

Técnicas LEAN Aplicadas na Análise de Risco de Processo

Luís Miguel Ferreira Marques

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Armando Leitão



Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2016-01-28

À minha família e amigos

Resumo

A necessidade das empresas de melhorar os seus processos para se manterem competitivas é cada vez mais relevante. Sendo assim, várias iniciativas são realizadas no sentido de desenvolver métodos mais capazes e com menos desperdício. Este trabalho surge nesse contexto, com o objetivo de melhorar o desempenho da equipa na análise de risco de processo dando resposta a alguns problemas identificados.

É muito difícil melhorar o que não está normalizado, e como tal, neste projeto foram criadas normas que definem a melhor prática para a execução das tarefas em foco. Com estas pretendeu-se uniformizar métodos, criar rotinas e auxiliar na realização das tarefas com a definição de procedimentos para cada parte da análise. Foi feito um estudo e delineada uma estratégia para a eliminação do desperdício ao nível do trabalho de preparação e das sessões de discussão sobre os modos de falha dos processos.

Um procedimento para o controlo e a monitorização dos trabalhos relativos a análise de risco de processo na equipa de industrialização foi implementado. Foi ainda desenvolvido um mecanismo para o tratamento deste tipo de dados para auxílio da gestão e planeamento do trabalho. Através da definição de objetivos e o seu acompanhamento, é possível atuar nas áreas mais críticas com vista ao cumprimento do plano definido.

Os resultados registados foram positivos, com um aumento de eficiência no caso dos processos produtivos relacionados com a estampagem. Quando inquiridos quanto à qualidade e utilidade do trabalho desenvolvido, os colaboradores responderam com um índice elevado de satisfação. Ao nível das sessões, as ferramentas desenvolvidas e o aumento do número de moderadores disponíveis resultaram num aumento de qualidade na realização desta tarefa.

O trabalho de melhoria contínua não deve parar e espera-se que no futuro, novos desafios possam significar oportunidades para otimizar os processos das equipas.

Applying Lean Techniques in Process Risk Analysis

Abstract

The need for companies to improve their processes in order to stay competitive is increasing. According to that, several projects are being carried out to develop more capable methods with less waste. This work was done in that context, aiming to improve team's performance on process risk analysis by solving some identified problems.

It is very difficult to improve without a standardized process and because of that, in this project best practices and procedures were defined for the fulfillment of the tasks requirements. The goal is to have uniform methods throughout the team, creating routines and also supporting the work with detail instructions for each part of the analysis. Situation was mapped and a strategy was defined for waste elimination on individual and group work sessions.

A procedure was defined for monitoring and controlling team's work related to process risk analysis. In addition, a mechanism was developed for data treatment, which provided valuable information for management and planning of work. Through the definition of goals and following-up it is possible to take action in order to correct deviations.

The results were positive, with an efficiency increment in the stamping related processes. Customer satisfaction index was high regarding utility and quality of the work. Tools developed for effective sessions and the higher number of available moderators resulted in quality improvements.

Continuous improvement should be continued in future projects and there is a hope that new challenges will be capitalized into improvement actions.

Agradecimentos

Várias pessoas foram essenciais para que o presente trabalho fosse realizado. Todas contribuíram para o sucesso obtido com o seu conhecimento e disponibilidade.

Primeiro gostaria de agradecer à Bosch a oportunidade de trabalhar numa empresa inovadora, aprender os seus métodos e filosofia, com umas condições fantásticas para desenvolver o projeto.

Ao Eng. Pedro Fonseca pela orientação e pelos quilómetros extra que fez pelo projeto, trazendo conhecimento e rigor para a definição de estratégias. Pela paciência infindável para todas as discussões importantes e pelo esforços na integração à empresa.

Aos Engs. João Matos e João Lagarto pela disponibilidade e pelo apoio concedido que foi crucial para a qualidade do trabalho final. Também pela excelência e exigência que lhes reconheço nas funções que desempenham, são agora uma referência para mim neste sentido.

A todos os engenheiros de industrialização da equipa do TEF3, pela forma como me receberam e pela vontade que demonstraram para contribuir com informação e conhecimento para o desenvolvimento de soluções à medida da equipa.

Ao Engº Armando Leitão da FEUP pela orientação e acompanhamento do projeto, e pelas sugestões que representaram melhorias no trabalho final.

À Joana pelo apoio durante todo o processo, desde o debate de ideias iniciais à revisão final.

À minha família pelo apoio dado a todos os níveis em todo este ciclo de estudos e que culminou com a realização desta dissertação de mestrado.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	FMEA - Análise dos Modos e Efeitos de Falha	1
1.1.1	História dos FMEA	1
1.1.2	Tipos de FMEA e Método de Implementação	2
1.1.3	FMEA no desenvolvimento e industrialização de um produto novo	5
1.2	Enquadramento do projeto e objetivos	5
1.3	Apresentação da empresa e da equipa	6
1.4	Método seguido no projeto	8
1.5	Estrutura da dissertação	9
2	Referência à aplicação de ferramentas <i>Lean</i>	10
2.1	O Lean	10
2.1.1	História do Lean	10
2.1.2	Bosch Production System (BPS)	11
2.1.3	Gestão Lean – Áreas Indiretas	13
2.2	O ciclo PDCA	14
2.3	Ferramentas de Diagnóstico	15
2.4	Indicadores de Desempenho (<i>KPI – Key Performance Indicators</i>)	16
2.5	Normas de Trabalho	16
2.6	Gestão da Mudança	16
3	Caracterização da Situação Inicial na Realização de P-FMEA	18
3.1	Dificuldades sentidas na aprendizagem na aplicação da ferramenta	18
3.2	<i>Timing</i> da realização do P-FMEA	20
3.3	Planeamento e Monitorização do Trabalho em P-FMEAs	20
3.4	Ineficiências na aplicação da ferramenta	20
3.5	Metodologia na construção de P-FMEAs	22
4	Apresentação da solução proposta	24
4.1	Planeamento do trabalho de P-FMEAs	24
4.2	Definição de Normas de Trabalho	29
4.3	Criação de Blocos de Processo Padrão	33
4.4	Aumento da Capacidade de Moderadores	36
4.5	Reestruturação de Processos	37
4.5.1	Sequência de Trabalho	37
4.5.2	P-FMEA construído por Linha de Produção	38
4.5.3	Encomendas de Equipamentos Produtivos com P-FMEA	39
5	Resultados	41
5.1	Normalização do Trabalho	41
5.2	Blocos de Processo	41
5.3	Sessões	44
5.4	Eficiência de Planeamento	44
6	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro	45
	Referências	46
ANEXO A:	Normas de Trabalho: Como realizar o P-FMEA	47
ANEXO B:	Tabela de Avaliação de Ocorrência de Modos de Falha nos Processos	55
ANEXO C:	Tabela de Avaliação de Detecção de Modos de Falha nos Processos	56
ANEXO D:	Lista de Verificação para o Aumento de Eficiência nas Sessões	57
ANEXO E:	Matriz de Competências para o Desempenho de Funções	58
ANEXO F:	Documento de Procura de Normas	59

Siglas

AvP – Fábrica da BOSCH Termotecnologia - Aveiro
BPS- Sistema de Produção Bosch (*Bosch Production System*)
CE – Caderno de Encargos
DFMEA – Análise Modal de Falhas de Produto e Seus Efeitos (*Design Failure Mode Effect Analysis*)
FMEA – Análise Modal de Falhas (*Failure Mode and Effect Analysis*)
IFP - Estudo de Inovação e Viabilidade
IND-EN – Equipa de Industrialização
IND-PL - Equipa de Planeamento da Industrialização
KPI - Indicador de desempenho (*Key Performance Indicator*)
PDCA - Ciclo de *Deming* para controlo de ações e da sua eficácia (*Plan, Do, Check, Act*)
SFMEA- System Failure Mode effect Analysis
P-FMEA – Análise Modal de Falhas de Processo e Seus Efeitos (*Process Failure Mode and Effect Analysis*)
PDV – Equipa de Desenvolvimento de Processos
PjM – Gestor de Projeto (*Project Manager*)
TEF - Departamento Técnico e de Apoio à Produção (*Technical Functions*)
TEF3 - Equipa de Engenharia de Industrialização e Desenvolvimento de Processos
MOE – Departamento Responsável Pela Produção
TTM – Projeto de Industrialização de Novos Produtos (*Time to Market*)

Índice de Figuras

Figura 1 - Matriz para a priorização dos modos de falha.....	4
Figura 2 - Exemplo de uma análise aos modos de falha de um processo com medidas para a redução do risco.	4
Figura 3 - O custo por falha dependendo da altura em que é detetada durante a vida de um produto.....	5
Figura 4 - As diferentes unidades de negócios do Grupo BOSCH.	6
Figura 5 - Gama de produtos BOSCH no mercado da água quente.	7
Figura 6 - Localização do departamento técnico na estrutura da BOSCH Aveiro.....	7
Figura 7 - Organização da equipa TEF3 - Industrialização e Desenvolvimento de Processos.	8
Figura 8 - Especificação e planeamento das tarefas e <i>milestones</i> do projeto.....	9
Figura 9 - Evolução e desenvolvimento da aplicação dos conceitos LEAN nas indústrias. (Fonte: Bosch, 2013)	11
Figura 10 - Os oito princípios do <i>Bosch Production System</i> (Fonte: Bosch,2013)	12
Figura 11 - As quatro fases do ciclo de <i>Deming</i>	14
Figura 12 - Exemplo da aplicação do diagrama de <i>Ishikawa</i> para encontrar motivos para a perda de especialistas numa empresa. (Tarun, 2012)	15
Figura 13 - Número de projetos por ano na equipa de industrialização e desenvolvimento de processos (TEF3).	19
Figura 14 - Entradas (verde) e saídas (azul) de colaboradores na equipa.	19
Figura 15 - Os diferentes passos da análise de risco de processo.....	23
Figura 16 - Metodologia utilizada para o registo das horas dedicadas aos P-FMEA.....	25
Figura 17 - E-mail utilizado para a recolha de dados relativos ao trabalho dos colaboradores.....	25
Figura 18 – Distribuição do tempo por tarefa, processo e tipo de FMEA.....	27
Figura 19 - Metodologia seguida na criação e desenvolvimento das normas de trabalho.....	29
Figura 20 - Estrutura de normas de trabalho.	31
Figura 21 - Exemplo do <i>design</i> utilizado para a documentação das normas de trabalho.....	32
Figura 22 - Metodologia seguida na criação e desenvolvimento das blocos de processo (BP).....	34
Figura 23 - Exemplo de um bloco de processo para um processo de estampagem.....	36
Figura 24 - Reestruturação de processos na aplicação da ferramenta.	38
Figura 25 - Tempo médio por passo de processo nos diferentes tipos de P-FMEA.	39
Figura 26 - Evolução do indicador de eficiência nos processos de estampagem durante o projeto.....	42
Figura 27 - Evolução do tempo médio necessário para completar um passo de processo nos processos de estampagem durante o projeto	43

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Classificação dos modos de falha tendo em conta a sua severidade	3
Tabela 2- Os diferentes tipos de passo de processo considerados na análise efetuada.	27
Tabela 3 - Matriz de tempos padrão por passo de processo.	28
Tabela 4 - Critérios Utilizados na priorização de blocos de processo.	35

1 Introdução

A presente dissertação de mestrado foi elaborada no âmbito de um projeto realizado em ambiente empresarial na Bosch Termotecnologia SA, em Aveiro, com o objetivo de melhorar os processos na construção de P-FMEAS.

A BOSCH tem como uma das suas vantagens competitivas o desenvolvimento das suas competências centrais através de uma filosofia de melhoria contínua e de um célere ritmo de desenvolvimento e implementação de novos projetos.

Atualmente, uma abordagem LEAN aos processos da empresa, mais do que uma estratégia, é praticamente um requisito dos mercados, cada vez mais competitivos e exigentes. A eliminação do desperdício para aumentar a produtividade é um objetivo assumido em todo o grupo BOSCH. Este projeto está inserido num programa de aplicação dos conceitos LEAN às áreas indiretas de suporte à produção.

1.1 FMEA - Análise dos Modos e Efeitos de Falha

O FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*) é uma técnica utilizada na identificação e prevenção dos modos de falha de um sistema, produto ou processo com a finalidade de fornecer orientações para a eliminação ou redução do risco relativo a essas falhas (Pinto, 2009).

Em termos de fiabilidade e gestão técnica do risco, é uma das ferramentas mais comuns devido à sua eficácia quando utilizada corretamente. Um dos fundamentos da qualidade é precisamente a prevenção das falhas de produtos e processos em alternativa à correção das mesmas. Ao identificar os problemas potenciais numa análise prévia à produção, utilizando os conhecimentos de processos produtivos similares, o engenheiro pode definir medidas de melhoria que permitem garantir a robustez dos mesmos. O FMEA é um método estruturado e com diretrizes bem definidas para permitir operacionalizar este conceito.

1.1.1 História dos FMEA

O primeiro registo da utilização do FMEA para a prevenção de falhas potenciais ocorreu em 1960 na indústria aeroespacial durante as missões Apollo. Todas as peças das aeronaves eram analisadas no sentido de perceber onde e como alguma coisa poderia falhar. Nos finais da década de 70 a indústria automóvel foi levada a realizar FMEAs devido a elevados custos associados ao risco. Mais tarde entendeu a vantagem que poderia ter ao utilizar esta ferramenta para reduzir riscos associados à qualidade. Atualmente, várias indústrias adotam este método para garantir a fiabilidade dos produtos, processos e serviços que entregam aos seus clientes. (Kjell, 2001)

1.1.2 Tipos de FMEA e Método de Implementação

Relativamente à sua classificação, existem diferentes tipos de FMEA. Dependendo do foco de análise estes podem ser:

- FMEA de Sistema (S-FMEA)

O FMEA de sistema é o nível mais alto de análise, constituído por vários subsistemas. São analisadas falhas relacionadas com o cliente final, incluindo questões de segurança, integração, interface e interações entre os próprios subsistemas e o meio ambiente. Há um foco nas modos de falha do sistema como um todo, não sendo considerados níveis inferiores (Carlson, 2012).

- FMEA de Produto (D-FMEA)

O FMEA de Produto foca-se no desenvolvimento do produto, tipicamente ao nível do subsistema ou do componente. A preocupação está nas falhas relacionadas com o *design* do produto. As interações entre partes adjacentes também são consideradas. É importante que os engenheiros de processo participem nesta altura para garantir a viabilidade em termos de processos para cumprir com as especificações do produto (Carlson, 2012).

- FMEA de Processo (P-FMEA)

O desenvolvimento de um FMEA foca-se nos processos produtivos ou de montagem, procurando optimizá-los para garantir que a produção ocorre de acordo com os requisitos de design de uma forma segura, com o mínimo de paragens, sucata e re-trabalho (Carlson, 2012)

Várias outras abordagens separam destas três algumas áreas de análise, como é o caso do FMEA de Serviço ou o FMEA de Falha Humana.

A natureza diferente de cada uma destas análises revela a flexibilidade do método, capaz de se adaptar, não só a vários tipos de indústrias, mas também a partes diferentes da cadeia de valor.

No desenvolvimento de um produto novo, interagem os FMEA de Sistema, Produto e Processo. O primeiro define requisitos do cliente que são respondidos através das funções do sistema. O não cumprimento destas últimas é classificado como um modo de falha e estes são avaliados ao nível da severidade, tendo por base uma matriz de avaliação (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação dos modos de falha tendo em conta a sua severidade.

S	
10	<p>Extremely serious failure Which affects safety and/or compliance with legal regulations, without warning Operators at the machine or in assembly maybe endangered without advance warning</p> <p>Causing lethal injury to persons or extensive damage to property</p>
9	<p>Extremely serious failure Which affects safety and/or compliance with legal regulations, with warning Operators at the machine or in assembly maybe endangered advance warning</p> <p>Causing injury to persons or property damage Violation of laws and standards which lead to withdrawal of certification</p>
8	<p>Serious failure Failure of primary functions. 100% of the product must be scrapped or product cannot be delivered Unforeseen failure of primary functions. The appliance cannot be made to operate further and requires service to fix the problem. Immediate service visit required.</p>
7	<p>Severe failure Functional capability severely restricted Products must be sorted and <100% scrapped or severely delayed delivery or increased cycle time or increased working effort The appliance locks out, but can be made to operate further after reset by customer. Immediate service visit required.</p> <p>Use not possible; the appliance cannot be installed or an appliance just installed cannot be made to operate. Marginal damage to property</p>
6	<p>Medium failure Functional capability restricted due to failure of important control and comfort systems. 100% of the products must be reworked outside the production line Limited use of primary functions or disturbing noise and sound. Customer requires repair within one to several weeks Primary functions for a heating appliance are: central heating, domestic hot water; for an air conditioner: cooling etc.</p>
5	<p>Medium failure Functional capability restricted due to impairment of important control and comfort systems. A part of the production must be reworked (outside production line) Limited use due to failure of supporting functions, not affecting the primary functions. Customer requires repair within one to several weeks Supporting functions for a heating appliance are: pressure reading, ECO, comfort, holiday settings, remote access. NOTE: for a Remote Room Controller, remote access is a primary function, etc.</p>
4	<p>Medium failure Minor functional impairment in control and comfort systems Fitting, outside appearance, or noise (squealing, rattling) not according requirements. Fault is noticed by most customers (>75%) 100% of production must be reworked at the processing station before the next process step. Slight limitation of supporting functions or supporting function deviate from specification, not affecting the primary functions. Customer requires repair within one to several months Supporting functions for a heating appliance are: pressure reading, ECO, comfort, holiday settings, remote access. NOTE: for a Remote Room Controller, remote access is a primary function, etc. Outside appearance with noticeable deviations (unevenness, edges or gaps that should not be there)</p>
3	<p>Insignificant failure Customer is only slightly inconvenienced and will probably only notice a slight impairment; noticeable by average user Fitting, outside appearance, or noise (squealing, rattling) not according requirements. Fault is noticed by 50% of customers. A part of production must be reworked at the processing station before the next process step</p> <p>Minor limitation of supporting functions not noticeable by most customers Outside appearance with barely noticeable, deviations (e.g. slight unevenness)</p>
2	<p>Very minor failure It is unlikely that the failure will have a perceptible effect on the behavior of the appliance. Only noticeable by qualified personnel or practiced/experienced users. Fitting, outside appearance, or noise (squealing, rattling) not according requirements. Fault is noticed by <25% of customers. Process or operation slightly hindered or slight inconvenience to operator Minor deviation, noticeable only by specialists.</p>
1	<p>No effect No perceptible consequences Very slight functional impairment, only noticeable by qualified personnel No recognizable effects</p>

No D-FMEA e no P-FMEA são definidas funções e características de produto e processo, respetivamente. A não satisfação destas define-se como um modo de falha. As suas causas são avaliadas em termos de probabilidade de ocorrência e deteção o que permite obter um primeiro indicador de risco – RPN (*risk priority number*).

$$RPN = Severidade \times Ocorrência \times Deteção$$

A avaliação é feita tendo em conta os meios que equipam os processos atualmente. Ações preventivas que permitam prevenir os modos de falha (formação a colaboradores, instruções de manutenção, entre outros) reduzem a probabilidade de ocorrência dos mesmos. Meios que permitam identificar que ocorreu um determinado modo de falha (deteção no posto seguinte,

planos de controlo, sistemas de controlo visual, entre outros) aumentam a sua probabilidade de deteção. A classificação é atribuída de forma análoga para a severidade (Anexos B e C)

Depois de feita esta avaliação, é definida a prioridade dos modos de falha utilizando uma matriz de risco, através da qual se define onde atuar. A matriz tem duas entradas, a classificação ao nível da severidade por um lado e, pelo outro um produto das classificações das probabilidades de ocorrência e deteção. Não é utilizado o RPN como critério de classificação porque representa apenas um produto aritmético e modos de falha com uma severidade elevada têm que ser evidenciados atendendo a um princípio de prevenção para garantir a robustez dos processos (Figura 1).

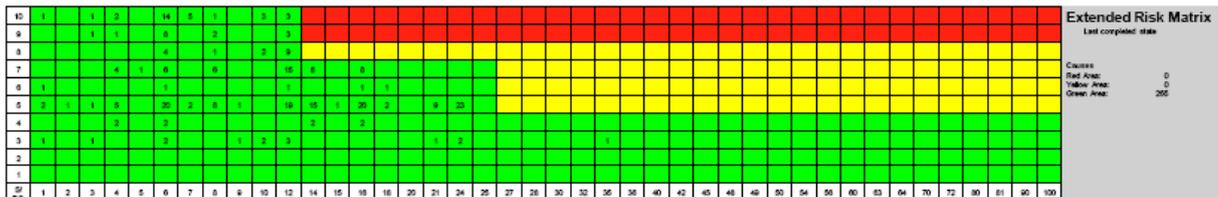


Figura 1 - Matriz para a priorização dos modos de falha.

Após a realização do documento, ele deve ser armazenado para consultas futuras e servir como documentação técnica para aumentar o conhecimento e o desenvolvimento das competências centrais da empresa. Alterações no produto ou processo a qualquer altura obrigam a uma revisão da análise feita.

Os planos de controlo do processo produtivo são gerados a partir do FMEA, especificando as características de processo e produto que devem ser controladas. Definem ainda a periodicidade e os meios para efetuar os controlos.

A Figura 2 mostra o aspeto que o documento final apresenta:

BOSCH		Process FMEA										PAGE:	
QUALITY ASSURANCE		PRODUCT NUMBER:										DEPT:	
		FMEA-NO.:										DATE:	
NO.	COMPONENT OR PROCESS	FUNCTION	FAILURE MODES	FAILURE EFFECTS	FAILURE CAUSES	FAILURE PREVENTION	FAILURE DETECTION	S	O	D	RPN	ACTIONS R/J:	
P081.1.c.3			Chapa de marca errada (UK/EU)	S: 5 >> Perda de produção - retrabalhos	Operação incorreta, troca da chapa de marca (UK/EU)	Kit com chapa de marca que acompanha o trolley	Deteção visual pelo operador	5	4	6	120		
								5	4	2	(40)	Deteção por meios automáticos - JIDOKA	
												R: Tourais, Pedro, (AvP/PTEF3) D: 31-12-2015	
P081.1.d.2		etiqueta de segurança posicionada na frente	etiqueta ausente	S: 5 >> caldeira não está de acordo com a especificação interna de produto	operação incompleta, etiqueta não colada - falha manual	Treino do operador em situações semelhantes com baixa ocorrência de defeitos.	Visual no próprio passo	5	3	8	120		
P081.1.d.1			etiqueta fora de posição	S: 5 >> caldeira não está de acordo com a especificação interna de produto	peça grande de difícil alinhamento - falha manual	Treino do operador em situações semelhantes com baixa ocorrência de defeitos.	Visual no próprio passo	5	3	8	120		
P081.1.d.3			etiqueta danificada (incesso de bolhas de ar, rasgada, dobrada, etc...)	S: 5 >> Perda de produção - retrabalhos	manuseamento incorrecto, danos na etiqueta - falha manual	Treino do operador em situações semelhantes com baixa ocorrência de defeitos.	Visual no próprio passo	5	3	8	120		
P081.1.d.1					peça grande de difícil alinhamento - falha manual	Treino do operador em situações semelhantes com baixa ocorrência de defeitos.	Visual no próprio passo	5	3	8	120		

Figura 2 - Exemplo de uma análise aos modos de falha de um processo com medidas para a redução do risco.

1.1.3 FMEA no desenvolvimento e industrialização de um produto novo

O impacto da análise de risco depende em grande parte da altura em que é realizada. Para que esta ferramenta seja eficaz, o FMEA de produto e processo devem ser realizados com o menor desfasamento e o mais cedo possível no processo de industrialização (Figura 3). Caso contrário, o custo da análise pode vir a ser superior ao retorno que se pode esperar.

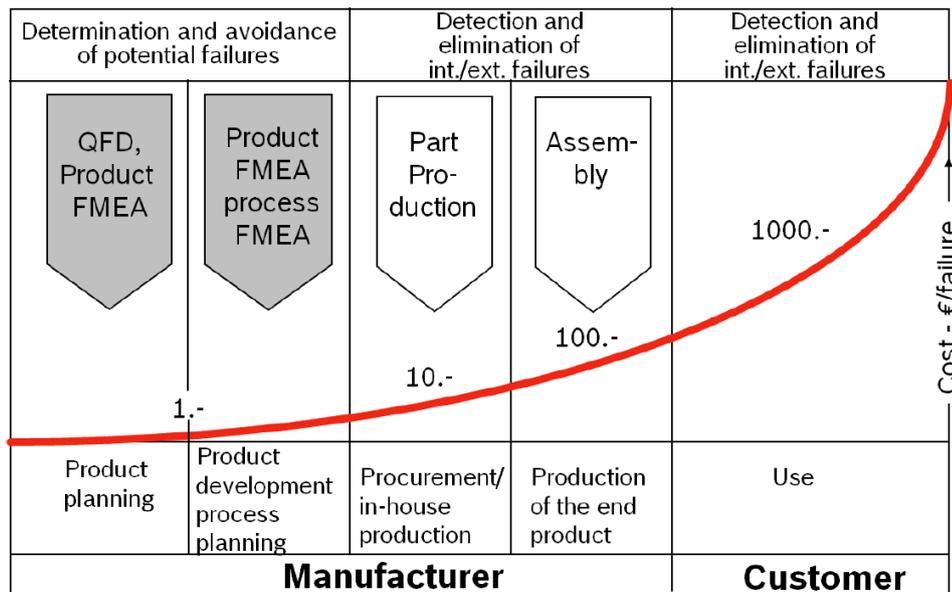


Figura 3 - O custo por falha dependendo da altura em que é detetada durante a vida de um produto. (Fonte: Bosch, 2015)

O projeto de industrialização engloba todas as fases desde a ideia até à entrega do produto ao cliente final. Como se constata, o FMEA é uma análise que deve ser realizada por equipas distintas da fábrica, multidisciplinares, e que garante a qualidade dos produtos que entrega ao cliente através de um sistema de prevenção de falhas.

1.2 Enquadramento do projeto e objetivos

O projeto foi desenvolvido na equipa de engenharia de industrialização, incidindo sobre a temática da gestão técnica do risco, mais concretamente sobre o trabalho desenvolvido pela equipa na construção de P-FMEAs.

Como referido anteriormente, a utilização desta ferramenta permite assegurar a capacidade e a robustez dos processos produtivos da empresa, no entanto consome um elevado número de recursos humanos. Esta particularidade, associada ao crescente volume de projetos desenvolvidos pela equipa gera um potencial de melhoria resultante de otimizações ao processo.

O objetivo principal era transformar esse potencial não só em redução de tempos mas também num aumento da qualidade. Na realização de projetos, o FMEA deveria anteceder a fase de especificação dos equipamentos produtivos. Conseguir isto contribuiria para a diminuição dos custos extra associados a aditamentos e alterações ao longo de todo o processo, aumentando a qualidade geral do serviço entregue aos clientes.

A definição de tempos padrão com vista ao cálculo de um indicador de eficiência permite também um aumento na precisão do planeamento no ponto de vista da gestão da capacidade da equipa.

Era também esperado como produto desta dissertação o desenvolvimento de um conjunto de procedimentos de suporte à utilização desta ferramenta e também boas práticas para apoiar a formação de novos elementos da equipa. Este objetivo integra-se na filosofia LEAN adotada pela empresa, com vista à normalização do trabalho. A estratégia da equipa prevê aumentar a satisfação cliente com melhorias em quatro quadrantes:

- Eficiência e Eficácia nos Processos
- Mentalidades e Comportamentos
- Competências Técnicas e Organizacionais
- Gestão do Desempenho

Deste modo, pretendia-se que as soluções encontradas contribuíssem para este fim estando alinhadas com a filosofia do grupo de trabalho.

1.3 Apresentação da empresa e da equipa

Com uma história com 125 anos e aproximadamente 350 localizações em 60 países, o grupo Bosch é hoje umas das empresas de referência em diversos mercados. Desde a indústria automóvel a soluções inovadoras e com tecnologia de ponta nas indústrias, nos bens de consumo e na energia e construção (Figura 4).

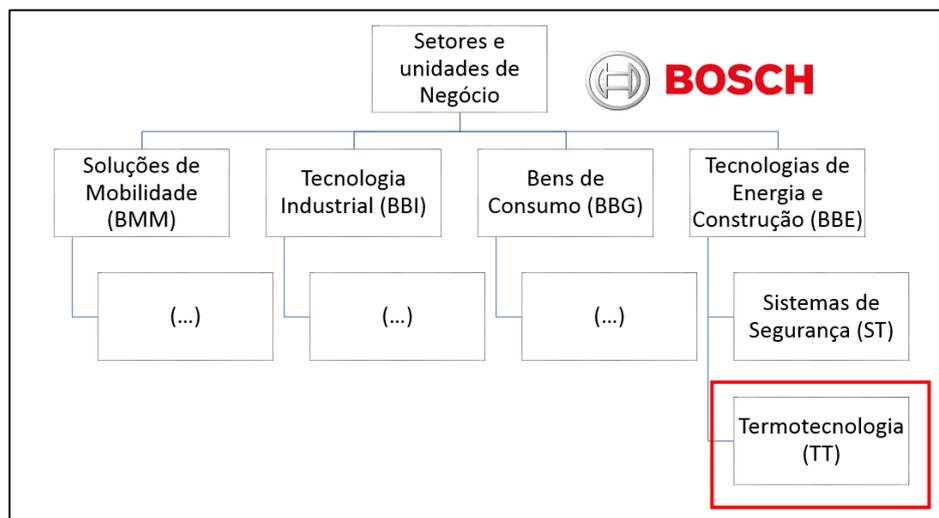


Figura 4 - As diferentes unidades de negócios do Grupo BOSCH.

A BOSCH Termotecnologia, SA começou a sua atividade em 1977 sob a designação de Vulcano Termodomésticos SA. Aproximadamente 30 anos depois, esta fábrica de Aveiro é o centro de competências BOSCH e serve de referência mundial para a produção de equipamentos de aquecimento de água para uso doméstico. Com uma gama de produtos que vai dos esquentadores às caldeiras, desde 1992 que a BOSCH lidera o mercado em Portugal neste setor. Diferentes modelos permitem responder a uma procura diversificada contituída por novos mercados com diferentes exigências. (Bosch,2015)



Figura 5 - Gama de produtos BOSCH no mercado da água quente.
(Fonte: Bosch, 2015)

Em termos organizacionais a BOSCH subdivide-se em três estruturas com responsabilidades distintas: Administração, Desenvolvimento e Produção. Existe um departamento de apoio à produção (TEF) que tem responsabilidade pelas funções técnicas de suporte ao trabalho de produção diário da fábrica (MOE).

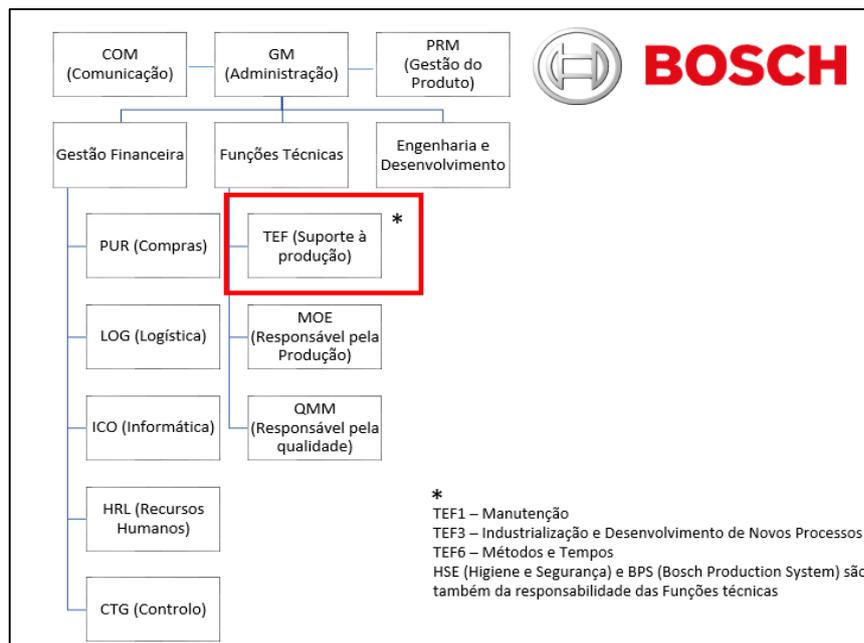


Figura 6 - Localização do departamento técnico na estrutura da BOSCH Aveiro.

O TEF3, grupo onde foi levado a cabo o projeto, tem a designação de industrialização e desenvolvimento de novos processos e apresenta uma divisão funcional em quatro ramos, tal como se pode verificar na Figura 7.

A equipa de engenharia de industrialização tem a responsabilidade técnica de seleção de processos produtivos capazes de responder aos requisitos dos clientes. O planeamento e o controlo de orçamentos é efetuado pela equipa planeamento da industrialização. A equipa de desenvolvimento do processo tem a seu cargo a conceção de novos processos de produção. A produção de amostras dos produtos em desenvolvimento é da responsabilidade da equipa das

amostras (SMP). A estreita colaboração entre todos os grupos permite responder aos desafios da industrialização de novos produtos com a qualidade BOSCH assentes num sistema de produção, o BPS (*Bosch Production System*) que será abordado em detalhe no capítulo seguinte.

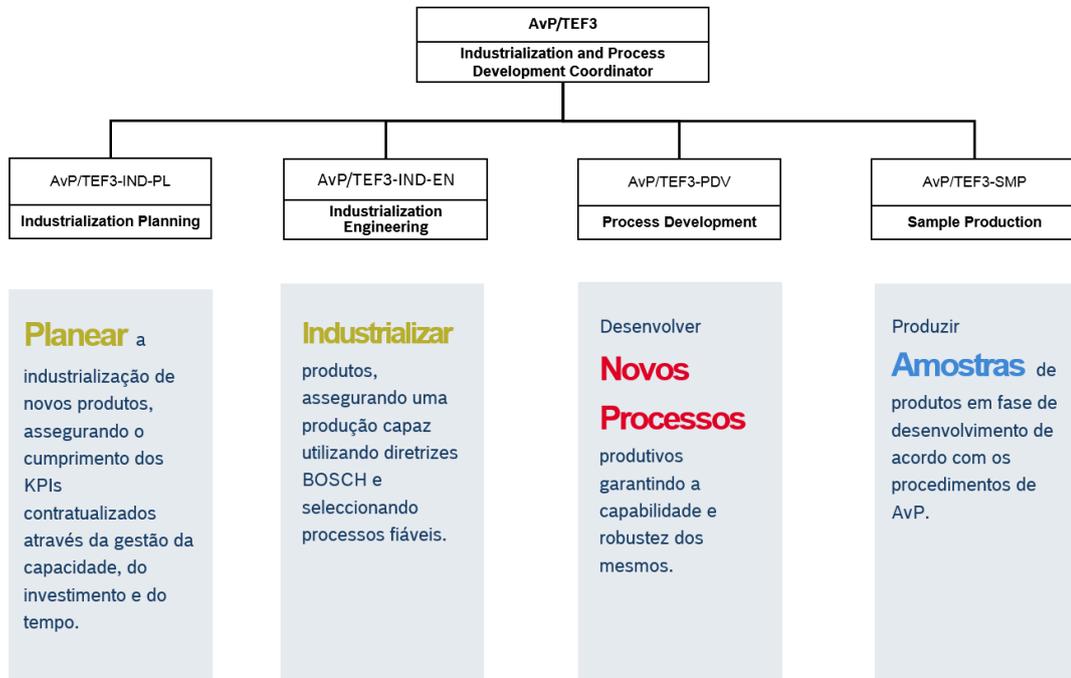


Figura 7 - Organização da equipa TEF3 - Industrialização e Desenvolvimento de Processos.

1.4 Método seguido no projeto

A metodologia seguida no projeto teve por base a estratégia definida com a equipa. Problemas em vários níveis evidenciaram um potencial de melhoria, no entanto, com o tempo como um recurso limitado, a primeira preocupação foi conhecer a ferramenta e de que forma era aplicada. Seguidamente, realizou-se uma fase de identificação e definição da prioridade dos problemas sentidos pela equipa com a realização de inquéritos e reuniões de acompanhamento às sessões de trabalho dos engenheiros de industrialização. Preocupações por parte da equipa de gestão relativamente a esta temática também foram registadas nesta altura.

O foco foi procurar desenvolver soluções de melhoria que respondessem aos problemas mais relevantes, aumentando assim o impacto que o projeto iria ter na produtividade do trabalho da equipa.

Desde esta fase que foi criada uma base de dados de informação relativamente às horas dedicadas a cada FMEA, que permitiu ao longo do projeto identificar áreas de melhoria e priorizá-las bem como acompanhá-las depois da implementação das soluções propostas. A alimentação desta base de dados era feita diariamente.

Depois de definidas as medidas, seguiu-se a fase do desenvolvimento e implementação das mesmas. Os engenheiros de industrialização apoiaram na vertente técnica com o auxílio imprescindível dos coordenadores de FMEA que validaram as medidas implementadas. A última fase correspondeu ao acompanhamento e ajuste das medidas definidas inicialmente, quando necessário.

Embora o projeto no geral tenha seguido a metodologia apresentada, houve medidas identificadas ao longo de todo o horizonte temporal do projeto. Cada uma delas seguiu uma metodologia idêntica a partir da data da sua identificação.

O cronograma da Figura 8 permite ter uma perspectiva temporal do desenvolvimento do trabalho que deu origem à presente dissertação:

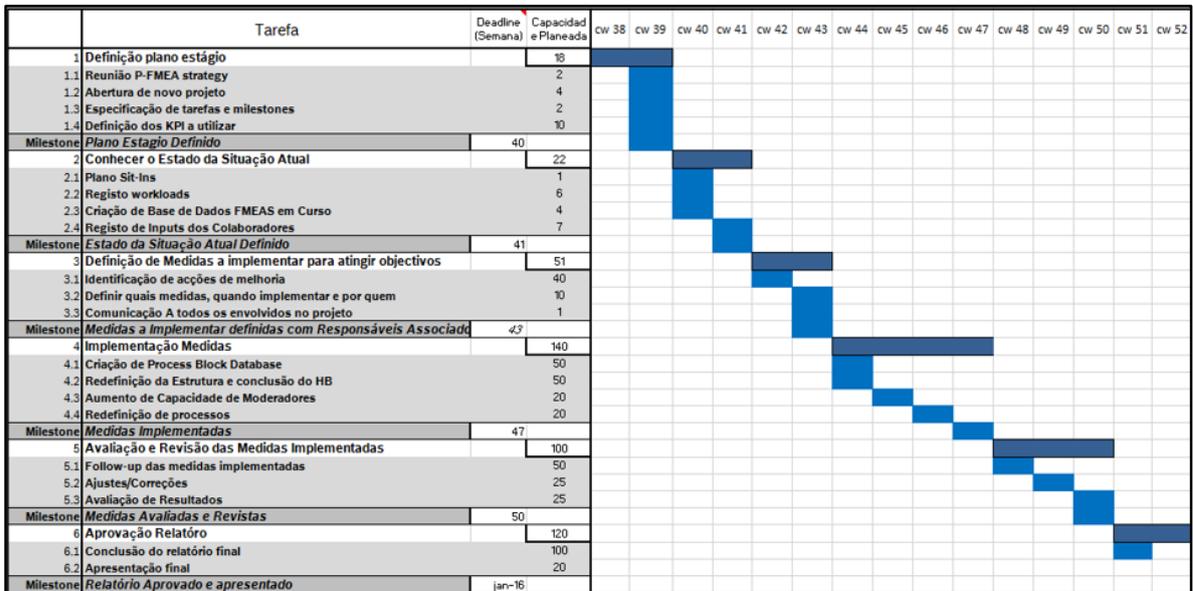


Figura 8 - Especificação e planeamento das tarefas e *milestones* do projeto.

1.5 Estrutura da dissertação

Os capítulos seguintes visam aprofundar o tema apresentado nesta introdução. No capítulo 2 será feito um enquadramento teórico dos temas tratados e das soluções apresentadas e implementadas para um melhor entendimento.

De seguida, no capítulo 3, serão expostas com maior detalhe as dificuldades sentidas pela equipa que motivaram este projeto e ainda o contexto em que foi desenvolvido. Serão abordados os diferentes temas nos quais foram identificadas áreas de melhoria, caracterizando os processos e a forma de trabalhar da equipa.

No quarto capítulo será apresentada a metodologia utilizada para definir as medidas a implementar, bem como o trabalho de monitorização e redefinição das mesmas. A apresentação dos resultados finais terá também lugar neste capítulo.

O quinto capítulo aborda os resultados obtidos com as soluções propostas, comparando-os com os objetivos propostos.

As principais conclusões serão apresentadas no capítulo 6 fazendo ainda referência a temas a desenvolver em projetos futuros.

2 Referência à aplicação de ferramentas *Lean*

Este capítulo tem como objetivo apresentar as bases teóricas do trabalho desenvolvido, servindo de apoio para uma melhor compreensão das decisões tomadas e os métodos utilizados.

“ Ser o local mais competitivo no Mundo Ocidental na indústria do aquecimento de água, oferecendo soluções à medida do cliente que combinam o melhor custo de entrega do produto com um excelente leque de serviços de engenharia, produção, logística e pós-venda.” (Bosch, 2015)

Esta é a missão da empresa e, para o conseguir, existe um trabalho diário que envolve todos os colaboradores, diretos e indiretos. Baseia-se nos conceitos do *Lean*, e na aplicação de uma gama variada de ferramentas que tornam possível a implementação de melhorias nos processos da fábrica.

Atualmente, a eliminação do desperdício e a orientação para o cliente são valores que qualquer empresa deve ter presente para se manter competitiva. Só assim é possível responder a clientes cada vez mais exigentes, mercados cada vez mais regulamentados e um avanço tecnológico com um ritmo elevado. Atualmente, não melhorar significa ficar para trás e é quase por certo uma condenação ao insucesso. (Pinto, 2009)

2.1 O Lean

O sistema Lean, cujas origens remontam ao Sistema Toyota de Produção, procura eliminar desperdícios, ou seja, excluir o que não tem valor para o cliente e imprimir velocidade e eficiência à empresa (Ohno, 1998). Hoje faz parte da estratégia de negócio das empresas mais desenvolvidas.

2.1.1 História do Lean

A história dos conceitos atuais de produção *Lean* começou a ser construída no século XVIII tendo estes sido desenvolvidos e otimizados desde então. Começou com a divisão do trabalho proposta por Adam Smith, que defendia que este princípio permite um “tremendo aumento de eficiência em todas as indústrias”. Perto da mudança de século, Eli Whitney introduziu os conceitos do trabalho normalizado e da linha de montagem.

Frederic Taylor foi o fundador do “Taylorismo”, também conhecido como administração científica do trabalho, filosofia que defendia que um aumento de eficiência pode ser atingido se houver um foco nas tarefas. O trabalho devia ser encarado como uma ciência e também racionalizado no sentido de reduzir o esforço. Para tal abordagem era necessário que os operadores tivessem formação e fossem treinados para as tarefas.

Os princípios da linha de montagem em movimento foram inicialmente concebidos por Ransom Eli Olds e mais tarde aperfeiçoados por Henry Ford com o aparecimento da produção em massa na indústria automóvel, a partir de 1914. Em 1916 apareceram os princípios Jidoka e o conceito dos “5 porquês” apresentados por Sakichi Toyoda que trouxeram grandes avanços a diversas indústrias.

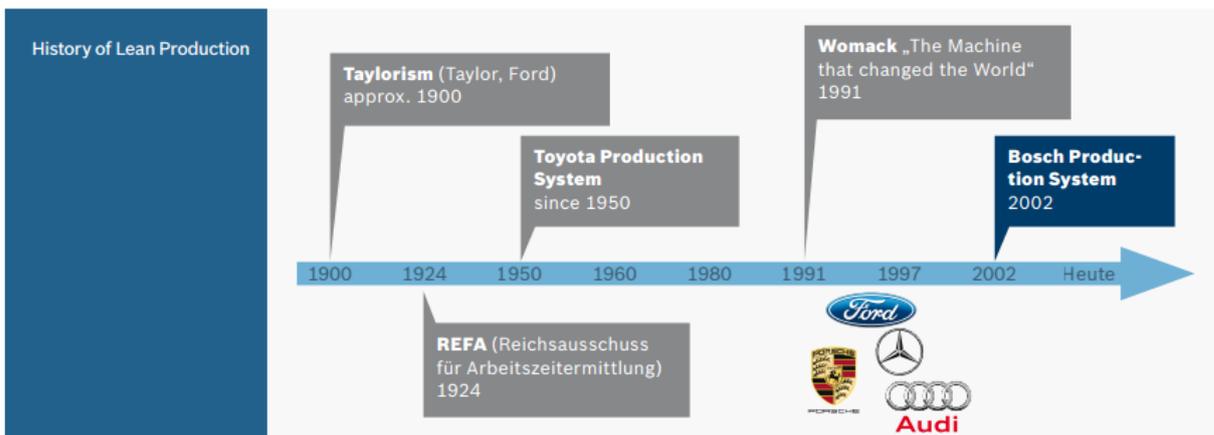


Figura 9 - Evolução e desenvolvimento da aplicação dos conceitos LEAN nas indústrias. (Fonte: Bosch, 2013)

A autoria do ciclo PDCA é atribuída a William Deming, e ele foi também um dos pioneiros da gestão da qualidade e métodos estatísticos. A sua filosofia, que passava por “produzir com qualidade em vez de a criar através de verificações”, passou a ser tida em conta em vários sistemas de produção.

Os sistemas *Kanban* e *Just-in-Time* começaram a ser desenvolvidos e aplicados na segunda metade do século XX por Taiichi Ono, fundador do *TPS – Toyota Production System*. O conceito de gestão *Kaizen* é também baseado nas suas ideias. James P. Womack, autor do livro “A Máquina que Mudou o Mundo”, estabeleceu métodos e princípios Lean importantes e que aos dias de hoje continuam a ser aplicados e melhorados pelas empresas em busca de sistemas de produção livres de desperdício. (Bosch 2013)

Mais recentemente, o conceito de Gestão *Lean* veio trazer para as áreas indiretas os mesmos fundamentos implementados com sucesso na produção. (Prado, 2010) e (Evangelista, 2013)

2.1.2 Bosch Production System (BPS)

O *TPS - Toyota Production System* tem como objectivo uma qualidade de classe mundial que vão de encontro às expectativas do cliente e que sejam um modelo de responsabilidade corporativa e o meio envolvente. (Ohno,1988)

Caracterizava-se como um sistema que se focava em reduzir o tempo desde que uma encomenda é recebida até que é entregue ao cliente final, através da definição de *standards*, procedimentos e tarefas assentes num conjunto de princípios que visam a eliminação do desperdício e o aumento da qualidade e fiabilidade dos processos.

Muitas empresas reconheceram o mérito e tentaram replicar a fórmula de sucesso da Toyota mas com sucesso limitado por falta de uma adaptação a uma cultura empresarial diferente.

Nesse âmbito, a BOSCH criou um departamento responsável pela administração deste sistema que se designa *BPS – Bosch Production System*. Este é baseado nos princípios do TPS e tem como objetivo implementar metodologias que permitam integrá-los na forma como os produtos são produzidos. Os seus princípios mais importantes estão representados na Figura 10.

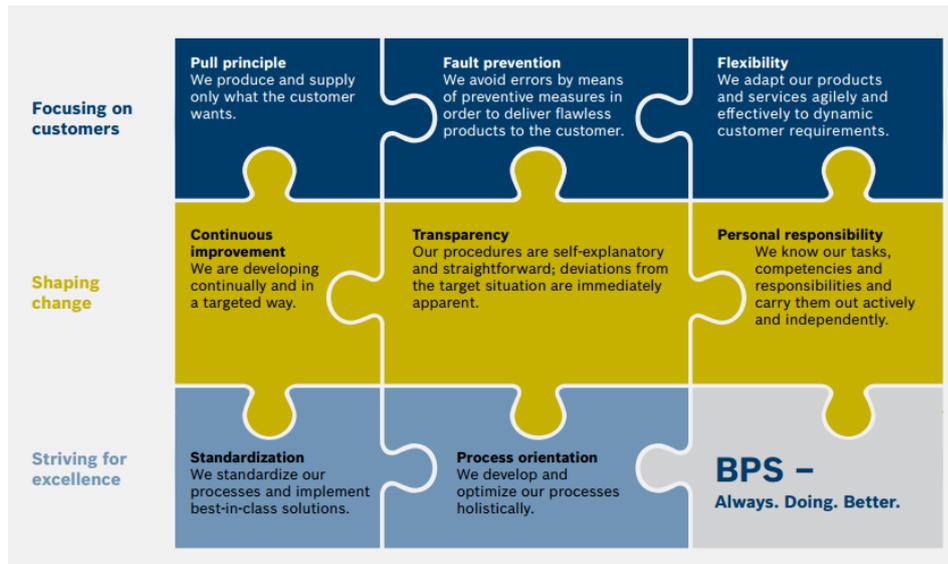


Figura 10 - Os oito princípios do *Bosch Production System* (Fonte: Bosch,2013)

- Princípio Pull – Produzir e Fornecer apenas aquilo que o cliente necessita;
- Prevenção de Falhas – Evitar falhas através de medidas preventivas para fornecer produtos;
- Flexibilidade – Adaptar os produtos com agilidade e com eficiência para responder a uma procura dinâmica;
- Melhoria Contínua – Desenvolver de uma forma contínua e orientada;
- Transparência – Os nossos procedimentos estão explicados de forma visível e criados de forma a que desvios à ação correta sejam evidentes;
- Responsabilidade Pessoal - Saber as nossas tarefas, competências e responsabilidades e realizá-las de uma forma ativa e independente;
- Normalização – Normalizar os processos e implementar soluções de primeira classe;
- Orientação Para o Processo – Desenvolver e otimizar os nossos processos holisticamente;

Estes são os pilares do BPS, no qual se baseia não só a produção mas também a cultura da empresa que assenta numa filosofia que pretende eliminar os seguintes desperdícios:

- Transportes: tempo associado ao transporte não traz valor acrescentado ao produto. Maus *layouts* ou planeamentos podem ser a causa de deslocações desnecessárias;
- Movimentos – Movimentos desnecessários de pessoas, máquinas e ferramentas. Tempo despendido a “decifrar” desenhos e instruções com defeitos. Máquinas que continuam a trabalhar depois de terminar o seu trabalho;
- Stocks – Mais que o mínimo de stocks de matérias primas, artigos em curso de fabrico, produção acabada é um custo e um risco para a empresa. Vários trabalhos iniciados e não terminados, em simultâneo são também um desperdício;
- Espera – Tempo perdido à espera de pessoas ou de máquinas. Numa situação ideal cada cliente é servido no momento exato em que necessita;
- Sobre-processamento – Trabalho efetuado, e esforços, em excesso relativamente ao mínimo necessário. Produto ou serviço produzido com muita antecedência em relação ao prazo previsto ou com qualidade acima da especificada;
- Defeitos – Defeitos em produtos, documentos, entregas de mercadorias, etc. Fabricar o produto errado. Corrigir peças com defeitos;
- Processos Inadequados – Executar tarefas desnecessárias para fabricar um produto. Fazer demasiados controlos e inspeções em vez de focar na eliminação das causas dos defeitos. Utilizar ferramentas ou equipamentos inadequados;

2.1.3 Gestão Lean - Áreas Indiretas

A aplicação das ferramentas Lean às áreas indiretas, também designada por *Lean Office* tem como objetivo aplicar de uma forma eficaz os princípios *Lean* às atividades dos vários grupos de trabalho. O tipo de tarefas é diferente de uma linha de produção, o que leva a que, por exemplo, os tipos de desperdício sejam diferentes dos identificados para a produção. São relacionados com pessoas e processos. De acordo com (Stanleigh, 2008) existem vários tipos, dos quais alguns exemplos são relevantes para este projeto:

- Desalinhamento de objetivos – acontece quando duas pessoas trabalham juntas com objetivos diferentes. O esforço gasto para atingir o consenso e reajustar as ações em função disso é entendido como um potencial de melhoria;
- Realização de tarefas não críticas – A definição da prioridade das tarefas deve acontecer. O esforço gasto em tarefas desnecessárias/não críticas deve ser entendido como um desperdício em relação à realização de tarefas de maior valor acrescentado;
- Tempo de Espera – O tempo perdido à espera de orçamentos, reuniões, aprovações deve ser encarado como uma entropia no processo e pode classificar-se como desperdício. Uma reunião de 6 pessoas iniciada com 10 minutos de atraso representa 1 hora de desperdício;

- Agendamento – O tempo perdido a compensar falhas no agendamento de sessões de trabalho é uma ineficiência. Reuniões em que a participação de todos os envolvidos seja crucial não devem ser realizadas em caso de falta de um participante. Deve reagendar-se uma nova data prevenindo assim um gasto desnecessário.

2.2 O ciclo PDCA

O ciclo de Deming, também conhecido como PDCA (*Plan, Do, Check, Act* – Figura 11) é uma ferramenta de melhoria contínua que visa definir uma abordagem onde se define e acompanha a operacionalização de melhorias. Este está dividido em quatro fases e o seu encadeamento pretende garantir a eficácia na implementação das medidas definidas. (Pinto, 2009)

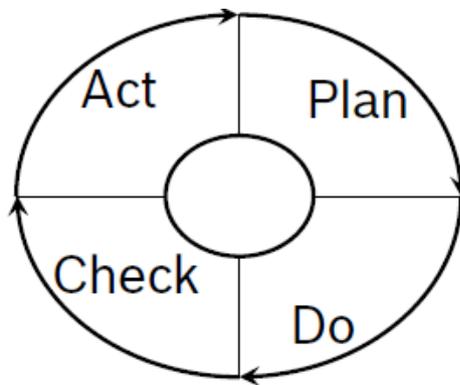


Figura 11 - As quatro fases do ciclo de *Deming*

- *Plan* (Fase de Planeamento) – Fase de caracterização do problema e proposta de uma solução de melhoria. Geralmente o passo que necessita de mais tempo;
- *Do* (Fase da Concretização) – Implementação das medidas definidas na fase anterior;
- *Check* (Fase da Verificação) – Nesta passo devem ser conduzidas ações de acompanhamento e verificação do sucesso das medidas. Desvios ao que foi definido devem ser analisados e tratados ou como desperdício ou como potencial melhoria ao comportamento padrão;
- *Act* (Fase da Ação) – Agir de acordo com o que foi identificado na fase *Check*; Definição de novas medidas ou ajuste das implementadas;

A sua simplicidade faz com que por vezes líderes falhem na sua implementação porque desvalorizam a importância igual de todas as fases. As barreiras encontradas e que devem ser resolvidas com uma gestão da mudança eficaz por vezes geram inércia suficiente para as organizações voltarem a “velhos hábitos”.

2.3 Ferramentas de Diagnóstico

Um correto diagnóstico inicial pode por vezes ser a chave para uma boa gestão da mudança. A utilização destas ferramentas permite identificar problemas, definir boas práticas, acompanhar a implementação de ações de melhoria contínua. Alguns exemplos de ferramentas utilizadas para este fim são:

- **Inquéritos**

A realização de inquéritos como meio de obtenção de feedback das equipas é uma ferramenta importante. Consiste na escolha correta de uma amostra significativa e na elaboração de um questionário que permita obter as respostas pretendidas de uma forma mensurável.

- **Reuniões de Acompanhamento – *Sit-in***

Com a finalidade de identificar desvios em relação ao padrão definido, os *sit-in* são uma ferramenta de melhoria importante na definição e atualização de procedimentos e boas práticas para a normalização do trabalho. Consiste numa sessão agendada em que um auditor vai apenas observar o trabalho do auditado, sem fazer comentários ou sugerir melhorias. Deve apenas registar desvios ao *standard* e as suas causas, bem como propor ações de melhoria que permitam eliminar a causa do desvio ou capitalizar a nova informação num aumento de valor à norma já existente.

- **Diagrama de Ishikawa**

A identificação da causa raiz de um problema é uma tarefa com alguma dificuldade associada. Pressupõe uma forma estruturada de abordagem do problema para permitir perceber eficazmente qual o motivo que levou aos efeitos em análise.

O diagrama de Ishikawa representa, de uma maneira geral, um modelo sugestivo de apresentar as correlações entre efeitos e causas. A estrutura do diagrama ajuda os membros da equipa a pensar de uma forma sistemática e a determinar a causa raiz dos problemas de uma forma mais eficaz, evidenciando as áreas onde se deve apostar para solucionar o problema (Tague, 2005). A Figura 12 ilustra um exemplo da aplicação desta ferramenta na identificação de um problema de perda de especialistas numa empresa (Soković, 2009).

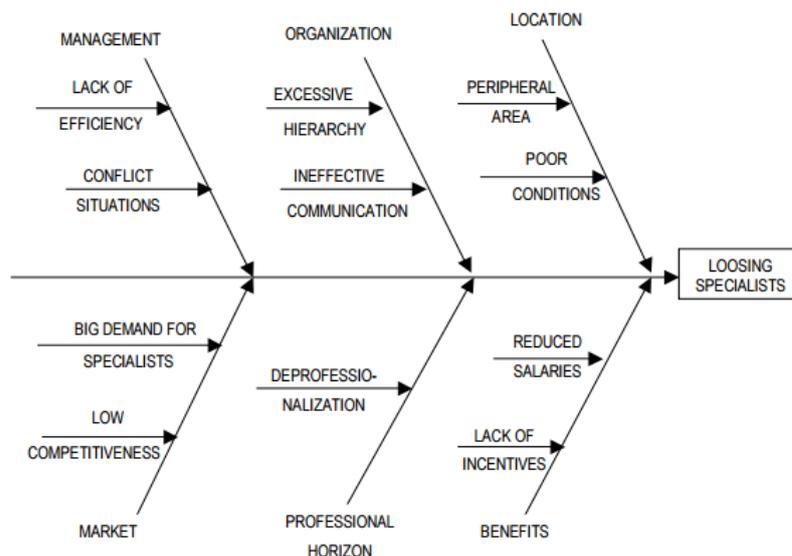


Figura 12 - Exemplo da aplicação do diagrama de *Ishikawa* para encontrar motivos para a perda de especialistas numa empresa. (Tarun, 2012)

2.4 Indicadores de Desempenho (KPI - Key Performance Indicators)

“Os indicadores de desempenho ajudam na definição e medição do progresso relativamente a objetivos da organização.” (Hors, 2012)

Já foi apresentado anteriormente que o ciclo PDCA contém a fase “C” – *Check* que corresponde à verificação da eficácia das medidas implementadas. Os indicadores de desempenho constituem uma ferramenta importantíssima para que esta fase seja realizada com sucesso.

A definição correta destes indicadores pode representar um desafio. Devem estar alinhados com a estratégia da empresa ou equipa, revistos frequentemente para que possam influenciar decisões e despoletar discussões sobre o caminho que se está a seguir. As sugestões de melhorias a KPIs deve acontecer sempre que for oportuno e periodicamente estes devem ser discutidos e realinhados com as estratégias e desafios sentidos pela equipa.

O objetivo é garantir que as metas definidas vão ser atingidas e evidenciar potenciais ameaças. Uma ação pronta e atempada pode ser o suficiente para evitar repercussões mais graves. Como tal, são uma ferramenta importante na gestão de desempenho de equipas.

2.5 Normas de Trabalho

“A padronização do trabalho representa a base para a melhoria contínua.” (Womack, 2003)

Sem um termo de comparação é impossível melhorar. Para seguir um caminho de melhoria é necessário ter um objetivo, um ponto de partida e um plano para o atingir. O plano deve ser delineado de acordo com as estratégias da equipa/fábrica, capacidade produtiva e requisitos do cliente. Para a implementação desse plano são necessárias ferramentas de apoio às diferentes fases que o constituem.

A normalização do trabalho, como já foi abordado nos princípios BPS é um dos pilares para a eliminação do desperdício. Definir aquilo que se acredita ser a melhor solução num momento, para que todos os colaboradores possam fazer cada tarefa da forma mais eficiente e nivelada contribui para a estabilização dos tempos de ciclo e eliminação de defeitos. Mais do que isso, funciona como ponto de partida para possíveis melhorias futuras e como banco de conhecimento especializado da empresa. É um mecanismo importante no controlo da informação evitando que boas práticas se desperdicem por falta de organização.

2.6 Gestão da Mudança

Implementar um sistema de gestão *Lean* não é tarefa fácil. Para que uma mudança numa organização prevaleça e seja bem-sucedida, as barreiras de resistência devem ser estudadas e identificadas. Lidar com a resistência à mudança implica trabalho árduo e uma boa dose de risco (Guedes, 2015).

Uma gestão eficaz da mudança assenta na capacidade de incluir os colaboradores no processo, atribuindo-lhes responsabilidades de agentes de mudança para que possam sentir em parte responsáveis pelo resultado final da melhoria em equipa.

É necessário ter uma boa imagem da situação inicial, e consciencializar para a necessidade de mudança. Explicar os benefícios que serão gerados para a equipa e para o trabalho de cada um

individualmente é essencial, para além do alinhamento da mudança com gestão estratégica da equipa. Sem este alinhamento, com toda a resistência sentida durante todo o processo, o mais natural é a mudança não ter a eficácia desejada.

Depois de definida a mudança e sua implementação, há que garantir que a disciplina da equipa se mantém. É frequente uma empresa passar por um processo de mudança e algum tempo depois voltar a hábitos antigos por falta de acompanhamento. As mudanças devem ser feitas a nível operacional e a sua implementação vigiada até que se torne um hábito. (Stanleigh, 2008)

3 Caracterização da Situação Inicial na Realização de P-FMEA

O presente capítulo visa explorar as dificuldades sentidas pela equipa e que motivaram a realização desta dissertação. Este assunto foi introduzido no primeiro capítulo e irá agora ser apresentado em maior detalhe.

A caracterização da situação foi feita na fase inicial do projeto, utilizando algumas ferramentas de diagnóstico como apoio. Uma análise aos resultados das mesmas evidenciou áreas onde existia potencial de melhoria.

O contexto em que os P-FMEAs são desenvolvidos, o seu método de aplicação e monitorização foram tidos em conta. A forma como são desenvolvidas as competências dos colaboradores foi também abordada nesta análise.

3.1 Dificuldades sentidas na aprendizagem na aplicação da ferramenta

O maior obstáculo a uma aplicação eficaz e eficiente desta ferramenta é a sua complexidade. A enorme carga de horária que lhe está associada criou nos colaboradores uma mentalidade de resistência a realizar um trabalho que é “complexo” e “difícil”. Ao longo do tempo, a experiência adquirida (no *software* e conhecimento técnico) permite agilizar os processos e relativizar esta ideia.

A motivação para a normalização das tarefas relativas à construção de P-FMEAs assentou em três pontos principais:

- **Elevado Número de Projetos**

O aumento do número de projetos nos últimos anos significa um aumento de procura do serviço prestado pela equipa de engenharia de industrialização (TEF3). Uma análise ao gráfico da Figura 13 permite ver uma tendência claramente crescente nos últimos 4 anos.

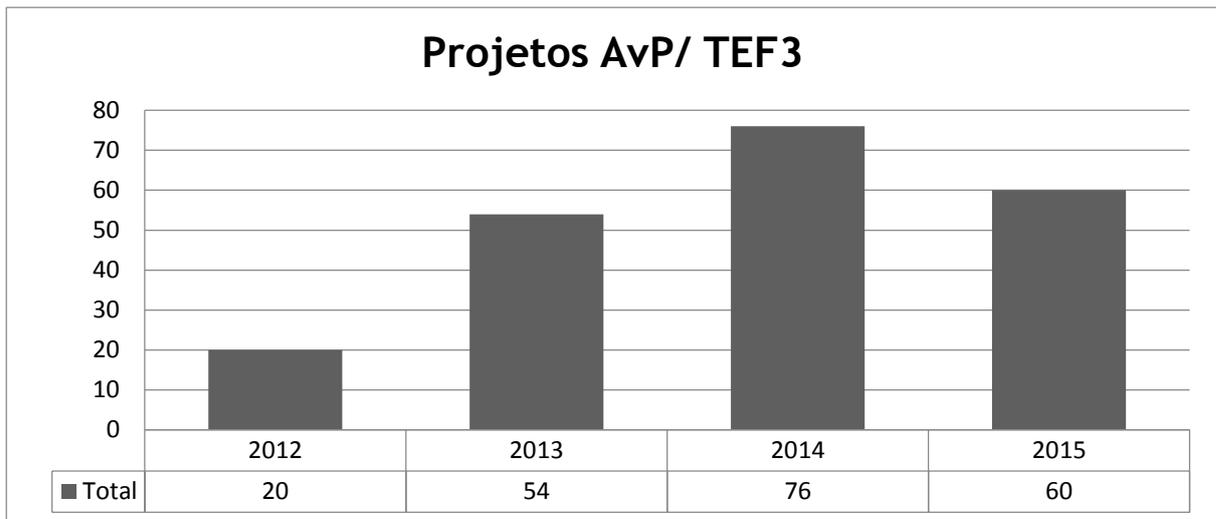


Figura 13 - Número de projetos por ano na equipa de industrialização e desenvolvimento de processos (TEF3).

Com esta tendência a verificar-se, a equipa vê-se obrigada a aumentar a sua capacidade para lhe poder dar resposta. Parte da solução espera-se que resulte dos aumentos de eficiência conseguidos com os projetos de melhoria contínua da fábrica.

- **Entrada e Saída de Colaboradores**

No seguimento do ponto anterior, a entrada de novos colaboradores é inevitável e, para cada um deles, existe um processo de aprendizagem. No decorrer do projeto saíram nove pessoas da equipa e entraram dez. O gráfico da Figura 14 permite acompanhar o fluxo de entrada (verde) e o de saída (azul) de pessoas ao longo dos dois últimos anos.

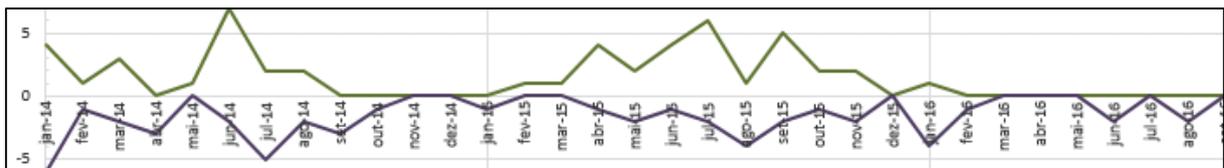


Figura 14 - Entradas (verde) e saídas (azul) de colaboradores na equipa.

É um grupo onde o ritmo de entradas e saídas é, manifestamente, elevado. Era portanto importante encontrar soluções adaptadas a uma equipa que se pretende flexível, com mecanismos eficazes de passagem de informação e metodologias de trabalho entre colaboradores.

- **Peso dos P-FMEAs no trabalho da equipa de industrialização**

O trabalho em P-FMEAs não é constante mas sim despoletado pela abertura de novos projetos e/ou mudanças na fábrica que motivem mudanças documentais. Assim, o número de horas dedicado a estas atividades é bastante variável de semana para semana.

Numa perspetiva de perceber a relevância deste tipo de trabalho, a análise inicial permitiu apontar para valores na ordem dos 15 a 20 % de média do tempo total que um engenheiro de industrialização investe em P-FMEAs

3.2 *Timing* da realização do P-FMEA

Em linha com o que foi abordado nos capítulos introdutórios desta dissertação, os impactos e os potenciais benefícios desta análise estão diretamente relacionados com o *timing* da sua realização no projeto de industrialização.

Na fase inicial, as dificuldades geradas pelo contexto apresentado anteriormente eram perceptíveis na realização tardia e meramente “documental” dos P-FMEAs. A obrigatoriedade assentava em requisitos BOSCH, que exigem a existência desta análise de processo.

As especificações para encomendas de equipamentos produtivos eram feitas antes de considerada a análise de efeitos e modos de falha, por falta de capacidade. Assim, não raras vezes acontecia que, no desenrolar do projeto, alterações obrigavam a revisões nos cadernos de encargos, o que consequentemente se traduzia em agravamentos relativamente ao orçamento inicial apresentado pelo fornecedor (custos para a fábrica).

A consciência de que uma realização atempada do P-FMEA permite fazer especificações mais claras e consistentes existia e era partilhada por todos. O objetivo traçado passava por consegui-lo através dum aumento de eficiência e normalização de processos para diminuir custos e *lead-time* dos projetos.

3.3 Planeamento e Monitorização do Trabalho em P-FMEAs

A mentalidade da equipa relativamente às atividades relacionadas com P-FMEAs, motivada pelas dificuldades expostas era também evidente ao nível do planeamento e controlo. Unicamente era feito um registo num ficheiro das horas dedicadas, que geralmente era preenchido de uma só vez na hora de submeter o ficheiro para aprovação. Para além disso, também o tipo de trabalho realizado em cada sessão estava pouco evidente e desalinhado com a reestruturação dos processos que se viria a implementar e que será explorada no capítulo seguinte.

Da parte da equipa do planeamento da industrialização, responsável pela gestão da capacidade, havia dificuldades na definição de horas necessárias para a realização um P-FMEA, sendo esta análise feita apenas por experiência e sem a existência de tempos padrão definidos para os diferentes tipos de P-FMEAs.

- **Perceção das equipas de gestão sobre o foco do tipo de trabalho**

Com um peso bastante elevado no trabalho de engenharia desenvolvido pela equipa de TEF3, existia à data de início da dissertação uma ideia partilhada pela equipa de gestão e que carecia de confirmação. Esta era que existia pouco foco no trabalho de preparação levando a que as reuniões de equipa fossem pouco produtivas e ineficientes devido à pouca preparação do conteúdo a avaliar.

3.4 Ineficiências na aplicação da ferramenta

O objetivo principal do projeto é aumentar a eficiência da equipa na aplicação desta ferramenta na análise de risco de processo. O método para o atingir passa por identificar os diferentes tipos de desperdício (i.e. ineficiências) e eliminá-los, através das soluções apresentadas no capítulo 4.

Ao longo de todo o projeto, houve situações em que apareceram casos não considerados na situação inicial. A melhoria contínua das soluções consideradas inicialmente ou a procura de novas soluções foi a metodologia seguida para tentar aproveitar todas estas oportunidades de aumento de eficiência. As ineficiências encontradas podem ser classificadas da seguinte forma:

- **Ineficiências no trabalho individual**

Grande parte do trabalho é preparação individual e aqui existem vários tipos de desperdício que se podem assinalar:

- Variabilidade

O facto de existirem várias pessoas a realizar o mesmo método de formas distintas significava que existiam ganhos potenciais na normalização do trabalho, isto é, existia uma maneira de realizar os processos que era a melhor e, conseqüentemente, ineficiência associada a desvios à mesma.

- Re-trabalho

A repetição de blocos de processo em vários P-FMEAs era comum. O tempo associado a carregar no *software* informação repetida foi identificado como uma ineficiência no trabalho de preparação.

- Procura da Informação

O tempo gasto em busca da informação necessária para começar, desenvolver, analisar, avaliar e aprovar deve ser entendido como atividade que não traz valor acrescentado, devendo este ser minimizado ao máximo sem comprometer a qualidade final do serviço prestado. Não só não existia alguma informação, como a que havia estava desorganizada, levando a este tipo de desperdício.

- Falhas relativas à qualidade

Problemas associados à falta de qualidade de P-FMEAs ou mesmo DFMEAs podem levar a que tenha que se rever um documento (ou mais, visto que mudanças num posto podem influenciar os seguintes) para que lhe sejam feitas correções.

Estes problemas podem ser os mais variados, desde a incorreta definição de funções ou modos de falha a especificações incompletas de características ou até erros gramaticais ou de sintaxe. Sendo assim, devem ser tratados como uma ineficiência, na medida em que numa execução ideal, o tempo gasto nestas correções seria nulo ou muito próximo disso.

- **Ineficiências nas sessões**

As sessões (reuniões de trabalho em equipa para avaliar e discutir o trabalho feito individualmente) são realizadas em virtude de garantir que as diferentes equipas da fábrica têm conhecimento, estão de acordo e comprometidos com o trabalho preparado pelo engenheiro de industrialização. Geralmente reúnem cerca de 5 pessoas e, como tal, apresentam um alto potencial de melhoria em quatro aspetos essenciais:

- Atrasos/Faltas

Uma das maiores falhas identificadas pelos colaboradores na análise da situação inicial foi a questão da pouca importância que as outras equipas dão a estas sessões. Estava definido claramente que os P-FMEAs são da responsabilidade do TEF3, que por sua vez necessitam da aprovação dos elementos das outras equipas para concluir o seu trabalho de acordo com as diretrizes BOSCH. Isto dá azo a uma atitude de alguma displicência por parte dos elementos de outras equipas, na gestão da sua participação nestas sessões. Muitas das vezes estas não se realizam ou começam atrasadas causando desperdício de tempo das pessoas que estão presentes ou ainda motivando repetição da informação posteriormente para o colega que não esteve presente.

-Falta de Preparação

Em várias ocorrências na fase de diagnóstico, a sessão serviu para realizar trabalho que deveria ter sido feito na fase de preparação individual. O tempo gasto neste tipo de atividades não gera valor, na medida em que não se está a cumprir o propósito da reunião que é avaliar o trabalho efetuado individualmente. Isto deve ser entendido como um desvio à norma para uma reunião de equipa eficiente.

-Falta de Moderação

A existência de moderação para as sessões de P-FMEA é uma especificação das normas centrais BOSCH. A função do moderador é conduzir a sessão e garantir a correção metódica da mesma. O alinhamento com as boas práticas de agendamento, condução da reunião e comunicação das alterações deve ser assegurado. No início do projeto existiam apenas dois moderadores qualificados, dos quais apenas um moderava uma sessão esporadicamente. Não o fazia mais frequentemente por falta de capacidade, tendo sido esta a causa identificada para esta ineficiência.

-Acessibilidade da Informação

Falhas associadas ao registo das alterações efetuadas nas sessões causam aumento do tempo alocado à operacionalização dessas mudanças no trabalho individual pós-sessão e ainda do tempo gasto na passagem dessa informação a outros interessados. Um mecanismo mais eficiente na passagem da informação pode conduzir a ganhos neste aspeto.

3.5 Metodologia na construção de P-FMEAs

O facto de o trabalho de preparação de P-FMEA, se realizar durante um período alargado de tempo faz com que cada colaborador tenha tarefas deste tipo que se repetem no seu planeamento diário sucessivamente. Este facto propicia um adiamento da tarefa. A metodologia seguida pela equipa tinha em consideração a sequência de operações de um FMEA na sua generalidade, conforme se pode verificar na Figura 15.

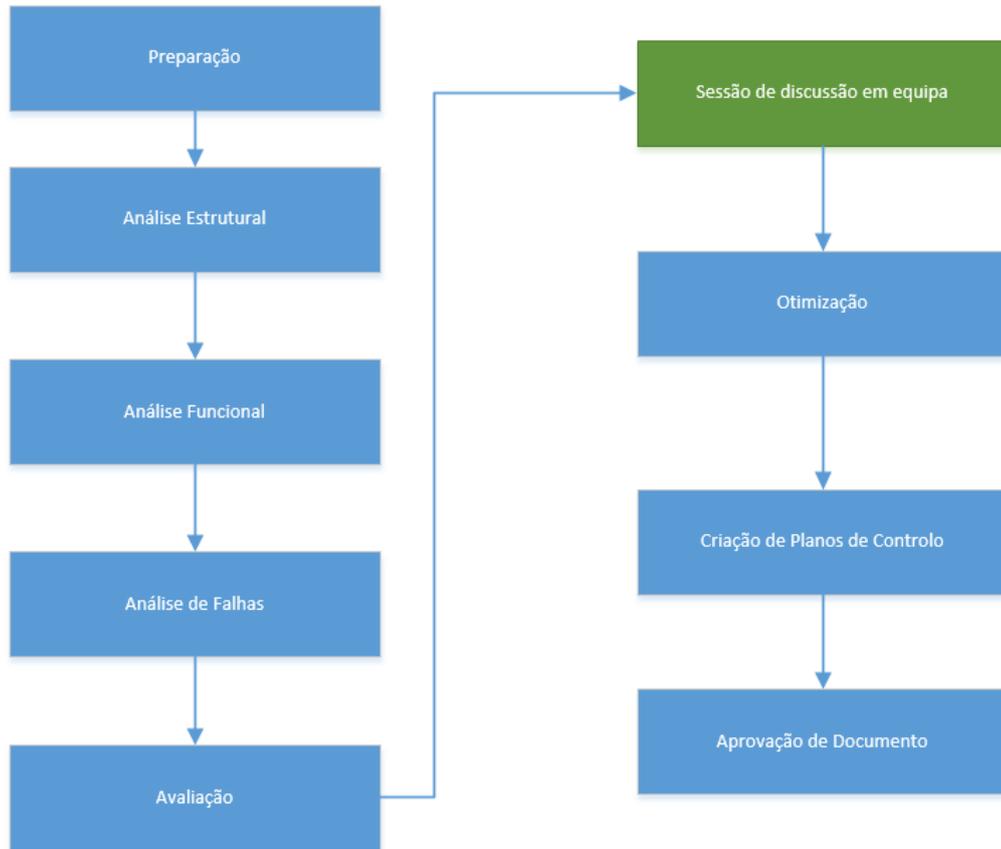


Figura 15 - Os diferentes passos da análise de risco de processo.

Cada uma destas atividades era realizada para todos os passos do processo produtivo antes de iniciar para a seguinte, ou seja, apenas se fechava um posto na altura de os fechar todos, perdendo a hipótese de ter as especificações para os primeiros postos/passos mais cedo.

A construção do P-FMEA era feita a partir do DFMEA, sendo assim criado um documento novo por produto, o que resultava em várias análises idênticas a produtos diferentes na mesma linha. Como tal, o engenheiro de industrialização não tinha a perceção sobre os impactos que as medidas implementadas numa linha para um produto específico podiam ter noutros produtos que viessem a passar por essa mesma linha.

A capacidade para a realização de P-FMEA na equipa de industrialização do TEF3 estava bastante dependente da experiência. Colaboradores mais experientes tinham já o seu método e a falta de um sistema que permitisse aos novos colaboradores aprender a fazer contribuía para ideia de que a análise do risco de processo era uma tarefa “difícil” e “indesejada”.

4 Apresentação da solução proposta

Os problemas apresentados no capítulo anterior foram analisados e discutidos em equipa, tendo surgido uma série de medidas que se definiu como sendo as que resultariam num resultado mais satisfatório considerando o ponto de partida, a estratégia e os objetivos definidos. Estas serão de seguida explicadas com maior detalhe.

4.1 Planeamento do trabalho de P-FMEAs

O planeamento e a monitorização de todas as atividades relacionadas com P-FMEAs, quer por parte da equipa de planeamento, quer por parte dos engenheiros de industrialização foi outra das áreas identificadas como passíveis de ser melhoradas.

Com esse intuito, foi implementado um sistema através do qual passou a ser feito o registo das horas dedicadas a P-FMEAs e que vai ser apresentado de seguida. A análise destes dados permitiu não só a definição de tempos padrão como também medir o desempenho da equipa através da definição de *KPIs*, dois tópicos desenvolvidos nos pontos seguintes.

- **Registo das horas dedicadas a P-FMEAs**

A recolha de dados corresponde à parte mais importante em qualquer projeto de melhoria que se pretenda implementar. É necessário selecionar técnicas de recolha e tratamento da informação adequadas e ainda realizar a análise dos mesmos para os fins especificados.

Para o efeito, partindo do pressuposto que o tipo de registo de participações efetuado até então tinha uma eficácia insatisfatória, conforme foi abordado anteriormente, foi utilizado um sistema que pode ser representado através da Figura 16.

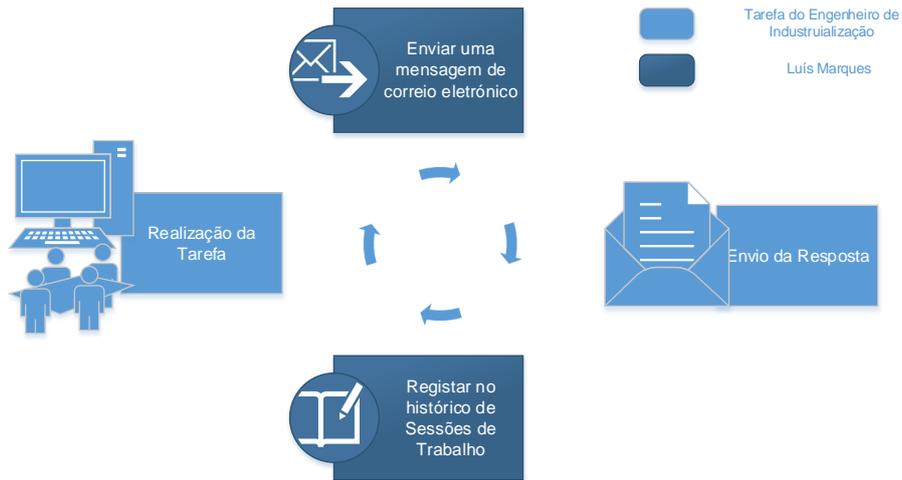


Figura 16 - Metodologia utilizada para o registo das horas dedicadas aos P-FMEA.

A manifestação da intenção de realizar trabalho relacionado com P-FMEA é feita na reunião diária matinal, onde cada colaborador da equipa planeia as atividades a realizar no próprio dia.

Com base nisto, é enviado para cada pessoa, com a finalidade de recolher a informação necessária para a análise a efetuar, um *e-mail* tipo que tem a seguinte estrutura:

Boa Tarde, como forma de registar os tempos dedicados aos P-FMEA, envio este e-mail e pedia que **o preenchassem** e me **enviassem de volta** preenchido (substituir partes a amarelo).
 Como inputs apenas o nome do projeto, designação do FMEA em questão, as horas e ainda o numero de Process Steps e a percentagem que ficou concluída de cada um no próprio dia (conforme exemplo abaixo).
 Caso haja um tipo de trabalho que não se enquadre por favor utilizar o campo "Obs:", caso contrário deixar em branco.

Nome do Projeto: **FP Low Nox**
 Designação FMEA: **Final Assy**

Process Steps: **6**

1- **(Leakage test); (100%); 2,5H**
 2- **(Nome do Process Step); (%progresso); Horas Dedicadas**
 3- **(Nome do Process Step); (%progresso); Horas Dedicadas**
 4- **(Nome do Process Step); (%progresso); Horas Dedicadas**
 5 - ...

Obs:

Se houver duvidas estou à disposição

Figura 17 - E-mail utilizado para a recolha de dados relativos ao trabalho dos colaboradores.

Assim que o recebe, no final do dia (altura em que já sabe dos desvios ao planeamento que aconteceram), o colaborador recebe um aviso e tem apenas que alterar as partes a amarelo, minimizando o tempo gasto a reportar a informação.

O trabalho seguinte, posteriormente à receção da informação, consiste na atualização do histórico de sessões de trabalho.

- **Critérios para a Análise de Dados e Definição Standards**

A definição de critérios para a análise de dados foi um ponto bastante importante no desenrolar de todo o projeto. A maior diferença no método de registo implementado prende-se com a medição por passo de processo, alinhada com a reestruturação de processos apresentada nos pontos seguintes.

Foi realizado um levantamento junto da equipa de todos os P-FMEAS abertos, em que se definiu o projeto, responsável associado, o tipo e o processo da fábrica em que se enquadra. Relativamente ao tipo os P-FMEAs foram classificados da seguinte forma:

-Novos – Criados de raiz para um produto novo numa linha em que não exista já uma análise de processo corretamente documentada. Deve identificar-se na fase de preparação para cada FMEA a necessidade de o realizar a partir do zero com base na documentação técnica existente para este efeito.

-Variantes – Produtos diferentes que irão ser produzidos em linhas às quais já exista uma análise ao processo corretamente documentada. O foco deve estar nas diferenças entre os produtos e nas suas implicações em todo o processo. Permite que não se repitam análise sucessivas aos mesmos postos;

-Revisão – Alterações em P-FMEAS que já estavam terminados motivadas por alterações no produto ou ate mesmo na linha;

Relativamente aos processos da fábrica, estes foram classificados no âmbito deste projeto da seguinte forma:

-Cobre (*Copper*) – Identifica os processos relacionados com a produção de partes em cobre (camaras de combustão, serpentinas, tubos, lamelas, entre outros);

-Montagem (*Assembly*) – Identifica os processos da fábrica relacionados com montagens intermédias ou finais, de partes ou produto acabado, respetivamente.

-Estampagem (*Stamping*) – Peças produzidas através de processos de estampagem (frentes, costas, suportes, entre outros)

Houve ainda uma percentagem residual de trabalho de maquinação que não encaixa em nenhuma das categorias supramencionadas. Deve, contudo, considerar-se que no futuro mais P-FMEAs de maquinação deverão ser efetuados. Para efeitos do projeto em questão, este tipo de processo não foi considerado.

Este inquérito inicial permitiu ter uma imagem geral sobre os P-FMEAs e relacioná-los com projetos. O passo seguinte foi obter acesso aos documentos em causa para realizar um levantamento dos passos do processo existentes em cada um e a ligação aos P-FMEAs em curso. A definição e implementação do sistema de registo de horas dedicadas a cada passo de processo apresentada no ponto prévio permitiu obter os elementos em falta para a criação da base de dados na qual foram baseadas várias decisões tomadas ao longo do projeto.

Cada *e-mail* define se a tarefa foi trabalho individual ou em grupo, a quantidade em horas dedicadas e uma previsão da percentagem de conclusão do passo de processo. Foi criada então uma tabela de registo em que cada entrada diz respeito a uma sessão de trabalho num passo de processo específico e agrega as informações de caracterização do P-FMEA e provenientes dos *e-mails*. O facto do nível de detalhe da medição ir até ao passo de processo permite eliminar a incerteza associada à estimativa dos colaboradores, na medida em que as percentagens de conclusão de cada entrada eram atualizadas assim que o passo de processo era identificado como terminado. A Tabela 2 ilustra os diferentes tipos de passos de processo registados durante o tempo de em que se acompanhou os trabalhos.

Tabela 2- Os diferentes tipos de passo de processo considerados na análise efetuada.

Processo	FMEA	Tarefa
Montagem	Novo	Preparação
Montagem	Variante	Preparação
Montagem	Revisão	Preparação
Montagem	Novo	Sessão
Montagem	Variante	Sessão
Montagem	Revisão	Sessão
Cobre	Novo	Preparação
Cobre	Revisão	Preparação
Cobre	Revisão	Sessão
Cobre	Novo	Sessão
Estampagem	Novo	Preparação
Estampagem	Revisão	Preparação
Estampagem	Variante	Preparação
Estampagem	Revisão	Sessão

Uma divisão desta ordem permitiu responder ao problema levantado pela diferente complexidade dos P-FMEAS e de uma monitorização feita de uma forma global a cada documento. Permite ainda, para além de ajudar na caracterização do trabalho da equipa em FMEAs, a ter uma noção geral das áreas em que é mais rentável atuar.

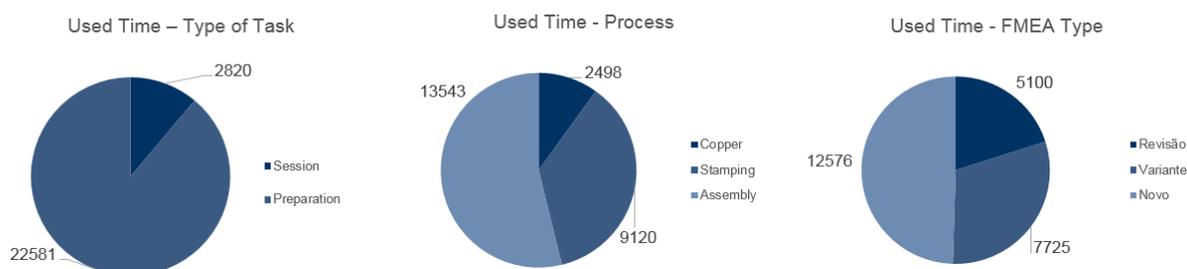


Figura 18 – Distribuição do tempo por tarefa, processo e tipo de FMEA

A definição de tempos padrão foi feita ao longo do tempo tendo em conta uma média ponderada das medições que foram feitas ao longo do projeto. Esta é uma melhor aproximação da realidade, comparando com a solução existente anteriormente, onde o tipo de passo de processo não era tido em conta para estimar o tempo necessário para o engenheiro construir o P-FMEA. Na Tabela 3 está representada a matriz com os tempos padrão definidos no final do programa.

Tabela 3 - Matriz de tempos padrão por passo de processo.

	Tempos Padrão (min)					
	Cobre		Montagem		Estampagem	
	Preparação	Sessão	Preparação	Sessão	Preparação	Sessão
Novo	190	90	317	88	321	n/a
Variante	n/a	n/a	174	47	308	n/a
Revisão	44	36	90	14	402	20

- **Definição de Indicadores de Desempenho (KPIs)**

Os indicadores ajudam a empresa, ou neste caso, a equipa a conseguir ter a visão que necessita para acompanhar os seus processos e conseguir uma base sólida para alinhá-los com os objetivos traçados.

A correta definição dos mesmos é, no entanto, essencial visto que é necessário um esforço diário extra para os acompanhar e analisar. Se ao longo do tempo for criada a ideia de que este tempo não traz valor acrescentado, dificilmente será mantida a prática e o indicador irá cair em desuso, podendo ser considerado tempo desperdiçado.

- Indicador de Eficiência de Planeamento

$$\frac{N^{\circ} \text{ Horas Dispendidas}}{N^{\circ} \text{ Horas Planeadas}}$$

Medição de número de horas realmente efetuadas ao final do dia em comparação com o contemplado no planeamento diário individual.

Com este indicador pretendeu-se evidenciar a mentalidade da equipa relativamente às condições para efetuar o trabalho e ainda a noção do impacto que a realização correta e atempada dos P-FMEAS tem no projeto

- Indicador de Eficiência

$$\frac{\text{Tempo Gasto por Passo Processo}}{\text{Tempo Standard por Passo Processo}}$$

Medição do tempo real utilizado em comparação com o tempo *standard* definido. O acompanhamento deste rácio ao longo do tempo permite conhecer, para cada caso em particular, a tendência em questão de evolução positiva ou negativa de resultados. É um indicador que apenas tem em consideração o tempo dedicado e não a complexidade, qualidade ou correção do PS, não devendo por isso ser alvo de uma análise individual para perceber a eficácia das medidas apresentadas.

A medição destes indicadores e o registo das informações que os permitem manter atualizados foi considerado através de um documento de recolha e tratamento de informação e um procedimento descrito nas normas de trabalho com instruções simples. Os colaboradores podem consultar informações relativamente ao trabalho que fazem em P-FMEA e controlar a sua atividade em função disso.

4.2 Definição de Normas de Trabalho

A normalização na execução das tarefas foi desde o início da dissertação o objetivo apontado com maior clareza. A inexistência de padrões em todo o processo era um entrave identificado pela equipa para que medidas de melhoria pudessem ser implementadas, acompanhadas e ainda ter a noção da eficácia das mesmas.

- **Metodologia Utilizada**

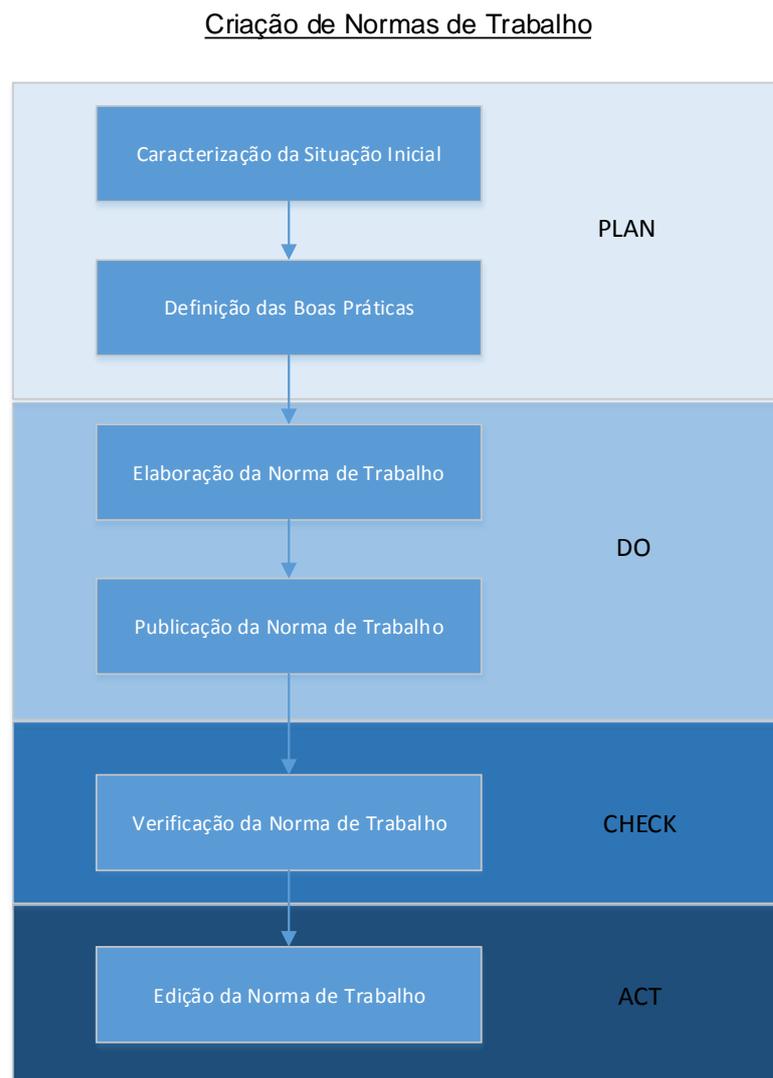


Figura 19 - Metodologia seguida na criação e desenvolvimento das normas de trabalho.

A definição de cada uma das normas de trabalho respeitou a ordem de trabalho apresentada acima, inserida num contexto de melhoria contínua, que se adapta às características que cada norma deve ter:

- Claras na construção. Linguagem sucinta e objetiva, sem ambiguidades ao explicitar cada uma das secções das normas de trabalho;
- Atualizadas e Atualizáveis, no sentido em que é um documento vivo ao qual este ciclo PDCA deve ser aplicado tantas vezes quanto necessário, ao ritmo da identificação de melhorias no processo por parte da equipa;
- Facilidade da Utilização. O valor de uma norma de trabalho deve ser medido pela quantidade de vezes que é utilizada e esta depende diretamente da facilidade com que é interpretada aplicada pelo seu cliente final;
- Exclusivas. Deve garantir-se que cada norma aborda um e só um tópico e que cada tópico é abordado por uma norma apenas, garantindo assim uma estrutura organizacional do conhecimento partilhado pela equipa;
- Acessíveis. Uma norma completa e organizada mas que não tenha um acesso fácil pode levar a uma fraca adesão por parte da equipa, o que evidencia a importância deste aspeto;

Na fase inicial foi necessário abordar duas questões, em paralelo com a fase do projeto do levantamento do estado atual. A primeira, caracterização da situação inicial no que diz respeito a normas e procedimentos da fábrica já existentes para a construção de P-FMEAs. Um estudo ao trabalho já desenvolvido permitiu identificar potenciais melhorias e formular hipóteses.

A segunda consistiu num acompanhamento de perto das tarefas a normalizar, com a realização de sit-ins, reuniões de acompanhamento e inquéritos a colaboradores. Tudo isto culminou com a definição das normas a elaborar.

A fase seguinte correspondeu à elaboração dos documentos. Algumas considerações foram feitas que serviram como diretrizes para a definição das melhores práticas.

- Alinhar com as normas centrais da BOSCH, respeitando as diretrizes para que as medidas implementadas não entrem em conflito com a filosofia da empresa para a aplicação deste método;
- Dar prioridade à normalização de tarefas em que se registasse maior dispêndio de tempo e mais frequentes;
- Criar uma sequência de trabalho lógica que respondesse aos problemas levantados na fase inicial e que se adequasse à reestruturação dos processos que se pretendia implementar nos P-FMEAs;

- Garantir que as normas permitissem um melhor entendimento não só da ferramenta mas também do método de aplicação, permitindo a colegas novos diminuir o tempo de aprendizagem;

Depois de validada, a norma é publicada e fica pronta para ser consultada, sendo armazenada numa pasta de rede com acesso para a equipa de industrialização.

As fases de verificação e atuação passam pelas revisões feitas às normas. Assim que uma melhoria era identificada, uma hipótese era formulada. Esta era posteriormente avaliada e, caso se justificasse, era feita uma edição da norma de trabalho.

No que diz respeito à estrutura e acessibilidade, foi feita uma opção de dividir a informação contida em três níveis de normas, aumentando o detalhe e o grau de especificidade de nível para nível. Esta foi baseada na grande complexidade de todo o tema e nos critérios definidos e referidos acima.

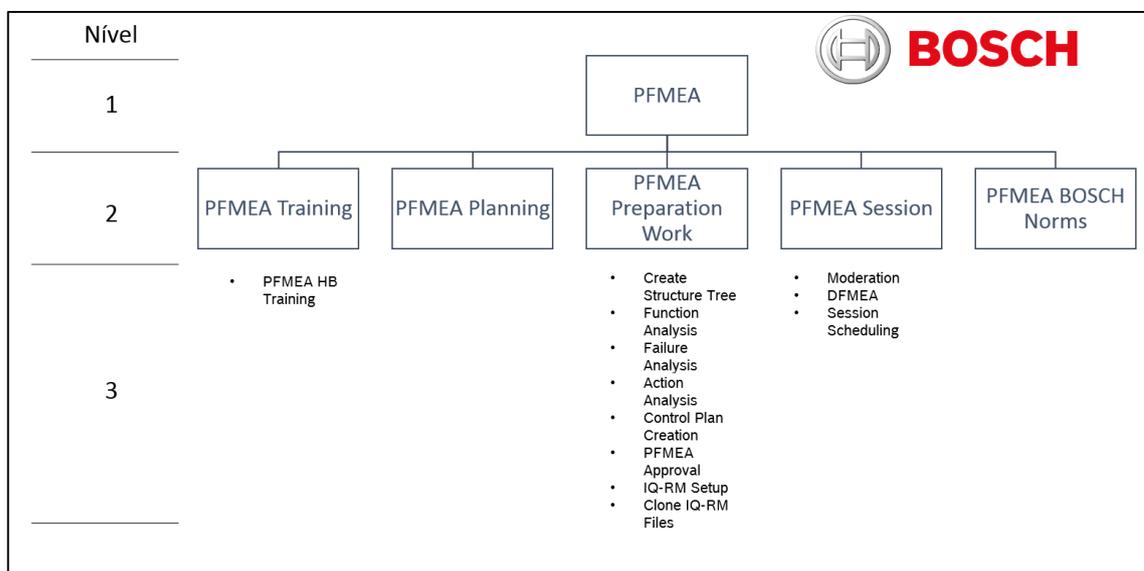


Figura 20 - Estrutura de normas de trabalho.

Conforme se pode ver na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, houve um processo de divisão por áreas funcionais de todo o trabalho do primeiro para o segundo nível. Existem informação relativamente a:

- Desenvolvimento das competências dos colaboradores (*P-FMEA Training*) - Numa equipa que pretende ter processos de aprendizagem, mecanismos de passagem de informação eficazes são essenciais;
- Planeamento de P-FMEAs (*P-FMEA Planning*) - Monitorização e controlo da atividade; Registo das horas dedicadas em cada sessão de trabalho;
- Trabalho Individual (*P-FMEA Preparation Work*) - Informação relativa aos diferentes passos do trabalho individual de elaboração de uma análise de risco do processo;
- Sessões de P-FMEA (*P-FMEA Sessions*) – Procedimentos para participações em sessões de DFMEA; Agendamento e Moderação de Sessões;

- Normas Bosch (*P-FMEA Bosch Norms*) – Documentação importante a consultar para partes específicas da construção de FMEAs. ;

O terceiro nível derivou da diferente complexidade das diversas áreas onde se pode ver que a maior necessidade de especificação das sub-tarefas foi no caso do trabalho de preparação.

O alojamento está feito numa estrutura de pastas em rede, dentro das quais estão contidas as normas apresentadas na imagem acima e documentos de apoio (exemplos, *templates*, normas, tabelas, etc..).

Foi criado um documento de consulta (Anexo F), onde é possível pesquisar por palavras-chave, encontrando todas as normas que estejam relacionadas com o definido no campo de pesquisa, assim como perceber os documentos de suporte que lhes estão associados, o seu estado de desenvolvimento e última mudança. O objetivo é eliminar o tempo despendido na procura da informação que interessa, evitando que os benefícios da normalização pudessem ser absorvidos em parte por esta ineficiência. Mais, é um documento bastante útil na gestão do conhecimento da equipa.

- **Design de uma Norma de Trabalho**

O conceito de norma foi abordado no capítulo 2 como método para a normalização de processos. Dentro do TEF3, integrado no projeto de LEAN Management iniciado em 2013, existia à data de início do projeto um conjunto de normas criadas em *Powerpoint* e que seguiam um *template*. O trabalho desenvolvido no âmbito dos P-FMEAs foi desenvolvido tendo em conta esse mesmo *design*, conforme se pode ver na Figura 21.

HB.0010 How to do „P-FMEA“?

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> 1. What is "P-FMEA" P-FMEA (Process Failure Mode and Effect Analysis). An analytical method of preventive quality management in product and process development </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> 2. Objectives Design the manufacturing and testing process with adequate robustness in order to assure product specification. </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 3. Conditions <ol style="list-style-type: none"> 1. WBT "FMEA basics" (3.5h to complete); 2. WBT "FMEA Tool Training (IQ_RM) – B (4h to complete) -> ¼ competence achieved; 3. P-FMEA Practical Training (IQ-RM) – TQ012; 4. Having participated in a P-FMEA; 5. P-FMEA Moderator available (moderator pool); 6. IND-EN Specialist available to characterize the process; </div>	<div style="text-align: right; font-size: small;">V11 - 2015.11.18</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> 4. P-FMEA Realization To realize the P-FMEA following steps are required: <ol style="list-style-type: none"> 1. Collect D-FMEA of the component or product; 2. Collect Product Specification; 3. Participate in DFMEA meetings according to BP DFMEA Sessions; 4. Prepare P-FMEA as defined in the BP - PFMEA Preparation Work; 5. Schedule sessions and find a moderator according to BP Sessions; 6. Realize P-FMEA team meetings to validate the RPN and the planned measures 7. Optimize the document with the actions that come from the team discussion. 8. Create control plans according to best practice Control Plans 9. Submit it to approval according to BP – PFMEA Approval 10. Planning the FMEA and Training the team should follow guidelines defined </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> 5. Have a suggestion for an improvement? If you have an improvement suggestion, please contact the owner of the respective item and share your thoughts and ideas! </div>
Properties: Created by: Luís Marques Specialist: João Carvalho Champion: João Lagarto	Hints: Request training to the Specialist in order to achieve a faster competence development. Trainings must occur within short intervals. Failures with same designation of causes are a symptom of an incorrect FMEA.
Relation with other elements: CDQ0305, TTVAN004, HB-0010.1 Training, HB0010.2 Planning, HB0010.3 Preparation work, HB0010.4 Sessions; HB0010.5 Bosch Norms;	



Figura 21 - Exemplo do *design* utilizado para a documentação das normas de trabalho.

O título tem o código que identifica a norma para efeitos de acessibilidade da informação e define claramente o que trata o conteúdo da mesma. O primeiro campo tem como objetivo explicar o que é o conteúdo, isto é, o resultado final de realizar todos os passos de processo do ponto 4. Os pontos 2 e 3 definem com que propósitos se realiza a tarefa e as condições necessárias para que a mesma possa ser realizada, respetivamente. O ponto 5 incentiva a melhoria contínua na medida em sugere ao leitor que proponha melhorias. Os três campos inferiores atribuem valor à norma da seguinte forma:

- À esquerda define-se o autor e o especialista sobre a tarefa em questão. Serve para informar o leitor do contacto em caso de dúvida no final de ler a norma;
- Ao centro define-se conselhos, geralmente sugeridos pelo especialista que ajudam na aplicação dos procedimentos da melhor forma, garantindo assim a eficácia dos mesmos;
- À direita estão outros documentos relacionados com a norma. O objetivo é permitir ao leitor identificar os pontos em que é necessária a consulta de informação adicional para seguir/aprender o procedimento;

Em cima, à direita tem a informação relativamente ao número e data da última versão. Esta informação é importante no acompanhamento das atualizações feitas.

Quando o espaço disponível não é suficiente ou existe informação a acrescentar, utilizam-se outros slides no mesmo ficheiro, fazendo referência no slide introdutório.

4.3 Criação de Blocos de Processo Padrão

A definição do estado inicial da situação, apresentado no capítulo 3 revelou que uma das ineficiências que causava mais impacto era o trabalho repetido na avaliação de passos de processo idênticos. Uma das medidas definidas como aposta no aumento de eficiência era então a construção de *templates* úteis na eliminação do retrabalho, sem colocar em causa a qualidade do P-FMEA.

- **Metodologia Utilizada**

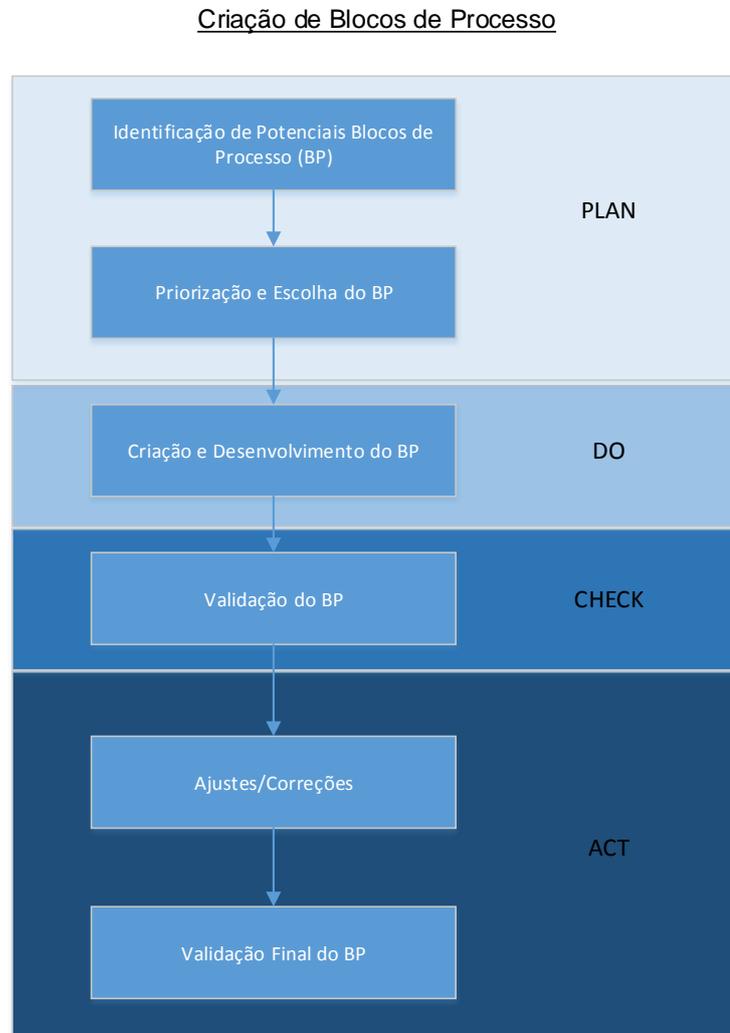


Figura 22 - Metodologia seguida na criação e desenvolvimento das blocos de processo (BP).

A criação dos Blocos de Processo obedeceu à ordem de trabalho apresentada na imagem. Analogamente ao processo de definição das normas, estes devem ser vivos como um documento vivo, pronto para ser utilizado e editado com o feedback dos utilizadores sempre que se registar potencial para uma melhoria.

Este trabalho foi conduzido através de uma metodologia que teve em conta os seguintes fatores:

- Alinhamento com as características dos processos da fábrica neste momento, bem como requisitos BOSCH (normas e procedimentos), para garantir a aplicabilidade das soluções desenvolvidas;
- Aplicabilidade a diferentes linhas e FMEAs, sempre acautelando que apenas se considerava modos de falha, prevenções e deteções genéricos. As ligações ao D-FMEA ficam por fazer para cada caso específico assim como as avaliações, forçando o colaborador a rever todo o conteúdo;

- Não propiciar o erro, no sentido de haver o risco do colaborador assumir erradamente que existam funções, falhas ou ações ou ainda alegar que não considerou porque já estava considerado no bloco de processo;
- Relevância, no sentido de haver um passo do método utilizado que recorre de algumas ferramentas e que permitiu priorizar a importância da lista inicial de blocos de processo considerados. Assim se procurou rentabilizar ao máximo o esforço investido por parte da equipa no desenvolvimento desta solução;

A terceira fase diz respeito à validação do trabalho desenvolvido com o especialista de FMEAs da equipa, pessoa que acumula a maior experiência na ferramenta. Embora atualmente não trabalhe diretamente na construção dos P-FMEAs, participa no processo de validação e funciona como consultor técnico desta área.

• Definição da prioridade dos Blocos de Processo

Com um grande número de blocos de processo que se repetem e recursos (tempo e orientação técnica dos engenheiros) limitados, o desafio que se colocou imediatamente a seguir à identificação dos blocos de processo foi o da sua priorização em função da relevância.

Tabela 4 - Critérios Utilizados na priorização de blocos de processo.

Bloco de Processo	Tempo Gasto (min)	% Ganho	Tempo Ganho (min)	Processo	Ocorrência	Ponderado
S831 Estampagem Transfers	480	0.4	192	Stamping	0.36181939	69.4693224
S822 Estampagem Progressiva	480	0.4	192	Stamping	0.36181939	69.4693224
Teste Elétrico	240	0.5	120	Assembly	0.52955759	63.5469103
Estanquidade Heat Cell	240	0.5	120	Assembly	0.52955759	63.5469103
Bancas Ensaio Funcional	270	0.4	108	Assembly	0.52955759	57.1922193
Bancas Estanquidade "gás"	240	0.4	96	Assembly	0.52955759	50.8375283
Bancas Estanquidade Caixa Aparelho	240	0.4	96	Assembly	0.52955759	50.8375283
Aparafusamento Pneumático	180	0.4	72	Assembly	0.52955759	38.1281462
Aparafusamento tipo Atlas SL	180	0.4	72	Assembly	0.52955759	38.1281462
Aperto Chaves Click	180	0.4	72	Assembly	0.52955759	38.1281462
Montagem O-rings	120	0.4	48	Assembly	0.52955759	25.4187641
S843 Corte + Dobragem	120	0.4	48	Copper	0.09910146	4.75687024
S843 Abocardamento	120	0.4	48	Copper	0.09910146	4.75687024
S843 brasagem	120	0.4	48	Copper	0.09910146	4.75687024
Lavagem	90	0.5	45	Copper	0.09910146	4.45956585

Conforme se pode verificar na Tabela 4, foram tidos em conta o tempo médio gasto por minuto, a percentagem estimada de ganho em termos de tempo e a probabilidade de ocorrência do tipo de processo de fabrico (com base nos resultados medidos). Com estas variáveis foi possível definir que não havia vantagem em criar os blocos de processo com o valor ponderado a vermelho.

- **Design de um Bloco de Processo**

Antes de ficarem prontos a ser utilizados pela equipa foram considerados os *inputs* da fase de verificação e feitas as correções necessárias. Foi utilizado o *software* Bosch para a construção de FMEAs e seguida a metodologia definida nas normas de trabalho. As ligações aos efeitos dos modos de falha não estão feitos, porque dependem, naturalmente, do caso a que forem aplicados. Todas as ações de prevenção e deteção que estão definidas refletem o estado atual da fábrica. Como nada garante que não existam alterações na data em que o colaborador pretender utilizar os blocos de processo, a solução passou por colocar todas as ações em *Revision State* (estado definido no programa para uma ação que vai ser implementada), “forçando” o utilizador a verificar a existência e/ou a necessidade de cada medida individual. O aspeto final de um bloco de processo pode ser visto na Figura 23, com a árvore de estrutura à esquerda e a definição de funções e modos de falha com a respetiva avaliação à direita:

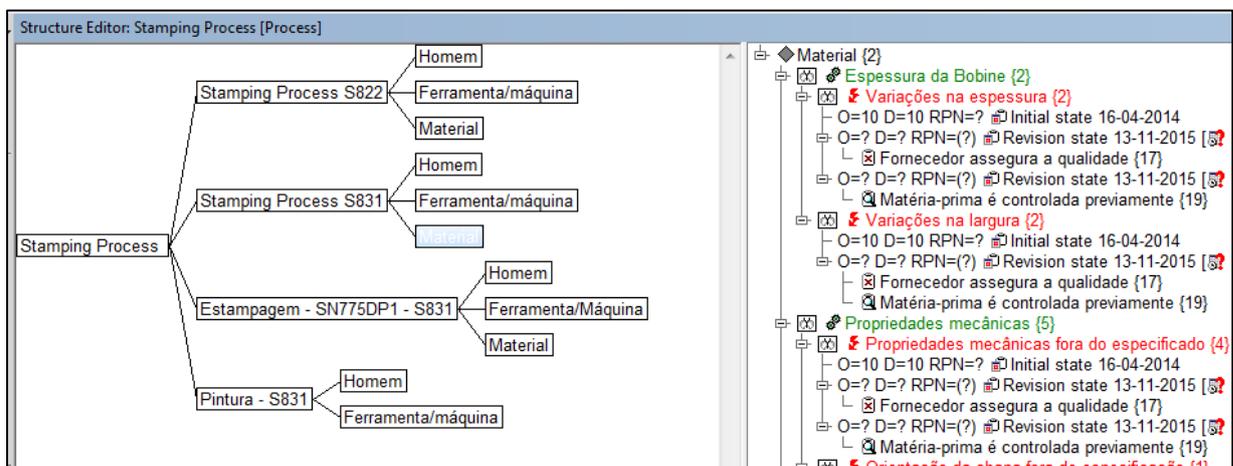


Figura 23 - Exemplo de um bloco de processo para um processo de estampagem.

4.4 Aumento da Capacidade de Moderadores

O problema da ineficiência das sessões foi explorado anteriormente e deixou claro que era necessário desenvolver ações no sentido de a combater. Adequar o número de moderadores ao necessário tendo em conta a frequência das sessões foi o ponto de partida.

As medidas implementadas neste âmbito, tiveram, numa primeira fase um objetivo de definição clara dos requisitos e responsabilidades para a moderação de sessões de P-FMEA. Este primeiro passo, além de normalizar as tarefas, permitiu definir objetivos para a conceção e desenvolvimento de um sistema de formação que permitisse atingir s objetivos, dentro do prazo pretendido.

Seguidamente foi especificado quais os colaboradores que estariam em melhores condições para desenvolver esta competência. Ficou definido que, para cada P-FMEA, o gestor do projeto (equipa de planeamento da industrialização) ao qual este pertence é também responsável pela moderação e por dar suporte ao engenheiro de industrialização no agendamento e seguimento destas reuniões de equipa.

Depois através da realização de sit-ins, acompanhou-se as sessões realizadas e mediu-se o cumprimento do plano definido através do seguinte indicador:

- Indicador de Eficiência da Moderação

$$\frac{N^{\circ} \text{ Sessões Com Moderador}}{N^{\circ} \text{ Sessões}}$$

4.5 Reestruturação de Processos

Aumentos de eficiência não se conseguem apenas com eliminação de desperdício. Por vezes, reestruturar os processos pode ter um impacto enorme na qualidade do produto ou serviço prestado ao cliente. Esta reestruturação pretende alinhar o resultado final do P-FMEA com o seu propósito. Aplicar a ferramenta de uma forma correta e eficiente, e obter o resultado desejado na altura certa foram as premissas com que esta reestruturação de processos foi idealizada.

4.5.1 Sequência de Trabalho

A sequência de tarefas em que consiste a aplicação da ferramenta não obedecia a regra nenhuma específica. Cada colaborador tinha o seu método, no entanto, na generalidade, todos realizam cada parte da análise para todos os passos de processo. Primeiro analisavam as funções para todos os passos de processo/postos, e só depois passavam à análise de falhas. Só no final desta era feita a análise aos meios de prevenção e deteção e posterior avaliação e otimização. A definição de uma forma diferente de realizar o processo aconteceu durante este projeto e está representado no fluxograma seguinte. O trabalho deve ser guiado pelos passos de processo/postos em vez de o ser pelos diferentes tipos de análise. Esta decisão teve por base dois critérios:

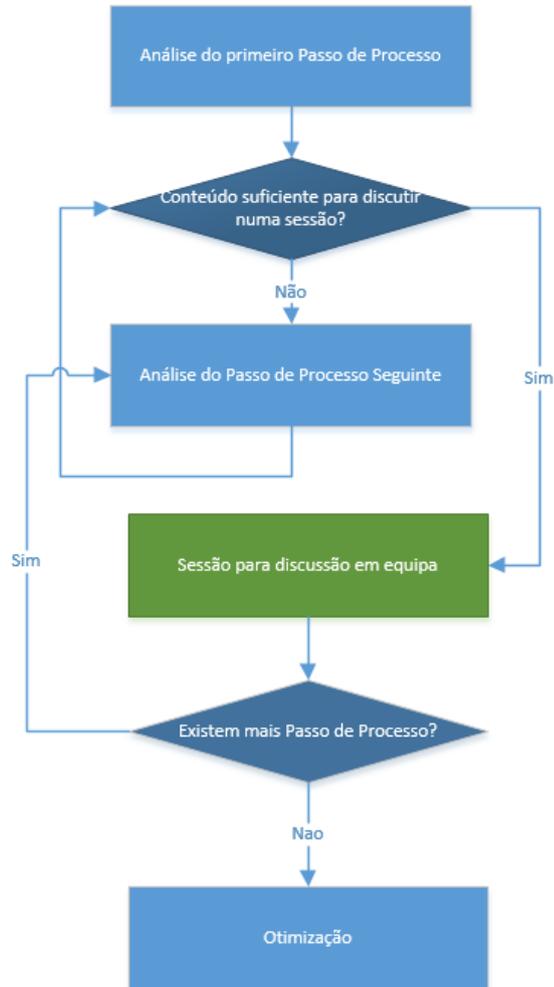


Figura 24 - Reestruturação de processos na aplicação da ferramenta.

- Controlo e planeamento – A monitorização dos trabalhos relacionados com FMEA é mais eficiente quando o mesmo é realizado por passo de processo. Passa a ser possível perceber definir padrões, encontrar desvios, averiguar as causas e atacá-las para que não voltem a acontecer. Permite ainda agendar sessões de avaliação em equipa no final do trabalho de preparação de cada posto, criando rotinas úteis no cumprimento dos prazos definidos para cada caso.
- Tempo de ciclo do projeto – Realizar as análises de risco de processo ajuda na diminuição do tempo de industrialização de um produto. A especificação das características de processo dos primeiros postos é obtida bastante mais cedo, quando comparado com o método utilizando antes do projeto, o que permite que os fornecedores comecem a trabalhar em paralelo, diminuindo o tempo de espera pelos equipamentos/ferramentas.

4.5.2 P-FMEA construído por Linha de Produção

Em comparação ao que se verificava à data do início do projeto, hoje podemos ver uma diferença considerável no âmbito da construção dos P-FMEAs. Dantes era construído com

base produto, conforme foi abordado no capítulo 3, o que levava a um elevado número de documentos e repetição da informação.

Sendo o P-FMEA uma análise ao processo, a premissa para esta alteração era que se passasse a realizar as análises gerais para as linhas produtivas e, posteriormente, variantes dessa análise para cada produto diferente que lá fosse produzido. Esta estratégia permite ganhos consideráveis a dois níveis:

- Em termos de tempo investido, a monitorização feita permitiu obter os valores do gráfico abaixo. Consegue-se perceber que realizar um FMEA que seja uma variante, ou seja, uma análise feita a um produto novo numa linha que já foi analisada, significa uma redução de 40 % em média do tempo dispendido pela equipa.

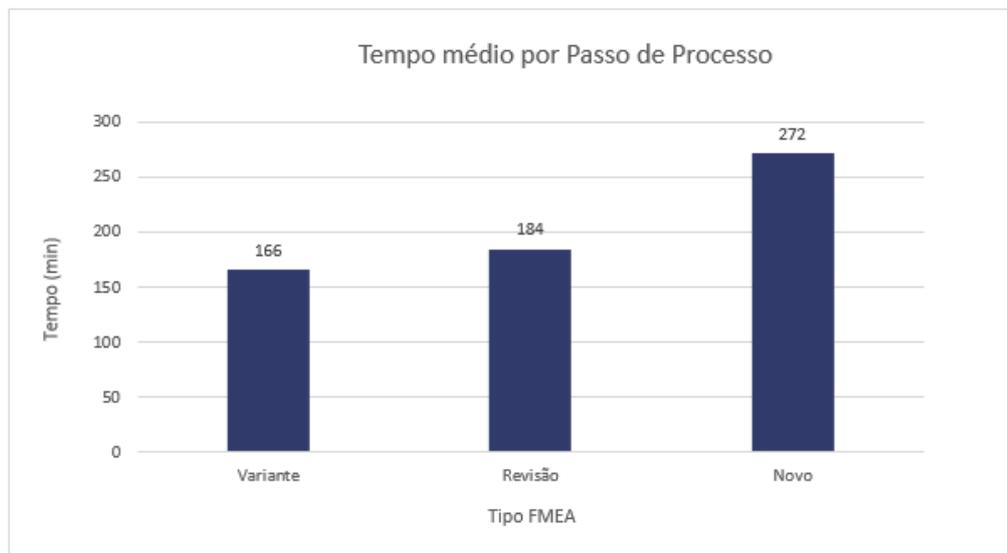


Figura 25 - Tempo médio por passo de processo nos diferentes tipos de P-FMEA.

No que diz respeito à qualidade, a nova metodologia permite que se tenha noção das implicações em termos de processo que a análise de cada variante tem nas restantes. Por exemplo, considere um produto que necessita de um aperto num processo de montagem e, para o efeito tem que ser usado um parafuso em específico. Por este motivo define-se que, como medida preventiva, apenas vamos ter parafusos de um tipo nos bordos de linha, este facto deve ser tido em conta na análise do próximo produto. Ignorar este facto poderia significar ter parafusos diferentes para o segundo produto e inviabilizaria o método que estava definido para prevenir aquele modo de falha da primeira análise.

4.5.3 Encomendas de Equipamentos Produtivos com P-FMEA

A elaboração de cadernos de encargos (CE) para a compra de equipamentos produtivos é da responsabilidade do engenheiro de industrialização. Estes estarão tão próximos da sua versão final quanto mais detalhada for a análise ao processo. Conforme foi exposto anteriormente, na maioria dos casos, o P-FMEA não era considerado para a elaboração da 1ª versão do CE. Diminuir custos associados a *lead-times* exagerados é o motivo pelo qual se fazem especificações com uma análise pouco madura dos processos. Isto permite que os fornecedores vão trabalhando em simultâneo com a elaboração documental, trazendo valor acrescentado à estratégia. Contudo, isto leva a que exista uma 2ª versão do CE, com custos extra associados às mudanças efetuadas relativamente ao primeiro.

Esperava-se com o aumento de eficiência e redução de tempos conseguir elaborar esta documentação com uma análise feita ao processo. Para tal, definiu-se que passaria a ser necessário ter anexado ao documento o P-FMEA realizado. O controlo da implementação desta medida seria feito pelo *Group Leader*, na aprovação do projeto de ferramenta. Ficou atribuída a responsabilidade de não aprovar as encomendas que não respeitassem o requisito definido. Com o evoluir do projeto percebeu-se que seria impossível a implementação sem causar graves problemas no serviço prestado pela equipa do TEF3 e a estratégia adotada passou pelo acompanhamento, ou seja, definição de um KPI para o ano de 2016 e a integração do mesmo na gestão diária, semanal e mensal da equipa. Com este, é possível caminhar no sentido desejado sem causar entropias no trabalho da equipa.

- Indicador de Qualidade nas Encomendas

$$\frac{N^{\circ} \text{ Encomendas com P-FMEA concluído}}{N^{\circ} \text{ Encomendas}}$$

Na altura de fazer a encomenda, quando se define “P-FMEA concluído”, é importante apenas que a análise ao processo esteja terminada. As ações de otimização vão estar em aberto e continuar a ser implementadas até o processo estar dentro dos parâmetros de risco definidos como aceitáveis.

5 Resultados

Este capítulo tem como objetivo demonstrar os resultados que se fizeram sentir devido à implementação das medidas inseridas no âmbito do projeto. Normas de trabalho e aumento de eficiência foram os objetivos definidos à data de início. A curta duração do projeto, a resistência à mudança, e a definição tardia de algumas medidas são fatores que contribuem negativamente para os sejam visíveis resultados à data atual. Portanto, existem melhorias que só se farão sentir, ou terão mais evidência no futuro e existem outras que são desde já visíveis e que serão exploradas nos pontos seguintes.

5.1 Normalização do Trabalho

O trabalho desenvolvido na análise e caracterização dos processos culminou na documentação de procedimentos que correspondem, à data, às melhores práticas para a realização dos P-FMEAs. Nesta tarefa, os desafios são a correta definição das melhores práticas e realizar um bom acompanhamento para que seja possível fazer uma gestão eficaz da mudança. Para atingi-los é necessário desenvolver o trabalho assente numa premissa de envolvimento de toda a equipa.

O resultado final deste trabalho pode ser consultado nos ficheiros em anexo. Para perceber de que forma os colaboradores se sentiam relativamente à importância e pertinência das normas de trabalho foi realizado um inquérito. Este incidiu sobre cada uma das áreas onde se dividiu a prática do P-FMEA, avaliando questões sobre o conteúdo da norma e a sua acessibilidade. As respostas permitiram obter um indicador de **90%** neste campo. Isto significa que os membros da equipa reconhecem qualidade e utilidade no trabalho desenvolvido. É também um apoio na aprendizagem da ferramenta para colaboradores novos, que fazem um percurso de aprendizagem ao método e aos processos da equipa.

A avaliação obtida revela que o caminho definido é o indicado para que os P-FMEA sejam feitos na altura certa e da forma mais eficiente. Deixa contudo espaço para melhorar em várias áreas, não devendo este trabalho ser visto como terminado pois os processos podem sempre ser otimizados com o surgimento de novos desafios e problemas.

5.2 Blocos de Processo

A criação de blocos padrão para as análises foi feita nos processos de montagem e estampagem. Durante a caracterização dos diferentes tipos de P-FMEAs, foi decidido que não era rentável investir na criação de blocos de processo para o cobre, visto que o estado atual de desenvolvimento neste sentido era já bastante satisfatório. Foram apenas realizados pequenos ajustes para estarem de acordo com as diretrizes definidas e apresentadas no capítulo prévio.

Os resultados fizeram-se sentir em termos de redução de tempos e aumento de eficiência no caso da estampagem. Há vários aspetos a considerar, no entanto o trabalho desenvolvido na

criação desta ferramenta potenciou não só o desenvolvimento das competências dos colaboradores como também uma melhoria na análise de risco do processo.

- **Estampagem**

Os P-FMEAs dos processos de estampagem da fábrica foram os que, à partida revelaram um potencial maior de melhoria. A inexperiência dos engenheiros na realização dos P-FMEAs obrigava a uma rápida aprendizagem de conceitos, à medida que se foi desenvolvendo blocos de processo para dar apoio nesta tarefa. Foi aproveitada a experiência dos colaboradores nos processos e seus modos de falha para que, com a metodologia idealizada nos procedimentos se conseguisse fazer análises de risco de processo com qualidade e mais eficiência.

Conforme se pode ver na Figura 26, que acompanha o indicador de eficiência por passo de processo ao longo das semanas em que foi desenvolvido o projeto de dissertação, houve uma tendência crescente, que revela que os objetivos foram atingidos para o caso que mais problemas apresentava. A eficiência aumentou na ordem dos 25%, um resultado acima das expectativas. Isto deve-se ao facto de, no caso da estampagem, haver sempre os mesmos passos de processo e modos de falha. As análises apenas se diferenciam dependendo da peça/componente que se está a analisar e, assim, a utilização dos blocos de processo é mais eficaz na eliminação do desperdício associado ao re-trabalho.

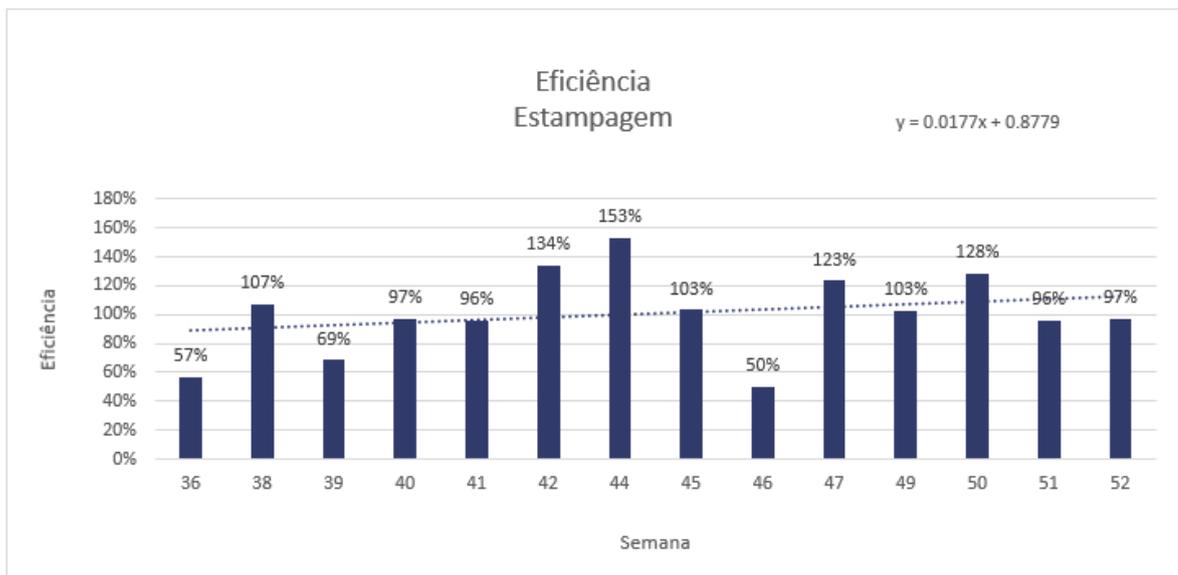


Figura 26 - Evolução do indicador de eficiência nos processos de estampagem durante o projeto.

Na Figura 27 podemos ver uma tendência decrescente para o tempo médio (em minutos) por passo de processo, como seria de esperar. A um aumento de eficiência corresponde uma execução mais rápida de tarefas. A qualidade das medições e da comparação está assegurada pela caracterização dos diferentes tipos de passo de processo, que permite fazer uma análise real da informação com amostras que são significativas e representativas da população geral que se pretende estudar.

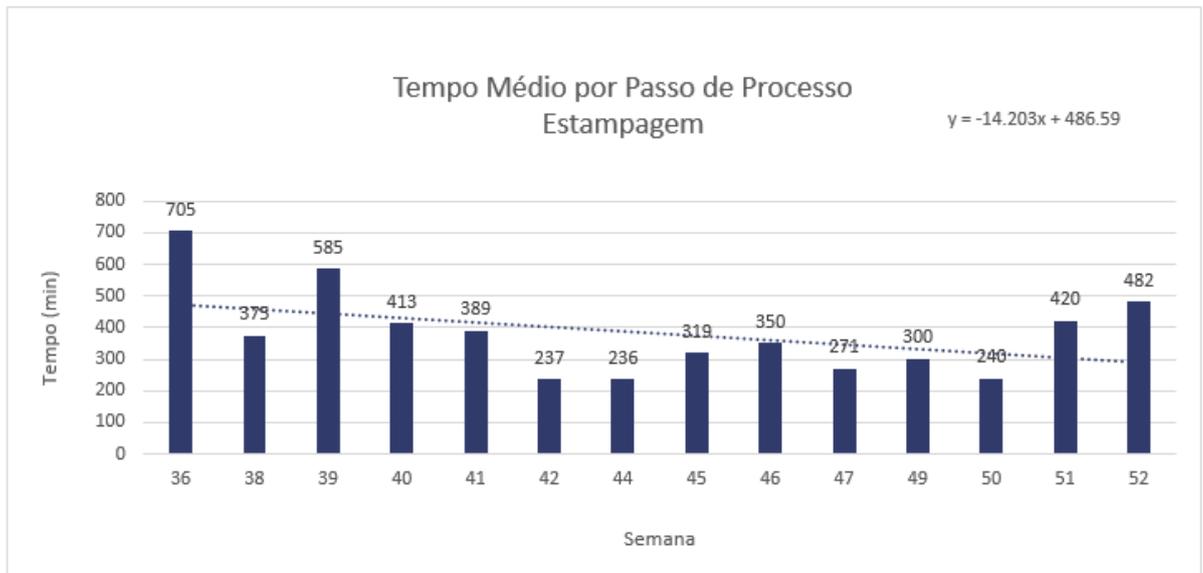


Figura 27 - Evolução do tempo médio necessário para completar um passo de processo nos processos de estampagem durante o projeto

Em média, reduziu-se 14 minutos por semana ao tempo médio alocado a completar um passo de processo desta característica. Esta melhoria permite não só maior quantidade e qualidade de trabalho, como também melhorar a mentalidade da equipa relativamente às tarefas de P-FMEA, aumentando a sua confiança para a capacidade de realização das mesmas num tempo razoável com o apoio devido.

- **Montagem**

Ao nível da montagem, não se registou uma tendência negativa ou positiva, (salvo variações normais que refletem a oscilação entre semanas) o que indica que os blocos de processo desenvolvidos nesta área de atividade não se fizeram sentir ao nível da redução de tempos.

Dois fatores contribuíram para que, até à data da elaboração da dissertação, não fosse possível registar melhorias significativas ao nível da montagem:

- Experiência na ferramenta – Os engenheiros desta área eram os mais experientes dentro do grupo, estando numa fase mais avançada na curva da aprendizagem. Tinham já conhecimento sobre processos semelhantes e participação em vários P-FMEAs, e como tal, estavam já habituados à sua forma de realizar as tarefas sem depender de apoio na mesma escala

- Tipologia dos processos de montagem – Uma linha de montagem, por exemplo, varia bastante de produto para produto, e é composta de vários passos de processo (postos). Ao contrário da estampagem, os passos de processo são variados e não podem estar tão definidos.

Isto implica que, embora represente uma ajuda importante, a utilização destes apoios não se fez sentir até agora da forma que foi idealizado. Espera-se que, com a saída desses colaboradores mais experientes e a entrada de novos que aconteceu recentemente, a necessidade de apoio na aprendizagem e utilização da ferramenta aumente.

A realização destes blocos de processo à luz das novas diretrizes foi também uma importante para a interiorização dos conceitos que se pretendia implementar junto dos colaboradores, definidos na parte de padronização do trabalho.

5.3 Sessões

Ao nível das sessões, o aumento de capacidade dos moderadores e a definição de um método que respondesse às dificuldades identificadas pela equipa foram as medidas implementadas para que as reuniões de avaliação com outros departamentos acontecessem com menos desperdício.

Era esperado que não se realizassem sessões sem moderador, no sentido de haver alguém responsável por garantir a correta realização da sessão, mais do que a componente técnica. O registo de número de sessões sem moderador antes da implementação destas medidas era de 0%, salvo raras exceções pontuais.

Após a definição e implementação das medidas, este registo subiu drasticamente para valores de 95%, com um aumento de capacidade de 2 para 7 moderadores no final do projeto. Existe uma maior preocupação com o agendamento das sessões, com a sua condução e ainda com a assiduidade e pontualidade dos elementos de outras equipas. Também a preparação da sessão é privilegiada, sendo esta cancelada caso alguma destas condições não se verifique.

Existindo um moderador, existe um debate prévio sobre os pontos a abordar, o que vai aumentar a qualidade da análise. Durante a sessão, assegurar o cumprimento das normas e regras é assegurado pelo moderador, que juntamente com os colegas de outras equipas validam o trabalho do engenheiro de industrialização. Este tem a responsabilidade apenas de registar as alterações propostas durante a discussão, o que lhe permite concentrar os esforços na melhoria da análise dos processos.

5.4 Eficiência de Planeamento

A qualidade do trabalho desenvolvido na análise de risco pode ser medida relativamente à eficiência de planeamento de cada trabalhador individualmente. Isto é, ao definir a prioridade das tarefas, se houver a sensação de que o trabalho desenvolvido não tem utilidade ou não vai ser terminado (total ou parcialmente) em tempo útil no próprio dia, o elemento da equipa tende a adiar a realização de trabalhos em P-FMEAs.

Através da gestão diária, de manhã todos dão a conhecer o seu planeamento de tarefas a que se propõe a realizar no dia de trabalho. O cruzamento destes dados com o recolhidos no final do dia com a comunicação das horas efetivas dedicadas a P-FMEAs permite obter um indicador de qualidade, que se calcula fazendo um rácio entre as horas planeadas e as horas realmente despendidas.

Verificou-se ao longo do projeto um aumento de 30% deste indicador que indica que as pessoas estão mais confiantes na realização de tarefas, planeiam mais eficazmente o seu dia e, no geral, sentem-se melhor a realizar P-FMEAs do que sentiam no início do projeto. Embora se tenha aumentado, a equipa ainda apresenta um valor na ordem dos 70% para esta medição, sugerindo que ainda existe muito potencial para melhorar.

6 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

A aplicação de ferramentas *Lean* que revolucionou a produção nas últimas décadas surge hoje noutras áreas com o conceito de Gestão *Lean*. Este projeto permitiu perceber as dificuldades sentidas na implementação destes conceitos. Interferir com os métodos de trabalho das pessoas e otimizá-los é um desafio enorme. É necessário aprender a ferramenta, os processos, conhecer os métodos de cada colaborador e implementar a estratégia num período de tempo limitado.

A definição de normas de trabalho e os restantes resultados obtidos representaram progressos consideráveis nos processos da equipa na construção de P-FMEA. Os colaboradores novos estão agora mais capazes de aprender o *software* e o método, as sessões são realizadas com moderação, a construção do documento está facilitada e eficiente com as ferramentas desenvolvidas. Os resultados positivos apresentados ao nível da estampagem dão confiança no trabalho desenvolvido e contribuem para renovar o sentimento dos trabalhadores relativamente ao trabalho em P-FMEAs. O planeamento do projeto de industrialização pode agora ser feito com maior precisão, eliminando custos e horas de trabalho desnecessárias.

Todo este trabalho foi assegurado com o desenvolvimento de um procedimento para o registo das horas dedicadas que substitui o método utilizado durante a realização do projeto de uma forma mais simples, rápida e eficiente. A envolvência dos colaboradores no desenvolvimento e criação das soluções implementadas e a comunicação eficaz das motivações, medidas, e resultados foram as bases onde se construiu o trabalho para que todos se sintam agentes da mudança e que os resultados são partilhados por todos.

O acompanhamento das medidas implementadas deverá continuar a ser feito como ficou definido, para que as alterações promovidas se tornem parte dos hábitos da equipa. Novos desafios surgirão e as normas e os procedimentos poderão e deverão ser alterados, dado que o princípio da melhoria contínua é precisamente que não existe nada que não possa ser melhorado.

Existe algum trabalho por desenvolver que seria bastante útil à construção de P-FMEA, nomeadamente ao nível da documentação dos fluxos de processo produtivo. A criação de uma base de dados de informação neste formato para cada referência na fábrica representaria um dado importante na fase da preparação para a análise de processo. A interpretação do fluxo de processo seria mais intuitiva com uma representação esquemática disponível para consulta.

A criação de consultas de especialista foi também uma medida equacionada que seria interessante de explorar. Criar um horário semanal para onde seria possível agendar sessões de trabalho com o agendamento de um especialista. A falta de tempo de projeto e de disponibilidade de especialistas limitou a operacionalização desta ideia, no entanto acredita-se que poderia trazer bastantes vantagens e facilitar o trabalho da equipa.

Referências

- Paulo Pinto, João. 2009. Manutenção Lean. LIDEL.
- Kjell, B. Zandin. 2001. Maynard's Industrial Engineering Handbook, Fifth Edition. "Productivity Improvement Through Business Process Reengineering" chapter.
- AvP/TEF3, Industrialization and Process Development Group. 2015. Strategy Plan.
- GmbH, Robert Bosch. 2013. Bosch Production System Handbook
- GmbH, Robert Bosch. 2015. BGN: Bosch Global Network: <https://inside.bosch.com/irj/portal>
- Ohno, T. 1988. "Toyota Production System: Beyond Large Scale Production", Productivity Press, New York.
- Prado, Darci. 2010 Maturidade em gerenciamento de projetos. 2.ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços. Brasil.
- Tague, N.R. 2005. The quality toolbox, ASQ Quality press, Wisconsin.
- Hors, Cora. 2012. Aplicação das ferramentas de gestão empresarial Lean Seis Sigma e PMBOK no desenvolvimento de um programa de gestão da pesquisa científica. SBIBAE, São Paulo (SP), Brasil.
- Evangelista, C. 2013. Lean Office – escritório enxuto: estudo da aplicabilidade do conceito em uma empresa de transportes. Revista Eletrônica Produção & Engenharia. Brasil.
- Womack, J. P., Jones, D. T., 2003. Lean Thinking. Free Press, New York, USA.
- Tapping, D.; Shuker, T. Lean Office. 2010. Gerenciamento do fluxo de valor para áreas administrativas - 8 passos para planejar, mapear e sustentar melhorias Lean nas áreas administrativas. São Paulo: Leopardo Ed.
- Carlson, C. 2012. Effective FMEAs - Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes using Failure Mode and Effects Analysis. Wiley.
- Stanleigh, M. 2008. Effecting Successful Change Management Initiatives, Industrial and Commercial Training, vol. 40.
- Guedes, Alcibíades. 2015. Estratégia e Competitividade Empresarial – Slides de apoio à disciplina. FEUP.
- Soković, Mirko. 2009. Basic Quality Tools in Continuous Improvement Process. Journal of Mechanical Engineering, Slovenia

ANEXO A: Normas de Trabalho: Como realizar o P-FMEA

HB.0010 How to do „P-FMEA“?		
<p>1. What is "P-FMEA"</p> <p>P-FMEA (Process Failure Mode and Effect Analysis). An analytical method of preventive quality management in product and process development</p> <p>2. Objectives</p> <p>Design the manufacturing and testing process with adequate robustness in order to assure product specification.</p> <p>3. Conditions</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. WBT "FMEA basics" (3.5h to complete); 2. WBT "FMEA Tool Training (IQ_RM) – B (4h to complete) -> ¼ competence achieved; 3. P-FMEA Practical Training (IQ-RM) – TQ012; 4. Having participated in a P-FMEA; 5. P-FMEA Moderator available (moderator pool); 6. IND-EN Specialist available to characterize the process; 	<p>4. P-FMEA Realization</p> <p>To realize the P-FMEA following steps are required:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Collect D-FMEA of the component or product; 2. Collect Product Specification; 3. Participate in DFMEA meetings according to BP DFMEA Sessions; 4. Prepare P-FMEA as defined in the BP - PFMEA Preparation Work; 5. Schedule sessions and find a moderator according to BP Sessions; 6. Realize P-FMEA team meetings to validate the RPN and the planned measures 7. Optimize the document with the actions that come from the team discussion. 8. Create control plans according to best practice Control Plans 9. Submit it to approval according to BP – PFMEA Approval 10. Planning the FMEA and Training the team should follow guidelines defined 	<p>V12 - 2016.01.14</p>
<p>5. Have a suggestion for an improvement?</p> <p>If you have an improvement suggestion, please contact the owner of the respective item and share your thoughts and ideas!</p>		
<p>Properties: Created by: Luís Marques Specialist: João Carvalho Champion: João Lagarto</p>	<p>Hints: Request training to the Specialist in order to achieve a faster competence development. Trainings must occur within short intervals. Failures with same designation of causes are a symptom of an incorrect FMEA.</p>	<p>Relation with other elements: CDQ0305, TTVAN004, HB-0010.1 Training, HB0010.2 Planning, HB0010.3 Preparation work, HB0010.4 Sessions, HB0010.5 Bosch Norms;</p>
<p>Internal AvP/TEF3 03/06/2014 © Robert Bosch GmbH 2014. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.</p>		
		 BOSCH

HB.0010.1 How to: „P-FMEA Training“

1. What is in "PFMEA Training"

Training Folder is a set of tools for improving team's FMEA competences. Contents include trainings planning, trainings information and other relevant documents

2. Objectives

Adjust team competence to the needs regarding all aspects of FMEA.

3. Conditions

Depending on the level of involvement, training plan for each team member should be defined by the Team Leader. However, there are some cases where training is mandatory:

1. To be a new associate in TEF3
2. To be involved in the FMEA process
3. Have a competence gap in some area

4. Using FMEA Training Folder

To effectively use the training folder:

1. To understand the level one must have to perform a FMEA related activity, Role Based Competence Matrix should be consulted;
2. First step in FMEA training is to complete WBTs (Basics and Tool Training);
3. Certificates for these trainings should be stored in the corresponding "c_Certificates" folder;
4. Classroom trainings are available occasionally (Software, Moderation and FMEA for Managers) and their availability can be checked on the file Trainings Plan;
5. Handouts/slides from the trainings can be found in the folder "b_Trainings"
6. A training on how to use the PFMEA Handbook should be conducted by an experienced colleague

5. Have a suggestion for an improvement?

If you have an improvement suggestion, please contact the owner of the respective item and share your thoughts and ideas!

Properties:
Created by: Luís Marques
Specialist: João Carvalho
Champion: João Lagarto

Hints: Request training to the Specialist in order to achieve a faster competence development. Request re-evaluation of your competences to the specialist. Trainings must occur within short intervals.

Relation with other elements: [Role Based Competence Matrix](#); [HB0010 PFMEA](#); [Trainings Plan.xlsx](#);

Thermotechnology

Internal | AvP/TEF3 | 11/12/2015 | © Robert Bosch GmbH 2015. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.



BOSCH

HB.0010.2 How to: "Planning FMEA"

1. What is the Planning FMEA

Managing team's capacity in order to meet the demands in terms of time needed to build FMEAs;

2. Objectives

Planning the FMEA is essential for the work to be efficient and team's efforts allocated in the right way;

3. When

Planning of the FMEA should be made according to the project needs .

Planning team should plan project's timeline considering the necessary time for the FMEA and plan teams capacity accordingly.

Industrialization engineers should plan their work sessions weekly and inform all interested parties.

4. Using FMEA Training Folder

To effectively plan the FMEA the following steps are required:

1. If process is new, request PFMEA No. and PFMEA ID (see next slide for more info) ;
2. Open [PFMEA_Monitoring.xlsm](#) and fill in the cells with FMEA info (left in the picture) in the first worksheet;
3. Click "Add new FMEA". A new line is added to the PFMEA list. Delete last Entry button should be used in case the entry is to be deleted;
4. Plan and send Invitations weekly with agenda for P-FMEA Preparation and P-FMEA Discussion Sessions;
5. Register PFMEA work sessions using the inputs cells (right side in the picture). Delete last Entry button should be used in case the entry is to be deleted;
6. Build or update PFMEA separated from current DFMEA (review DFMEA and request revisions if required);

New FMEA		New Work Session	
FMEA Description	Final Assembly	FMEA Number	1012
Project Description	Low Nox	Type of Session	Preparation
Project NP	9874	Process Step	leakage test
Responsible	Pedro Tourais	Phase	Structure tree
FMEA Type	Variante	Used Time	120
Process	Assembly	MOE	
Moderator	Sérgio Ferreira	QMM	
Start Date	15-05-2015	ENG	
Expected Closing Date	16-05-2016	TEF	
FMEA Number	1012	Add Work Session	Delete Last Entry
Add new FMEA	Delete Last Entry		

These cells should be used in the case of a PFMEA session; Participants from other teams should be reported here

5. Have a suggestion for an improvement?

If you have an improvement suggestion, please contact the owner of the respective item and share your thoughts and ideas!

Properties:
Created by: Luís Marques
Specialist: João Carvalho
Champion: João Lagarto

Hints: A P-FMEA is created per process, that can be used to produce multiple Families and TTNRs. Check "PFMEAs em Curso" Worksheet to consult PFMEA number.

Relation with other elements: [PFMEA_Monitoring.xlsm](#)

Thermotechnology

Internal | AvP/TEF3 | 12/4/2015 | © Robert Bosch GmbH 2015. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.



BOSCH

HB.0010.3 How to: „PFMEA Preparation Work“

<p>1. What is "Preparation Work"</p> <p>Preparation Work is the most critical phase regarding the quality of the final document. Involves all phases (structural, function and failure analysis) until evaluation with the team is made. Optimizations after sessions are also a part of this task.</p> <p>2. Objectives</p> <p>Goals for this folder are to define best practices for preparation work in FMEAs creation and to support new team members to learning it in a structured way</p> <p>3. Conditions</p> <p>Preparation Work should not be initiated without:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. BOM 2. Existing FMEAs 3. IQ-RM software 4. Process Flowchart <p>There is a checklist to be used before starting to make sure everything is ready for starting the work.</p>	<p style="text-align: right;">V01 - 2015.11.25</p> <p>4. How to do the preparation work</p> <p>To do the preparation work in a structured and effective way:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Using the checklist, make sure everything is ready to start the work 2. Create the PFMEA file separated from the DFMEA; 3. P-FMEA should be created by line/process instead of by product (see next slides on "why?") 4. PFMEA examples were created to be used as examples for the preparation work. They are available in the folder "PFMEA Examples"; 5. All the information regarding software, including a manual on how to use and construct FMEAs can be found in the folder "a Software"; 6. Analysis of one process step should be completed before moving on to the next one as in the example present in this folder; 7. Process Blocks Database to be used as templates for common processes are also available in the folder "Process Blocks" 8. Each of the analysis that are part of preparation work should be made according to the best practices defined in this folder. 	
<p>5. Have a suggestion for an improvement?</p> <p>If you have an improvement suggestion, please contact the owner of the respective item and share your thoughts and ideas!</p>		
<p>Properties: Created by: Luis Marques Specialist: João Carvalho Champion: João Lagarto</p>	<p>Hints: Request training to the Specialist in order to achieve a faster competence development. Request re-evaluation of your competences to the specialist. Trainings must occur within short intervals.</p>	<p>Relation with other elements: Process Blocks Database, BP Structural Analysis, BP Action Analysis, BP Functional Analysis, BP Failure Analysis, Checklist Before Starting FMEA</p>

HB-0010.4 How to do „P-FMEA - Sessions“?

<p>1. What is "P-FMEA - Sessions"</p> <p>P-FMEA session exist for the FMEA team to discuss evaluation, failures and actions after the first phase of preparation work is completed.</p> <p>2. Objectives</p> <p>Gather the inputs from different departments and improve the robustness of the analysis.</p> <p>3. Conditions</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Moderator 2. Session Scheduling 3. Available Room 4. Available Team 5. FMEA document 6. Moderator and FMEA responsible should be aligned on the content of the session 	<p style="text-align: right;">V01 - 2015.12.12</p> <p>4. P-FMEA Realization</p> <p>To realize P-FMEA sessions following steps are required:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Find a moderator if one is not assigned yet; 2. Make sure the preparation work is in the expected level to be discussed; 3. Schedule the session according to guidelines; 4. Take notes during the meeting on the changes made; 5. Fill in the checklist for the session after it finishes; 6. Communicate to all interested parties the notes you took during the meeting; 7. If team is unavailable or FMEA unprepared cancel the meeting; 8. Participation on DFMEA sessions is critical for the quality of the inputs for the FMEA and should follow the guidelines defined in the DFMEA folder; 	
<p>5. Have a suggestion for an improvement?</p> <p>If you have an improvement suggestion, please contact the owner of the respective item and share your thoughts and ideas!</p>		
<p>Properties: Created by: Luis Marques Specialist: João Carvalho Champion: João Lagarto</p>	<p>Hints: Request training to the Specialist in order to achieve a faster competence development. Request re-evaluation of your competences to the specialist. Trainings must occur within short intervals.</p>	<p>Relation with other elements: TemplateOPL.xlsx; Moderators Pool; Session Checklist</p>

HB.0010.5 How to: „PFMEA acc. BOSCH Norms“

V01 - 2015.12.12	
<p>1. What are "BOSCH Norms - FMEA"</p> <p>Bosch Norms are the company's standards and central directives for performing the FMEA analysis.</p>	<p>4. Using BOSCH Norms in FMEAs</p> <p>To have a FMEA complying with Bosch standards and regulations the following should be read before starting FMEA:</p> <ol style="list-style-type: none"> TTVAN-004 Technical Risk Management. Appendixes: <ol style="list-style-type: none"> TRM Contracting ; Risk Evaluation in FMEA; FMEA Coversheet ; FMEA Team Composition FMEA Meeting Documentation Participation list + documentation list ; Roles and Responsibilities for FMEA ; Applicability of methods for risk analysis ; CDQ0305 Automotive "Technical Risk Management – FMEA" CDQ0305 Non-Automotive "Technical Risk Management Non-Automotive" CDQ0402 Inspection planning, capability and process control TT-VAN009 Special characteristics and R-parts TT-DE002 "Control of Engineering Documents" CDQ0214 Technical Safety Requirements CDQ0306 Dealing with special characteristics TT-VAN005 Quality Gates TT-VAN010 Control of documents TT-VAN025 Product Development Process TTM TT-INB-VAN004 Special Articles DIN EN ISO 12100 Safety of machinery - General principles for design BES module "Focus Analysis" (Committed BES Practice, Product Engineering)
<p>2. Objectives</p> <p>To have more efficient and standardized FMEAs in every location.</p>	<p>5. Have a suggestion for an improvement?</p> <p>If you have an improvement suggestion, please contact the owner of the respective item and share your thoughts and ideas!</p>
<p>3. When</p> <p>Before starting a look should be given to this literature, avoiding re-work later on;</p> <p>Along the process, any doubt should be cleared consulting these documents.</p> <p>Situations not foreseen in these procedures and directives should be communicated to the FMEA Coordinator (Ana Manata) to be proposed as a modification;</p>	<p>Properties: Created by: Luís Marques Specialist: João Carvalho Champion: João Lagarto</p> <p>Hints: Documents are updated from time to time. Consulting them on-line in the BGN is advisable for the latest versions.</p> <p>Relation with other elements: TT-VAN BGN page; CDQ BGN page</p>

Thermotechnology

1 Internal | AvP/TEF3 | 12/12/2015 | © Robert Bosch GmbH 2015. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

HB.0010.3.1 How to: "Creating Structure Tree"

V02 - 2015.12.11	
<p>1. What is "Structure Tree"</p> <p>Structure tree is the division of the system under analysis in its elements. These describe the structural dependencies in an overall system, and are presented in a tree structure</p>	<p>4. How to create a structure tree</p> <p>To do the structure tree in a structured and effective way:</p> <ol style="list-style-type: none"> Using the checklist, make sure everything is ready to start the work Create the PFMEA file separated from the DFMEA; Check for the existence of new PFMEAs. If there is already a PFMEA for the line a new variant should be created (IQ-RM step by step) Based on the process flowchart, start designing the structure of the line where the product/part is being produced (workstation by workstation); PFMEA examples were created to be used as examples for the preparation work. They are available in the folder "PFMEA Examples"; Software for the manual can be found in this folder and should be consulted for learning on how to create a structure tree with (IQ-RM step by step)
<p>2. Objectives</p> <p>Dividing the system into smaller 'parts' can make the analysis easier. More detail in this step can lead to a better analysis.</p>	<p>5. Have a suggestion for an improvement?</p> <p>If you have an improvement suggestion, please contact the owner of the respective item and share your thoughts and ideas!</p>
<p>3. Conditions</p> <p>Structure Tree should not be initiated without:</p> <ol style="list-style-type: none"> BOM Existing FMEAs IQ-RM software Process Flowchart <p>There is a checklist to be used before starting to make sure everything is ready for starting the work.</p>	<p>Properties: Created by: Luís Marques Specialist: João Carvalho Champion: João Lagarto</p> <p>Hints: Correct division of process/product is a necessary condition for a good FMEA. Failing to do so can cause process steps too complex to be analyzed or too simple for identifying correct functions and failures.</p> <p>Relation with other elements: CDQ0305, TTVAN004, HB-0010.1 Training, HB0010.2 Planning, HB0010.3 Preparation work, HB0010.4 Sessions; HB0010.5 Bosch Norms;</p>

1 Internal | AvP/TEF3 | 11-12-2015 | © Robert Bosch GmbH 2013. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.



HB.0010.3.2 How to: „Function Analysis”

V02 - 2015.12.11

1. What is “Function Analysis”

Analysis of all implicit and explicit requirements for the process, including information on expected process boundary conditions.

2. Objectives

It is necessary to define functions for the process that guarantee a product according to requirements and specifications

3. Conditions

Functional Analysis should not be initiated without:

1. Structure Tree
2. Participation in DFMEA sessions
3. IQ-RM software
4. Knowledge of the processes
5. Knowledge of products requirements and specifications

4. How to: Function Analysis

To do the function analysis in a structured and effective way:

1. Understand what is and how to define a function (see next slides);
2. Define functions for the process step under analysis using IQ-RM (IQ-RM step by step);
3. Create a relational dependency between system elements functions - function net (see next slides);

Example:

Client IT+SP
To use the appliance according laws and standards

G210: Preparação da Caixa
Fixar caixa de referência correcta, e sem a danificar para montagem de componentes

G320: Preparação do Ventilador
JIG - Danifica componentes durante montagem
Operador
Operador não posiciona componentes do ventilador no jig de montagem
Operador
Operador utiliza aparafusadora incorrecta - troca entre aparafusadoras presentes no posto
Máquina
Momento de aperto da aparafusadora desregulado

Homem
Colocar caixa na palete e fixar a caixa

Maquina
JIG - Trolleys suportar a caixa sem danos na mesma

Homem
Operador posiciona caixa da referência correcta no trolley

Maquina

5. Have a suggestion for an improvement?

If you have an improvement suggestion, please contact the owner of the respective item and share your thoughts and ideas!

Properties:
Created by: Luis Marques
Specialist: João Carvalho
Champion: João Lagarto

Hints: Process Characteristics that should assure product characteristics as special characteristics must be identified in the DFMEA, confirmed in the PFMEA and stated in the Cover Sheet for final approval

Relation with other elements: [CDQ0305_TTVAN004_HB-0010.1 Training](#), [HB0010.2 Planning](#), [HB0010.3 Preparation work](#), [HB0010.4 Sessions](#); [HB0010.5 Bosch Norms](#);

HB.0010.3.3 How to: Failure Analysis

V01 - 2015.11.25

1. What is “Failure Analysis”

The failure analysis is used to ascertain possible failures. One or more failures are derived for each function determined in the scope of analysis;

2. Objectives

Identify all the possible failure modes so that the risk can be evaluated, prioritized and managed accordingly;

3. Conditions

Functional Analysis should not be initiated without:

1. Function Analysis
2. Participation in DFMEA sessions
3. IQ-RM software
4. Knowledge of the processes
5. Knowledge of products requirements and specifications

4. How to: Failure Analysis

To do the failure analysis in a structured and effective way:

1. Understand what is and how to define a failure mode (see next slides);
2. Define failures for the process step under analysis using IQ-RM (see manual);
3. Create a relational dependency between system elements functions - failure net (see next slides);

Example:

FP Europe
Does not deliver hot water

G320: Preparação do Ventilador
Flange danificada

JIG - Danifica componentes durante montagem

Operador
Operador não posiciona componentes do ventilador no jig de montagem

Operador
Operador utiliza aparafusadora incorrecta - troca entre aparafusadoras presentes no posto

Máquina
Momento de aperto da aparafusadora desregulado

5. Have a suggestion for an improvement?

If you have an improvement suggestion, please contact the owner of the respective item and share your thoughts and ideas!

Properties:
Created by: Luis Marques
Specialist: João Carvalho
Champion: João Lagarto

Hints: Individual failures are studied in the FMEA. Other types of analysis are required to study multiple failures

Relation with other elements: BP Structural Analysis, BP Action Analysis, BP Functional Analysis, IQ-RM Manual

HB.0010.3.4 How to: Action Analysis and Optimization

1. What is "Action Analysis and Optimization"

Action analysis is the evaluation in terms of severity, occurrence and detection for the failure modes defined in the failure analysis; Optimization is acting on the defined risks to lower them.

2. Objectives

Evaluation is the part of the process which allows for prioritization, therefore a correct evaluation is necessary for the correct actions to be defined and effectively lower the expected risks in the optimization;

3. Conditions

Action Analysis should not be initiated without:

1. Failure Analysis;
2. Rating tables from TT-VAN004 (see attachment in this folder);
3. IQ-RM software;
4. Knowledge of the processes;
5. Knowledge of products requirements and specifications;

V01 - 2015.11.25

4. How to do the Action Analysis and optimization

To do the action analysis in a structured and effective way:

Action Analysis

1. Understand the concepts of severity, occurrence and rating;
2. For each failure mode define preventive and detective measures already existing;
3. Evaluate based on the previous point and rating tables present in TT-VAN;
4. Prioritize risks based on the risk matrices;

Optimization

1. If the prioritized risks are unacceptable, new actions are proposed. They are evaluated beforehand, with responsible and deadlines associated. An expected rating for the planned action is entered in round brackets () until the action is implemented;
2. Follow-up the implementation of the measures, re-evaluate and if necessary, repeat the previous point;
3. The result of the implemented actions must be described in the FMEA in a traceable manner;
4. Reference may be made to further documents, e.g. reports of the results;

5. Have a suggestion for an improvement?

If you have an improvement suggestion, please contact the owner of the respective item and share your thoughts and ideas!

Properties:
Created by: Luís Marques
Specialist: João Carvalho
Champion: João Lagarto

Hints: The RPN provides information about prioritization, but does not suffice on its own as the basis for a decision; ; Obtain rating table from TT-VAN. Software also provides a description of each evaluation; Evaluations must be agreed in the team sessions;

Relation with other elements: Process Blocks Database, BP Structural Analysis, BP Action Analysis, BP Functional Analysis, BP Failure Analysis;

HB.0010.3.5 How to: „Control Plan Creation”

1. What is "Control Plan"

Control Plan (CP) is the document that specifies which product/process characteristics need to be controlled, and also the frequency and the method to be used in this control.

2. Objectives

Control production to guarantee that products and process are within specifications

3. Conditions

Control Plan Creation should not be initiated without:

1. Action Analysis;
2. Information on Special Characteristics;
3. IQ-RM software;
4. Knowledge of the processes;
5. Knowledge of products requirements and specifications;

V01 - 2015.11.25

4. How to do Create a Control Plan

To create a CP, the following steps are required: (further explanations → see next slides)

1. Define what to control and how?
2. Define new inspection equipment and machines/tools
3. Add characteristics to the control plan
4. Create Control Plan
5. Attributing Nr and Opening a Control Plan
6. Translating Control Plan
7. Approving the Control Plan

Note: CP should be created having in consideration the rules (see attachment in this folder) for assuring the integration with the [IVC solution for characteristics control](#)

5. Have a suggestion for an improvement?

If you have an improvement suggestion, please contact the owner of the respective item and share your thoughts and ideas!

Properties:
Created by: Luís Marques
Specialist: João Carvalho
Champion: João Lagarto

Hints: If there are characteristics that need to be controlled concerning capability issues, they should be in the CP and stated that frequency is according to Capability Plan;

Relation with other elements: BP Preparation Work, BP Action Analysis, BP Functional Analysis, BP Failure Analysis; Anexo_Regras_Control Plans.pptx

HB.0010.3.6 How to : 'PFMEA Approval'

<p>1. What is "PFMEA Approval"</p> <p>PFMEA approval is the last step before finishing the entire process. FMEA files are submitted in the workOn and there is a workflow for upper level approval;</p>		<p>4. How to : PFMEA Approval</p> <p>To submit a FMEA for approval, the following steps are required: (further explanations on each step → see next slides)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Understand when to approve an FMEA; 2. Define who should approve the FMEA; 3. In order to submit an FMEA file for approval, the first step is to merge into a single PDF file the following elements: <ol style="list-style-type: none"> 1. Cover Sheet (see 3.1 of next slides for more info) 2. Summary 3. Extended Risk Matrix 4. FMEA Form 5. Rating Frequency Statistics 6. Workloads 4. Submit the file on the WorkOn; 		<p>V02 - 2015.12.11</p>
<p>2. Objectives</p> <p>Guarantee correctness of the document and validate the work that has been done, complying with BOSCH norms and central directives;</p>		<p>5. Have a suggestion for an improvement?</p> <p>If you have an improvement suggestion, please contact the owner of the respective item and share your thoughts and ideas!</p>		
<p>3. Conditions</p> <p>PFMEA Approval should not be initiated without:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Action Analysis; 2. Information on Special Characteristics; 3. IQ-RM software; 4. Knowledge of the processes; 5. Knowledge of products requirements and specifications; 		<p>Properties: Created by: Luís Marques Specialist: João Carvalho Champion: João Lagarto</p>		<p>Hints: If there are characteristics that need to be controlled concerning capability issues, they should be in the CP and stated that frequency is according to Capability Plan;</p>
		<p>Relation with other elements: Cover Sheet Template:</p>		

HB.0010.4.1 How to : „Session Moderation“?

<p>1. What is "Session Moderation"</p> <p>Session Moderator is a person who conducts FMEA Sessions, mediating the discussion between the FMEA team members;</p>		<p>4. How to: Session Moderation</p> <p>The Moderator for a PFMEA session should guarantee:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Adequate scheduling from the FMEA responsible according to "Session Scheduling"; 2. Everyone is present and ready for the meeting (cancel meeting if not); 3. The conduction of the session, equally distributing the time between every participant; 4. That he stays unbiased throughout the entire time of discussion; 5. Methodical correctness of the session according to best practice "FMEA sessions" ; 6. Management of the scheduled time to make sure topics are debated in the correct depth; 7. After Session communication to team members about changes made during the meeting and eventual needs for re-scheduling; 8. That OPL is updated with open actions debated in the session and filling out the checklist for reporting purposes (both done by PFMEA responsible); 		<p>V01 - 2015.12.12</p>
<p>2. Objectives</p> <p>Assuring methodical correctness and effectiveness of the session; Improvements on team's general mindset regarding these sessions;</p>		<p>5. Have a suggestion for an improvement?</p> <p>If you have an improvement suggestion, please contact the owner of the respective item and share your thoughts and ideas!</p>		
<p>3. Requirements</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Good IQ-RM skills (will be needed for conducting the session) 2. Ability to effectively use moderation techniques 3. Be punctual and respectful towards everyone's time 4. Being at least at level 2 of the defined training system (acc. to Session Moderator Training) 5. Be aware of not only the topics but also the contents to be discussed in the meeting (30 min meeting with FMEA responsible acc. to BP - Session Scheduling) 		<p>Properties: Created by: Luís Marques Specialist: João Carvalho Champion: João Lagarto</p>		<p>Hints: Request training to the Specialist in order to achieve a faster competence development. Request re-evaluation of your competences to the specialist. Trainings must occur within short intervals.</p>
		<p>Relation with other elements: TemplateOPL.xlsx; Moderators Pool; Session Checklist</p>		

HB.0010.4.2 How to: 'Participate in DFMEA Sessions'

V01 - 2015.12.12

<p>1. What are "DFMEA Sessions"</p> <p>DFMEA sessions are carried out by ENG team. Severities, measures and product characteristics are discussed with the team. Participation of FMEA responsible is required</p>	<p>4. How to : Participate in DFMEA Sessions</p> <p>When participating in DFMEA Sessions, PFMEA responsible should assure:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Considering the product under discussion, find out if there is already a process for it 2. Find out if there is capability for producing with those product specifications 3. Study the process feasibility in terms of cost /difficulty. 4. SLA ("Service Level Agreement") defines what ENG should assure. Any non-conformity should be escalated 	
<p>2. Objectives</p> <p>Participation in these meetings should assure quality of the DFMEA and also that there are capable processes to guarantee the specified product characteristics</p>		
<p>3. When</p> <p>Participation in these sessions should happen as soon as possible because along with the service level agreement, are the two ways of controlling quality of the most important input of the PFMEA.</p>		
<p>5. Have a suggestion for an improvement?</p> <p>If you have an improvement suggestion, please contact the owner of the respective item and share your thoughts and ideas!</p>		
<p>Properties: Created by: Luis Marques Specialist: João Carvalho Champion: João Lagarto</p>	<p>Hints: DFMEA incorrections can be identified and discussed. Solving them later on would be more time consuming;</p>	<p>Relation with other elements: BP Session Moderation; BP PFMEA Sessions; DFMEA SLA</p>

HB.0010.4.3 How to: „Session Scheduling “?

V01 - 2015.12.11

<p>1. What is "Session Scheduling"</p> <p>Session Scheduling are the activities related to planning a FMEA session;</p>	<p>4. How to: Session Scheduling</p> <p>To realize P-FMEA sessions following steps are required:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sessions Scheduling should happen with approximately one week in advance; 2. FMEA responsible should find a moderator and schedule the appointment with all the team specifying the FMEA and the topics to be discussed in the meeting; 3. If a moderator is not available, the situation should be escalated to the Team Leader/FMEA Coordinator; 4. FMEA Responsible should plan 30 min with the moderator previous to the session in order to discuss the contents of the topics to approach in the meeting; 5. The email appointment should follow the template defined in this folder; 6. It is the responsibility of PFMEA responsible to re-schedule if one or more people are refusing the event or if people are poorly prepared for the session; 7. If the problem persists after re-scheduling the topic should be escalated; 	
<p>2. Objectives</p> <p>Efficiency Increase in the sessions, eliminating failed attempts for sessions and delays.</p>		
<p>3. When</p> <p>Whenever a process step is finished (depending on the extension could be 2 or 3), a session should be scheduled in order to validate the work that has already been done. Ideally one/two sessions a week with a 1,5/2 h of duration</p>		
<p>5. Have a suggestion for an improvement?</p> <p>If you have an improvement suggestion, please contact the owner of the respective item and share your thoughts and ideas!</p>		
<p>Properties: Created by: Luis Marques Specialist: João Carvalho Champion: João Lagarto</p>	<p>Hints: Maintaining the same schedule over the weeks might help in assuring availability from the FMEA team creating an habit.</p>	<p>Relation with other elements: Session Scheduling,ics, BP Sessions, BP Session Moderation, BP Planning</p>

ANEXO B: Tabela de Avaliação de Ocorrência de Modos de Falha nos Processos

O	Failure rate	
10	$\frac{1}{10}$	Very high It is almost certain that the failure cause / mode will occur very frequently. New production process without experience.
9	$\frac{1}{20}$	
8	$\frac{1}{50}$	High The failure cause / mode will occur repeatedly. New production process with known but problematic processes, manufacturing methods/technologies
7	$\frac{1}{100}$	
6	$\frac{1}{200}$	Moderate The failure cause / mode will occur occasionally. New production process with adoption of known processes/reusing known manufacturing methods. Proven process with positive series production experience under changed conditions; Comparable with previous production processes of known appliances/components which produce faults occasionally.
5	$\frac{1}{500}$	Moderate The failure cause / mode will occur occasionally. New production process with adoption of known processes/reusing known manufacturing methods. Proven process with positive series production experience under changed conditions; Comparable with previous production processes of known appliances/components which produce faults occasionally, but in no great quantity.
4	$\frac{1}{1.000}$	Moderate The failure cause / mode will occur occasionally. New production process with adoption of known processes/reusing known manufacturing methods. Proven(series) process (with sufficient yield) of comparable appliances/components under changed conditions where little failures occur
3	$\frac{1}{2.000}$	Low The occurrence of the failure cause / mode is low. Changes to details of proven processes with positive series production experience under comparable conditions – not all certifications available yet.
2	$\frac{1}{20.000}$	Very low The occurrence of the failure cause / mode is very low. Changes to details of proven processes with positive series production experience under comparable conditions and process assurance by automation, fixtures etc. or verification of machine capability
1	$\frac{1}{1.000.000}$	Unlikely The occurrence of the failure cause / mode is unlikely or excluded. New process under changed conditions with positively completed machine capability / process capability test. Proven process with positive series production experience under comparable conditions on comparable equipment. Failure is excluded by effective preventive action(s). Incorrect mounting is not possible

ANEXO C: Tabela de Avaliação de Detecção de Modos de Falha nos Processos

D	
10	<p>None No detection measures. No known test method available or applicable</p>
9	<p>Very low Test method not qualified to detect the failure characteristic. Worker self-control (concealed mounting) Small size sample testing</p>
8	<p>Very low <i>Testing method is uncertain or no experience with the testing method available.</i> Worker self-control Small size sample testing</p>
7	<p>Low Manual test method, visual testing and possibly with measurement equipment, tooling or device 100% Visual inspection (specified on worksheet and Work process map)</p>
6	<p>Low <i>Testing method not yet proven or little experience with the defined testing method.</i> Manual test method, <u>active</u> 100% visual inspection (specified on worksheet and Work process map) <u>with confirmation by the worker</u>, and possibly with measurement, equipment or device</p>
5	<p>Moderate <i>Proven automatically test method from comparable processes under new operating / general conditions.</i> Removal from the process of the failed (sub)assembly is not enforced by the test station</p>
4	<p>Moderate <i>Proven automatically test method from comparable processes under new operating / general conditions.</i> Removal from the process of the failed (sub)assembly must be acknowledged manually to the test station</p>
3	<p>High High probability of detection of malfunction or failure mechanism using proven testing method. <i>Proven automatically test method from comparable processes.</i> Removal from the process of the failed (sub)assembly is enforced by the test station (e.g. OPCON)</p>
2	<p>High <i>Proven test method. The required capability for the test process has been confirmed.</i> Removal from the process of the failed (sub)assembly is enforced by the test station (e.g. OPCON) Apparent failure characteristic, immediately visible, conspicuous</p>
1	<p>Certain <i>It is certain that the failure will be detected.</i> The next assembly/process step cannot be completed with the defective (sub)assembly</p>

ANEXO D: Lista de Verificação para o Aumento de Eficiência nas Sessões

 BOSCH		Checklist for FMEA Session Evaluation		
Project:				
FMEA:				
Responsible:		Dep.:	Date:	
		Yes	No	
1. Session Scheduling				
1.1	Session was scheduled with at least one week in advance	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2	The goal of the session is clearly defined in the scheduling e-mail	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3	The session is scheduled to be in the morning or in the beginning of the afternoon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Assiduity and Punctuality				
2.1	All the participants are present at the beginning of the meeting?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2	All the participants are present and ready to start discussion at the exact hour that was scheduled?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. During the Session				
3.1	Participants only discuss the work that has been done	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2	Session lasts at least 1.5 hours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.3	Participants close one process step/workstation before moving on to the next one	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. After the Session				
4.1	Session Report was created and was shared with all of interest	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
**				

ANEXO E: Matriz de Competências para o Desempenho de Funções

Role-Based Competence Matrix



BOSCH

V01

Role / Competence	FMEA Approvers	FMEA Team Member	FMEA Responsible	FMEA Moderator	Department FMEA Coordinator	FMEA Trainer	Division FMEA Coordinator
FMEA Tasks	Responsibility and ownership for creation and maintenance of FMEA: - Incorporating the FMEA in the project schedule - Appointing the moderator - Review and Approval of FMEA editions - Action Tracking	Participation in FMEA evaluation sessions providing feedback from an area of expertise	- FMEA Preparation (support PM) - FMEA Presentation (Methodical correctness of FMEA)	- FMEA Session Moderation - Guarantee all people are present at the beginning of the meeting	- Support of Division FMEA Coordinator - Local Contact Person Coaching for FMEA Moderators and responsible for FMEA tasks	- TQ011/TQ12/TQ13/TQ14 trainings - FMEA trainings planning - FMEA trainings organization	- FMEA contact person - FMEA Consulting - Implementation of FMEA standards - Cooperation in the FMEA coordination group - Review and evaluation of FMEA implementation - Training the trainers
Competence Level	Level 1 - First Class/Exotics	Level 1 - First	Level 2 - Basic	Level 3 - Advanced	Level 4 - Specialist	Level 4 - Specialist	Level 4 - Specialist
Pre-Requisites			2 years of relevant practical experience in development/manufacturing - FMEA Basic Training TQ011 TQ012 Introduction by FMEA colleague (Level 3 or 4)		2 years of FMEA moderation - TQ013: 1 year as TQ011+012 trainer for TQ013 - TQ014: Qualification for TQ013 - FMEA Handbook Training supervised by a senior		
Qualification Trainings				- FMEA Moderator Training coaching by experienced moderator	- Product Engineering (PE003) Production System (BPS100) - FMEA Exchange of Experience	- Coaching by Division Coord. In all trainings	- FMEA moderation (W001) - Bosch

ANEXO F: Documento de Procura de Normas

Numbering (sequencia)	Name	Description	Area	Key Words	Creator /Modifier
10	BP PFMEA	File that defines ordered process steps for doing PFMEA analysis	General	PFMEA; Step by Step;	L. Marques
10.1	BP PFMEA Training	Defines Best Practices for training and developing team's competence in PFMEAs	Training	Moderation; Role Based Competence Matrix; Training; Training System; Training Plan;	L. Marques
10.1.1	BP PFMEA Handbook Training	Defines a Training on how to use the Handbook to complement WEBTs and classroom trainings	Training	New Associate; Training; Examples; Handbook	L. Marques
10.2	BP Planning PFMEA	Defines how to monitor work and plan effectively a PFMEA	Planning	Planning; Reporting; Monitoring;	L. Marques
10.3	BP Preparation Work	Defines how to act when preparing na FMEA; Guides through all topics of Preparation folder	Preparation	Preparation; Approval; Process Blocks; PBD; Examples; Control Plans; Software; Failure Analysis; Action Analysis; Evaluation; Function Analysis; Optimization; Checklist	L. Marques
10.3.1	BP Create Structure Tree	Defines what to consider and how to create a structure tree	Preparation	Structure tree; System Elements; Process Characteristics; System Analysis	L. Marques
10.3.2	BP Function Analysis	Defines what to consider and how to do the function analysis	Preparation	Function; Function Analysis; System Elements; Process Characteristics; System Analysis	L. Marques
10.3.3	BP Failure Analysis	Defines what to consider and how to do the failure analysis	Preparation	Failure; Failure Analysis; Failure Net; Types of Failures; System Elements; Process Characteristics; System Analysis	L. Marques
10.3.4	BP Action Analysis and Optimization	Defines what to consider and how to do the evaluation (action analysis)	Preparation	Evaluation; Action; Action Analysis; Occurrence; Detection;	L. Marques
10.3.5	BP Control Plan Creation	Defines how to effectively create control plans	Preparation	Control Plan; PC; CP; Process Capability;	L. Marques
10.3.6	BP PFMEA Approval	Defines how to effectively submit a FMEA for approval	Preparation	PFMEA approval; Cover Sheet; SG characteristics; WorkOn	L. Marques
10.3.7	BP IQ-RM Setup	Defines best practices for software configurations	Preparation	Setup; IQ-RM; Configuration; Software; Preparation; Start	L. Marques
10.3.8	BP Clone IQ-RM 6.0 Files	Defines best practice for cloning files from the older version of the software	Preparation	Convert; Clone; Cloning; Files; 6.0; 6.5;	L. Marques
10.4	BP FMEA Session	Defines Best Practices for scheduling and conducting FMEA Sessions for team discussing and evaluation	Session	Session; Evaluation; Moderation; Moderator; Checklist; OPL;	L. Marques
10.4.1	BP Moderation	Defines a Training system for FMEA session moderators	Session	Moderation; Session Moderator; Moderator; Training System;	L. Marques
10.4.2	BP DFMEA	Defines Best practices for industrialization engineers to participate in DFMEA sessions	Session	DFMEA; Session; Process Characteristics; Product Characteristics	L. Marques
10.4.3	BP Session Scheduling	Defines best practices for scheduling a session for FMEA evaluation	Session	Session; Evaluation; Moderation; Moderator; Checklist; OPL; Scheduling; Outlook;	L. Marques