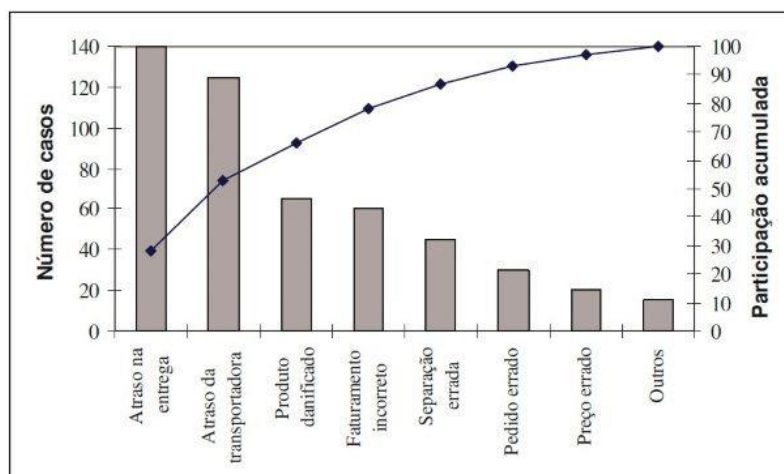


Figura 21 – Diagrama de Pareto [60].

2.8.4 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de *Ishikawa*, ou causa-efeito (Figura 22), é uma ferramenta utilizada para relacionar um determinado número de possíveis razões com um problema detetado [53]. Este diagrama utiliza-se para elaborar diagnósticos para apurar uma determinada causa de falha.

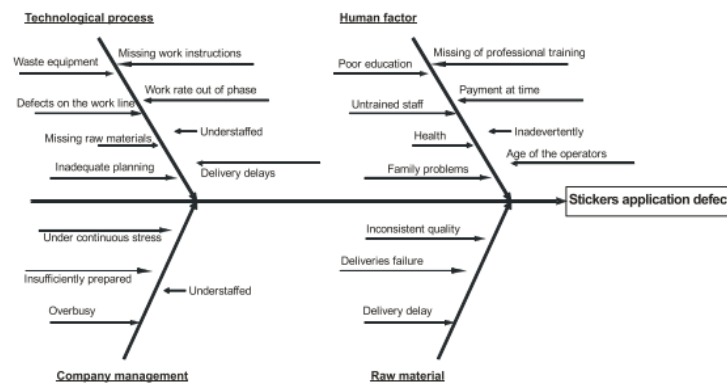


Figura 22 – Diagrama de *Ishikawa* [53].

As principais vantagens da utilização desta ferramenta são [61]:

- Ferramenta visual, que permite identificar as causas raiz, organizadas em categorias, para o problema em análise;
- Promove o trabalho e conhecimento de uma equipa;
- Identifica a categoria onde se deve retirar dados para um estudo mais detalhado.

Para se elaborar um destes diagramas, traça-se uma linha horizontal com uma seta a apontar para o problema em análise, e ligam-se linhas na diagonal, que representam cada categoria da possível causa. Este diagrama é utilizado em diversas áreas de negócio devido à sua versatilidade, no entanto, este foi criado para a resolução de problemas industriais [53]. Assim, a estrutura principal de um diagrama consiste tipicamente nos 6M da indústria [32]:

- Máquina;
- Mão de obra;
- Material;
- Método;
- Medição;
- Meio.

2.9 Trabalhos práticos baseados em ferramentas lean

Neste subcapítulo são apresentados casos de estudo, com aplicações reais de ferramentas Lean e respetivos resultados.

Tabela 8 – Casos de estudo com aplicação de ferramentas *Lean*.

Autor	Caso de estudo
Antoniolli et al. [43]	Desenvolvimento de um estudo sobre a aplicação da ferramenta <i>standard work</i> numa linha de produção da indústria automóvel, de modo a padronizar operações, eliminar desperdícios e atividades sem valor acrescentado.
Patrícia Neves et al. [62]	Aplicação de metodologias <i>Lean</i> numa empresa da indústria têxtil, de modo a melhorar a competitividade da empresa. As ações realizadas permitiram reduzir quatro horas semanais por operador, correspondendo a um ganho de 10 % do tempo semanal disponível do operador.
Hugo Rocha et al. [63]	Estudo desenvolvido para melhorar o processo de controlo de produção na empresa, implementando ferramentas <i>Lean</i> e um software MES de suporte à produção. A partir deste trabalho, a empresa conseguiu uma maior organização produtiva, padronizar procedimentos, proporcionar boas práticas aos trabalhadores e gerar relatórios úteis para auxiliar a tomada de decisões.
Eduardo Sousa et al. [38]	Implementação da metodologia SMED, complementando-a com outras ferramentas <i>Lean</i> , com o objetivo de reduzir os desperdícios inerentes às trocas de ferramentas numa linha da indústria da cortiça. As soluções implementadas atingiram uma redução de aproximadamente 43 % no tempo de <i>setup</i> .
Marc Martins et al. [39]	Implementação da metodologia SMED em máquinas de feixe de eletrões numa empresa da indústria automóvel, atingindo uma redução de mais de 50 % no tempo de <i>setup</i> . Para além

disso, esta metodologia também permitiu eliminar a sucata de *setup*.

Rosa Conceição et al.

[42]

Implementação da metodologia SMED, juntamente com outras ferramentas *Lean*, com o objetivo de reduzir os desperdícios inerentes à troca de referências numa linha de montagem de cablagem da indústria automóvel.

As soluções implementadas atingiram uma redução de cerca de 58,3 % no tempo de *setup*, aumentando a disponibilidade e a capacidade produtiva da linha de montagem.

Tomé Pombal et al.

[64]

Através da implementação da metodologia 5S numa empresa da indústria alimentar, este estudo resultou numa redução de 70 % do tempo necessário para localizar materiais consumíveis. Possibilitou ainda um maior controlo de stock através da reformulação de kanban e uma redução de pelo menos 50 % no tempo necessário para reabastecer material.

Carlos Monteiro et al.

[65]

Implementação de ferramentas *Lean* numa empresa da indústria metalúrgica. As melhorias implementadas permitiram reduzir em 59 % o tempo necessário para mover ferramentas com cerca de 1000 kg, reduzir 2,04 % nas não conformidades externas e 3,99 % nas não conformidades internas.

DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Empresa de acolhimento
- 3.2 Descrição do processo produtivo
- 3.3 Seleção do equipamento em estudo
 - 3.4 Embutição
 - 3.5 Máquina
 - 3.6 Preparação
- 3.7 Ordem de serviço (OS)
- 3.8 Descrição do problema
- 3.9 Tempestade de ideias
 - 3.10 Análise SWOT
- 3.11 Problema A - Análise funcional
- 3.12 Problema B - Análise funcional
- 3.13 Problema C - Análise funcional

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Empresa de acolhimento

A *Hutchinson* Porto é uma empresa multinacional, pertencente ao grupo francês *Hutchinson*. O grupo é líder em várias áreas, como a transferência de fluídos, vibrações, isolamentos, sistemas de transmissão, entre outros. A *Hutchinson* pertence ainda ao grupo TOTAL e está presente em cerca de vinte e quatro países, distribuídos pela Europa, América do Norte, América do Sul e Extremo Oriente [66].

Em Portugal, o grupo possui duas unidades de produção, uma no Porto e outra em Portalegre, dedicadas ao fabrico de componentes para a indústria automóvel. A unidade onde decorreu o estágio que deu origem a este trabalho foi a unidade do Porto. Esta está sediada no concelho de Valongo, dedica-se à produção de tubos para sistemas de ar condicionado e direção assistida de viaturas automóveis, conta com cerca de 800 colaboradores e fornece alguns dos maiores construtores de automóveis a nível mundial. Atualmente, a produção encontra-se dividida em cerca de 25% dedicados à direção assistida e 75% dedicados à produção de tubos para sistema de ar condicionado.

O chão de fábrica encontra-se dividido em três UAPs (Unidade Autónoma de Produção), um armazém de MP (Matéria-Prima) e outro de PA (Produto Acabado), zona de corte de tubagem de alumínio e mangueira, muro da qualidade, ferramentaria e manutenção.

Na Figura 23 é possível visualizar o esquema do chão de fábrica, onde a UAP 1 está representada a azul escuro, a UAP 2 a laranja e a UAP 3 a azul claro.

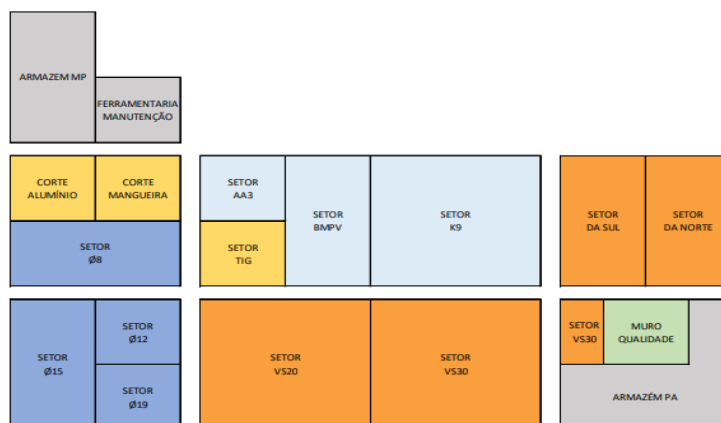


Figura 23 – Esquema do chão de fábrica da empresa.

A produção trabalha 7 dias por semana, durante 24 horas por dia. Dependendo da capacidade das linhas e da necessidade de produção, pode haver linhas que trabalham em turnos de 12 horas, de segunda a domingo, e linhas que trabalham de segunda a sexta em turnos de 8 horas. Dependendo da procura de cada referência, pode ter-se três tipos de produção:

- MTS (*Make To Stock*) – referências com elevada cadência de pedidos, fazendo com que seja necessário fazer *stock* para garantir o serviço ao cliente;
- MTO (*Make To Order*) – referências com baixa cadência de pedidos, sendo produzidas só quando existem pedidos;
- Recâmbios – referências que já não são produzidas, mas que o cliente pode fazer um pedido para reposição de peças em veículos antigos.

3.2 Descrição do processo produtivo

O processo produtivo de uma referência é constituído por duas zonas. Inicia-se na zona de preparação, designada por PREP e, posteriormente, segue para as linhas de montagem final. É na PREP que são efetuadas as operações de corte do tubo, embutidura e lavagem. Em algumas referências, pode adicionar-se à PREP operações de soldadura ou de furação, cravação e aparafusamento de válvulas, parafusos e/ou cavilhas.

As linhas são abastecidas pelo comboio logístico em sistema *Kanban*, com tubos de alumínio semielaborados na PREP, e outros componentes como tubagens, tampões ou *o-rings* que compõem uma referência.

Para este trabalho, utilizou-se uma referência exemplo, para que fosse possível demonstrar o processo produtivo da mesma. A produção desta referência é dedicada a um modelo da marca *Renault*.

3.2.1 Diagrama de fluxo

O fluxo de processo da referência em análise está ilustrado na Figura 24. Este inicia-se no armazém de MP, que recebe todos os componentes e é responsável por abastecer as zonas de preparação e as linhas. Apenas os tubos de alumínio e a mangueira têm operações realizadas antes da linha de produção, pois os restantes componentes são adquiridos a fornecedores externos e abastecidos diretamente na linha pelo comboio logístico, através do sistema *kanban*. A tubagem chega em bobines e é cortada no Corte de Tubo, respeitando as dimensões necessárias a cada referência. Após o corte, o comboio logístico abastece a zona de preparação em sistema *kanban*, com os tubos já cortados nas dimensões especificadas.

Na PREP, são efetuadas as operações de embutidura e lavagem. Na embutidura é feita a conformação do tubo (rolinado) e das bridas. Após a embutidura, faz-se a lavagem dos tubos para retirar o óleo utilizado no processo anterior. No final deste processo, a referência é enviada para *shop stock*, local onde se armazenam os tubos de alumínio semielaborados que irão abastecer as linhas de produção.

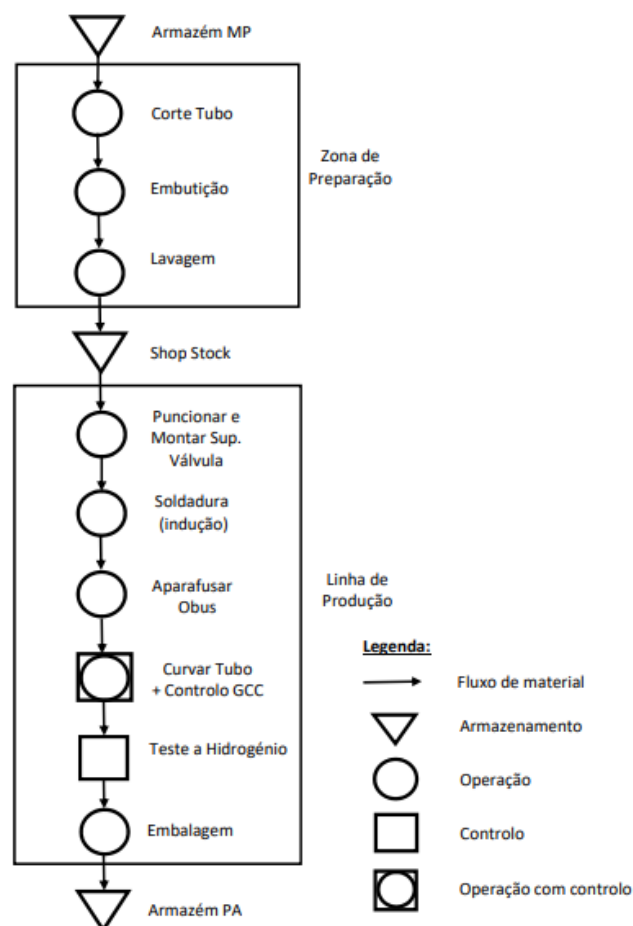


Figura 24 – Diagrama de fluxo da referência exemplo.

3.2.2 Referência exemplo

A Figura 25 ilustra a referência exemplo, e todos os seus componentes estão legendados na Tabela 9. A referência e os componentes que a compõem são semelhantes para a maioria das referências de ar condicionado.

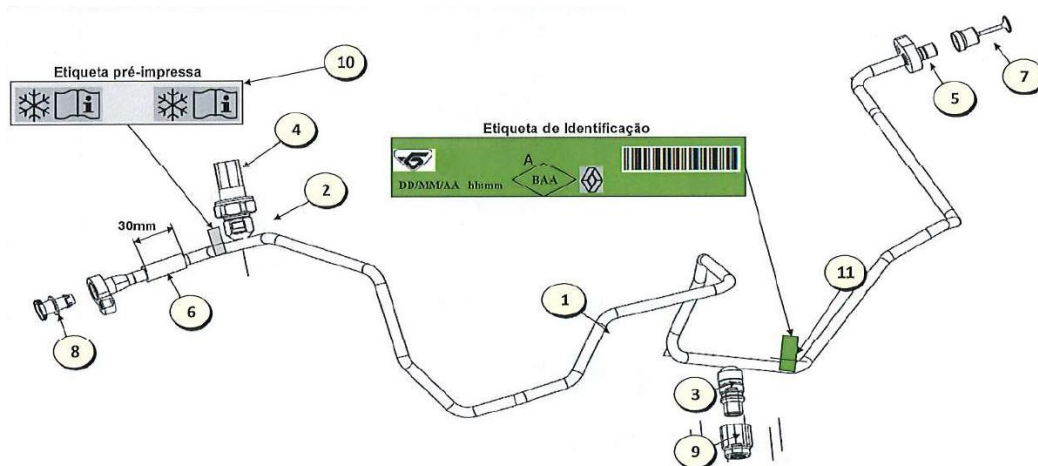


Figura 25 – Esquema da referência exemplo.




Tabela 9 – Legenda do exemplo de tubagem mostrado na Figura 25

Legenda	Designação
1	Tubo alumínio Ø8 x 1000 mm
2	Suporte Válvula
3	Corpo Válvula
4	Transdutor
5	O'ring
6	Proteção (Mousse)
7	Tampão
8	Tampão
9	Tampão
10	Etiqueta Pré-impressa
11	Etiqueta Identificação Verde

3.2.3 Gama operatória

Na Tabela 10 estão descritas as operações efetuadas ao longo do processo de fabrico da referência exemplo.

Tabela 10 – Gama operatória da referência exemplo.

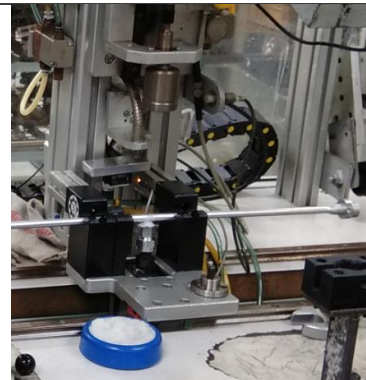
Etapa	Descrição	Imagem ilustrativa
Embutidura	Processo de conformação plástica do material, de modo a que a extremidade do tubo ganhe a forma pretendida e que seja embutida uma brida.	
Lavagem	Após a embutidura, as peças são lavadas para retirar o óleo utilizado no processo. Os tubos são colocados verticalmente e a lavagem é efetuada com água e detergente.	
Furar tubo e montar suporte de válvula	Passando para a linha, o tubo é furado e é-lhe colocada uma anilha e o suporte da válvula.	

**Brasagem
(indução)**

A peça é colocada na máquina de brasagem por indução, a caixa de segurança é fechada e há aquecimento por ação da bobina. No final da brasagem, a peça é arrefecida com um jato de ar.

**Aparafusar**

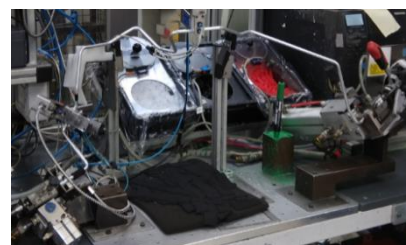
Nesta fase, é feita a lubrificação do interior da válvula. É também introduzido o obús no interior desta, e feito o seu aparafusamento.

**Curvar
+
Controlo GCC**

As peças vão para uma curvadora automática, onde são curvadas para adquirir a geometria indicada na ficha técnica do tubo a produzir. Posteriormente, o tubo é inserido no *gabarit* de controlo da curvatura (GCC), para garantir que está bem curvado.

**Teste de
estanquidade a
hidrogénio**

São introduzidos colocadores nas pontas dos tubos e uma tampa na válvula, e é feito passar um fluxo de hidrogénio por uma das extremidades do tubo, para verificar se existe fuga.



Embalagem

Finalmente, são colocados tampões no produto e os tubos são colocados na embalagem para, posteriormente, serem transportados para o armazém de produto acabado.



3.3 Seleção do equipamento em estudo

A empresa possui mais de 1000 tipos de bens, desde equipamentos do edifício, como aparelhos de ar condicionado, equipamentos para produção como curvadoras, prensas, cabinas de ensaio, entre outros, ou equipamentos da engenharia utilizados para industrialização. De forma a reduzir significativamente a população alvo, e de acordo com as necessidades e prioridades da empresa, decidiu-se estudar a criticidade dos equipamentos de embutidura. Assim, a obtenção de uma listagem mais reduzida de bens, permite que o tratamento dos dados seja mais sucinto e de melhor compreensão, podendo posteriormente ser expandido a outros equipamentos.

Deste modo, dos iniciais 1051 equipamentos, foi aplicado um filtro (Figura 26), ficando com os 50 equipamentos de embutidura.

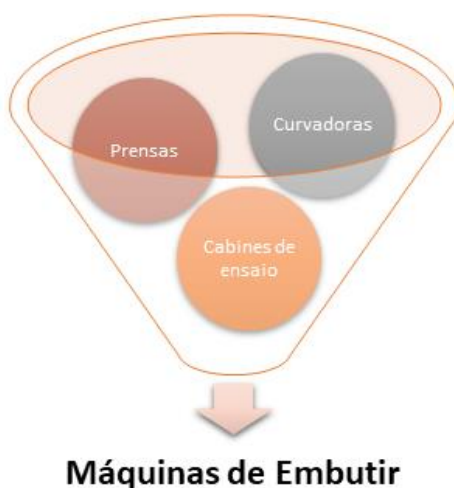


Figura 26 – Filtro de equipamentos.

Estes 50 equipamentos encontram-se em 3 UAP's e dividem-se em 2 modelos: máquinas hidráulicas e máquinas elétricas.

3.4 Embutidura

O processo de fabrico em estudo é a embutidura de tubo de alumínio. Este processo destina-se a transformar plasticamente a ponta de um tubo de alumínio.

Durante a embutidura, para além da forma do tubo ser alterada plasticamente, pode-se embutir uma brida ou casquilho. Na Figura 27 é possível visualizar um tubo rolinado com casquilho, e na Figura 28 um tubo rolinado e um tubo rolinado com brida.



Figura 27 – Tubo embutido com casquilho.

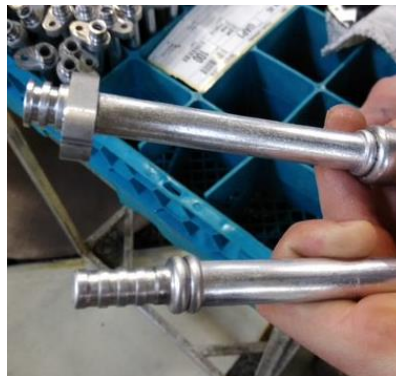


Figura 28 – Tubo embutido com brida e tubo rolinado.

3.5 Máquina

As máquinas de embutir em estudo, Figura 29, são de uma única marca, mas apresentam modelos com algumas diferenças. Analisando-as, é possível perceber a evolução que estas foram tendo. As primeiras embutidoras utilizadas têm um funcionamento maioritariamente hidráulico, enquanto os modelos mais recentes apresentam um funcionamento quase totalmente elétrico.



Figura 29 – Máquina de embutir em estudo.

3.5.1 Hierarquia do equipamento

Inicialmente, desenvolveu-se a hierarquia do equipamento (arborescência), de modo a identificar os vários níveis de elementos que compõem o mesmo. A hierarquia de ativos já existia em sistema, ou seja, a empresa já possuía uma inventariação e localização da posição de cada equipamento no espaço fabril.

Assim, o primeiro passo foi realizar a arborescência do equipamento. Este ativo foi dividido em 11 sistemas (Figura 30), tendo em conta as funções das partes integrantes do equipamento e, subsequentemente, em componentes (Figura 31). Considerou-se uma única máquina, devido aos componentes serem bastante semelhantes entre elas, e só existir variação no acionamento do movimento da máquina.

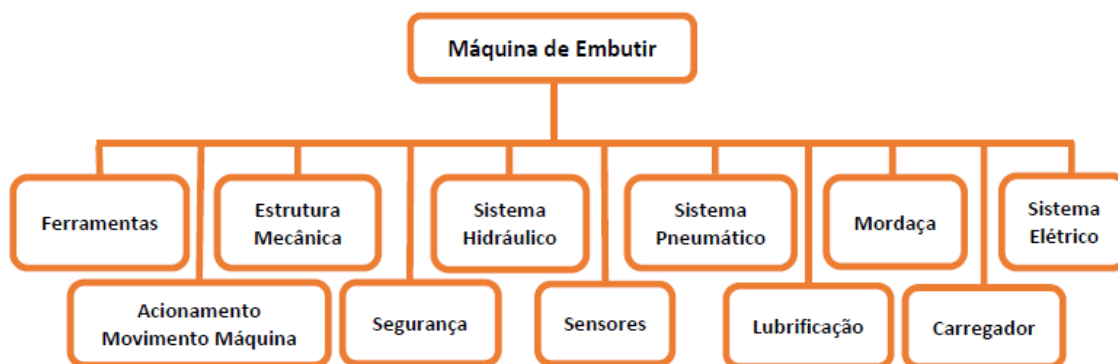


Figura 30 – Divisão da máquina de embutir em sistemas.



Figura 31 – Exemplo de hierarquia do equipamento.

O trabalho de hierarquia de arborescência foi bastante extenso, necessitando de uma equipa multidisciplinar para que fosse possível elaborar uma lista final onde constavam todos os componentes. Uma dificuldade foi o facto de já não existirem todas as fichas técnicas da máquina.

Nos subcapítulos seguintes é possível compreender o funcionamento base de cada conjunto.

3.5.2 Estrutura mecânica

A estrutura mecânica da máquina é constituída pela estrutura da base da máquina, estrutura de suporte das colunas, corpo central, *top*, régua e porta ferramentas. A estrutura é semelhante nos dois modelos, podendo alterar o tamanho do tanque de óleo, que na máquina hidráulica é maior do que na elétrica, e o *top* que poderá ser mecânico ou elétrico.

Estrutura base:

Na estrutura base da máquina, representada na Figura 32, pode destacar-se o tanque de recolha de óleo, a estrutura para o tanque e o corpo da máquina.

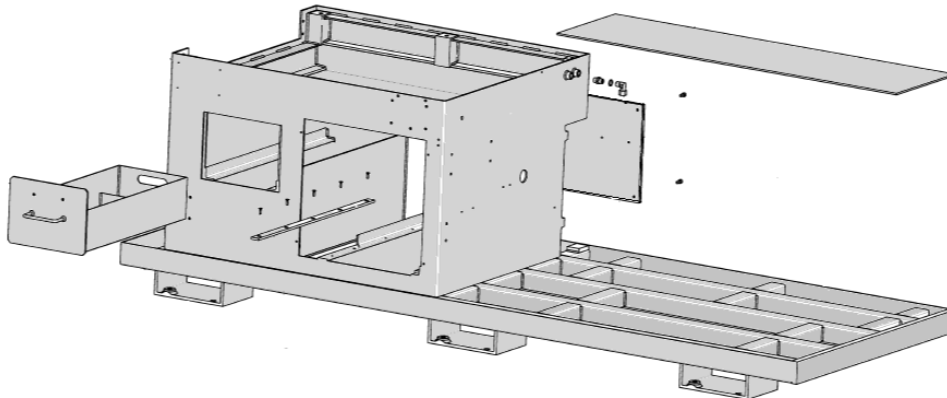


Figura 32 – Esquema da estrutura base da máquina em estudo.

Estrutura de suporte das colunas:

A estrutura de suporte das colunas é constituída por duas colunas guia, dois trava curso, um anterior e outro posterior, um suporte anterior e outro posterior, um tanque de recolha de óleo e a placa da base (Figura 33). O objetivo das colunas é facilitar e guiar o movimento. As colunas não estão dispostas simetricamente relativamente ao prato, de modo a guiar com precisão o movimento de conformação.

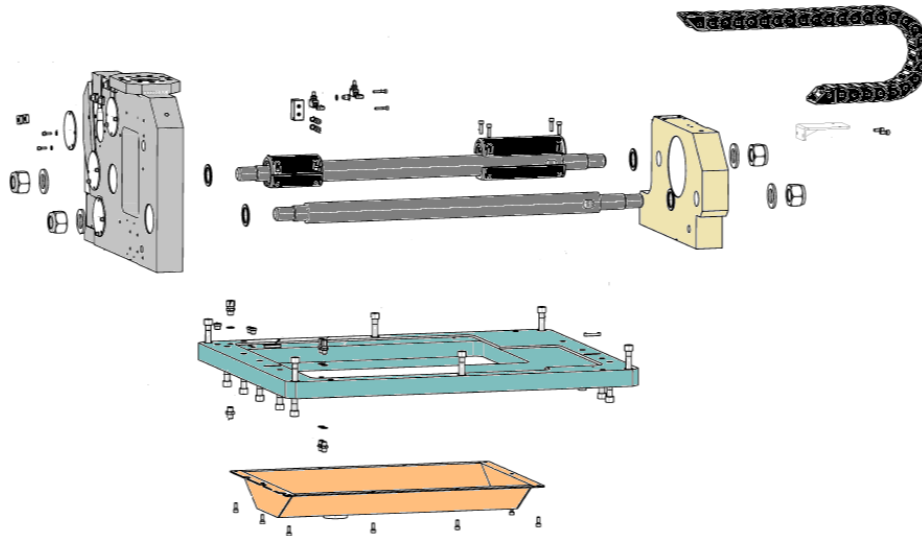


Figura 33 – Esquema da estrutura de suporte de colunas da máquina em estudo.

Corpo central:

O corpo central é constituído pelo grupo do disco rotativo, designado também por prato, e pelo suporte móvel (Figura 34). O prato pode ter seis ou oito posições para a colocação da ferramenta, sendo que não é necessário estarem todas preenchidas, podendo utilizar-se uma tampa.

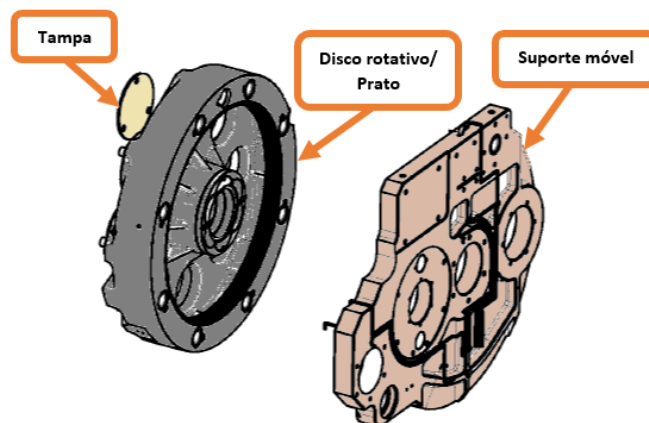


Figura 34 – Esquema do corpo central da máquina em estudo.

Top:

O *top* é constituído pela haste, pelo prato de contacto e pelo suporte, Figura 35. Um *top* pode ser mecânico ou elétrico. O *top* mecânico funciona como uma barreira onde o operador encosta o tubo. No entanto, se este não o encostar devidamente, a máquina inicia igualmente o ciclo. O *top* elétrico torna-se assim mais fiável, pois o ciclo só inicia quando este deteta a presença do tubo, garantindo um embutido correto.

Quando o tubo contacta com o *top*, recebe um sinal elétrico que passa para a mordça, por condução elétrica, fazendo ligação à terra. Existindo este fecho do circuito, fica garantido o contacto do tubo.



Figura 35 – *Top* utilizado na máquina em estudo.

Régua Ótica:

A régua ótica, Figura 36 e Figura 37, é o componente responsável por indicar a posição do prato, definindo a cota deste. Esta emite informação ao PLC da máquina.

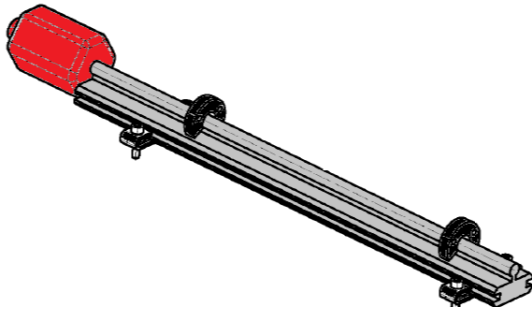


Figura 36 – Esquema da régua ótica da máquina em estudo.



Figura 37 – Régua ótica da máquina em estudo.

Grupo porta ferramenta:

O grupo porta ferramenta é responsável pelo suporte e aperto das ferramentas. Na Figura 38 é possível visualizar parte deste conjunto.

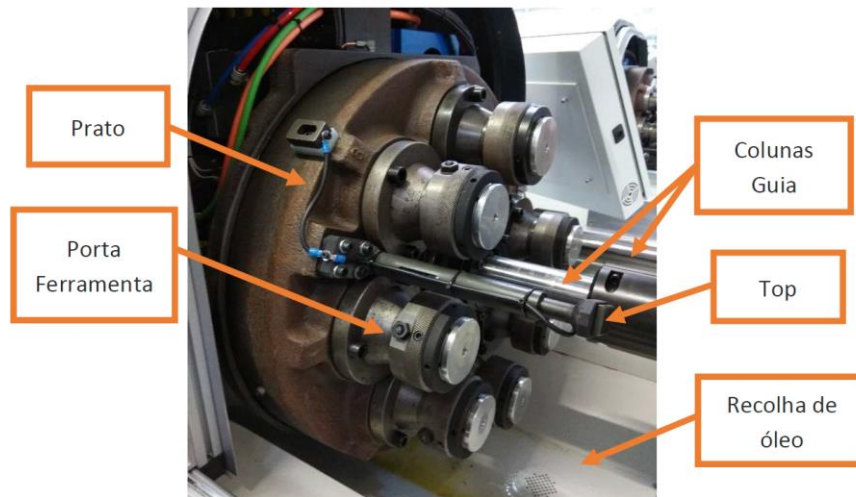


Figura 38 – Grupo porta ferramenta da máquina em estudo.

3.5.3 Ferramentas

As ferramentas são responsáveis pelo processo de embutidura em si. Variam entre cada equipamento *Science Technique Industrielle* (STI) e, dentro destes, existem vários passos. Um passo é uma etapa de embutidura, e as ferramentas de cada um ficam em diferentes posições do prato. Normalmente, uma STI tem entre três e cinco passos.

Um conjunto de ferramentas custa vários milhares de euros, sendo que a cabeça de rolagem representa um custo de cerca de sete mil euros. Isto deve-se à exigência dimensional e ao material com tratamento. Na Figura 39 é possível visualizar uma das ferramentas, designada por punção.



Figura 39 – Punção de uma STI da máquina em estudo.

3.5.4 Acionamento Movimento Mecânico

O acionamento do movimento mecânico varia entre máquinas. As máquinas elétricas têm um acionamento totalmente elétrico, enquanto que as máquinas hidráulicas têm acionamento essencialmente hidráulico. Nas máquinas elétricas é o servomotor que regula a posição do prato, enquanto que nas hidráulicas esta posição é regulada por uma válvula proporcional que funciona em conjunto com a régua de posição.

Máquinas hidráulicas:

Nas máquinas hidráulicas, o movimento de embutidura é acionado por uma válvula de caudal proporcional. Esta, mediante a tensão que lhe é imposta, faz o cilindro hidráulico movimentar-se e, conseqüentemente, o prato avançar ou recuar.

O movimento de rotação do prato é acionado por um motor hidráulico, enquanto que a rotação da rolagem é provocada por um motor elétrico.

Nas máquinas hidráulicas, o sistema que trava a rotação do prato tem início nos três sensores do suporte do prato. Estes sensores funcionam por combinação, ou seja, para cada posição do prato, têm uma combinação específica. Por exemplo, para a primeira posição, a combinação é os dois primeiros sensores ativos e o terceiro não ativo. Quando esta combinação é atingida, a cunha superior avança ligeiramente. O prato diminui a velocidade de rotação e a cunha bate na meia lua da respetiva posição (Figura 40). Ao mesmo tempo, o sensor inferior, que reage em cada posição do prato, ativa. Tendo o sensor inferior ativado e a combinação de sensores para a posição pretendida, as duas cunhas avançam e bloqueiam o prato. Na Figura 41 são visíveis os componentes de garantia de posição.



Figura 40 – Meia lua utilizada na máquina em estudo.

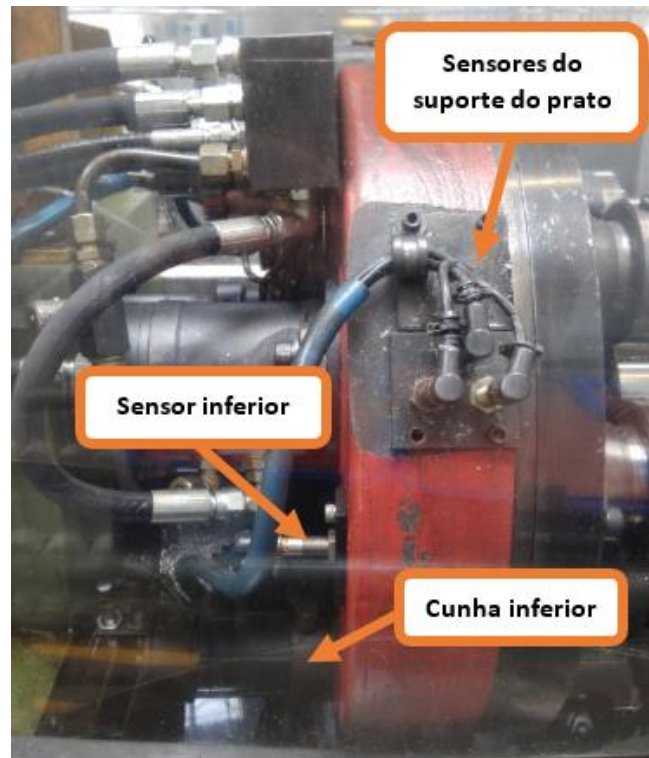


Figura 41 – Componentes de garantia de posição.

Máquinas elétricas:

Nas máquinas elétricas, o acionamento do movimento mecânico inclui os motores, redutores, pinhões e correia de transmissão.

Um dos motores, o de maior dimensão, é responsável pelo processo de embutidura em si. Este está acoplado a um redutor e a um parafuso sem fim para impulso. Ou seja, este motor tem que ter capacidade para movimentar o prato longitudinalmente. O segundo motor está acoplado a um redutor, e é responsável pela rotação do prato. O terceiro motor, juntamente com uma polia e correia, é o que provoca a rotação da rolagem.

Nas máquinas elétricas, o servomotor responsável pela rotação do prato, controla com exatidão os graus de rotação do mesmo. Deste modo, quando este pára na posição pretendida, há um cilindro pneumático que avança, funcionando como cunha. Assim, este cilindro funciona como uma garantia de posição e de que o prato está parado. Este sistema de controlo da rotação do prato está representado na Figura 42.



Figura 42 – Sistema que controla a rotação do prato e cunha pneumática.

Os movimentos do prato, longitudinal e de rotação, encontram-se representados na Figura 43.

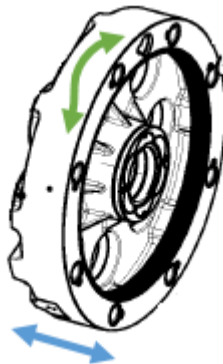


Figura 43 – Representação dos movimentos do prato: longitudinal (a azul) e rotação (a verde).

3.5.5 Mordça

O sistema da mordça é constituído pelo suporte da mesma, e pelo sistema responsável pelo seu fecho e abertura (Figura 44). O funcionamento é hidráulico, mas de acionamento pneumático. Este sistema inclui dois cilindros pneumáticos e um cilindro hidráulico. É o cilindro pneumático superior que aciona o cilindro hidráulico, e o cilindro pneumático lateral garante a posição do hidráulico, travando-o. Utiliza-se um cilindro hidráulico devido à força que é necessária fazer para abrir ou fechar a mordça.



Figura 44 – Sistema de mordça.

O sistema inclui ainda um pressostato, que pode ser manual ou digital, e um copo de óleo (Figura 45). É o pressostato que verifica a pressão a que a mordça fecha, e o copo de óleo é o reservatório para o óleo do cilindro hidráulico.



Figura 45 – Pressostato e copo de óleo.

3.5.6 Sistema Pneumático

O sistema pneumático é constituído por todos os cilindros pneumáticos, tubo, acessórios, válvulas pneumáticas (Figura 46) e ainda uma unidade de tratamento de ar (UTA). Regra geral, a UTA inclui corte elétrico, um pressostato, um regulador de pressão, um arrancador progressivo e pode ainda incluir um corte manual.



Figura 46 – Válvulas pneumáticas.

O pressostato garante que a máquina só liga quando atinge a pressão que este indica, e o regulador de pressão define a pressão de funcionamento da máquina, ou seja, a pressão enviada para a máquina. O arrancador progressivo é utilizado para que o arranque seja feito lentamente, até se atingir a pressão de trabalho. Deste modo, evita-se que os cilindros atuem de um modo brusco, quando se liga o sistema. Tanto o corte elétrico como o corte manual servem para cortar a entrada do ar. Apesar de terem a mesma função, estes garantem-se um ao outro. Se o corte elétrico falhar, existe a possibilidade de acionar o corte manualmente.

Para além destes componentes, uma UTA pode incluir um copo de purga da água que poderá existir no ar comprimido, e um copo com lubrificante para efetuar a lubrificação das válvulas (Figura 47). O último é mais recorrente nas máquinas hidráulicas, devido à necessidade de lubrificação das válvulas pneumáticas destas.



Figura 47 – UTA da máquina.

3.5.7 Carregadores

Os carregadores, Figura 48, são responsáveis pela introdução das bridas ou casquilhos no processo. Estes são constituídos essencialmente por cilindros e acessórios pneumáticos. Para além disso, possuem um consumível em bronze, responsável por inserir a brida ou casquilho na ferramenta.

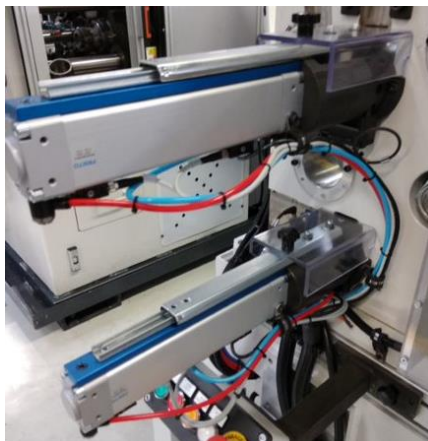


Figura 48 – Carregadores de brida ou casquilho.

3.5.8 Sistema hidráulico

O sistema hidráulico é composto pelo tanque de óleo, pela bomba hidráulica, filtros, válvula de segurança, bloco de válvulas e mangueiras para passagem do fluído, Figura 49.

O fluído hidráulico é armazenado no tanque de óleo, passando posteriormente por um filtro grosseiro, para impedir que passem detritos para a bomba. Após passar pela bomba hidráulica, o fluído volta a ser filtrado, passando por um filtro mais fino. Este filtro evita que detritos derivados de componentes da bomba que estejam em mau estado contaminem o óleo. Até chegar ao bloco de válvulas, onde o fluído vai ser distribuído, este passa pela válvula de segurança. Quando é atingida uma pressão específica para a qual a válvula está configurada, esta abre e faz retorno ao tanque. É no bloco de válvulas que é feita a distribuição do fluído.



Figura 49 – Tanque e motor hidráulico.

3.5.9 Sistema Elétrico

O sistema elétrico inclui o ecrã (Figura 50), botões, lâmpada para iluminação do local de trabalho, e todos os componentes elétricos e eletrónicos presentes no quadro elétrico.



Figura 50 – Ecrã da máquina em estudo (à esquerda a versão mais antiga e à direita a mais recente).

3.5.10 Sensores

A máquina possui diferentes sensores indutivos, nomeadamente sensor da mordça, do prato, da rolagem, do fecho da porta, da régua, entre outros. Estes sensores detetam objetos metálicos a pequenas distâncias, por isso, o objetivo e funcionamento destes é semelhante. O que os faz variar é o comprimento, rosca, resistência à temperatura ou alcance de deteção. No entanto, como estes existem com uma enorme variedade e em várias máquinas da fábrica, há facilidade em usar qualquer sensor que seja semelhante, fazendo apenas pequenos ajustes. Existem ainda sensores magnéticos nos cilindros pneumáticos, e sensores de fibra ótica.

3.5.11 Lubrificação

A lubrificação está subdividida em três tipos: a lubrificação da máquina e a macro e microlubrificação da peça.

A lubrificação da máquina é utilizada para lubrificar os veios e o sistema mecânico. A macro e microlubrificação da peça, é utilizada para lubrificar a peça e ferramenta durante o processo de embutidura (Figura 51). Não se utilizam estas duas lubrificações em simultâneo, optando-se ou pela macrolubrificação, que lança um jato superior ou lateral de lubrificante e que pode ser filtrada e reutilizada, ou pela microlubrificação, que lubrifica pulverizando a peça.



Figura 51 – Sistema de lubrificação da peça.

3.5.12 Segurança

Os componentes de segurança incluem as proteções acrílicas da máquina, fecho mecânico da porta, os botões de paragem de emergência, o interruptor geral e os sinais visuais (Figura 52 e Figura 53).



Figura 52 – Sinal Visual da máquina.

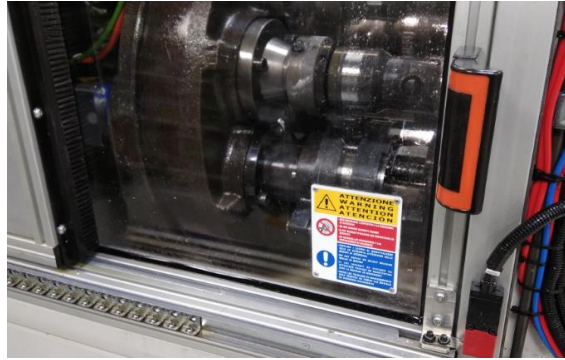


Figura 53 – Fecho de segurança da máquina.

O interruptor geral (Figura 54), disposto na porta do quadro elétrico, é utilizado para interromper a alimentação elétrica no interior do quadro, permitindo o acesso ao próprio quadro elétrico.

O botão de emergência (Figura 55) é premido quando estiver iminente uma situação de perigo. Ao acionar o botão de emergência, a máquina entra em estado seguro.



Figura 54 – Interruptor geral.



Figura 55 – Interruptor de emergência.

3.5.13 Componentes principais

Depois de compreender o funcionamento da máquina e os seus principais conjuntos, foi possível reuni-los numa tabela resumo (Tabela 11, 11 e 12), identificando os componentes de cada um. Como os desenhos e listas de peças da máquina existentes são de propriedade exclusiva da empresa fabricante, estes não podem ser reproduzidos e, conseqüentemente, não poderão ser descritas as referências dos componentes.

Tabela 11 – Componentes principais da máquina.

Sistema	Componente
Estrutura Mecânica	Prato
	Tampa para prato
	Calha articulada fechada 28 malhas
	Porta ferramentas
	Ferramentas
	Régua ótica MTS_RPM0300_MD701S1G6100
	Fio elétrico top
	Top
	Coluna guia Ø60 L1134 mm
	Trava curso anterior da coluna guia central
Trava curso posterior da coluna guia central	
Rotação do Prato	Motor sem escovas Kollmorgen AKM_44G_ANCNR
	Redutor Alpha Wittenstein
	Suporte Redutor
	Pinhão m2 z28
Acionamento Movimento Mecânico	Válvula Proporcional
	Meia Lua
	Cunha mecânica
	Cunha pneumática (Cilindro Festo ADN-100-30-I-P-A)

Tabela 12 – Componentes principais da máquina (continuação).

Sistema	Componente
Rotação da Rolagem	Motor assíncrono KW-2.2-4P-B14-1LE1001-1AB42-2KA0
	Correia dentada AT_10_800_25_PU
	Polia dentada AT 10 z 40
	Grupo da polia
	Cilindro Festo ADN-50-20-A-P-A
	Placa de arranque
Embutição	Motor sem escovas Kollmorgen AKM73Q-ANCNR-00
	Redutor Wittenstein Alpha TP50S-MF1-5-0K1-2S
	Parafuso Thomson para grupo de impulso M-8020-0733mm
Mordça	Cilindro hidráulico
	Cilindro Festo ADN-100-80-A-P-A
	Cilindro Festo ADN-40-50-I-P-A
	Pressostato PSB250AV1A5
	Copo de óleo
	Mordça
	Bucha <i>standard</i> da mordça
	Grupo Semitorno
Sensores	Sensor indutivo
	Sensor magnético
	Sensor fibra ótica

Tabela 13 – Componentes principais da máquina (continuação).

Sistema	Componente
Sistema Pneumático	Tubo e acessórios pneumáticos
	Válvulas pneumáticas Festo
	Pressostato Festo
	Corte elétrico Festo
	Corte manual Festo
	Regulador de pressão Festo
	Arrancador progressivo Festo
Carregador	Cilindro Festo
	Peça em bronze
Sistema Hidráulico	Bomba Hidráulica
	Motor Hidráulico
	Filtros
	Válvula de segurança
	Válvulas hidráulicas
	Mangueiras
Lubrificação	Tubos de lubrificação da peça
	Bomba lubrificação
Sistema Elétrico	Ecrã
	Botões
	Lâmpada
	Componente elétricos (Relés,...)
Segurança	Sensor abertura porta
	Fecho mecânico da porta
	Botão paragem de emergência
	Interruptor geral
	Sinais visuais

3.6 Preparação

Tal como referido anteriormente, a embutidura insere-se na zona de preparação, e, por isso, o *setup* das máquinas de embutir é feito por técnicos designados por preparadores. Estes são responsáveis por fazer o *setup* das máquinas, externo e interno, e limpar e polir ferramentas. Qualquer problema com o correto funcionamento da máquina, deve ser resolvido por um técnico de manutenção, através da criação de uma ordem de serviço (OS).

Para efetuar o *setup* de uma máquina, os preparadores possuem uma instrução de preparação para cada STI, e um procedimento que devem seguir.




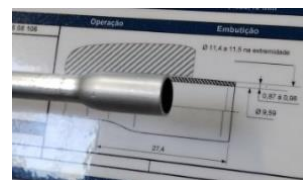
Uma Instrução de Preparação *Standard* de Embutidura (IPSE) é um documento que, tal como o nome indica, permite que o processo de preparar uma máquina de embutir siga um *standard*. É através deste documento que o preparador sabe a ferramenta que deve utilizar, em que posição do prato a ferramenta fica, se utiliza lubrificação e quais os parâmetros dimensionais da peça que são necessários garantir. Por estes motivos, sempre que há uma alteração de STI, o preparador tem de seguir a respetiva IPSE.

Seguindo a IPSE, o preparador tem quase toda a informação necessária para preparar corretamente a máquina e obter uma boa peça. No entanto, os valores de programação que necessita de fazer irão depender muito do conhecimento e experiência do mesmo. As máquinas possuem alguns programas guardados, no entanto, estes são recorrentemente sujeitos a alterações, ou são mesmo eliminados. Assim, sem qualquer informação sobre quais os valores do programa de cada STI, o tempo de *setup* torna-se bastante extenso e são necessárias mais peças para ajustar a preparação.

Deste modo, seguindo a IPSE, obtém-se parte da embutidura, sendo que o restante depende de afinações de cotas no programa.

O procedimento de *setup* é comum a todas as STI, e encontra-se resumido na Tabela 14.

Tabela 14 - Procedimento de *setup* da máquina.

Etapa	Procedimento	Ilustração
1	Colocar a máquina fora de funcionamento.	
2	Abrir a proteção e proceder à substituição das ferramentas, colocando a ferramenta substituída no carro do preparador.	
3	Garantir a distância do <i>top</i> , utilizando um paquímetro.	
4	Ajustar a direção de lubrificação.	-
5	Fechar as proteções e rearmar a máquina.	-
6	Selecionar o programa e ajustar as cotas deste.	-
7	Produzir a peça até ao primeiro passo.	

- 8 Medir a peça após o primeiro passo, verificando se está de acordo com a instrução de preparação. Se a peça estiver ok, avança-se para a produção da peça até ao segundo passo. Se estiver não ok, afinam-se cotas no programa da máquina e repete-se este passo.



- 9 Produção da peça até ao segundo passo.



- 10 Medir a peça obtida após o segundo passo, verificando se está de acordo com a instrução de preparação. Se a peça estiver ok, avança-se para a produção do ciclo completo da peça. Se estiver não ok, afinam-se cotas no programa da máquina e repete-se este passo.



- 11 Fazer o ciclo completo da peça (até ao terceiro e último passo).



- 12 Medir as características necessárias. Se estiver não ok, afina-se cotas no programa da máquina e repete-se este passo até estes estarem dentro dos limites.



Após o *setup* interno de cada STI, o preparador deve ainda efetuar a limpeza da ferramenta na zona de preparação (Figura 56). É nesta etapa que se verifica o estado da mesma.



Figura 56 – Área de preparação.

Para além da limpeza, quando as ferramentas atingem a produção de vinte mil peças, o responsável de produção solicita o polimento das mesmas. Tanto a limpeza como o polimento seguem uma instrução. O procedimento da limpeza está descrito na Tabela 16, sendo que as etapas 6, 7 e 8 referem-se às tarefas de polimento.

Tabela 16 – Procedimento de limpeza das ferramentas.

Etapa	Procedimento
1	Retirar a ferramenta da máquina e colocar no carro de preparador;
2	Desmontar a ferramenta e verificar o funcionamento dos rolamentos;
3	Verificar o estado dos componentes da ferramenta e, se ok, continuar o procedimento. Se <i>nok</i> , fazer uma OS para solicitar nova ferramenta;
4	Lavar a ferramenta na máquina de lavar (Figura 57);
5	Soprar e secar;
6	Posicionar e fixar a ferramenta no torno;

7	Polir os componentes com pasta de diamante e malha de aço (Figura 58);
8	Verificar visualmente a existência de marcas de desgaste na ferramenta;
9	Montar novamente a ferramenta;
10	Guardar o conjunto de ferramentas na caixa identificada com a STI correspondente (Figura 59);
11	Preencher os documentos de registo de controlo de limpeza/polimento.



Figura 57 – Lavagem das ferramentas.



Figura 58 – Material para polir ferramentas.



Figura 59 – Organização de ferramentas.

Caso seja verificada alguma anomalia na ferramenta, deve ser feita uma OS para solicitar nova ferramenta e, posteriormente, substituí-la.

A única ação de reparação de ferramenta efetuada pelos preparadores, é o enchimento das mordças (Figura 60). Estas, na zona que agarra o tubo, têm uma rugosidade específica para que o tubo não deslize. Com o uso, vai havendo desgaste e os preparadores têm a possibilidade de repor a rugosidade, fazendo deposições de material similar através da utilização do elétrodo de tungsténio utilizado no processo TIG.

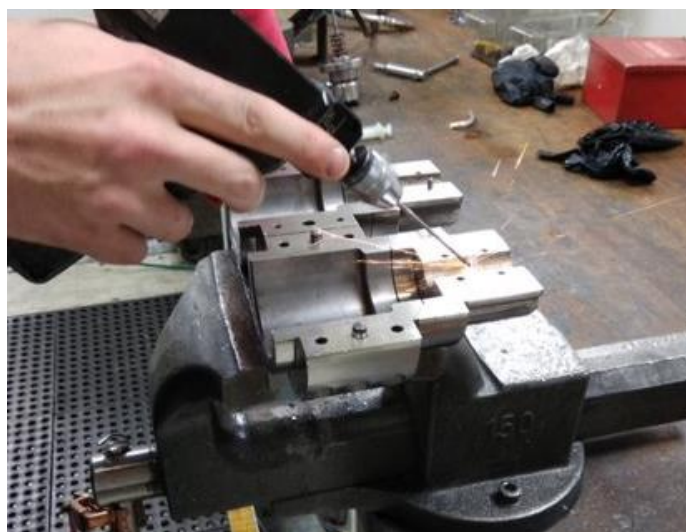


Figura 60 – Enchimento de mordça.

3.7 Ordem de serviço (OS)

Uma OS é criada quando surge necessidade de uma nova ferramenta/consumível, ou de manutenção em qualquer área/máquina da fábrica. Esta é criada num *software*, designado por GMAO, utilizado para se efetuar pedidos de assistência, Figura 61. Neste *software* constam todas as ferramentas, componentes e consumíveis, assim como todas as ordens de serviço realizadas na fábrica.

As OS podem ser feitas devido a avarias com ou sem paragem, melhorias que se pretendam efetuar, deslocações ou instalações de equipamentos, pedidos de ferramentas, situações de risco para os colaboradores, entre outras.

The screenshot shows a web-based form for creating a service order (OS) in the GMAO system. The form is titled "Exibição de registo" and is organized into several sections:

- Top Section:** Includes a "Descrição:" text input field, an "Equipamento:" dropdown menu with a search icon, a "Segurança:" checkbox, and an "Organização:" dropdown menu with the value "ZAMA1" and a search icon.
- Detalhes da solicitação de serviço:** Contains a "Tipo:" dropdown menu, a "Código de problema:" dropdown menu with a search icon, and a "Status:" field showing "Solicitação de serviço".
- Origem:** Includes a "Solicitado por:" dropdown menu with a search icon, a "Data do informe:" field showing "28-FEV-2019 09:49", and a "Data de início solicitada:" dropdown menu with a calendar icon.
- Comentários:** A section at the bottom with an upward arrow icon.
- Bottom Bar:** Contains three small icons: a plus sign, a trash can, and a document with a checkmark.

Figura 61 – Página de criação de OS no GMAO.

Para realizar uma OS, coloca-se uma descrição do motivo pelo qual se faz a OS, o equipamento e o tipo de OS. Posteriormente, o técnico de manutenção e/ou o colaborador da ferramentaria, completam a mesma com os dados relativos à resolução destas.

A análise das OS é uma mais valia para compreender as necessidades de manutenção e de consumíveis das diferentes linhas e máquinas. Deste modo, analisando os dados inseridos aquando da resolução destas, deverá ser possível entender as ações implementadas e/ou componentes substituídos.

Para além disso, ficam registadas as horas de trabalho necessárias para a sua resolução, qual o técnico que a efetuou e os custos inerentes.

3.8 Descrição do problema

3.8.1 Análise inicial

O problema apresentado nesta dissertação está relacionado com a necessidade da empresa identificar os equipamentos críticos que, falhando, podem levar à paragem da produção. Como a embutidura está presente em todas as referências produzidas e representa um número de ordens de serviço e de ferramentas consumidas elevado, optou-se por analisar estas máquinas e respetivo processo.

Assim sendo, numa fase inicial, foi necessário analisar a situação atual. Para isso, analisou-se as OS criadas relativamente à embutidura, para determinar o modelo de máquina com maior número de OS, maior custo envolvido, maior tempo de resolução e ainda os componentes com maior necessidade de intervenção. Para efetuar esta análise, utilizou-se essencialmente diagramas de Pareto.

O período de análise utilizado foi de 1 de novembro de 2018 a 31 de janeiro de 2019. As máquinas analisadas foram as máquinas de embutir hidráulicas e as máquinas de embutir elétricas. Na Tabela 17 e Tabela 18, encontram-se descritas as referências das máquinas hidráulicas e elétricas.

Tabela 17 – Máquinas hidráulicas.

Máquinas Hidráulicas					
EMB0001	EMB0016	EMB0031	EMB0041	EMB0053	EMB0060
EMB0009	EMB0017	EMB0032	EMB0044	EMB0054	EMB0062
EMB0011	EMB0018	EMB0033	EMB0046	EMB0055	EMB0074
EMB0012	EMB0020	EMB0035	EMB0047	EMB0056	EMB0076
EMB0013	EMB0024	EMB0037	EMB0049	EMB0057	EMB0078
EMB0014	EMB0030	EMB0038	EMB0051	EMB0059	EMB0080
EMB0015					

Tabela 18 – Máquinas Elétricas.

Máquinas Elétricas					
EMB0050					
	EMB0081	EMB0083	EMB0085	EMB0087	EMB0089
EMB0064					
	EMB0082	EMB0084	EMB0086	EMB0088	EMB0090
EMB0065					

A nível percentual, é possível perceber que as máquinas elétricas representam cerca de um quarto das máquinas de embutir da fábrica (Figura 62). Isto deve-se ao facto de estas serem o modelo mais recente e terem sido adquiridas ao abrigo de novos projetos. Deste modo, as máquinas hidráulicas apresentam uma maior representatividade na fábrica, mas a tendência será existirem mais aquisições de máquinas elétricas.

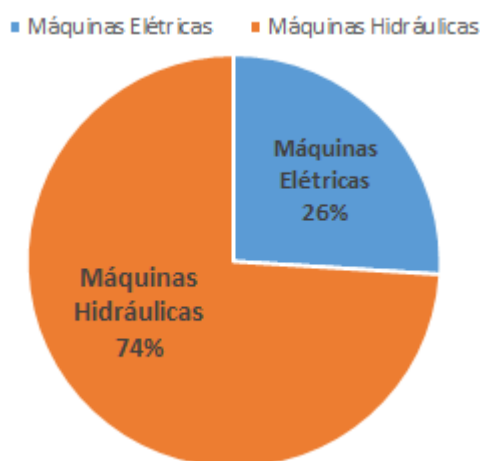


Figura 62 – Distribuição das máquinas de embutir.

No decorrer da análise, detetou-se alguma dificuldade em efetuar tratamento de dados utilizando o *software* de assistência à manutenção industrial, devido à não existência de *standards*. Deste modo, analisando os dados deste *software*, não é possível, de forma imediata, identificar que conjunto ou componente foram alvos de ações de manutenção e o custo individual de cada ação. Isto acontece porque, quando se cria uma OS, a única atribuição feita é a do número da máquina e de materiais utilizados, quando é caso disso. Isto obriga a que se tenha de percorrer um processo demorado, analisando ordem a ordem de serviço, os comentários escritos pelos técnicos de manutenção e o débito de material, de modo a compreender que componente entrou em falha. Desta forma, a recolha de dados foi mais demorada, e foi necessário converter os dados retirados em indicadores, de forma a ser possível analisá-los.

Fez-se ainda uma análise relativa ao tipo de OS realizadas para as máquinas de embutir, e concluiu-se que as OS com paragem representam a maioria e as OS sem paragem um valor residual (Figura 63). Analisando as OS, verifica-se que parte destas não ocorreram efetivamente com necessidade de paragem, no entanto, isto ocorre devido à falta de informação sobre os diferentes tipos de OS, e ao facto dos colaboradores quererem dar prioridade à OS acabada de fazer, em detrimento de outras.

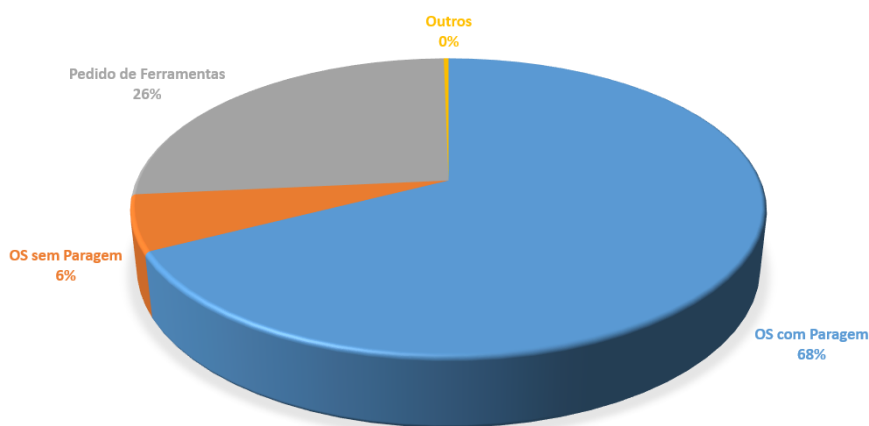


Figura 63 – Tipos de OS das máquinas de embutir.

3.8.2 Análise por máquina

A primeira análise efetuada está relacionada com a máquina mais crítica ao nível de solicitações de serviços de manutenção. Tal como indica a Figura 64, 62 % das OS referem-se a máquinas hidráulicas, e os restantes 38 % a máquinas elétrica. Tendo em conta o gráfico da Figura 62, poderia dizer-se que as máquinas elétricas são mais críticas que as hidráulicas, pois apresentam 38 % de OS para 26 % das máquinas. No entanto, estes dados explicam-se devido ao facto dos preparadores serem pouco experientes em máquinas elétricas, e abrirem um OS por qualquer tipo de problema encontrado, incluindo deslocações à máquina para a criação de *layouts* em fábrica.

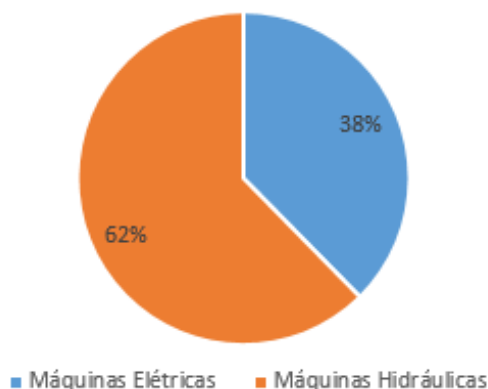


Figura 64 - Ordens de serviço por máquina.

Analisando o MTBF e MTTR das duas máquinas (Tabela 19), foi possível concluir que o MTBF das máquinas elétricas representa cerca do dobro do MTBF das máquinas hidráulicas. No que diz respeito ao MTTR, apresentam o mesmo valor para os dois tipos de máquinas. Estes dados indicam que as máquinas hidráulicas apresentam uma maior taxa de falha do que as máquinas elétricas, tornando-se mais críticas neste fator.

Tabela 19 – MTBF e MTTR das máquinas de embutir.

	MTBF (h)	MTTR (h)
Máquinas hidráulicas	216	0,6
Máquinas elétricas	434	0,6

3.8.3 Análise por componente

Considerando a totalidade das máquinas de embutir, foram contabilizadas as avarias que deram origem a solicitações de serviços de manutenção, concluindo-se que o principal motivo eram danos com ferramentas, seguindo-se problemas relativos a sensores e estrutura mecânica. O que apresenta o valor mais reduzido são as OS referentes a problemas no sistema da mordalha (Figura 65).

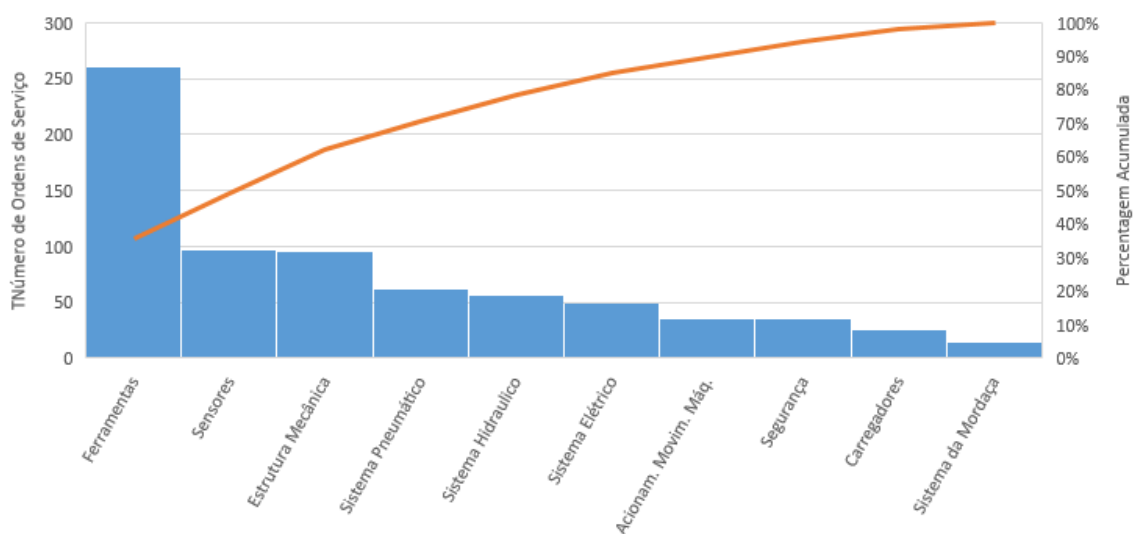


Figura 65 - N° de ordem de serviço por componente.

Tendo em conta a diferença entre as máquinas hidráulicas e elétricas, analisou-se as máquinas individualmente, e contabilizou-se as avarias que deram origem a OS para cada tipo de máquinas.

No caso da máquina hidráulica (Figura 66 e Tabela 20), para além das ferramentas, são os sensores e a estrutura mecânica que apresentam um valor mais elevado. Tal como referido anteriormente, a máquina possui vários sensores, mas todos com especificação semelhante. Durante o acompanhamento das OS, foi possível detetar que vários sensores falham e têm necessidade de ser substituídos, nomeadamente sensores do *top*, da mordaza, da rolagem ou do prato.

Relativamente à estrutura mecânica, são os danos no *top* e na régua de posição que apresentam maior número de causas de ordens de serviço.

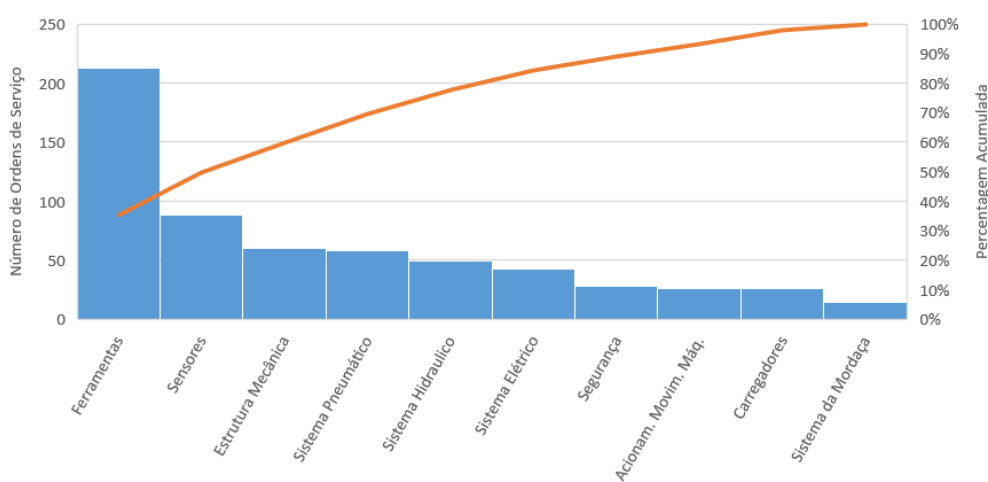


Figura 66 - Nº de ordens de serviço por componente das máquinas hidráulicas.

Tabela 20 - Nº de ordens de serviço efetuadas para cada componente das máquinas hidráulicas.

Componente	Número de OS	Porcentagem (%)
Ferramentas	213	35,26
Sensores	88	14,57
Estrutura Mecânica	60	9,93
Sistema Pneumático	58	9,60
Sistema Hidráulico	49	8,11
Sistema Elétrico	42	6,95
Segurança	28	4,64
Acionamento do Movimento da Máquina	26	4,30
Carregadores	26	4,30
Sistema da Mordaza	14	2,32

As máquinas elétricas, para além das ferramentas, apresentam um valor elevado na estrutura mecânica (Figura 67 e Tabela 21). A maioria dos problemas da estrutura mecânica relacionam-se com a quebra do *top*, ou fio elétrico do *top* danificado. Esta avaria acontece porque o óleo existente na máquina danifica o revestimento do fio, deixando-o suscetível a danos. Para evitar esta situação, é necessário verificar o estado do fio periodicamente, de modo a evitar que o revestimento se danifique.

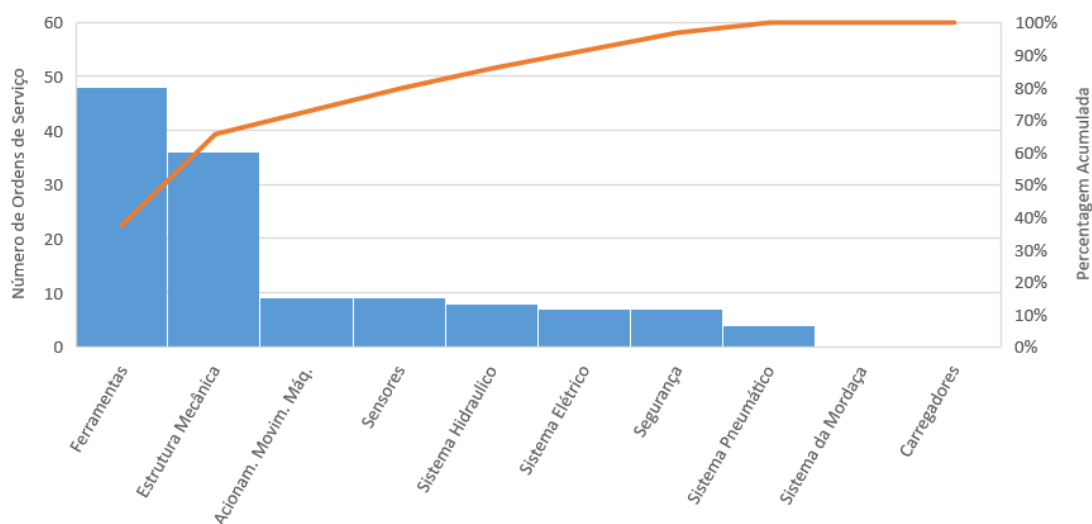


Figura 67 - Nº de ordens de serviço por componente das máquinas elétricas.

Tabela 21 - Nº de ordens de serviço efetuadas para cada componente das máquinas elétricas.

Componente	Número de OS	Percentagem (%)
Ferramentas	48	37,5
Estrutura Mecânica	36	28,1
Acionamento do Movimento da Máquina	9	7,03
Sensores	9	7,03
Sistema Hidráulico	8	6,25
Sistema Elétrico	7	5,47
Segurança	7	5,47
Sistema Pneumático	4	3,13
Sistema da Mordaza	0	0,00
Carregadores	0	0,00

Fez-se uma análise comparativa sobre a quantidade de ordens de serviço de cada componente, entre máquinas elétricas e máquinas hidráulicas, obtendo-se que as máquinas elétricas apresentam uma percentagem superior às hidráulicas, no que diz respeito às ferramentas e à estrutura mecânica. Isto justifica-se devido às máquinas elétricas estarem associadas maioritariamente a novos projetos e, por isso, serem necessárias mais ferramentas para iniciar a produção. No que diz respeito à estrutura mecânica, explica-se por dois motivos: danos causados no *top* elétrico e encravamento do prato.

Como o *top* elétrico existe essencialmente neste tipo de máquinas, consequentemente, a maioria das falhas devido ao fio elétrico ocorrem em máquinas elétricas.

Tal como já foi referido, estas máquinas são utilizadas maioritariamente para início de projetos e industrializações. Nesta fase inicial, existem componentes do tubo, como bridas ou casquilhos, que caem para o interior da máquina, encravando o movimento do prato.

Por fim, é possível efetuar uma análise comparativa entre os componentes das duas máquinas (Figura 68), concluindo que a máquina elétrica só apresenta um valor bastante superior às máquinas hidráulicas no que diz respeito à estrutura mecânica. Para além disso, existem componentes que não apresentam necessidade de criação de OS para estas máquinas, nomeadamente o sistema da mordaza e os carregadores.

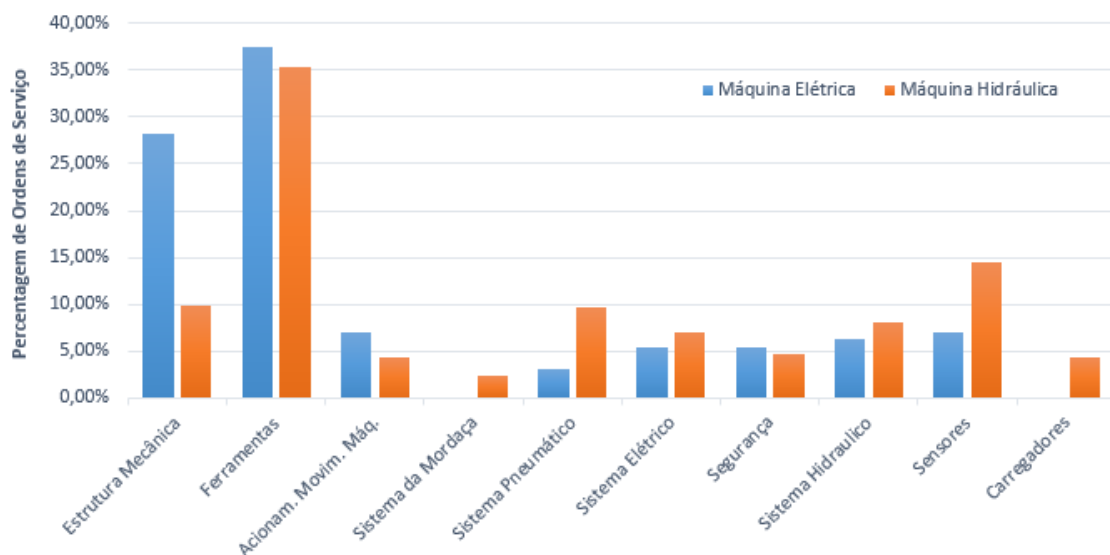


Figura 68 – Comparação entre o número de ordens de serviço por componente, por máquina.

3.8.4 Análise de custos

Através da análise das OS, é possível retirar o custo de materiais e mão de obra de cada uma, assim como as horas de trabalho gastas para a sua resolução.

O custo de materiais está relacionado com o material debitado para resolução da OS, enquanto que o custo da mão de obra se relaciona com o tempo de resolução da OS e com o técnico de manutenção que a resolve. Isto acontece porque a mão de obra não é paga de igual forma, variando com o nível do técnico.

Assim sendo, só é possível obter o custo geral de cada ordem de serviço, e não o custo por componente intervencionado. Analisando os dados representados na Tabela 22, é possível concluir que, em média, o custo de materiais e as horas de trabalho são semelhantes para as duas máquinas.

Tabela 22 - Custos das ordens de serviço.

	Elétrica		Hidráulica	
	Custo	Média/OS	Custo	Média/OS
Materiais	4 966,06 €	38,80 €	25 071,23 €	41,51 €
Mão Obra	1 339,91 €	10,47 €	2 494,89 €	4,13 €
Total	6 305,97 €	49,27 €	27 566,12 €	45,64 €
Horas de Trabalho	80,55 h	0,63 h	408,72 h	0,68 h

O custo de mão de obra médio varia entre as duas máquinas, sendo que as máquinas elétricas possuem cerca do dobro do custo das hidráulicas. Isto deve-se ao facto de as máquinas serem mais recentes e, por isso, serem os técnicos mais experientes (mão de obra mais cara) a resolver estas ordens de serviço. Consequentemente, o custo médio por OS é ligeiramente superior nas máquinas elétricas.

3.8.5 Conclusão da análise

Após efetuada a análise, utilizando a informação do *software* de gestão de manutenção, é possível concluir que:

- As máquinas elétricas apresentam um MTBF bastante superior ao das hidráulicas, e uma menor taxa de falha, tornando as máquinas hidráulicas mais críticas;
- Os pedidos de ferramentas apresentam-se como o principal motivo da criação de OS, no entanto, as OS de pedido de ferramenta representam apenas 26%. Isto deve-se ao facto de os colaboradores não selecionarem a tipologia de OS correta;
- O custo médio de OS das máquinas elétricas e hidráulicas é semelhante;
- A estrutura mecânica, mais propriamente problemas no *top* ou encravamento do prato, e os sensores, representam uma percentagem significativa das OS;
- O tempo despendido por OS é relativamente inferior nas máquinas elétricas, e tem tendência a diminuir, devido ao aumento da experiência dos técnicos de manutenção nestas máquinas e à maior facilidade de manutenção que estas apresentam, diminuindo, conseqüentemente, o custo;
- A maioria das OS representam avaria com paragem.

3.9 Tempestade de ideias

O *Brainstorming*, ou tempestade de ideias, tem como objetivo explorar as potencialidades de uma equipa para a resolução de problemas. Assim, todo o processo foi acompanhado pela equipa de preparadores, equipa de técnicos de manutenção e o responsável pelos aprovisionamentos da manutenção, estabelecendo-se um objetivo bem definido.

Seguindo o projeto definido e a análise inicial deste, chegou-se a três problemas a necessitar de resolução. O problema principal da dissertação, necessidade de definir os componentes críticos de uma máquina de embutidura (A), e outros dois que surgiram durante a análise efetuada: OS incompletas e sem dados suficientes para controlo e avaliação (B), e um tempo de *setup* da máquina extremamente elevado e dependente da experiência do preparador (C). A Figura 69 ilustra a divisão dos problemas e a proposta de resolução destes. Assim, para a resolução, é importante definir um modelo de criticidade para a máquina, definir um *standard* para criar e fechar uma OS e melhorar o *setup* da máquina.

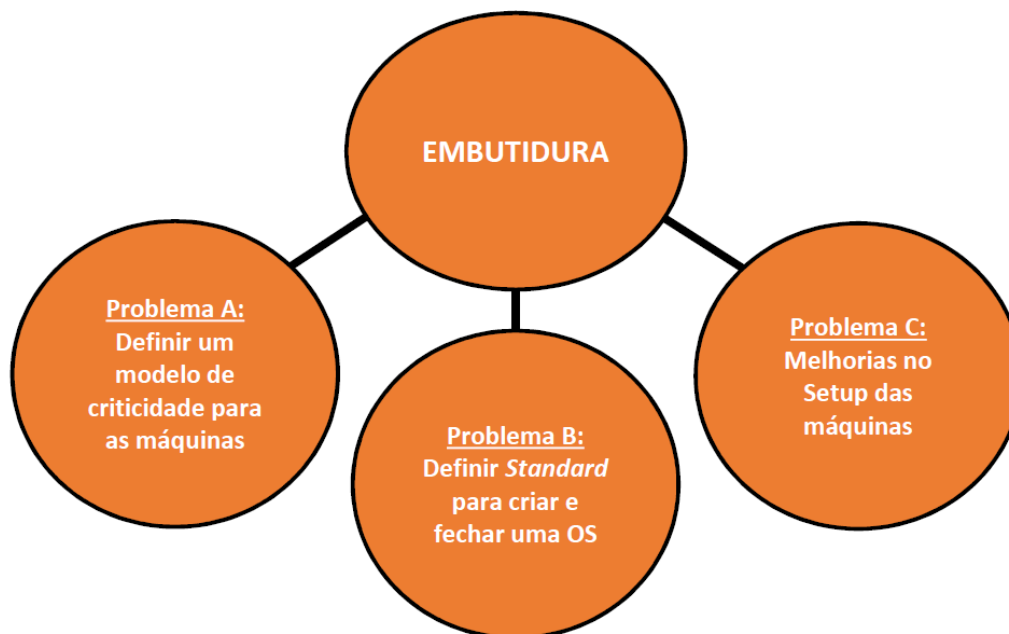


Figura 69 – Proposta de resolução dos três problemas.

Resolvendo estes três problemas, é esperado obter:

- Lista de componentes críticos;
- Procedimento de criação e fecho de ordens de serviço;
- Atualização das instruções de preparação *standard* de embutidura.

Terá como principais impactos:

- Redução dos custos de manutenção;
- Aumento da disponibilidade dos equipamentos;
- Redução do tempo de análise das ordens de serviço (antes e depois da respetiva resolução);
- Preparação *standard* e em menos tempo.

3.10 Análise SWOT

Para cada problema, foi realizada uma análise SWOT, de modo a obter o melhor resultado possível para a sua resolução. Esta análise permite perceber as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças da ideia, levando a uma análise e tomada de decisão mais consciente e sustentada.

3.10.1 Problema A – Modelo de Criticidade

O primeiro problema é o principal objetivo deste relatório: a obtenção da criticidade dos componentes das máquinas de embutir. Assim, a sua resolução passa por obter um modelo de criticidade que indique quais os componentes mais críticos. O objetivo visa essencialmente a redução de falhas e do tempo de máquina parada. Do ponto de vista da gestão da manutenção e ferramentaria, esta solução traz vantagens, e potencial para aumentar a disponibilidade do equipamento. Para perceber a pertinência, pontos positivos, negativos, forças e fraquezas desta solução, foi realizada uma análise SWOT (Figura 70).

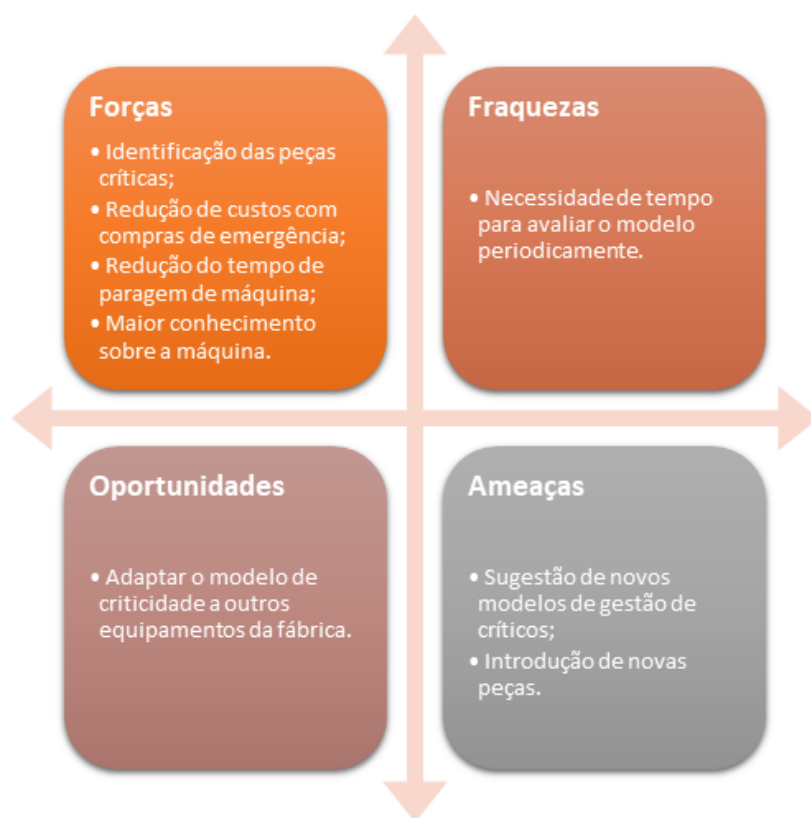


Figura 70 – Análise SWOT da proposta de resolução para o problema A.

Este tipo de trabalho deve ser bem analisado e estudado, uma vez que esta análise poderá ser, mais tarde, aplicada aos restantes equipamentos da empresa. Como tal, inicialmente deve ser feita uma análise *Ishikawa*, analisando mais pormenorizadamente os motivos de paragem e de ordens de serviço referentes às máquinas de embutir, para desenvolver o modelo de criticidade e perceber se este se adapta ao pretendido. Para além disso, devem ser tomados em conta os critérios de manutenção da empresa, de modo a avaliar o que se considera importante.

3.10.2 Problema B – *Standard* para OS

O problema B está relacionado com OS incompletas e sem dados suficientes para controlo e avaliação. A resolução para este problema tem como objetivo desenvolver e aproveitar os recursos que a empresa já possui para auxiliar a análise e o controlo das ações de manutenção e ferramentaria. Com a necessidade, cada vez maior, de otimizar os recursos e tornar as análises rápidas e conclusivas, optou-se então por desenvolver um *standard* para a realização de uma OS. Este deverá indicar o procedimento que se deve adotar.



Figura 71 – Análise SWOT da proposta de resolução para o problema B.

Na Figura 71, é possível visualizar uma análise SWOT da ideia de resolução do problema, sendo que as principais vantagens da utilização deste sistema são:

- Registo de todas as operações efetuadas pela manutenção e/ou ferramentaria;
- Facilidade de análise e controlo por parte dos responsáveis, permitindo verificar os consumos e necessidades de mão de obra em cada ordem de serviço.

3.10.3 Problema C – Setup das máquinas

A redução do tempo de *setup* das máquinas foi mais um desafio proposto, sendo o objetivo de redução de tempo de, pelo menos, 20 %. Esta redução é ainda mais importante no que diz respeito ao tempo de *setup* interno, ou seja, ao tempo em que a máquina está parada.

Este problema surge devido às máquinas de embutir apresentarem um tempo de *setup* bastante elevado (cerca de 45 min). Este tempo depende não só das tarefas dos preparadores, mas também da experiência dos mesmos a programar a máquina e a fazer ajustes. A programação da máquina varia com a STI (ferramenta utilizada) e com a máquina em que esta é aplicada. Para conseguir reduzir a influência da experiência do preparador no processo e torná-lo mais *standard*, é necessário inserir mais informação na IPSE.

Reduzindo o tempo de *setup*, é esperado um aumento da disponibilidade do equipamento, sendo o objetivo atingir, pelo menos, os 95 %. Assim, a solução para este problema visa a atualização das folhas de instrução de preparação *standard* de embutidura, de modo a que o preparador possua toda a informação necessária. Nas máquinas mais recentes, existe a possibilidade de guardar os programas na máquina. No entanto, estes podem ser alterados por qualquer preparador, ou mesmo eliminados, havendo sempre a necessidade de saber programar a máquina rápida e corretamente.



Figura 72 – Análise SWOT da proposta de resolução para o problema C.

Para perceber a utilidade desta solução, foi realizada uma análise SWOT (Figura 72).

Após esta análise, é possível perceber que a principal desvantagem desta medida é o facto de ser necessário atualizar todas as IPSE cada vez que haja uma alteração relevante de programação ou estrutural da máquina.

3.11 Problema A - Análise funcional

3.11.1 Diagrama Causa-Efeito

Para analisar o problema A, é necessário perceber as principais causas para a máquina parar e ser necessário existir intervenção de um preparador, e/ou ser feita uma OS. Através desta análise, é possível compreender melhor a necessidade de manutenção e controlo do processo.

O principal problema em análise é a paragem da máquina, e conseqüente paragem de produção. Assim, para ser possível aferir as causas para as avarias, recorreu-se ao diagrama de *Ishikawa*, também designado por diagramas de causa-efeito. Desta forma, será possível avaliar as possíveis causas para as avarias que possam ocorrer. Para se efetuar esta análise, foi necessário analisar os dados contidos nas OS e acompanhar o processo, preparadores e operadores.

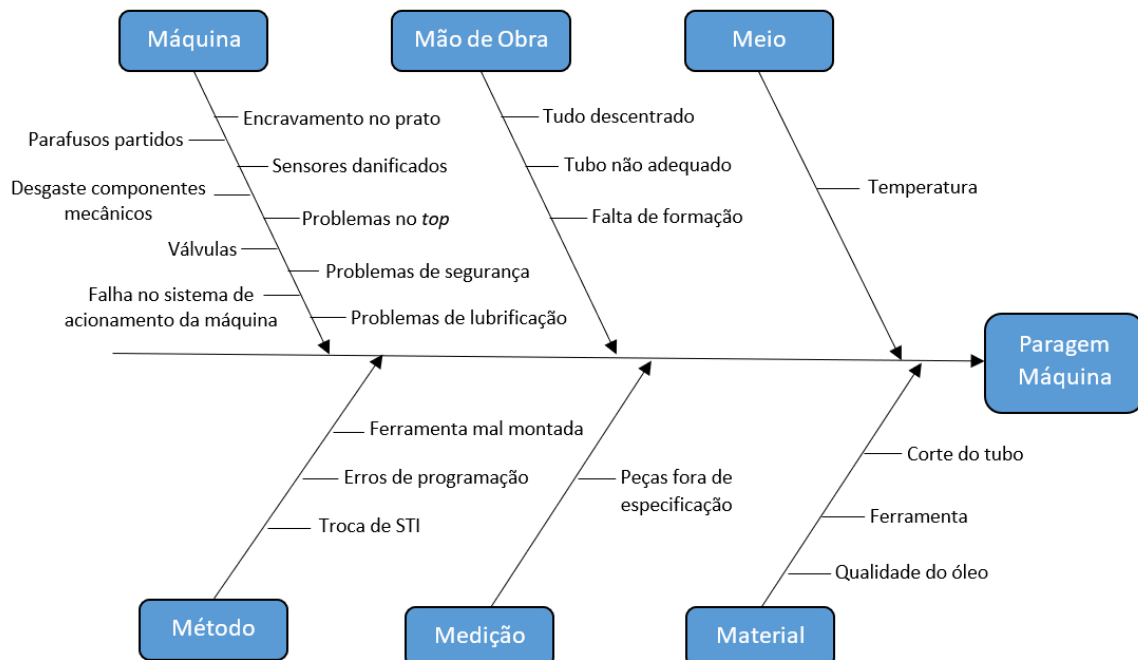


Figura 73 – Diagrama de *Ishikawa* relativo à paragem da máquina de embutir.

Como complemento ao diagrama da Figura 73, segue-se uma breve explicação de cada possível causa para o problema nas Tabelas 23 a 28.

Tabela 23 - Descrição de potenciais causas relacionadas com o material.

Material	
Qualidade do óleo	O óleo é sujeito a reaproveitamento, sendo filtrado. No entanto, este fica com pó de limalha e pode causar má qualidade visual do embutido e, por isso, ser necessário parar a máquina para o substituir.
Corte do tubo	O processo anterior à embutidura é o corte do tubo e, por isso, a qualidade do corte vai definir a qualidade da peça embutida. Durante a embutidura, o tubo é puxado. Se a superfície cortada possuir rebarba, esta vai ser puxada e criar o aparecimento de limalhas. As limalhas, para além de induzirem problemas de qualidade na peça, também danificam as ferramentas. A limalha pode ficar presa nas ferramentas, riscando o tubo, brida ou casquilho. Para além disso, desgasta as ferramentas, diminuindo a vida útil das mesmas. Havendo problemas de não qualidade nas peças, a máquina para e é sujeita a novo acerto.
Ferramenta	A ferramenta é o componente mais importante para se obter uma embutidura de qualidade. Se a ferramenta estiver danificada, não possui a qualidade superficial exigida e não for limpa nem polida com a regularidade necessária, vai causar danos ao tubo e provocar a paragem da máquina para novos ajustes, ou mesmo a substituição de ferramenta.

Foram verificados vários casos em que o corte do tubo é preponderante para uma boa embutidura, sendo mesmo aplicada uma obrigatoriedade de escarear os tubos após o corte, de modo a eliminar as rebarbas que originam limalhas. Para além disso, em alguns diâmetros menores (como \varnothing 8 mm), se não se escarear o tubo, este fica agarrado à ferramenta, provocando-lhe danos. Um tubo com limalha (Figura 74 e 75), não poderá avançar para a linha de produção.



Figura 74 - Tubos embutidos com limalhas (a).



Figura 75 - Tubos embutidos com limalhas (b).

A ferramenta, como componente que trabalha diretamente o tubo, necessita sempre de estar bem limpa e polida, para não causar danos, como mossas ou marcas. Para além disso, este cuidado aumenta o tempo de vida útil destas.

Tabela 24 - Descrição de potenciais causas relacionadas com a máquina.

Máquina	
Problemas de segurança	Sempre que os componentes que garantem a segurança dos operadores não estiverem em perfeitas condições, a máquina está impedida de trabalhar.
Problemas no top	O <i>top</i> é o componente que garante o comprimento do tubo e do embutido. Quando este apresenta algum dano ou problema, a máquina tem de parar, pois corre-se o risco de produzir peças não conformes.
Encravamento no prato	Uma das causas de paragem de máquina é o facto de o prato ficar encravado com pedaços de parafusos ou de limalhas. Havendo encravamento do prato, a máquina emite um erro e não trabalha.

Falha no sistema de acionamento da máquina	Havendo alguma falha nos componentes deste sistema, como motores, redutores ou cunhas, a máquina não inicia o funcionamento, provocando a sua paragem para reparação.
Problemas de lubrificação	A lubrificação é extremamente importante para o funcionamento da máquina. Esta contempla a lubrificação da máquina em s, e a macro e microlubrificação da peça. Havendo problemas com a lubrificação da máquina, como fugas ou falta de óleo, a máquina sinaliza-o com um erro, e é forçada a sua paragem. No caso da lubrificação da peça, como é essencial para a produção com qualidade e sem provocar danos nas ferramentas, quando esta não está em condições de funcionamento, também interfere com a produção e atividade da máquina.
Desgaste de componentes mecânicos	O desgaste de componentes mecânicos é recorrente e inevitável. Deste modo, é comum surgirem problemas relacionados com desgaste de pinhões, entre outros.
Parafusos partidos	Os parafusos partidos afetam a máquina de duas formas. A primeira é deixando as peças mal apertadas e criando dificuldades em desmontá-las. A segunda é encravando os pinhões e outros componentes com pedaços de parafusos.
Sensores danificados	Quando os sensores deixam de funcionar, a máquina apresenta erros de sensor e não rearma.
Válvulas	Sem as válvulas em funcionamento, a máquina não entra em funcionamento.

A máquina está preparada para apresentar erros quando algum componente entra em falha. Quando estas situações ocorrem, como não são da competência dos preparadores, é feita uma ordem de serviço e, conseqüentemente, os técnicos de manutenção efetuam a reparação.

Tabela 25 - Descrição de potenciais causas relacionadas com a mão-de-obra.

Mão de Obra	
Tubo descentrado	Se o tubo não estiver centrado com a mordaza, para além de ficar esmagado (produzindo sucata), pode provocar a quebra da ferramenta. Isto acontece porque se o tubo ficar esmagado, faz com que a mordaza não feche convenientemente. Como a mordaza tem de entrar na restante ferramenta, pode provocar o choque de ferramentas e, conseqüentemente, a quebra das mesmas.
Tubo não adequado	Se o operador utilizar um tubo de diâmetro diferente do suposto, ou com uma espessura diferente, também há risco de quebra de ferramenta, pois a ferramenta está preparada para um diâmetro e espessura específicos.
Operador sem formação	Se o operador colocado no posto não possuir formação, este pode contribuir para que ocorram problemas como os descritos anteriormente. Para além disso, a distração do operador pode levar à colocação de um tubo embutido na mordaza, quando se deveria colocar um tubo para embutir.

Nas Figura 76 e Figura 77, é possível ver um exemplo de uma distração de um operador. Este colocou um tubo já embutido na máquina e, iniciando o ciclo de produção, o tubo ficou preso na ferramenta. Isto provocou uma paragem de cerca de 40 minutos, devido à necessidade de desmontar toda a ferramenta, retirar os pedaços de tubo agarrados, verificar o estado desta e voltar a efetuar a montagem na máquina.



Figura 76 - Pedacos de tubo de alumínio agarrados ao pino da ferramenta.



Figura 77 - Pedacos de tubo de alumínio agarrados à mordaza.

Tabela 26 - Descrição de potenciais causas relacionadas com o meio.

Meio

Temperatura

O efeito da temperatura faz-se sentir nas máquinas hidráulicas e elétricas, sendo mais significativo nas primeiras. A máquina possui um termostato no tanque hidráulico, responsável por desligar a máquina caso a temperatura máxima de funcionamento seja atingida.

Para além disso, a viscosidade do óleo varia com a temperatura, e apresenta-se como um parâmetro importante para o correto funcionamento dos componentes.

Há componentes que deixam de funcionar a partir de determinada temperatura, ou funcionam com limitações. É o termostato do tanque hidráulico que dá sinal, quando é atingida uma determinada temperatura prejudicial.

Tabela 27 - Descrição de potenciais causas relacionadas com a medição.

Medição

Peças fora de especificação

Todas as peças passam num *poka yoke* e, adicionalmente, de hora a hora, o operador tem de controlar uma peça, registando as dimensões no registo de controlo. Se as peças estiverem fora de especificação, a máquina tem de parar e o preparador é chamado para solucionar o problema.

À quinta peça fora de especificação, a máquina para para o preparador verificar os valores e, se necessário, volta a efetuar ajustes. Este procedimento pretende evitar que sejam produzidas peças com defeitos ou fora de especificação. Na Figura 78 e Figura 79, é possível observar um exemplo com uma peça boa e uma peça com falta de material.



Figura 78 - Peça *ok* com brida embutida.



Figura 79 - Peça *nok* com brida embutida.

Tabela 28 – Descrição de potenciais causas relacionadas com o método.

Método	
Ferramenta mal montada	<p>A ferramenta é montada pelo preparador do Posto de Trabalho (PT). Garantindo a montagem de forma correta, pode-se evitar a quebra da mesma. No entanto, este pode montar a ferramenta de forma incorreta:</p> <p>Ferramenta descentrada da mordaza – Tendo em conta que a mordaza entra na cabeça de rolagem, se estas não estiverem centradas, ocorre choque entre as ferramentas, provocando a quebra das mesmas e a paragem da máquina.</p> <p>Parafusos mal apertados – Quando os parafusos não estão bem apertados, existem folgas na ferramenta que vão causar interferências. Estas interferências terão consequências semelhantes às do ponto anterior, a quebra da ferramenta.</p> <p>Ferramenta na posição errada – o prato que suporta as ferramentas deve ter o peso balanceado, de modo a não haver interferência entre as unidades de trabalho.</p>
Troca de STI's	<p>A troca de STI, ou <i>setup</i>, é realizada por preparadores e provoca a paragem da máquina.</p> <p>Se o preparador não colocar a STI correta quando faz o <i>setup</i> da máquina, o embutido não sairá como pretendido, e terá de voltar a executar o procedimento de troca de ferramenta e de programação da máquina. Este problema criará perda de tempo e, conseqüentemente, máquina parada.</p>
Erros de programação	<p>Quando são efetuados testes de embutidura, não se deve usar a cota correta para processar o tubo. Deve-se afastar a ferramenta, para que não haja risco de existirem colisões e conseqüentes quebras.</p>

Os problemas com o método ocorrem devido a falhas do preparador. São os erros de programação que ocorrem com maior frequência, sendo que é extremamente importante que antes de se pôr a máquina a produzir, sejam garantidas as cotas da posição da ferramenta através da programação. Um choque entre ferramentas pode ser bastante dispendioso, e levar à ocorrência de danos graves na máquina.

Após a análise do diagrama de *Ishikawa*, é possível compreender que as causas relacionadas com a máquina são as que apresentam maior preocupação, devido à impossibilidade de controlar ou prever a avaria, e ao facto destas, de uma forma geral, terem um tempo de resolução superior. De uma forma geral, as restantes causas estão relacionadas com questões provocadas por operadores/preparadores, ou ainda com matéria-prima, sendo evitáveis com sensibilização, formação e controlo.

3.11.2 Modelo de avaliação da criticidade

O objetivo da criação do modelo de criticidade é identificar os equipamentos que apresentam maior grau de complexidade em caso de falha, para que seja encontrada uma solução. Assim, a proposta é a elaboração de um modelo que classifique os equipamentos, para que estes possam ser monitorizados de acordo com a sua criticidade, e seja garantido *stock* mínimo de componentes críticos.

O procedimento de identificação dos componentes críticos segue um processo por etapas (Figura 80). Inicialmente, definiu-se o modelo e adaptou-se uma metodologia de criticidade, depois definiram-se os critérios que seriam considerados para classificação dos componentes, determinou-se o grau de importância, fez-se o cálculo da criticidade e classificou-se o equipamento como crítico, semicrítico ou não crítico.

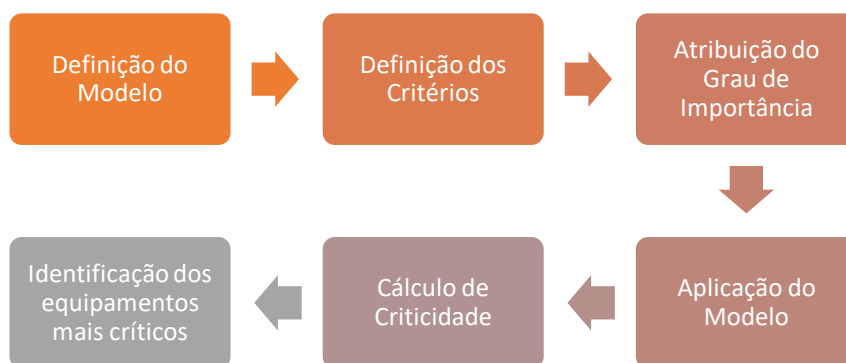


Figura 80 – Fluxograma da elaboração do modelo de criticidade proposto.

3.11.3 Definição dos critérios do modelo

Para definir os critérios a utilizar no modelo, fez-se uma análise das avarias com as equipas de manutenção, preparadores e melhoria contínua, essencial para planear os critérios a aplicar e aumentar a disponibilidade do processo. A metodologia utilizada segue uma base técnica de análise qualitativa, no entanto, sempre que possível, recorreu-se a uma análise quantitativa.

Inicialmente, definiram-se os critérios que seriam avaliados, e cada um deles foi categorizado em quatro possíveis níveis de avaliação. Deste modo, os critérios definidos para o modelo são os seguintes:

- I. **Gravidade**, isto é, impacto que a avaria tem no funcionamento da máquina. A escala de valoração é:
 - Nula, a avaria permite o correto funcionamento da máquina;
 - Baixa, a avaria permite o funcionamento da máquina com algumas limitações;
 - Alta, a avaria impede que a máquina produza;
 - Muito alta, a avaria impede que a máquina ligue.
- II. **Facilidade de reparação**, isto é, complexidade da reparação necessária. A escala de valoração é:
 - Muito fácil, problema resolvido rapidamente por qualquer técnico;
 - Fácil, resolução da avaria em menos de duas horas.
 - Difícil, resolução da avaria demorada e complexa;
 - Muito difícil, resolução da avaria necessita de intervenção externa ou é mesmo impossível, havendo necessidade de substituição do componente por um novo.
- III. **Probabilidade de avaria**, isto é, probabilidade de o componente ter avaria. A escala de valoração é:
 - Reduzida, uma vez a cada 5 anos;
 - Média, uma vez a cada ano;
 - Alta, duas vezes por ano;
 - Muito alta, mais do que duas vezes ao ano.
- IV. **Valor técnico-económico do componente** no momento da sua compra. O valor influencia a criação ou não de *stock* e as quantidades mínimas do mesmo, o que pode atrasar a sua reposição. A escala do valor técnico-económico é:
 - Reduzido, para valores inferiores a 100 €;
 - Médio, valores entre 100 e 500 €;
 - Alto, valores entre 500 e 1000 €;
 - Muito alto, para valores superiores a 1000 €.

V. Disponibilidade no mercado do componente, tempo de entrega do componente, desde que é feita a encomenda ao fornecedor. A escala da disponibilidade é:

- Imediata, de 1 a 3 dias;
- Média, de 3 a 5 dias;
- Longa, de 5 a 10 dias;
- Muito longa, superior a 10 dias.

Para cada nível de cada critério, foram avaliadas várias condições que permitem classificar o equipamento. Em relação à facilidade de reparação, gravidade e probabilidade de avaria, para poder classificar cada componente, foi considerada a experiência dos técnicos de manutenção e foram analisadas as ordens de serviço existentes. No que diz respeito ao valor técnico-económico e disponibilidade no mercado dos componentes, foi necessário fazer um levantamento do valor de compra/reparação de cada um deles, e dos prazos de entrega praticados pelos fornecedores.

3.11.4 Definição do grau de importância dos critérios

Para definir o grau de importância dos critérios a utilizar, utilizou-se a matriz de *Mudge*. Todos os critérios têm importância, no entanto, alguns têm maior relevância que outros, quando comparados. Para hierarquizar os critérios, considerou-se as necessidades do equipamento e a experiência das equipas intervenientes.

Utilizando a matriz, é possível comparar os critérios entre si, hierarquizando por ordem de importância. Para esta avaliação, utilizou-se os seguintes pesos:

- A. Indicador bastante mais importante (5).
- B. Indicador moderadamente mais importante (3);
- C. Indicador de pouca importância (1);

A partir do somatório final, identifica-se o critério com maior pontuação e este passa a ser considerado o de maior importância para a tomada de decisão.

Tabela 29 - Diagrama de Mudge para identificação da importância dos critérios.

	II	III	IV	V	Soma	%
I	I _B	I _B	I _A	I _A	16	39
	II	II _B	II _A	II _A	13	32
		III	III _A	III _B	8	20
			IV	IV _B	3	7
				V	1	2
				Total	41	100

Na Tabela 29 pode ver-se o cálculo para definição do grau de importância dos critérios. Nesta, os critérios foram correlacionados, sendo possível ver na linha do critério I, por exemplo, que o critério I é moderadamente mais importante que o II e III, e bastante mais importante que o IV e V. O critério II é moderadamente mais importante que o critério III, e bastante mais importante que o critério IV e V. O critério III é bastante mais importante que o IV, e moderadamente mais importante que V e, por fim, o critério IV é moderadamente mais importante que o V. Deste modo, o critério I tem 39 % de grau de importância, o critério II tem 32 %, o critério III tem 20 % e o critério IV e V têm 7 e 2 %, respetivamente. Após a obtenção destes resultados, analisou-se os critérios que os profissionais da manutenção seguiam e estes, de forma geral, correspondem à ordem de importância definida. Ou seja, dá-se maior importância à gravidade e facilidade de reparação, e só depois se pensa nos custos e disponibilidade no mercado, mas sem ignorar estes fatores.

3.11.5 Cálculo da criticidade

Com os critérios e os respetivos pesos definidos, é possível avançar para o cálculo das criticidades parciais para cada critério e equipamento. Os níveis de cada critério foram definidos no subcapítulo anterior, havendo uma divisão em quatro níveis para cada um deles.

Para o cálculo, foi necessário atribuir pesos a cada nível de cada critério. Como os critérios possuem quatro níveis, optou-se por distribuir igualmente os pesos *b*, atribuindo: 1; 0,75; 0,5 e 0,25 (Figura 81).

Gravidade			
39,00%			
1	0,75	0,5	0,25
Muito alta	Alta	Baixa	Nula

Figura 81 – Distribuição dos quatro níveis por critério.

Seguindo esta metodologia, o cálculo das criticidades parciais $CriP$ é obtido pela fórmula seguinte, onde se multiplica o grau de importância x do critério pelo peso do nível b :

$$CriP = xb \quad (9)$$

Posteriormente, para calcular a criticidade do componente i , $CriT_i$, soma-se as criticidades parciais de todos os critérios, obtendo o valor percentual de criticidade do componente.

$$CriT = CriP_i + CriP_{i+1} + \dots + CriP_n \quad (10)$$

Para exemplificar esta metodologia, utilizou-se o componente Prato como caso de estudo. Este apresenta uma gravidade alta porque, havendo uma avaria neste componente, a máquina funciona, mas não é capaz de produzir. As avarias que este poderá ter são o encravamento com limalhas ou pedaços de ferramenta e o dentado interior partir. Como para resolver estes problemas é necessário retirar o prato, precisando de mais do que um técnico, e para corrigir o dentado é necessário soldar o interior, considerou-se a facilidade de reparação difícil. No que diz respeito à probabilidade de avaria, constatou-se que, em média, estas intervenções ocorrem duas vezes por ano, e que o valor técnico-económico é muito elevado, assim como a disponibilidade no mercado muito longa.

Peso	Prato				Crit. Relativa
	1	0,75	0,5	0,25	
Gravidade 39%	Muito alta	Alta	Baixa	Nula	29
		x			
Facilidade de Reparação 32%	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito Fácil	24
		x			
Probabilidade de Avaria 20%	Muito Alta	Alta	Média	Reduzida	5
				x	
Valor técnico-económico 7%	Muito Alto	Alto	Médio	Reduzido	7
	x				
Disponibilidade no Mercado 2%	Muito Longa	Longa	Média	Imediata	2
	x				
					67

Figura 82 – Cálculo da criticidade do componente prato.

Após se obter o valor quantitativo de criticidade, atribui-se um valor qualitativo, dividindo a criticidade em três classes, A, B e C. Os valores dos níveis de criticidade estão representados na Tabela 30. Para efetuar esta atribuição, baseada nos estudos de *Cristian Carvalho* [67] e *Tiago Santos et al.* [32], foram testados diferentes valores, sendo estes os que reuniram um maior consenso para as máquinas a que se destinam.

Estas classes têm como principal objetivo:

- Gerir e priorizar as ações nos equipamentos;
- Justificar investimentos;
- Gerir *spare parts*.

Utilizando o exemplo anterior, atribuir-se-á ao componente o nível de criticidade média.

Tabela 30 – Níveis de criticidade. Baseado em [32], [67].

	Valor de criticidade
A - Criticidade Elevada	$85 \leq CriT_i \leq 100$
B - Criticidade Média	$50 \leq CriT_i < 85$
C - Criticidade Baixa	$0 \leq CriT_i < 50$

3.11.6 Análise dos resultados de criticidade obtidos

Após ser feito o cálculo de criticidade, efetuou-se uma análise dos resultados, de modo a perceber se estes eram coerentes com o histórico e a experiência da equipa de manutenção.

Alguns componentes não foram considerados na matriz, nomeadamente as ferramentas, componentes estruturais da máquina e componentes *standard*, como parafusos, anilhas, rolamentos, entre outros.

- **Componentes estruturais:** os componentes estruturais referidos são peças da estrutura da máquina, como a base, peças exteriores metálicas, entre outros. Estes não se consideraram na matriz por dois motivos: não é possível desmontar a máquina de raiz dentro de portas, e porque nunca se conheceu uma falha destes.

→ **Ferramentas:** as ferramentas também não foram incluídas na matriz de cálculo de criticidade, apesar de, analisando os dados obtidos a partir das ordens de serviço, ser possível entender que estas representam a maioria das OS, tanto nas máquinas hidráulicas, como nas elétricas. Isto acontece devido ao enorme desgaste que as ferramentas vão sofrendo, e à necessidade de serem substituídas com alguma regularidade, de modo a trabalharem o tubo nas melhores condições.

Como a ferramenta exige elevada precisão dimensional e tratamento térmico, tem um prazo de entrega elevado (cerca de cinco semanas). Assim, para evitar paragens de produção, existe na ferramentaria (Figura 83) pelo menos uma unidade de cada ferramenta em *stock* e, para componentes com maior consumo, optou-se pela criação de contratos de consignação com os fornecedores para os componentes com maior consumo. Este tipo de contrato faz com que o fornecedor tenha um *stock* interno das referências pedidas, para que, quando houver um pedido, esta não tenha um prazo de entrega elevado, reduzindo para um dia.



Figura 83 - Stock de ferramenta de embutidura existente na ferramentaria.

Deste modo, apesar dos pedidos de ferramenta estarem em clara maioria, não se apresentam como um componente crítico, pois está assegurada a presença em *stock* e a rápida reposição.

→ **Componentes *standard*:** relativamente aos componentes considerados de utilização *standard*, acontece o mesmo. Ou seja, esses componentes existem em *stock* interno e, para além das máquinas de embutir, são utilizados em outras máquinas, existindo sempre *stock*.

Assim, aplicou-se o modelo a 63 componentes, estando a análise individual de cada um e os resultados apresentados no anexo 1.

O resultado final da avaliação indicou três equipamentos críticos de classe A, com criticidade igual ou superior a 85 % (Figura 84 e Tabela 31).

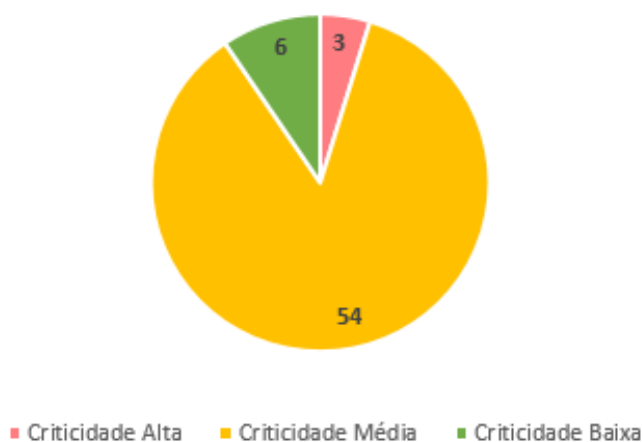


Figura 84 – Dados resultantes da aplicação da metodologia.

Tabela 31 – Componentes com criticidade superior.

Equipamento	Conjunto	Componente	Valor Criticidade	Classe Criticidade
Embutidora	Acion. Movi. Mecânico	Válvula Proporcional	87	A
	Embutidura	Motor Kollmorgen	85	A
	Estrutura Mecânica	Coluna guia Ø60 L1134 mm	85	A
	Embutidura	Redutor Wittenstein Alpha	83	B
	Embutidura	Parafuso Thomson para grupo de impulso	82	B
	Rotação do Prato	Redutor Alpha Wittenstein	80	B
	Mordça	Cilindro hidráulico	80	B
	Mordça	Pressostato	79	B

A atribuição de um grau de criticidade aos componentes contempla riscos para a empresa, nomeadamente relativamente a custos. Um excesso de equipamentos de classe A ou, pelo contrário, um défice de equipamento desta classe, pode provocar um aumento de custos devido a análise excessiva ou a falha de equipamentos, respetivamente. Por este motivo, a análise de equipamentos realizada, deve ser detalhada e envolver toda a equipa e, posteriormente, deve ser efetuada uma análise crítica dos resultados obtidos.

Deste modo, e como o modelo foi aplicado no terreno, em equipa, foi possível analisar os resultados obtidos e compará-los com o que a empresa considerava como equipamentos críticos (Tabela 32).

Tabela 32 – Equipamentos críticos antes do estudo realizado.

Embutidora	
Emb Grazioli	Maquina Emb Grazioli
	Regulador de pressão PSB250AV1A5
	Bomba Lubrificação Ref. GLS42-RK607
	Eletrovalvula DHE-0631/2 DC 20

Após a análise de resultados, concordou-se com as criticidades obtidas, e foi possível avançar para as estratégias a adotar para cada classe de criticidade.

No que diz respeito à válvula proporcional, optou-se por manter um *stock* crítico de uma unidade, garantindo que não existirá paragens devido à falta deste componente. Existem registos de paragem de máquina durante uma semana, devido à falha de uma válvula proporcional, causando enormes prejuízos ao nível da produção.

Por outro lado, para as colunas guias e motor de embutidura, a estratégia será baseada em planos de manutenção mais exigentes e controlados, de modo a evitar qualquer tipo de falha nestes.

Por fim, retirou-se do *stock* de críticos os componentes que, após esta análise, não possuíam criticidade que o justificasse.

3.11.7 Abordagem perante a criticidade

Após se obterem três categorias de criticidade, é possível definir estratégias, de modo a gerir os componentes em função das suas classes.

- Categoria A: Componentes cujas falhas têm implicações significativas no processo produtivo e, por isso, devem estar aptos para exercer a sua função na totalidade. O objetivo da manutenção deve ser obter a máxima fiabilidade, com o mínimo de paragens de emergência.
- Categoria B: Componentes cujas falhas afetam parcialmente o processo produtivo ou comprometem a qualidade do produto final. Para esta categoria, o objetivo da manutenção é garantir a fiabilidade e minimizar o número de paragens não planeadas.
- Categoria C: componentes que, por norma, não trazem consequências relevantes ao processo em caso de falha. O objetivo da manutenção é obter o máximo de vida útil destes componentes.

Na Figura 85 estão descritas algumas ações de estratégia para os componentes de categoria A.

Manutenção

- Manutenção baseada em atividades preventivas sistemáticas ou baseadas na condição dos ativos.

Ordens de Serviço

- Prioridade de resposta.

Gestão de Peças

- Disponibilidade de peças em *stock*;
- Na impossibilidade de manter *stock* (devido ao tamanho ou custo extremamente elevado) possuir orçamentos atualizados para encomendas rápidas e/ou contratos de consignação;
- Preferência pela substituição do componente em detrimento da sua recuperação.

Engenharia

- Análise contínua de dados;
- Implementação de melhorias para aumentar a fiabilidade;
- Atualização e otimização do plano de manutenção.

Figura 85 – Ações de estratégia para os componentes de categoria A.

Na Figura 86 estão descritas algumas ações estratégicas para os componentes de categoria B.

Manutenção

- Manutenção baseada em ações sistemáticas e substituições preditivas.

Ordens de Serviço

- Prioridade definida mediante as circunstâncias da avaria.

Gestão de Peças

- Disponibilidade de peças de uso corrente em *stock*;
- Preferência pela reparação do componente.

Engenharia

- Análise periódica de dados;
- Implementação de melhorias para reduzir a taxa de avaria;
- Atualização e otimização do plano de manutenção.

Figura 86 – Ações de estratégia para os componentes de categoria B.

Por fim, na Figura 87 estão descritas algumas ações de estratégia para os componentes de categoria C.

Manutenção

- Manutenção baseada em atividades preventivas sistemáticas ou baseadas na condição dos ativos.

Ordens de Serviço

- Depende da disponibilidade de recursos.

Gestão de Peças

- Disponibilidade de peças de uso frequente em *stock*;
- Preferência por peças recuperadas, quando possível.

Engenharia

- Análise de dados de componentes com elevada taxa de avaria;
- Implementação de melhorias para aumentar a fiabilidade;
- Atualização e otimização do plano de manutenção.

Figura 87 – Ações de estratégia para os componentes de categoria C.

Analisando as estratégias apresentadas, é dada especial importância à revisão dos planos de manutenção existentes, tanto para os componentes de categoria A, como para os de categoria B e C. Esta análise será efetuada pela equipa da manutenção, com base em dados e experiência da equipa técnica.

3.12 Problema B - Análise Funcional

3.12.1 Folhas de Operação Standard (FOS)

A dificuldade encontrada com o tratamento de dados que, conseqüentemente, dificulta o alcance de resultados mais precisos, está ligada à falta de informação nas OS. Estas encontravam-se sem comentários ou, quando estes existiam, possuíam informação redundante ou incompleta. Apesar dos colaboradores terem conhecimentos para utilizar o *software* GMAO, foram analisadas as OS e as dificuldades destes, de modo a entender o que poderia ser feito para rentabilizar esta ferramenta.

Assim, as principais dificuldades dos colaboradores para criar uma OS são:

- Perceber o que colocar na zona descrição;
- Distinguir qual o tipo de solicitação que deve ser selecionado;
- Utilizar os comentários para completar as OS.

Para fechar uma OS, não existiam dificuldades identificadas, mas, como não existia um padrão ou *standard*, os comentários desenvolvidos pelos técnicos de manutenção e ferramentaria seguiam tipologias diferentes: uns eram claros e completos, enquanto outros ou não existiam, ou eram bastante redundantes. Esta situação origina dificuldades na análise de outras OS.

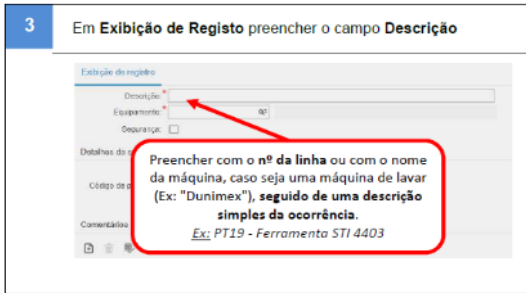
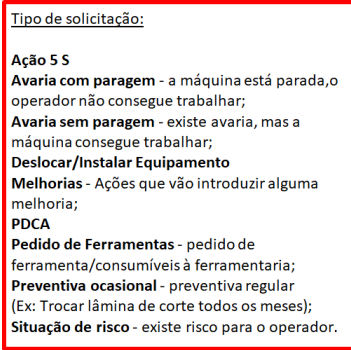

Assim, de forma a tornar o preenchimento das OS mais completo e *standard*, foi necessário criar procedimentos para que possam ser atingidos os resultados pretendidos. Para cumprir este objetivo, optou-se por criar folhas de operação *standard* (FOS) e, seguidamente, foi dada formação a todos os colaboradores intervenientes no processo, nomeadamente monitores, encarregados, técnicos de manutenção e colaboradores da ferramentaria. Uma FOS é um documento oficial da empresa que indica o procedimento que se deve ter para efetuar uma determinada operação de um modo *standard*. Como esta ferramenta é importante tanto para a criação como para o fecho da OS, efetuaram-se três FOS diferentes. A primeira para criar uma OS, e as seguintes para fechar.

3.12.1.1 Criação de uma Ordem de Serviço (OS)

Uma ordem de serviço pode ser criada por encarregados, monitores, pelo departamento da melhoria contínua, qualidade ou segurança, sendo que o procedimento é o mesmo para todos. Deste modo, desenvolveu-se uma FOS onde é definido o procedimento necessário para criar uma OS, identificando e exemplificando o ponto chave. O objetivo é que esta seja feita de modo *standard*, para que quem a vai solucionar compreenda facilmente o que está a ser pedido.

Tendo em conta as dificuldades dos colaboradores, inseriu-se na FOS a informação que poderá ser analisada na Tabela 33.

Tabela 33 – Ações implementadas na FOS de criação de OS.

Dificuldades	Ações Aplicadas
<p>Perceber o que colocar na zona descrição</p>	<p>Informação sobre o procedimento a aplicar para inserir descrição na OS com exemplo.</p> 
<p>Distinguir qual o tipo de solicitação que deve ser selecionado</p>	<p>Desenvolvimento de uma lista dos tipos de solicitação, com breve descrição. Esta foi disponibilizada aos colaboradores para que, em caso de dúvida, possa ser consultada.</p> 
<p>Utilização dos comentários para completar as OS</p>	<p>Colocação de um comentário exemplo e atribuição de Ponto Chave na FOS. O ponto chave é uma operação fundamental, que depende do colaborador e, neste caso, é importante porque auxilia a análise da OS e a sua resolução.</p> 

Na Figura 88 é possível observar um exemplo de uma OS incompleta. O exemplo ilustra um pedido de ferramentas, em que a lista do que é pedido aparece na zona da descrição simples, e não são referidas as referências da ferramenta. Isto implica que quem fez a OS tenha de definir na ferramentaria quais são as ferramentas pretendidas, em vez de se dirigir à ferramentaria apenas para as levantar.

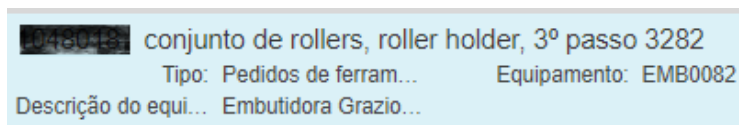


Figura 88 – Exemplo de OS preenchida incorretamente.

Seguindo a metodologia da FOS, a ferramenta pretendida seria explicitada no comentário da OS, de modo a que o técnico da ferramentaria tenha a ferramenta pronta para levantamento.

No caso de OS para a manutenção, também existe a necessidade de uma OS clara devido à necessidade do técnico de manutenção saber qual o problema da máquina a que se destina a ação, facilitando e tornando o diagnóstico mais rápido.

3.12.1.2 Fecho de uma Ordem de Serviço (OS)

Para além da criação de OS, também foram criadas duas FOS para a sua resolução, uma para a manutenção e outra para a ferramentaria. Nestas folhas de operação, são definidas as tarefas necessárias para fechar uma ordem de serviço, tornando-a perceptível para os restantes colaboradores. Foi necessário distinguir estas duas FOS, porque o procedimento é diferente. A ferramentaria debita material ao sistema, enquanto que a manutenção resolve o problema inserindo tempos e custos de mão de obra. Os dois setores podem trabalhar na mesma OS nos casos em que para a manutenção solucionar o problema é necessário material da ferramentaria.

Tendo em conta a dificuldade dos colaboradores, optou-se pelas ações descritas na Tabela 34.

Tabela 34 – Dificuldade e ações implementadas na FOS de fecho de OS.

Dificuldades	Ações Aplicadas
Dificuldade de análise de outras OS	<ul style="list-style-type: none"> Definição de uma metodologia para realização de comentário, juntamente com um exemplo, atribuindo a esta etapa o Ponto Chave da FOS; Formação dos técnicos de manutenção e ferramentaria.

Apesar das diferenças entre os documentos, o ponto chave dos dois é a realização de um comentário que responda a um conjunto de questões, tornando-o de fácil percepção e permitindo retirar mais informação das ordens de serviço. Esta informação é útil para toda a empresa, tanto para os técnicos saberem o que já foi feito, como para os responsáveis conseguirem controlar o ponto de situação das ações de manutenção.

Para a FOS da manutenção, foram definidas quatro questões que deverão ser respondidas pelo técnico no comentário efetuado (Figura 89). Estas incluem:

- Qual o problema detetado?
- Qual a sua origem?
- O que foi feito para o solucionar? (incluir substituição/reparação de componentes e localização destes)
- Máquina *ok* ou *nok*?

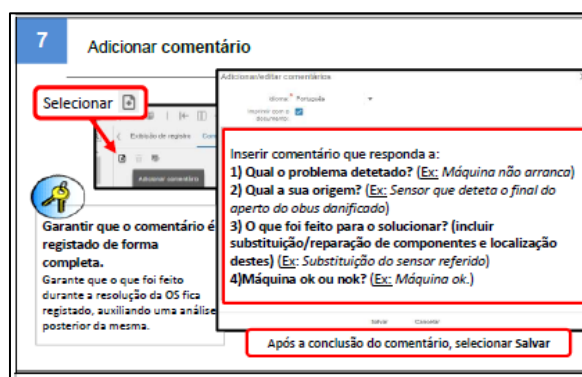


Figura 89 – 7ª etapa do *standard* de fecho de uma OS para a manutenção.

O objetivo das questões é perceber o que o técnico encontrou no terreno, a causa que identificou para o problema, as ações que teve para o solucionar e se a máquina ficou em funcionamento ou não.

A ferramentaria, para fechar uma OS, tem de debitar o material requisitado. No entanto, se a OS ficar “Em Espera”, existe a necessidade de criar um comentário para que se entenda o porquê. Assim, na FOS da ferramentaria foi definido um formato ideal de comentário (Figura 90). Este inclui:

- Problema detetado;
- Ação para problema detetado;
- Nome do colaborador.

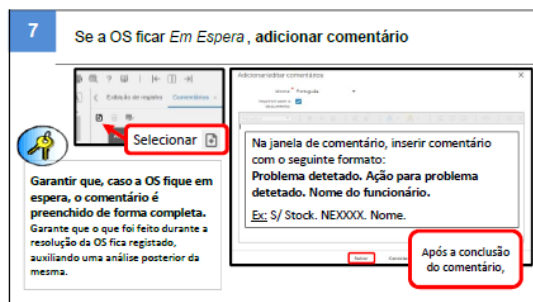


Figura 90 – 7ª etapa do *standard* de fecho de uma OS na ferramentaria.

As FOS elaboradas para cada área podem ser consultadas nos anexos 2, 3 e 4.

Na Figura 91 é possível visualizar a resolução de uma OS antes da criação das FOS. Nesta, não é dada qualquer informação sobre a localização da alteração efetuada ou sobre o estado da máquina antes e após a intervenção.

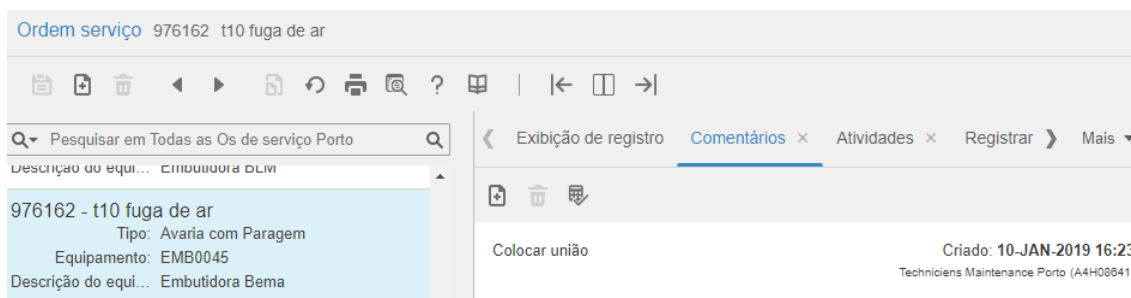


Figura 91 – Exemplo de comentário elaborado por técnico da manutenção antes da implementação do *standard*.

A partir da implementação das FOS, foi possível observar que os comentários às OS foram surgindo mais completos e com informações relevantes para análise (Figura 92).

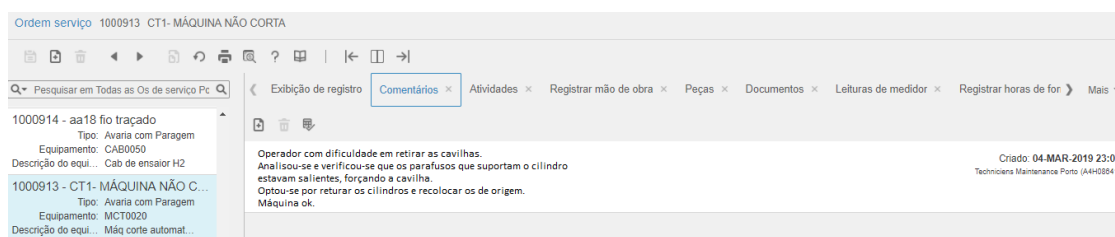


Figura 92 – Exemplo de comentário elaborado por técnico da manutenção, seguindo o *standard*.

3.13 Problema C - Análise Funcional

3.13.1 Atualização de instrução de preparação *standard* de embutidura (IPSE)

Tal como referido anteriormente, a redução do tempo de *setup* das máquinas é um dos problemas propostos, cujo objetivo é uma redução de, pelo menos, 25 %. Esta redução é ainda mais importante no que diz respeito ao tempo de *setup* interno, ou seja, ao tempo em que a máquina está parada. Deste modo, aplicou-se a técnica SMED, com o objetivo de reduzir o tempo de *setup* do equipamento e contribuir para o desenvolvimento da produção, aumentando a disponibilidade da máquina. Para implementar esta metodologia, utilizou-se o procedimento representado na Figura 93.

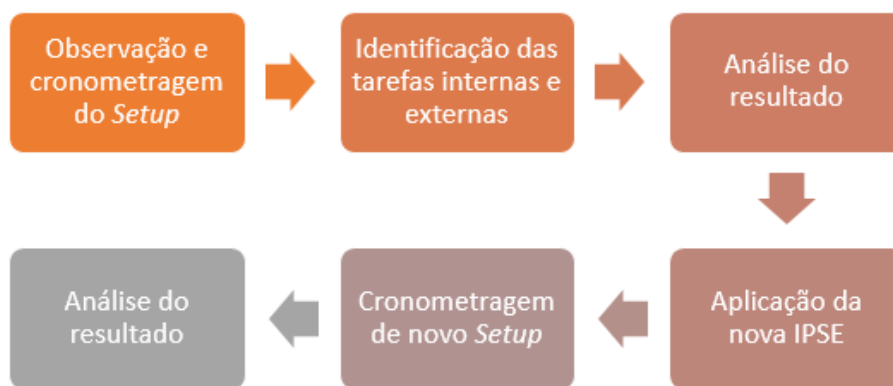


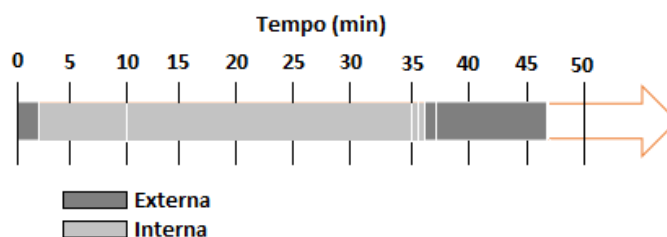
Figura 93 – Procedimento para implementação da técnica SMED.

Inicialmente, o *setup* foi analisado e cronometrado, e elaborou-se uma tabela com as tarefas realizadas, identificando-as como internas ou externas (Tabela 35). Como as máquinas têm um processo idêntico entre elas, cronometrou-se os tempos de uma máquina escolhida aleatoriamente. Foram identificadas três tarefas externas, nomeadamente “Procurar Ferramenta da STI”, “Preencher folha 1ª Peça OK” e “Desmontar, lavar e voltar a montar a Ferramenta retirada”. Estas tarefas são realizadas antes ou após o *setup*. O tempo total medido de *setup* foi de 47 minutos, conforme expresso na Tabela 35.

Tabela 35 – Tarefas de *setup* realizadas.

Descrição da Tarefa	Responsável	Tempo (min)	Tempo Acumulado (min)	Tipo de Tarefa
Procurar Ferramenta da STI	Preparador	2	2	Externa
Troca de ferramenta da máquina	Preparador	8	10	Interna
Programar máquina	Preparador	25	35	Interna
Produzir 1ª Peça OK	Operador	0,5	35,5	Interna
Verificar 1ª Peça OK	Operador	0,5	36	Interna
Preencher folha 1ª Peça OK	Monitor	1	37	Externa
Desmontar, lavar e voltar a montar a ferramenta retirada	Preparador	10	47	Externa

A Figura 94 ilustra a duração do *setup* e as tarefas realizadas no mesmo. Através desta figura, é possível perceber que a maioria do tempo de *setup* se fica a dever a tarefas internas, sendo a tarefa “Programar máquina” a de maior representatividade. Contabilizando apenas as operações efetuadas com a máquina parada, obtém-se um tempo de *setup* interno de 34 min, cerca de 72 % do tempo total.

Figura 94 – Duração das tarefas de *setup* na situação inicial.

Tal como referido anteriormente, o preparador tem um papel fundamental na preparação e é a experiência do mesmo que permite ajustar/afinar a máquina a nível de programação. O problema surge quando os preparadores ainda não têm a experiência necessária e, por isso, demoram mais tempo a acertar a máquina e, conseqüentemente, utilizam mais tubos para preparação, originando uma quantidade de sucata superior.

Na Figura 95 está representada uma parte de uma IPSE, onde é visível a informação dada ao preparador para o terceiro passo de uma STI.

Como se pode observar, não é dada qualquer informação sobre a programação da máquina, tempo de lubrificação ou pequenos ajustes.

P A S S O	Ferramenta		Operação			
	Tete de roulage	FOR 05 12 102				
	Virolla	FOR 05 00 75				
	Altura virolla	21,5mm				
	Posição	Alta				
	Roller	FOR 05 00 87				
	Roller holder	FOR 05 00 77				
	Roller pin	FOR 05 00 79				
	Anel segurança	26,2 mm				
	Posição na torre	2				
Lubrificação	Sim					
Lubrificante	Martol 20CF					
3 / 3	Altura Virolla- Cabeça BEMA: 2,80 mm		Características	Minimo	Nominal	Máximo
			phi1	14,19	14,25	14,31
			phi2	11,64	11,70	11,76
			phi3	8,90	---	---
			L1	11,55	11,75	11,95
			L2	2,25	2,30	2,35
			L3	1,95	---	---
L4	2,25	2,30	2,35			
L5	1,70	1,85	2,00			
Deformação material			-5,7 mm			
Brida			F2731221			
Página 2/2	STI 3280					

Figura 95 – Excerto de IPSE no formato anterior.

Sabendo que a tarefa “Programar máquina” ocupa grande parte do tempo de *setup*, atualizou-se as IPSE para cada STI e, para cada passo, foi adicionada a seguinte informação:

- Ferramentas que são utilizadas em cada passo atualizadas;
- Valores de referência do programa, tais como:
 - ❖ Velocidade de rotação (na operação de rolagem);
 - ❖ Cota de avanço rápido e avanço lento;
 - ❖ Velocidade do movimento rápido e do movimento lento;
 - ❖ Espera de fim de avanço;
 - ❖ Cota de recuo rápido e recuo lento;
 - ❖ Espera intermédia;
 - ❖ Tempo de lubrificação e lubrificante a utilizar;
- Observações gerais, para que o preparador tenha atenção a determinados pormenores;
- Figuras para auxiliar a compreensão dos dados.

Estas informações ficam alocadas a uma determinada máquina e STI. Assim, após a atualização da IPSE, obteve-se um documento mais completo, como se pode ver na Figura 96 e no anexo 5.

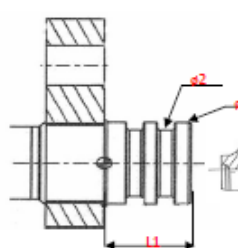


Equipamento		Código	Programa																																				
		EMB0012/PT3	10																																				
		Descrição																																					
		Grazioli																																					
Seq.	Descrição do Método de Trabalho																																						
PAS S O 3 / 3	Ferramenta		Operação																																				
	Tete de rotação																																						
	Virolla		<p>Nota: Na tentativa de corrigir a conicidade do embutido podemos utilizar os seguintes Roller Pin:</p> <p>FOR 06 00 78 (-0,2°) FOR 06 00 80 (-0,4°) FOR 06 00 81 (-0,8°)</p>																																				
	Altura viroilla		21,6mm																																				
	Posição (Fig. 1)		Alta																																				
	Roller		FOR 06 00 87																																				
	Roller holder		FOR 06 00 77																																				
	Roller pin		FOR 06 00 79																																				
	Anel segurança		FOR 06 00 61																																				
			Dimensão: 24 mm																																				
	Programa (valores de referência)		 																																				
	Velocidade de Rotação		860,00																																				
	Cota avanço rápido		180,00																																				
	Veloc. Movim. Rápido		898																																				
	Cota avanço lento		203,20																																				
Veloc. Movim. Lento		80																																					
Espera fim avanço		0,1																																					
Cota reouo lento		202,20																																					
Cota reouo rápido		86,00																																					
Espera intermédia		0																																					
Posição na torre		2																																					
Lubrificação		1 segundo																																					
Lubrificante		Tadal Bloout																																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Características</th> <th>Mínimo</th> <th>Nominal</th> <th>Máximo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ø1</td> <td>14,18</td> <td>14,26</td> <td>14,31</td> </tr> <tr> <td>Ø2</td> <td>11,84</td> <td>11,70</td> <td>11,78</td> </tr> <tr> <td>Ø3</td> <td>8,80</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td>11,66</td> <td>11,76</td> <td>11,86</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>2,26</td> <td>2,30</td> <td>2,36</td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td>1,86</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>L4</td> <td>2,26</td> <td>2,30</td> <td>2,36</td> </tr> <tr> <td>L5</td> <td>1,70</td> <td>1,86</td> <td>2,00</td> </tr> </tbody> </table>		Características	Mínimo	Nominal	Máximo	Ø1	14,18	14,26	14,31	Ø2	11,84	11,70	11,78	Ø3	8,80	-	-	L1	11,66	11,76	11,86	L2	2,26	2,30	2,36	L3	1,86	-	-	L4	2,26	2,30	2,36	L5	1,70	1,86	2,00
Características	Mínimo	Nominal	Máximo																																				
Ø1	14,18	14,26	14,31																																				
Ø2	11,84	11,70	11,78																																				
Ø3	8,80	-	-																																				
L1	11,66	11,76	11,86																																				
L2	2,26	2,30	2,36																																				
L3	1,86	-	-																																				
L4	2,26	2,30	2,36																																				
L5	1,70	1,86	2,00																																				
<p>Observações gerais:</p> <p>Altura dos Rollers:</p> <p>Verificar se a altura está igual em todos os rollers</p> <p>Ajuste na rotação para produzir na Bema:</p> <p>Altura Viroilla - Cabeça BEMA: 2,80 mm</p>		<p>Deformação Material</p> <p>Brida</p> <p>-9,25 mm F2731221</p>																																					

Figura 96 – Excerto de uma IPSE atualizada.

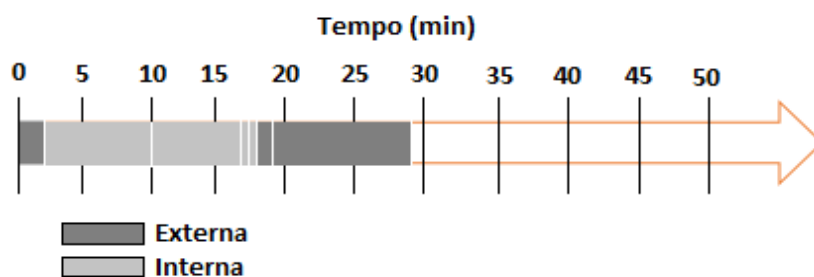
Após ter sido feita a atualização das IPSE, cronometrou-se a operação de forma a perceber a redução de tempo face à situação inicial. Os tempos médios obtidos foram registados na Tabela 36 e Figura 97, assim como as melhorias ganhas.

A atualização das IPSE permitiu reduzir para 7 min a tarefa “Programar máquina”, que se apresentava como a mais significativa para o tempo total de *setup*, e com maior impacto para a paragem da máquina.

Contabilizando apenas as operações efetuadas com a máquina parada, obtém-se um tempo de *setup* interno de 16 min, 55 % do tempo total.

Tabela 36 – Tarefas de *setup* realizadas após atualização da IPSE.

Descrição da Tarefa	Responsável	Tempo (min)	Tempo Acumulado (min)	Tipo de Tarefa
Procurar ferramenta da STI	Preparador	2	2	Externa
Troca de ferramenta da máquina	Preparador	8	10	Interna
Programar máquina	Preparador	7	17	Interna
Produzir 1ª Peça OK	Operador	0,5	17,5	Interna
Verificar 1ª Peça OK	Operador	0,5	18	Interna
Preencher folha 1ª Peça OK	Monitor	1	19	Externa
Desmontar, lavar e voltar a montar a ferramenta retirada	Preparador	10	29	Externa

Figura 97 – Duração das tarefas de *setup* após implementação de melhorias.

Por fim, analisando os novos tempos de *setup*, é possível comparar os resultados obtidos (Figura 98 e Tabela 37).

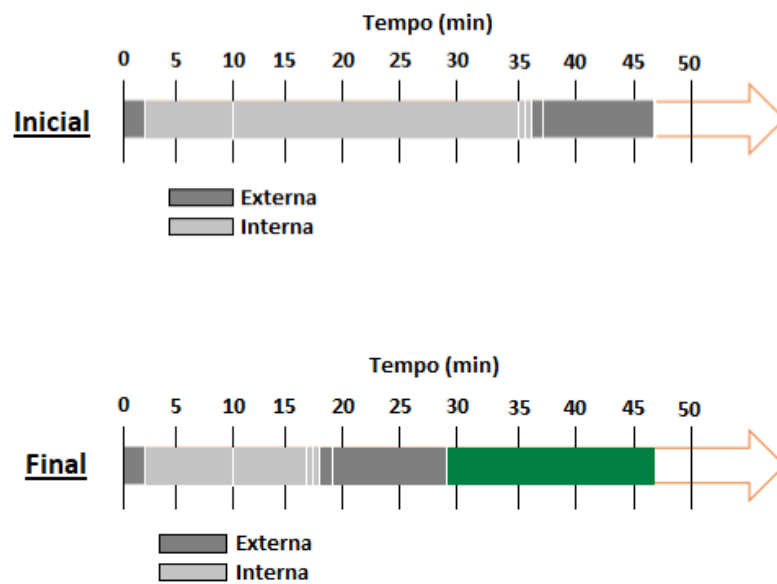


Figura 98 – Comparação entre a duração do *setup* inicial e após implementação de melhorias.

Tabela 37 – Comparação entre o *setup* inicial e final.

	Tempo total de <i>Setup</i>	Tempo de <i>Setup</i> Interno
Inicial	47 min	34 min
Final	29 min	16 min
Melhoria	38 %	53 %

Fazendo esta alteração, consegue-se *standardizar* o trabalho do preparador, reduzindo a sua influência na variação de valores, e reduzindo-se 53% do tempo de *setup* interno da máquina. No entanto, esta alteração carece de atualizações regulares, nomeadamente após cada intervenção preventiva de manutenção na máquina, devido à possibilidade de alteração de valores.

Por fim, é possível efetuar uma análise comparativa dos resultados obtidos com outros casos de estudos reais que aplicam a metodologia SMED. Tal como nos restantes casos de estudo, referidos na Tabela 8, foi possível obter uma redução do tempo de *setup* bastante satisfatória, 38%, sendo que haverá sempre margem de progressão, de modo a atingir tempos cada vez mais reduzidos.

3.13.2 Disponibilidade - OEE

Analisaram-se os dados de cinco meses de uma zona piloto, constituída por dois PT, e foi possível observar que a disponibilidade aumentou, em média, 4% a partir do mês de março, mês em que foram implementadas as novas IPSE, atingindo o mínimo de 95% exigido. Este valor poderá aumentar mais quando todas as IPSE estiverem alteradas, fazendo com que o tempo de *setup* de todas as STI seja igual.

O desempenho também sofreu um ligeiro aumento, enquanto a qualidade manteve o valor. No entanto, estes indicadores não foram objeto de análise neste trabalho. Estas variações de indicadores podem ser consultadas na Figura 99 e na Tabela 38.

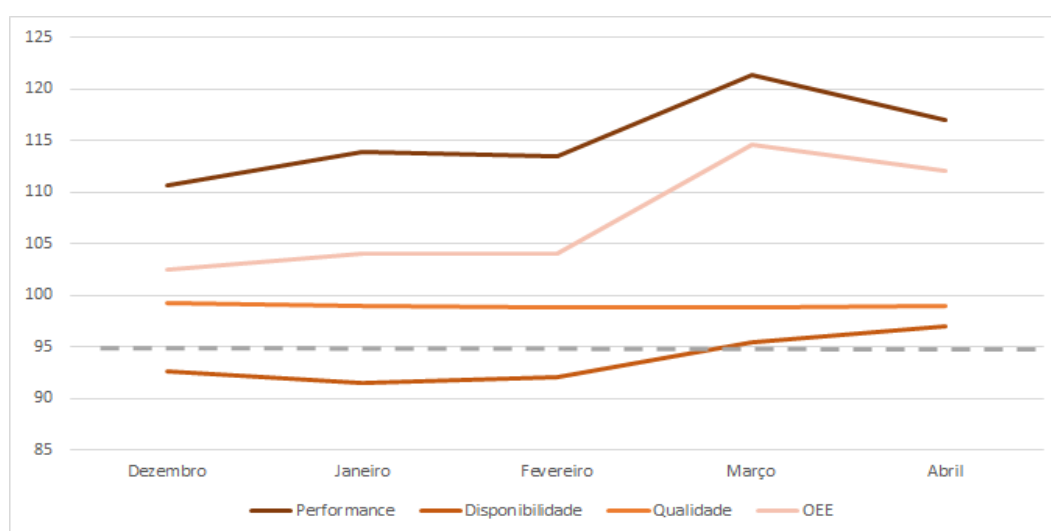


Figura 99 – Evolução mensal do OEE.

Tabela 38 – Evolução mensal do OEE.

	Performance (%)	Disponibilidade (%)	Qualidade (%)	OEE (%)
Dezembro	111	93	99	102
Janeiro	114	92	99	104
Fevereiro	113	92	99	104
Março	121	95	99	115
Abril	117	97	99	112

CONCLUSÕES

4.1 Conclusões

4.2 Proposta de trabalhos futuros

4 Conclusões e Propostas de Trabalhos Futuros

4.1 Conclusões

Os objetivos propostos e os resultados obtidos estão descritos na Tabela 39. Assim, é possível verificar que os objetivos inicialmente propostos para este trabalho foram integralmente cumpridos com sucesso.

Tabela 39 – Comparação dos objetivos e resultados obtidos.

Problemas identificados	Resolução	Resultados/ Melhorias
Necessidade de identificar os componentes críticos das máquinas de embutir.	Desenvolvimento e aplicação do modelo.	Três componentes com elevada criticidade.
Falta de <i>standard</i> e preenchimento de OS incompleto.	Desenvolvimento de três FOS; Desenvolvimento de lista dos tipos de OS; Formação de colaboradores.	OS <i>standard</i> e mais completas; Redução do tempo de análise das OS.
Tempo de <i>setup</i> elevado.	Atualização das IPSE.	Redução de 38 % do tempo total de <i>setup</i> da máquina; Aumento de 4 % da Disponibilidade do OEE.

Inicialmente, foram definidos os principais impactos deste trabalho no capítulo 3.9. Estes são a redução dos custos de manutenção, redução do tempo de análise das ordens de serviço, o aumento da disponibilidade do equipamento, e a preparação da máquina ser *standard* e em menos tempo. Estes impactos foram alcançados com sucesso (Tabela 39) sendo que, devido ao curto espaço de tempo para elaboração deste trabalho, não foi possível verificar os resultados a nível do custo de manutenção. No entanto, reduzindo as encomendas urgentes de componentes da máquina e a quantidade de ordens de serviço com paragem, reduz-se diretamente os custos associados à manutenção.

Para atingir os resultados obtidos, utilizaram-se ferramentas de melhoria contínua, nomeadamente o *standard work* e metodologia SMED. Estas ferramentas permitiram definir *standards* de trabalho e padronizar as operações, nomeadamente de execução de Ordens de Serviço e *setups* de embutidura. Deste modo, foram elaboradas FOS e IPSE.

Por fim, é importante ainda referir que, para além do trabalho descrito neste relatório, também existiu a oportunidade de desenvolver trabalhos noutras áreas nos departamentos da manutenção e melhoria contínua. Na manutenção, foram desenvolvidas ações referentes ao *software* GMAO, nomeadamente a codificação e introdução de cerca de 110 ferramentas de embutidura e a análise dos respetivos desenhos técnicos. Existiu ainda a oportunidade de acompanhar técnicos de manutenção e ferramentaria, de modo a compreender a gestão de *spare parts* da empresa. Na melhoria contínua, existiu a oportunidade de integrar a equipa de QRQC da UAP2, referente ao setor VS30, participando na resolução de problemas de qualidade, pilotando problemas do dia, acompanhando *workshops* de variabilidade e ações de melhoria contínua neste setor.

4.2 Proposta de trabalhos futuros

Existe ainda uma grande oportunidade de evolução do trabalho desenvolvido neste projeto, nomeadamente a aplicação da matriz de criticidade a outros equipamentos da fábrica, chegando aos componentes críticos reais de cada equipamento e aumentando a disponibilidade destes.

No que diz respeito às OS existe ainda muito trabalho a fazer com os colaboradores, para que todos consigam compreender a importância do cumprimento do *standard*. Para além disso, existe ainda a proposta de inserir questões fixas na zona do comentário do *software*, de modo a que haja a obrigatoriedade de lhes responder.

Existe ainda oportunidade para reduzir o tempo de *setup* despendido nas máquinas de embutir. Para tal, é necessário continuar a formar operadores, monitores e essencialmente preparadores, para que se atinjam objetivos de *setup* cada vez mais ambiciosos. Para além disso, é importante continuar a avaliar o processo de embutidura, com equipas multidisciplinares, de modo a analisar os problemas que este possui e encontrar soluções para os resolver desde a sua causa-raiz. Dentro destas questões, encontra-se a redução de custos de não qualidade, nomeadamente, sucata, que origina desperdícios de milhares de euros mensais.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] Worldatlas, “All About The Automotive Industry.” [Online]. Available: <https://www.worldatlas.com/articles/all-about-the-automotive-industry.html>. [Accessed: 20-Feb-2019].
- [2] C. Rosa, F. J. G. Silva, and L. P. Ferreira, “Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry,” *Procedia Manuf.*, vol. 11, pp. 1035–1042, 2017.
- [3] S. González-Crespo and J. M. Vazquez, “Ford Motor Company in Cadiz 1929-1923,” *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1397–1404, 2017.
- [4] A. Giampieri, J. Ling-Chin, W. Taylor, A. Smallbone, and A. P. Roskilly, “Moving towards low-carbon manufacturing in the UK automotive industry,” in *Energy Procedia*, 2019, pp. 3381–3386.
- [5] T. Tellini, F. J. G. Silva, T. Pereira, L. Morgado, R. D. S. G. Campilho, and L. P. Ferreira, “Improving In-Plant Logistics Flow by Physical and Digital Pathways,” *Procedia Manufacturing*, 2019.
- [6] Portugal In, “Automotive Industry.” [Online]. Available: <http://www.portugalin.gov.pt/automotive-industry/>. [Accessed: 01-Mar-2019].
- [7] P. Muchiri, L. Pintelon, L. Gelders, and H. Martin, “Development of maintenance function performance measurement framework and indicators,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 131, no. 1, pp. 295–302, 2011.
- [8] BSI, “EN 13306:2010 - Maintenance - Maintenance terminology,” 2010.
- [9] R. K. Mobley, *An Introduction to Predictive Maintenance*. Butterworth-Heinemann, 1943.
- [10] K. A. H. Kobbacy and D. N. P. Murthy, *Complex System Maintenance Handbook*, vol. 1. 2014.
- [11] J. Moubray, *Reliability-centred Maintenance*. Butterworth-Heinemann, 1991.
- [12] A. C. Márquez, *The Maintenance Management Framework*. 2011.
- [13] S. Mostafa, J. Dumrak, and H. Soltan, “Lean Maintenance Roadmap,” *Procedia Manuf.* 2, pp. 434–444, 2015.
- [14] M. Lewandowski and S. Oelker, “Towards Autonomous Control in Maintenance and Spare Part Logistics – Challenges and Opportunities for Preacting Maintenance Concepts,” *Procedia Technol.*, vol. 15, pp. 333–340, 2014.

- [15] P. Guariente, I. Antonioli, L. P. Ferreira, T. Pereira, and F. J. G. Silva, "Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer," *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1128–1134, 2017.
- [16] S. Ferreira, F. J. G. S. R. B. Casais, M. T. Pereira, and L. P. Ferreira, "KPI development and obsolescence management in industrial maintenance," *Procedia Manuf.*, vol. 00, p. 00, 2019. (Aceite para publicação. Em produção).
- [17] M. Brito, *Manual Pedagógico PRONACI - Manutenção*. 2003.
- [18] T. Wireman, *Benchmarking Best Practice in Maintenance Management*, vol. 19, no. 1. 2003.
- [19] T. Santos, "Reestruturação da função manutenção em empresa do ramo alimentar," *Tese Mestr. em Eng. Mecânica, ISEP*, 2018.
- [20] K. Mobley, L. Higgins, D. Wikoff, and T. Dabbs, *Maintenance engineering handbook*. 2008.
- [21] Gulati R and Smith R, *Maintenance and Reliability Best Practices, Industrial Press, New York*. 2009.
- [22] A. E. Haroun *et al.*, *Handbook of maintenance management and engineering*. 2009.
- [23] A. Moreira, F. J. G. Silva, A. I. Correia, T. Pereira, L. P. Ferreira, and F. De Almeida, "Cost reduction and quality improvements in the printing industry," *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 623–630, 2018.
- [24] C. C. Shen, "Discussion on key successful factors of TPM in enterprises," *J. Appl. Res. Technol.*, vol. 13, pp. 425–427, 2015.
- [25] L. Turrini and J. Meissner, "Spare parts inventory management: New evidence from distribution fitting," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 273, pp. 118–130, 2019.
- [26] F. Cernadas, "Análise e Revisão de Planos de Manutenção na Cerealis - Suporte ao Projeto de Gestão de Spare," *Tese Mestr. em Eng. Mecânica, ISEP*, 2018.
- [27] F. D. Amaral, *Gestão da Manutenção na Indústria*. LIDEL, 2016.
- [28] W. R. Marcorin and C. R. C. Lima, "Cost Analysis of Maintenance and Non-Maintenance Policies for Productive Equipments," *Rev. Ciência Tecnol.*, vol. 11, no. 22, pp. 35–42, 2003.
- [29] A. Marques, R. F. M. Marçal, A. A. B. Neto, and L. A. Pilatti, "Os Principais Equipamentos Utilizados nas Empresas de Beneficiamento de Mármore e Granito, suas Funções e Importância no Processo," *XIII SIMPEP - Simpósio Eng. Produção*, p. 7, 2006.
- [30] C. Pires *et al.*, "IMPORTÂNCIA DA CRITICIDADE DE EQUIPAMENTOS NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO," *Cent. Univ. Belo Horiz.*, pp. 1–8, 2018.
- [31] P. G. D. Ramos, "Organização e Gestão da Manutenção Industrial," *Tese Mestr. em Eng. e Gestão Ind. UBI*, 2012.

- [32] T. Santos, F. J. G. Silva, S. F. Ramos, R. D. S. G. Campilho, and L. P. Ferreira, "Asset Priority Setting for Maintenance Management in the Food Industry," *Procedia Manuf.*, vol. 00, pp. 24–28, 2019. (Aceite para publicação. Em produção).
- [33] Dynamox, "Criticidade de Equipamentos na Indústria: como definir prioridades na manutenção." [Online]. Available: <https://dynamox.net/criticidade-de-equipamentos-na-industria/>. [Accessed: 29-Mar-2019].
- [34] G. Gupta and R. P. Mishra, "Identification of Critical Components Using ANP for Implementation of Reliability Centered Maintenance," *Procedia CIRP*, vol. 69, no. January, pp. 905–909, 2018.
- [35] R. Henrique *et al.*, *Gestão de Desenvolvimento de Produtos - Uma Referência para a melhoria do Processo*. SaraivaUni, 2010.
- [36] E. M. Nickel, M. G. G. Ferreira, F. A. Forcellini, C. T. dos Santos, and R. A. Á. Silva, "Modelo multicritério para referência na fase de Projeto Informacional do Processo de Desenvolvimento de Produtos," *Gestão & Produção*, vol. 17, no. 4, pp. 707–720, 2012.
- [37] T. Melton, "The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries," *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 83, no. 6 A, pp. 662–673, 2005.
- [38] E. Sousa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, M. T. Pereira, R. Gouveia, and R. P. Silva, "Applying SMED methodology in cork stoppers production," *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 611–622, 2018.
- [39] M. Martins, R. Godina, C. Pimentel, F. J. G. Silva, and J. C. O. Matias, "A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry," in *Procedia Manufacturing*, 2018, pp. 647–654.
- [40] H. Bauer, F. Brandl, C. Lock, and G. Reinhart, "Integration of Industrie 4.0 in Lean Manufacturing Learning Factories," *Procedia Manuf.*, vol. 23, pp. 147–152, 2018.
- [41] P. Dias, F. Silva, R. Campilho, L. Ferreira, and T. Santos, "Analysis and Improvement of an Assembly Line in the Automotive Industry," vol. 00, pp. 1–9, 2019. (Aceite para publicação. Em produção).
- [42] C. Rosa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, T. Pereira, and R. Gouveia, "Establishing Standard Methodologies to Improve the Production Rate of Assembly Lines Used for Low Added-Value Products," *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 555–562, 2018.
- [43] I. Antonioli, P. Guariente, T. Pereira, L. P. Ferreira, and F. J. G. Silva, "Standardization and optimization of an automotive components production line," *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1120–1127, 2017.
- [44] C. Veres, L. Marian, S. Moica, and K. Al-Akel, "Case study concerning 5S method impact in an automotive company," *Procedia Manuf.*, vol. 22, pp. 900–905, 2018.
- [45] S. Shingo, *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press, 1985.
- [46] W. M. Feld, *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*. The St. Lucie Press/ APICS Series on Resource Management, 2000.

- [47] P. Dias, “Análise E Otimização De Uma Linha De Produção,” *Tese Mestr. em Eng. Mecânica, ISEP*, p. 154, 2018.
- [48] R. Hedman, M. Subramaniyan, and P. Almström, “Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE,” in *Procedia CIRP*, 2016.
- [49] A. S. Relkar and K. N. Nandurkar, “Optimizing & analysing overall equipment effectiveness (OEE) through design of experiments (DOE),” *Procedia Eng.*, vol. 38, pp. 2973–2980, 2012.
- [50] A. P. Puvanasvaran, C. Z. Mei, and V. A. Alagendran, “Overall equipment efficiency improvement using time study in an aerospace industry,” *Procedia Eng.*, vol. 68, pp. 271–277, 2013.
- [51] J. Pereira, F. J. G. Silva, J. A. Bastos, L. P. Ferreira, and J. C. O. Matias, “Application of the A3 Methodology for the Improvement of an Assembly Line,” *Procedia Manuf.*, vol. 00, 2019. (Aceite para publicação. Em produção).
- [52] R. Gamberini, L. Galloni, F. Lolli, and B. Rimini, “On the Analysis of Effectiveness in a Manufacturing Cell: A Critical Implementation of Existing Approaches,” *Procedia Manuf.*, vol. 11, pp. 1882–1891, 2017.
- [53] J. Boer and P. Blaga, “A More Efficient Production using Quality Tools and Human Resources Management,” *Procedia Econ. Financ.*, vol. 3, no. 12, pp. 681–689, 2013.
- [54] R. Basu, *Implementing Six Sigma and Lean: A practical guide to tools and techniques*. Butterworth-Heinemann, 2008.
- [55] S. Vieira, *Estatística Para a Qualidade*. Elsevier Editora Ltda., 2014.
- [56] “O que é um fluxograma?,” *Lucichart*, 2019. [Online]. Available: <https://www.lucidchart.com/pages/pt/o-que-e-um-fluxograma>. [Accessed: 25-Mar-2019].
- [57] H. Thamrin and E. W. Pamungkas, “A Rule Based SWOT Analysis Application: A Case Study for Indonesian Higher Education Institution,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 116, pp. 144–150, 2017.
- [58] J. Nazarko, J. Ejdys, K. Halicka, A. Magruk, Ł. Nazarko, and A. Skorek, “Application of Enhanced SWOT Analysis in the Future-oriented Public Management of Technology,” *Procedia Eng.*, vol. 182, pp. 482–490, 2017.
- [59] S. D. Anastasiadou, “The Roadmaps of Total Quality Management in the Greek Education System According to Deming, Juran, and Crosby in light of the EFQM Model,” *Procedia Econ. Financ.*, vol. 33, pp. 562–572, 2015.
- [60] J. A. de Bastiani and R. Martins, “Diagrama de Pareto,” *Blog da Qualidade*, 2012. [Online]. Available: <https://blogdaqualidade.com.br/diagrama-de-pareto/>. [Accessed: 02-Apr-2019].
- [61] S. O. D. M. Ben-Daya, A. Raouf, J. Knezevic, D. Ait-Kadi, *Handbook of Maintenance Management and Engineering*. 2009.

- [62] P. Neves, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, T. Pereira, A. Gouveia, and C. Pimentel, "Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products," *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 696–704, 2018.
- [63] H. T. Rocha, L. P. Ferreira, and F. J. G. Silva, "Analysis and Improvement of Processes in the Jewelry Industry," *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 640–646, 2018.
- [64] T. Pombal, L. P. Ferreira, J. C. Sá, M. T. Pereira, and F. J. G. Silva, "Implementation of Lean Methodologies in the Management of Consumable Materials in the Maintenance Workshops of an Industrial Company," *Procedia Manuf.*, vol. 00, p. (Aceite para publicação. Em produção), 2019.
- [65] C. Monteiro, L. P. Ferreira, N. O. Fernandes, F. J. G. Silva, and I. Amaral, "Improving the Machining Process of the Metalwork Industry by Upgrading Operative Sequences, Standard Manufacturing Times and Production Procedure Changes," *Procedia Manuf.*, vol. 00, p. (Aceita para publicação. Em produção), 2019.
- [66] Hutchinson, "Our Group," 2019. [Online]. Available: <https://www.hutchinson.com/en/our-group>. [Accessed: 26-Feb-2019].
- [67] C. Gomes Carvalheiro, "Avaliação da Gestão da Manutenção de Equipamentos Hospitalares," *Tese Mestr. Tecnol. Biomédica*, p. 130, 2016.

ANEXOS

6.1 ANEXO 1 – TABELA DE CRITICIDADE

6.2 ANEXO 2 – FOS PARA CRIAÇÃO UMA OS

6.3 ANEXO 3 -FOS PARA FECHAR UMA OS: FERRAMENTARIA

6.4 ANEXO 4 - FOS PARA FECHAR UMA OS: MANUTENÇÃO

6.5 ANEXO 5 - EXCERTO DE IPSE ANTIGA E IPSE ATUALIZADA

6 ANEXOS

6.1 ANEXO 1 – TABELA DE CRITICIDADE

Equipamento	Conjunto	Componente	Valor Criticidade	Classe Criticidade
Embutidora	Acion. Movi. Mecânico	Válvula Proporcional	87	A
	Embutidura	Motor sem escovas Kollmorgen	85	A
	Estrutura Mecânica	Coluna guia Ø60 L1134 mm	85	A
	Embutidura	Redutor Wittenstein Alpha	83	B
	Embutidura	Parafuso Thomson para grupo de impulso	82	B
	Rotação do Prato	Redutor Alpha Wittenstein	80	B
	Mordça	Cilindro hidráulico	80	B
	Mordça	Pressostato	79	B
	Estrutura Mecânica	Trava curso anterior da coluna guia central	77	B
	Estrutura Mecânica	Trava curso posterior da coluna guia central	77	B
	Sistema Elétrico	Ecrã	77	B
	Rotação do Prato	Motor sem escovas Kollmorgen	75	B
	Sistema Hidráulico	Motor Hidráulico	72	B
	Sistema Hidráulico	Mangueiras	72	B
	Sistema Pneumático	Válvulas Pneumáticas	72	B
	Sistema Hidráulico	Bomba Hidráulica	72	B
	Acion. Movi. Mecânico	Meia Lua	71	B
	Estrutura Mecânica	Top	71	B
	Sistema Pneumático	Sensores	70	B
	Acion. Movi. Mecânico	Cunha mecânica	70	B
Estrutura Mecânica	Linha ótica	70	B	

Lubrificação	Bomba Lubrificação	69	B
Sistema Elétrico	Componente elétricos (Relés,...)	69	B
Sistema Pneumático	Tubo e acessórios pneumáticos	69	B
Rotação do Prato	Pinhão m2 z28	69	B
Mordaza	Copo de óleo	68	B
Sistema Hidráulico	Bloco de válvulas	68	B
Estrutura Mecânica	Prato	67	B
Acion. Movi. Mecânico	Cunha Pneumática	67	B
Mordaza	Mordaza	66	B
Acion. Movi. Mecânico	Grupo da polia	65	B
Mordaza	Cilindro Festo	64	B
Rotação do Prato	Suporte Redutor	64	B
Sistema Hidráulico	Válvula de segurança	63	B
Mordaza	Cilindro Festo	62	B
Sistema Pneumático	Pressostato	62	B
Sistema Pneumático	Corte elétrico	62	B
Sistema Pneumático	Corte manual	62	B
Sistema Pneumático	Regulador de pressão	62	B
Estrutura Mecânica	Ferramentas	59	B
Segurança	Sensor abertura porta	59	B
Segurança	Fecho mecânico da porta	59	B
Segurança	Botão paragem de emergência	59	B
Sistema Hidráulico	Filtro	58	B
Mordaza	Grupo Semitorno	58	B
Mordaza	Bucha standard da mordaza	56	B
Acion. Movi. Mecânico	Placa de arranque	55	B
Segurança	Interruptor geral	54	B
Sistema Elétrico	Botões	54	B

Rotação da rolagem	Motor assíncrono	54	B
Carregador	Peça em bronze	53	B
Rotação da rolagem	Correia dentada AT_10_800_25_PU	53	B
Rotação da rolagem	Polia dentada AT 10 z 40	53	B
Carregador	Cilindro Festo	53	B
Lubrificação	Tubos de lubrificação da peça	53	B
Rotação da rolagem	Cilindro Festo	53	B
Estrutura Mecânica	Fio elétrico top	50	C
Estrutura Mecânica	Porta Ferramentas	48	C
Sistema Pneumático	Arrancador Progressivo	43	C
Estrutura Mecânica	Calha Articulada Fechada 28 malhas	34	C
Sistema Elétrico	Lâmpada	30	C
Estrutura Mecânica	Tampa para Prato	27	C
Segurança	Sinais visuais	25	C

6.2 ANEXO 2 – FOS PARA CRIAÇÃO DE UMA OS

HUTCHINSON®

Folha de Operação Standard - Análise

Data elaboração: 26/02/2019	EPTs:	OPERAÇÃO: Criação de OS	POSTO:	TEMPO CICLO: 5 min	DOC: 1	REV 01
Glosário: Ponto Chave (Operação fundamental, dependente do Operador, que garante o processo)						

<p>1 Abrir o GMAO</p> <p>Abrir o Browser Intranet Hutchinson ou abrir o Hutchinson MES e selecionar GMAO</p>	<p>2 Iniciar a sessão no GMAO</p> <p>Digitar o código de usuário</p> <p>Digitar a senha</p>	<p>3 Em Exibição de Registo preencher o campo Descrição</p> <p>Preencher com o nº da linha ou com o nome da máquina, caso seja uma máquina de lavar (Ex: "Dunimex"), seguido de uma descrição simples da ocorrência. Ex: PT19 - Ferramenta STI 4403</p>
<p>4 Preencher campo Equipamento</p> <p>Preencher com o número do equipamento. Ex: "EMB0001"</p>	<p>5 Selecionar o Tipo de solicitação</p> <p>Tipo de solicitação: Ação 55 Avaria com paragem Avaria sem paragem Deslocar/Instalar Equipamento Melhorias PDCA Pedido de Ferramentas Preventiva ocasional</p> <p>Selecionar o tipo de solicitação</p>	<p>6 Preencher o campo Solicitado por com o número de colaborador</p> <p>Preencher o campo com o número de colaborador</p>
<p>7 Fazer comentário</p> <p>Inserir comentário</p> <p>Na janela de comentário, inserir comentário com a descrição completa da OS. Ex: Ferramenta STI 4403 - 1ªPasso 1 Pin FOR0510130 1 Internal Punch FOR0510130</p> <p>Garantir o preenchimento do comentário de forma completa. Auxilia a análise da OS e a sua resolução.</p>	<p>8 Gravar a OS</p> <p>Depois de gravar a OS será emitido um número automaticamente.</p> <p>O número de OS será imperativo para a ferramentaria entregar o material necessário para a resolução da mesma.</p>	<p>9 Visualizar as OS feitas</p> <p>Selecionar</p> <p>Do lado esquerdo é possível visualizar todas as OS criadas pelo usuário do posto de trabalho e o andamento da reparação.</p>

6.3 ANEXO 3 – FOS PARA FECHAR UMA OS: FERRAMENTARIA

HUTCHINSON Folha de Operação Standard - Análise

Data elaboração: 26/02/2019	Emissor: Ana Vieira	EPIs:	OPERAÇÃO: Fechar uma OS	POSTO: Ferramentaria	TEMPO CICLO: 5 min	doc: 1	REV 01
Glosário: Ponto Chave (Operação fundamental, dependente do Operador, que garante o processo)							

1 Abrir o Browser Intranet Hutchinson e selecionar GMAO

2 Iniciar a sessão com o Users

3 Seleção/Pesquisa de OS

4 Atualização do Status

Atualizar Status para:
 Em andamento - OS em execução;
 Em espera - Material em falta para a realização da OS;
 Rejeitada - OS duplicada ou direcionada ao departamento errado;

5 Registrar o número do técnico da ferramentaria e atividade

6 Selecionar o separador Peças e inserir peças debitas

7 Se a OS ficar *Em Espera*, adicionar comentário

Garantir que, caso a OS fique em espera, o comentário é preenchido de forma completa. Garante que o que foi feito durante a resolução da OS fica registado, auxiliando uma análise posterior da mesma.

Na janela de comentário, inserir comentário com o seguinte formato:
 Problema detetado. Ação para problema detetado. Nome do funcionário.
 Ex: S/ Stock. NEXXXX. Nome.

Após a conclusão do comentário,

8 Atualização do status

Atualizar Status para:
 Fechada - OS resolvida pelo técnico de manutenção;
 Em espera - Material em falta para a realização da OS;
 Rejeitada - OS duplicada ou direcionada ao departamento errado;

9 Após atualizar o status da OS, Guardar

6.4 ANEXO 4 – FOS PARA FECHAR UMA OS: MANUTENÇÃO

HUTCHINSON® **Folha de Operação Standard - Análise**

Data elaboração: 12/02/2018
Emissor: Ana Vieira
EPI's:

OPERAÇÃO: Fechar uma OS

POSTO: Manutenção
TEMPO CICLO: 5 min
doc: 1
REV 01

Glossário: Ponto Chave (Operação fundamental, dependente do Operador, que garante o processo)

1 Abrir o Browser Intranet Hutchinson e selecionar GMAO

Do lado esquerdo é possível visualizar todas as OS e o respetivo andamento.

2 Iniciar a sessão no GMAO

Do lado esquerdo é possível visualizar todas as OS e o respetivo andamento.

3 Seleção/Pesquisa de OS

Do lado esquerdo é possível visualizar todas as OS e o respetivo andamento.

4 No separador Exibição de Registo atualizar o Status

Atualizar Status para:
Em andamento - OS em execução;
Em espera - Material em falta para a realização da OS;
Rejeitada - OS duplicada ou direcionada ao departamento errado;

5 Registrar o número do técnico de manutenção e a atividade

Inserir número do técnico de manutenção

Inserir atividade: Horas estimadas e nível

6 Selecionar o separador Registrar Mão de Obra e inserir Detalhes de Mão de Obra

Inserir o número de funcionário e horas trabalhadas.

7 Adicionar comentário

Garantir que o comentário é registado de forma completa. Garante que o que foi feito durante a resolução da OS fica registado, auxiliando uma análise posterior da mesma.

Inserir comentário que responda a:
1) Qual o problema detetado? (Ex: Máquina não arranca)
2) Qual a sua origem? (Ex: Sensor que deteta o final do aperto do obus danificado)
3) O que foi feito para o solucionar? (incluir substituição/reparação de componentes e localização destes) (Ex: Substituição do sensor referido)
4) Máquina ok ou nok? (Ex: Máquina ok.)

Após a conclusão do comentário, selecionar Salvar

8 Selecionar o separador Exibição de Registo e voltar a atualizar o Status

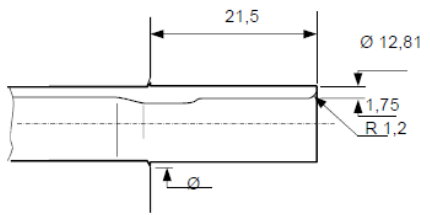
Atualizar Status para:
Fechada - OS resolvida pelo técnico de manutenção;
Em espera - Material em falta para a realização da OS;
Rejeitada - OS duplicada ou direcionada ao departamento errado;

9 Após atualizar o status da OS, Guardar

Guardar OS

6.5 ANEXO 5 – EXCERTO DE IPSE ANTIGA E IPSE ATUALIZADA

PASSO 1 / 3	Ferramenta		Operação	Embutição
	Punção	FOR 05 12 99		
	Pin	FOR 05 12 99		
	Int.punch	FOR 05 12 99		
Posição na torre	4			
Lubrificação	Sim			
Lubrificante	Martol 20CF			




PASSO 1 / 3	Ferramenta		Operação	Embutição
	Punção	FOR 05 12 99		
	Pin	FOR 05 12 99		
	Int.punch	FOR 05 12 99		
	Programa (valores de referência)			
	Cota avanço rápido	185,00		
	Veloc. Movim. Rápido	999		
	Cota avanço lento	203,50		
	Veloc. Movim. Lento	300		
	Espera fim avanço	0		
	Cota recuo lento	202,50		
	Cota recuo rápido	65,50		
	Espera intermédia	0		
	Posição na torre	4		
Lubrificação	0,5 segundos			
Lubrificante	Tadal Biocut			

