



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**

**BERNARDO VICENTE SANTOS GARCIA**

**USO DE FERRAMENTAS E MÉTODOS DA QUALIDADE EM EMPRESA  
TERMOTECNOLÓGICA: IDENTIFICAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS E PRINCIPAIS  
DIFICULDADES**

Guaratinguetá  
2015

BERNARDO VICENTE SANTOS GARCIA

USO DE FERRAMENTAS E MÉTODOS DA QUALIDADE EM EMPRESA  
TECNOLÓGICA: IDENTIFICAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS E PRINCIPAIS  
DIFICULDADES

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso em Graduação em Engenharia de Produção Mecânica, da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Otávio José de Oliveira

Guaratinguetá  
2015

G21  
6u

Garcia, Bernardo Vicente Santos

Uso de ferramentas e métodos da qualidade em empresa tecnológica:  
identificação de boas práticas e principais dificuldades / Bernardo Vicente  
Santos Garcia – Guaratinguetá, 2017.

54 f : il.

Bibliografia: f. 53-54

Trabalho de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica –  
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de  
Guaratinguetá, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Otavio Jose de Oliveira

1. Ferramentas - Qualidade 2. Controle de qualidade I. Título

CDU 658.56

**BERNARDO VICENTE SANTOS GARCIA**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE **“GRADUADO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA”**

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

  
Profª Drª ARMINDA EUGÊNIA MARQUES CAMPOS  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. OTÁVIO JOSÉ DE OLIVEIRA  
Orientador/ UNESP-FEG

  
LUIS CÉSAR FERREIRA MOTTA BARBOSA  
UNESP-FEG

  
Me. FABIO FRANCISCO DA SILVA  
UNESP-FEG

Dezembro 2015

## **DADOS CURRICULARES**

### **BERNARDO VICENTE SANTOS GARCIA**

NASCIMENTO 17/10/1990 – São Paulo/SP

FILIAÇÃO Marilene Santana dos Santos Garcia  
Ricardo Garcia

2010/2015 Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.

Dedico este trabalho especialmente aos meus pais, “Se enxerguei mais longe, foi porque me apoiei sobre os ombros de gigantes” Isaac Newton.

## AGRADECIMENTOS

Deixo meus singelos agradecimentos, principalmente aos meus queridos pais Marilene (Lena) e Ricardo que sempre me apoiaram e me incentivaram a alcançar todos meus sonhos. Sem eles nada disso teria sido possível.

Agradeço aos meus colegas de turma por todo o apoio e cumplicidade, principalmente aos meus caros amigos Marcelo (Bundinha), Victor (Wickbold), e Gian (Jerê) que vivenciaram comigo dia-a-dia essa incrível e longa jornada chamada "FEG".

Agradeço também à minha segunda família, os ilustríssimos moradores da *República Cabaret*, por toda a camaradagem, convivência, risadas, palhaçada e estudos. Pessoas essas com quem criei laços de amizade para uma vida.

Agradeço a todos os professores pelos quais passei na FEG por todo o conhecimento adquirido, principalmente aos professores do departamento de engenharia de produção.

Por fim, agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Otávio José de Oliveira. Um excelente professor, sempre bem-humorado, coerente e didático. Agradeço também por todo conhecimento passado em sala.

## RESUMO

O cenário das empresas vem se mostrando cada vez mais competitivo e por isso o tema da competitividade tem sido objeto de investigação em diferentes domínios acadêmicos. Entre aspectos que podem ser considerados bons alicerces para o sucesso perante a concorrência, a gestão da qualidade se mostra como uma boa alternativa visto que possui papel decisivo em melhorar o posicionamento da empresa frente à competitividade. Dentro do tema de gestão da qualidade, as ferramentas e métodos da qualidade foram os assuntos escolhidos. O desenvolvimento e implementação de sistemas de GQ e do uso de ferramentas e programas de qualidade são algumas das opções mais utilizadas pelos gestores para aumentar a competitividade das suas empresas. Por meio de uma pesquisa qualitativa aplicada e exploratória, cuja abordagem baseou-se em um estudo de caso, o objetivo deste trabalho foi descrever e analisar o uso de ferramentas e métodos da qualidade em uma empresa termotecnológica de forma a identificar boas práticas e principais dificuldades. Com os resultados obtidos outras empresas do ramo poderão tomar como referência qual ou quais ferramentas e métodos melhor se aplicam a suas atividades. A partir dos resultados obtidos é também esperada a adequação da teoria.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ferramentas da qualidade; Métodos da qualidade; *Isochrone*; 8D; FMEA

## **ABSTRACT**

The companies scenario is getting increasingly competitive in a way that the competitiveness theme has been studied intensively in different academic fields. Among aspects that can be considered good foundations for success regarding competition, quality management appears as an important alternative, assuming that it has a decisive role in improving the company's position among rival companies. Within the quality management theme, quality methods and tools were the subjects chosen. The development and implementation of quality management and the use of quality tools and programs are some of the most used actions by managers to increase the competitiveness of their companies. Through an applied and exploratory qualitative research whose approach was based on a case study, the aim of this study was to describe and analyse the use of tools and quality methods in a termotechnology company in order to identify best practices and major difficulties. Other companies will be able to refer to the results to identify what better tools and methods apply to their activities. From the results obtained, it is also expected adequacy of theory.

**KEYWORDS:** Quality tools; Quality methods; Isochrone; 8D; FMEA

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-FluxogramaFMEA.....	21
Figura 2- Tiposde pesquisa.....	23
Figura 3: Tipos de sistema de aquecimento a gás produzidospelaempresa.....	26
Figura 4: Organograma de áreasdaempresa .....	26
Figura 5: Exemplo de estrutura - métodoIsochronemensal.....	28
Figura 6: Gráfico gerado a partir dométodoIsochrone .....	29
Figura 7: Exemplo degráficode detalhado .....	30
Figura 8: Exemplo deIsochronetrimestral .....	31
Figura 9: Comparação Isochrone mensaetrimestral .....	31
Figura 10: Primeiro mododecálculo .....	32
Figura 11: Segundo mododecálculo .....	32
Figura12: Modelo do documento 1 – Método8D.....	38
Figura 13:Modelo do documento 2 –Método8D.....	39
Figura 14: Exemplo de estruturade FMEA .....	42
Figura 15: Rededefunções .....	43
Figura 16: Rededefalhas .....	44
Figura 17:FormulárioFMEA .....	44
Figura 18: Matriz de priorizaçãoderiscos .....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1:Boaspráticas .....	50
Tabela 1:Principaisdificuldades .....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GQ	- Gestão da Qualidade
FMEA	- Modo de Falha e Análise de Efeitos (do inglês, <i>Failure Mode and Effects Analysis</i> )
8D	- 8 Disciplinas
MM	- Número de meses que se passaram desde a produção de determinado lote mensal
MQ	- Número de meses que se passaram desde a produção de determinado lote trimestral
5W2H	- Ferramenta baseada nas siglas “o que, por que, onde, quando, quem, como e quanto” (do inglês, <i>why, where, when, who, how and how much</i> )
PDCA	- Ferramenta baseada nas siglas “planejar; fazer, checar, corrigir (agir)” (do inglês <i>plan, do, check, act</i> )
GZT	- Tipo de caldeira de condensação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	OBJETIVO	12
1.2	DELIMITAÇÃO	12
1.3	JUSTIFICATIVA	13
1.4	ESTRUTURADOTRABALHO	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIALTEÓRICO</b>	<b>15</b>
2.1	GESTÃODAQUALIDADE	15
2.2	FERRAMENTAS E MÉTODOSDAQUALIDADE	16
2.2.1	<i>Método8D</i>	17
2.2.2	<i>FMEA</i>	18
<b>3</b>	<b>MÉTODODEPESQUISA</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>ESTUDODECASO</b>	<b>25</b>
4.1	EMPRESAESTUDADA	25
4.2	MÉTODOISOCHRONE	27
4.3	MÉTODO8D	33
4.4	FMEA	40
<b>5</b>	<b>BOAS PRÁTICAS EPRINCIPAISDIFICULDADES</b>	<b>47</b>
5.1	<i>ISOCHRONE</i>	47
5.2	8D	47
5.3	FMEA	48
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>52</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>53</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O cenário das empresas vem se mostrando cada vez mais competitivo e por isso o tema da competitividade tem sido objeto de investigação em diferentes domínios acadêmicos, entre eles destacam-se estudos de economia, estratégia, gestão de operações e organização. Com o avanço de tecnologias surge uma grande necessidade de modernização tornando assim cada vez mais alta a demanda, tanto de bens, quanto de serviços (WOOD JR.; CALDAS, 2007).

Entre aspectos que podem ser considerados bons alicerces para o sucesso perante a concorrência, a gestão da qualidade mostra-se como uma boa alternativa visto que essa fornece uma das bases para as práticas organizacionais relacionadas à gestão de operações, que é frequentemente mais bem estabelecida nas empresas. Além disso, a gestão da qualidade possui papel decisivo em melhorar o posicionamento da empresa frente à competitividade (PÉREZ-ARÓSTEGUI et al., 2014).

Os sistemas de gestão da qualidade levam em consideração o incentivo por parte dos colaboradores, o atendimento das necessidades dos clientes e também o controle de processos. Contudo, é importante que esses recursos sejam utilizados de maneira correta respeitando todos seus requisitos, caso contrário é possível que os resultados desejados não sejam alcançados. (MAEKAWA; CARVALHO, 2013)

A partir do tema de gestão da qualidade abordado neste estudo, as ferramentas e métodos da qualidade foram os assuntos abordados. O desenvolvimento e implementação de sistemas de gestão da qualidade e do uso de ferramentas e programas de qualidade são algumas das opções mais utilizadas pelos gestores para aumentar a competitividade das suas empresas (OLIVEIRA, et al., 2011).

## 1.1 OBJETIVO

Descrever e analisar o uso de ferramentas e métodos da qualidade em uma empresa termotecnológica de forma a identificar boas práticas e principais dificuldades.

## 1.2 DELIMITAÇÃO

A pesquisa proposta por esse trabalho foi focada em uma empresa termotecnológica de grande porte localizada em Wernau, região metropolitana de Stuttgart, situada no sul da

Alemanha. A empresa opera no ramo de sistemas de aquecimento a gás. A escolha da referida empresa se deu por esta atender aos critérios necessários para um bom andamento da pesquisa.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

As ferramentas e métodos da qualidade diminuem os custos de fabricação e manutenção de sistemas de medição, reduzindo a quantidade de falhas no sistema final, aumentando, conseqüentemente, a confiabilidade do sistema e a satisfação do cliente (MICHALSKI; DZIADAK, 2010).

O uso de ferramentas de gerenciamento que são relevantes para as necessidades da organização se tornou uma questão estratégica para as empresas no ambiente competitivo de hoje. Ao escolher e aplicar as melhores ferramentas de gerenciamento entre muitas do ramo de gestão, as empresas podem melhorar os seus desempenhos. (YOUSELFIE et al., 2011).

A indústria de termotecnologia é responsável basicamente pela fabricação de aquecedores de água a gás que, por sua vez, são produtos de grande necessidade e importância para países de clima temperado. Sistemas de aquecimento de água a gás agregam grandes mercados consumidores contando, inclusive, com mercados externos à Alemanha, abrangendo amplos segmentos da Europa e dos Estados Unidos.

Visto estes fatores, este trabalho consiste em um estudo de caso em uma empresa termotecnológica como foco na análise do uso de ferramentas e métodos da qualidade adotados pela mesma. Com a identificação de boas práticas e principais dificuldades das ferramentas e métodos será possível corrigir e otimizar possíveis pontos observados durante suas aplicações, tornando-os assim mais práticos, otimizados e eficientes para a empresa. Além disso, os resultados mais pertinentes dessa pesquisa podem vir a servir de referencial para novos trabalhos científicos que tratam do mesmo assunto ou de temas relacionados.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho inicia com uma breve introdução sobre o atual cenário competitivo das empresas e como a gestão da qualidade mostra-se um bom alicerce para uma empresa se destacar frente as demais. Dentre os possíveis tipos de GQ, o foco desse estudo foi estruturado em cima de ferramentas e métodos da qualidade.

Em seguida, por meio de um referencial teórico os temas Gestão da qualidade, ferramentas e métodos da qualidade, método 8D e FMEA são apresentados e explicados sucintamente desde suas concepções até seus respectivos mecanismos de funcionamento.

Nasequência, ométododotrabalhoéapresentado, pois configura-se com uma pesquisa exploratória, aplicada e qualitativa, cuja abordagem foi feita por meio de um estudo de caso. Os dados necessários foram obtidos na própria empresa estudada (visita in loco). Nessa etapa o tipo de pesquisa também é sucintamente explicado por meio de referências encontradas na bibliografia.

Após apresentada a estrutura metodológica do trabalho, inicia-se a etapa de estudo de caso no qual as ferramentas e métodos da qualidade, em questão, foram analisados. Foi observado a partir de um olhar crítico, de quemaneirataisferramentasemétodossãoutilizados na empresa de termotecnologia, quais são as boas práticas e quais as principais dificuldades de cada uma.

O estudo encerra-se com uma conclusão que engloba de maneira geral todas as ferramentas e métodos analisados, quais foram as contribuições teóricas e práticas e como os objetivos foram atingidos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 GESTÃO DA QUALIDADE

O conceito de qualidade envolve três estágios, a saber: controle da qualidade, garantia da qualidade e qualidade total (SANTOS et al., 2013).

Desde 1980, a gestão da qualidade vem sendo vastamente adotada por diversas organizações como um método para obter vantagem competitiva. No entanto, pesquisas indicam que a gestão da qualidade concentra muito na visão interna da qualidade. As práticas da qualidade devem avançar ainda mais da tradicional visão centrada de empresa para uma orientação de *Supply Chain* inter organizacional (ZENG et al., 2013).

A gestão da qualidade fornece uma das bases para as práticas organizacionais relacionadas à gestão de operações, o que é mais frequente em melhores estabelecidos em empresas. Além disso, a gestão da qualidade possui papel decisivo em melhorar o posicionamento da empresa frente à competitividade (PÉREZ-ARÓSTEGUI et al., 2014).

O propósito das práticas da gestão da qualidade é melhorar a qualidade do produto, definida como a habilidade de condizer com as necessidades do cliente de ser livre de deficiências, como erros e retrabalho. A qualidade do produto é resultado dos recursos da manufatura, pessoas, processos, materiais e equipamentos orientados a diversos níveis para atingir a satisfação do cliente e apresentar, na medida do possível, poucas deficiências.

Práticas específicas de gestão da qualidade são moldadas para melhor orientar os recursos da manufatura, para melhorar a qualidade por meio de um controle mais alto do processo, melhor documentação, mais cooperação e envolvimento, e maiores esforços para melhoria. O consenso proveniente de resultados de estudos experimentais é de que as práticas da gestão da qualidade efetivamente melhoram a qualidade do produto e a performance como um todo (KULL; WACKER, 2010).

Um sistema de gestão da qualidade segue um ciclo gerencial fundamental e consiste em planejar, fazer a implementação, controle e feedback. Para gestão da qualidade, o ciclo seria alterado para um ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). Planejamento da qualidade, gestão da qualidade, garantia da qualidade e melhoria da qualidade são as constantes do ciclo PDCA, o qual é frequentemente encontrado em cada modelo de qualidade.

O sucesso da organização resulta em uma cadeia de reações tal como a melhoria da qualidade é causa de um aumento de produtividade e, portanto, redução de custos. Assim, o

ciclo PDCA leva a um aumento constante em resultados de qualidade, os quais, no final das contas, se manifestam em maior lucro. A qualidade e o lucro não são interesses incompatíveis. São, por outro lado, atrelados simultaneamente ao mesmo propósito: gestão da qualidade (KIRSCH et al., 2010).

## 2.2 FERRAMENTAS E MÉTODOS DA QUALIDADE

Ferramentas e métodos da qualidade diminuem os custos de fabricação e manutenção de sistemas de medição, reduzindo a quantidade de falhas no sistema final, aumentando assim a confiabilidade do sistema e a satisfação do cliente (MICHALSKY; DZIADAK, 2010).

O desenvolvimento e implementação de sistemas de gestão da qualidade e do uso de ferramentas e programas de qualidade são algumas das opções mais utilizadas pelos gestores para aumentar a competitividade das suas empresas (OLIVEIRA et al., 2011).

A aplicação de ferramentas da qualidade para um processo de manutenção é de grande valor, especialmente quando aos custos da qualidade. Ferramentas de qualidade são essenciais para identificar fatores responsáveis por problemas de manutenção, identificar condições críticas que resultam em falhas da máquina e relacionar os problemas e falhas com as suas possíveis causas. Essas características contribuem para a melhoria da qualidade de manutenção com um todo, além de contribuir para a redução do tempo de inatividade no processo (HANIF; AGHA, 2012).

O uso de ferramentas de gerenciamento que são relevantes para as necessidades da organização se tornou uma questão estratégica para as empresas no ambiente competitivo de hoje. Ao escolher aplicar as melhores ferramentas de gerenciamento entre muitas ferramentas de gestão, as empresas podem melhorar os seus desempenhos e, em seguida, aumentar a satisfação do cliente e ganhar quotas de mercado (YOUSELFIE et al., 2011).

As ferramentas e métodos abordados nesse trabalho foram respectivamente:

- método Isochrone
- método 8D
- método FMEA

Tais métodos foram devidamente referenciados com exceção do método *Isochrone*. Esse método foi recentemente desenvolvido pela própria empresa de termotecnologia estudada. Em consequência, ainda não existem referências suficientes na bibliografia que se possa usar como base para a construção de um referencial teórico mais consistente sobre seu conteúdo.

### 2.2.1 Método 8D

O modelo de oito disciplinas (8D) é uma abordagem de resolução de problemas geralmente empregada por engenheiros de qualidade. Sua finalidade é identificar, corrigir e eliminar problemas recorrentes, além de ser útil na melhoria de produtos e processos (DUFFY, 2014).

Este método é utilizado quando o causador do problema é desconhecido ou quando a solução para o problema está além das capacidades de um único trabalhador. (KAPÍLIK et al., 2013).

A abordagem estabelece uma ação corretiva permanente baseada na análise estatística do problema e centra-se sobre a origem do problema, determinando suas causas profundas. Embora originalmente composta por oito etapas, ou disciplinas, foi mais tarde reforçada por uma fase de planejamento inicial. As disciplinas são numeradas de D0 a D8. As disciplinas são respectivamente (DUFFY, 2014):

- **D0: Plano** – Desenvolvimento de um plano para a resolução do problema e determinação dos pré-requisitos.
- **D1: Formação de equipe** – Criação de uma equipe de pessoas com conhecimentos sobre os processos/produtos.
- **D2: Definição e descrição do problema** – Especificação do problema por meio da identificação em termos do 5W2H.
- **D3: Desenvolvimento de um plano de ação imediata** – implementação de tomadas de ação de contenção ou correção, que vão proteger os interessados (processo ou cliente) dos efeitos do problema. Trata-se de uma ação temporária e não definitiva.
- **D4: Identificação, verificação e determinação das causas** – Identificação de todas as causas aplicáveis que poderiam explicar por que o problema ocorreu. Verificação de por que o problema não foi notado no momento em que ocorreu. Todas as causas devem ser analisadas até que se atinja um consenso sobre qual é a mais provável, a causa raiz do problema. Trata-se de uma fase em que todos os envolvidos aprendem muito sobre os mecanismos das causas, de forma que todas as sugestões devem ser consideradas. Cada membro da equipe deve contribuir com sua visão do problema para que possíveis ações corretivas possam ser identificadas. Pode-

se usar o 5W2H e diagramas de causa e efeito para mapear causas do o efeito ou problema identificado.

- **D5: Escolha e verificação de ações corretivas** – – Escolha das melhores ações corretivas propostas no passo anterior (D4). Teste das ações na prática. Confirmação se o problema é resolvido sem trazer consequências inesperadas ou indesejadas, como um custo elevado no processo, criação de um gargalo, etc... se for preciso, deve-se refazer o passo4.
- **D6: Implementação e validação das ações corretivas** – Definição e implementação das melhores ações corretivas. Convém acompanhar o desempenho do processo por mais um determinado período de tempo e estabelecer os controles necessários para garantir sua eficácia.
- **D7: Tomada de medidas preventivas** – Modificação dos sistemas de gestão, sistemas de operação, práticas e procedimentos. Quando um problema é solucionado conseqüentemente ocorrem mudanças na rotina. A Modificação dos sistemas garante a prevenção e a recorrência deste e de todos os problemas semelhantes.
- **D8: Reunião final/Comemoração** – Reconhecimento dos esforços coletivos da equipe. É função do líder e dos superiores felicitar a equipe, e o resultado obtido deve ser divulgado a todos. Isso incentiva as pessoas a participarem de futuros processos, disseminando assim o conhecimento na organização.

### 2.2.2 FMEA

Segundo Sharma et al. (2008), o Modo de Falha e Análise de Efeitos (FMEA) é um método para analisar os problemas de confiabilidade potenciais no ciclo de desenvolvimento do projeto, tornando mais fácil a tomar medidas para superar esses problemas, aumentando a confiabilidade por meio do design.

O FMEA é uma ferramenta de baixo risco e alta eficiência para prevenção de problemas e identificação das soluções mais eficazes em termos de custo. (RIBEIRO, 2010)

A ferramenta é aplicada para se determinar a confiabilidade de um projeto por considerar potenciais causas da falha e seus efeitos sobre o sistema em estudo. O objetivo do FMEA é evitar que falhas inaceitáveis atinjam o cliente evitando assim sua insatisfação. Também pode-

se afirmar que essa ferramenta contribui na administração e distribuição mais eficiente dos recursos. O FMEA é normalmente realizado por uma equipe de pessoas com conhecimento direto dos procedimentos ou processos em questão. Uma aplicação adequada do FMEA pode levar a algumas vantagens, como (AHSEN, 2008):

- Maior confiabilidade do produto
- Melhor planejamento da qualidade
- Melhoria contínua em design de produto e processo
- Baixo custo de fabricação
- Atendimento aos requisitos do cliente

FMEA é usado para identificar e listar os modos de falha e as conseqüentes falhas; avaliar as probabilidades de que estas falhas ocorrem; avaliar as probabilidades de que as falhas podem ser detectadas; avaliar a gravidade das conseqüências das falhas; calcular uma medida do risco; classificar as falhas na base de riscos; tomar medidas sobre os problemas de alto risco e verificar a eficácia da ação (AHSEN, 2008).

Os elementos da FMEA são: identificar e listar os modos de falha e as conseqüentes falhas; avaliar as probabilidades de que estas falhas ocorrem; avaliar as probabilidades de que as falhas podem ser detectadas; avaliar a gravidade das conseqüências das falhas; calcular uma medida do risco; classificar as falhas na base de riscos; tomar medidas sobre os problemas de alto risco e verificar a eficácia da ação (AHSEN, 2008).

As vantagens e desvantagens de cada abordagem podem ser estimadas relacionando-se custo e benefício associados a cada uma. Essa ferramenta tem grande êxito quando a sua aplicação é realizada em equipe, pois as melhores avaliações são extraídas de um conjunto de ideias. O desenvolvimento do FMEA realizado por uma equipe tem seus custos maiores se comparado a um desenvolvido individualmente, porém são maiores as chances de melhor identificação e prevenção dos modos de falha quando desenvolvido por uma equipe, e o retorno de qualidade/confiabilidade supera os custos de desenvolvimento e manutenção do FMEA (RIBEIRO, 2010).

Deve-se notar que o FMEA deve ser revisto e atualizado sempre que um novo produto é introduzido ou um processo é alterado. O FMEA concede certos benefícios para o gerenciamento de projetos. Ele enfatiza a prevenção de problemas e atos como um catalisador para o trabalho em equipe além de promover uma troca de ideias saudáveis entre prestadores de serviço de áreas distintas. Ele captura o conhecimento da engenharia e fornece um foco para

a melhoria de testes e desenvolvimento, o que acaba resultando no aumento da satisfação do cliente (EBRAHIMIPOUR et al., 2010).

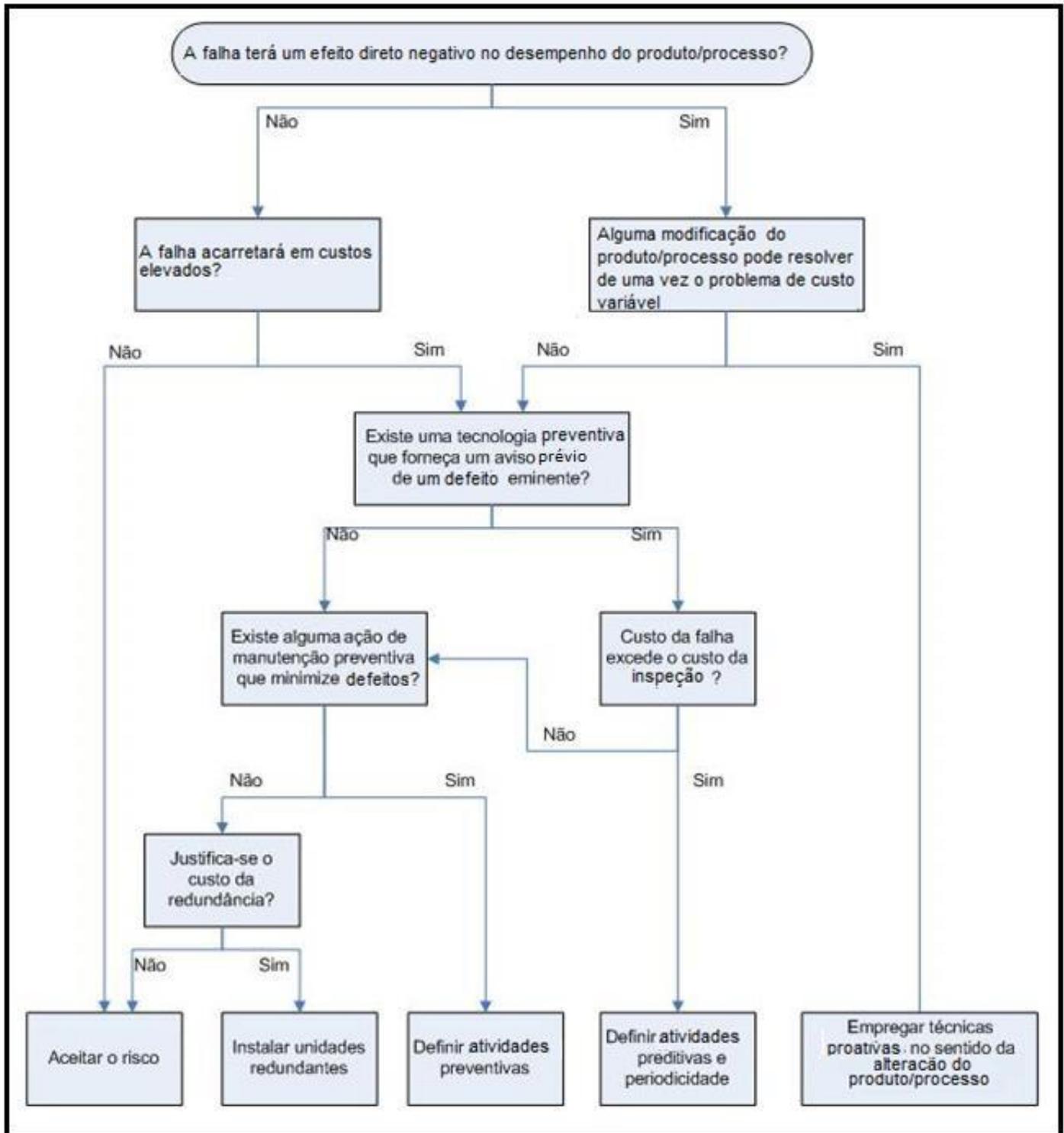
A FMEA é principalmente uma análise qualitativa. Dentre os tipos diferentes de análise FMEA os mais utilizados são os de produto e de processo. O FMEA é, em princípio, uma análise completa, no entanto, a probabilidade de falhas só pode ser estimada ou reduzida através da compreensão do mecanismo de falha. Idealmente essa probabilidade deve ser reduzida "impossível ocorrer", eliminando as causas (raiz). Por isso, é importante incluir no FMEA uma profundidade adequada de informações sobre as causas do fracasso (RAUSAND; HOYLAN, 2004).

#### 2.2.2.1 Árvore de Falhas

A FMEA é uma técnica de identificação e análise de risco eficiente quando aplicada a sistemas ou falhas simples, enquanto a árvore de falhas é a técnica recomendada para sistemas complexos. A diferença é que a metodologia usada pela técnica FMEA categoriza as falhas para priorização das ações corretivas, e a Árvore de Falhas determina a sequência mais crítica de falhas que leva à ocorrência de um evento indesejado (RAUSAND; HOYLAN, 2004).

A Figura 1 indica sucintamente, tanto para produtos quanto para processos, questões a serem levadas em consideração dentro de uma análise de falhas utilizando-se o método FMEA.

Figura 1- Fluxograma FMEA



Fonte: produção do próprio autor, 2015.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Dentre a gama de possibilidades de tipos de abordagem de pesquisa, a escolhida (que melhor se aplica aos objetivos desse trabalho) foi a pesquisa qualitativa aplicada e exploratória, cuja abordagem foi feita por meio de um estudo de caso. A Figura 2 representa o tipo de pesquisa adotado dentre a gama de possibilidades existentes.

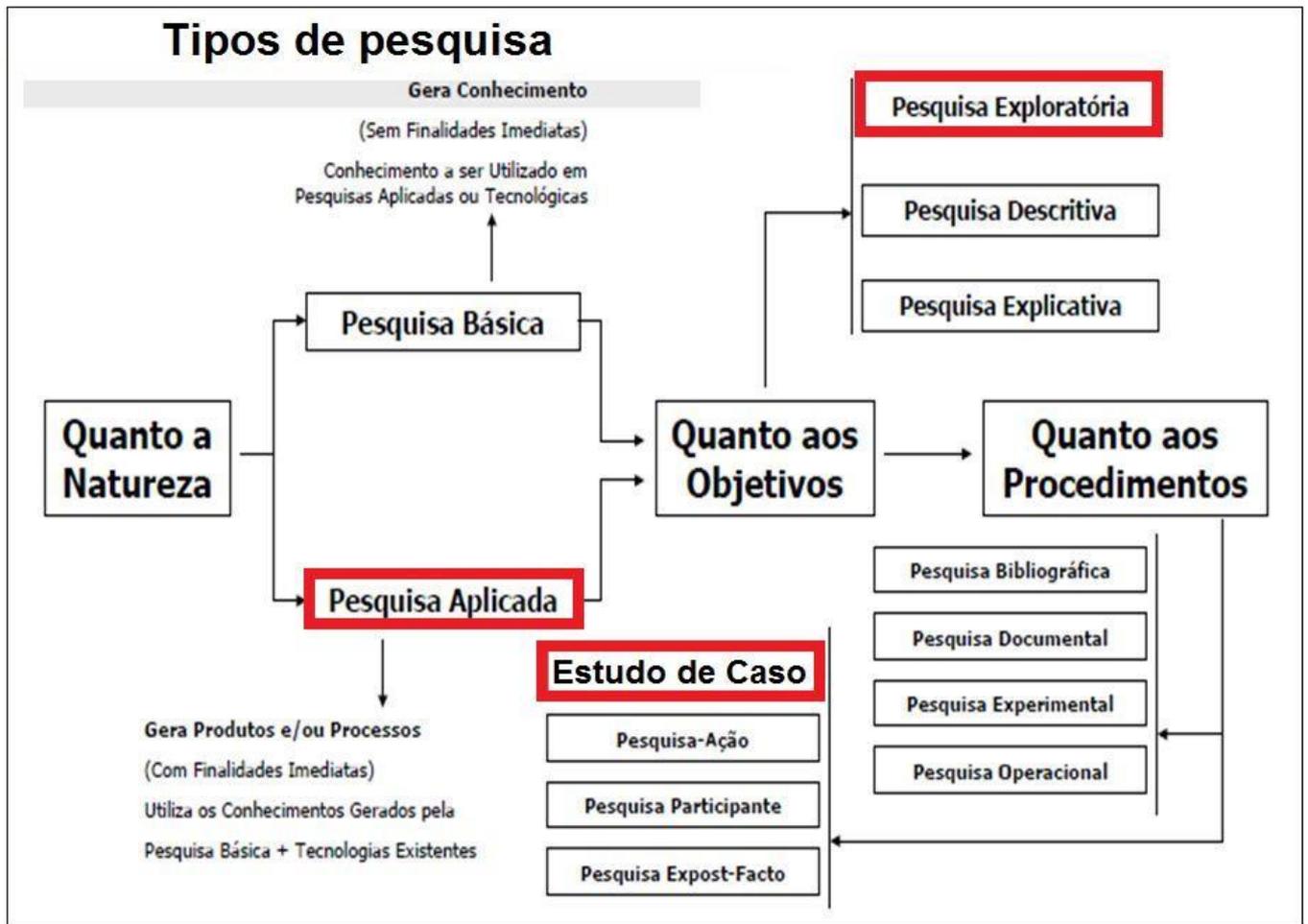
Em relação a natureza da pesquisa a escolha de uma pesquisa aplicada ao invés da pesquisa básica se deu pelo fato de o estudo desse trabalho ser focado na utilização e análise de conhecimentos e dados já existentes e não na geração de novos.

Quanto a série de procedimentos existentes optou-se por se fazer um estudo de caso. De acordo com Yin (2014), o estudo de caso envolve de perto (em profundidade) o exame detalhado de um sujeito (o caso), bem como as suas condições contextuais relacionadas. Quanto ao tipo de casos estudo, estes podem ser exploratórios, descritivos, ou explicativos.

Sobre os objetivos da pesquisa, visto que a opção por se fazer um estudo de caso foi adotada, a pesquisa exploratória se mostrou a opção mais condizente. De acordo com Gil e Clemente (2007), as pesquisas exploratórias visam proporcionar uma visão geral de um determinado fato. Uma pesquisa pode ser considerada de natureza exploratória, quando esta envolver levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram ou experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a sua compreensão.

Em suma, trata-se de uma pesquisa com finalidades imediatas baseada em conhecimentos já existentes. Os dados necessários foram obtidos na própria matriz (visita in loco) tomando como referências informações do banco de dados da própria firma.

Figura 2- Tipos de pesquisa



Fonte: Adaptado de Oliveira, 2015.

As visitas in loco ocorreram no período compreendido entre março e julho de 2014. A coleta de dados foi feita a partir de documentos e relatórios pertencentes a um acervo de dados da própria empresa de termotecnologia, ou seja, tais documentos só podiam ser acessados de dentro da própria firma não existindo a possibilidade de retirá-los de lá para alguma possível consulta futura.

A coleta de informações sobre as ferramentas abordadas também se deu por meio de anotações feitas durante a participação de reuniões semanais de FMEA e método 8D além de consultas mais detalhadas no próprio chão de fábrica com os funcionários envolvidos no assunto.

Posteriormente ao período de visitas in loco foi elaborado um questionário com perguntas abertas relacionadas a boas práticas e principais dificuldades acerca das ferramentas

e métodos abordados. O questionário, que se encontra anexado nesse trabalho, foi enviado via e-mail ao gerente do departamento de gerenciamento da qualidade.

A escolha da empresa de termotecnologia se deu pelo *know-how* da mesma em questão de gestão da qualidade e uso de ferramentas e métodos da qualidade. Desde sua fundação ocorrida em 11 de novembro de 1886 na Alemanha, seu criador, Robert Bosch, sempre teve o pensamento de que a qualidade de seus produtos deveria ser sempre impecável.

Para Bosch a confiança do cliente foi sempre mais importante do que o lucro em si. Como ele mesmo disse em meados de 1919: “Para mim foi sempre inimaginável que alguém pudesse avaliar algum produto produzido por minha companhia e, de alguma maneira, julgar sua qualidade inferior à de meus concorrentes. Por essa razão tenho sempre tentado somente entregar produtos que provam, por si próprios, superioridade em todos os aspectos”. Até hoje a empresa é considerada *benchmark* em assuntos de gestão da qualidade na Alemanha, mostrando-se assim uma opção interessante para o estudo nesse trabalho.

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 EMPRESA ESTUDADA

A pesquisa proposta por esse trabalho foi focada em uma empresa termotecnológica de grande porte, especificamente no ramo de sistemas de aquecimento a gás em *Wernau*, região metropolitana de Stuttgart no situada no sul da Alemanha. Dentre os métodos e ferramentas da qualidade existentes esta empresa, entre outras, adotava: *Isochone Method*, FMEA e 8D (8 disciplinas). A empresa contava com a real possibilidade de acesso à informações e dados suficientes para o desenvolvimento da monografia.

Em 2014 a planta de Wernau contava com 1052 empregados, os quais estavam distribuídos da seguinte maneira:

• Chão de fábrica	409 Empregados
• Central de desenvolvimento	102 Empregados
• Central de administração e vendas	505 Empregados
• Aprendizes	36 Empregados

A planta da fábrica é distribuída em 6300m<sup>2</sup> de área na qual, em 2012, possuía em média mais de 147 unidades de sistemas de aquecimento a gás de 7 diferentes tipos produzidas diariamente ilustradas na Figura 3. A planta operava seguindo o quadro de áreas ilustrado na Figura 4.

Figura 3: Tipos de sistema de aquecimento a gás produzidos pela empresa



Fonte: Bosch Termotecnologia, 2014.

Figura 4: Organograma de áreas da empresa



Fonte: Adaptado de Bosch Termotecnologia, 2014.

O estudo de caso foi executado na divisão de gerenciamento da qualidade (indicado na Figura 4 por uma seta) pertencente a unidade de negócios da divisão de termotecnologia. Esse departamento, em questão, é o que utiliza ferramentas e métodos da qualidade, que por sua vez,

são os focos de análise do trabalho. O departamento de gerenciamento da qualidade é basicamente responsável pela garantia da qualidade dos aparelhos produzidos pela planta. Seu trabalho consiste em avaliar potenciais causas de falhas dos aparelhos.

#### 4.2 MÉTODO ISOCHRONE

O método Isochrone é um método que facilita a comparação do número de falhas reportadas entre lotes de diferentes datas de fabricação em um mesmo período específico de tempo. Os períodos de tempo usualmente utilizados são de um mês ou um trimestre. No exemplo ilustrado pela Figura 5 temos um *Monthly Isochrone* (*Isochrone* mensal) que nos fornece a comparação de 14 meses de produção (de janeiro de 2013 a abril de 2014) de um dado aparelho. A coluna “*MM*” indica quantos meses se passaram desde a produção de determinado lote mensal.

O número inserido em cada célula da cor verde indica o total de falhas já reportadas, ou seja, o lote produzido em janeiro de 2013, por exemplo, após completar 1 mês (*MM 0*) já contava com 17 falhas. Isso significa que 17 aparelhos daquele lote mensal já haviam apresentado algum tipo de falha. No final do mês seguinte (*MM 1*) o número de falhas subiu de 17 para 65 daquele mesmo lote mensal. Percebe-se que o número de falhas do mês *MM 1* é somatória de falhas reportadas desde *MM 0* até *MM 1*, o mesmo raciocínio vale para os meses seguintes, *MM 2*, *MM 3* e etc.

O lote mensal de fevereiro de 2013 terminou seu primeiro mês (*MM 0*) com 20 falhas reportadas, 3 a mais que o lote do mês anterior apresentou em seu primeiro mês. Já no fim de seu segundo mês o número de falhas subiu de 20 para 167.

Figura 5: Exemplo de estrutura - método *Isochronem*sal

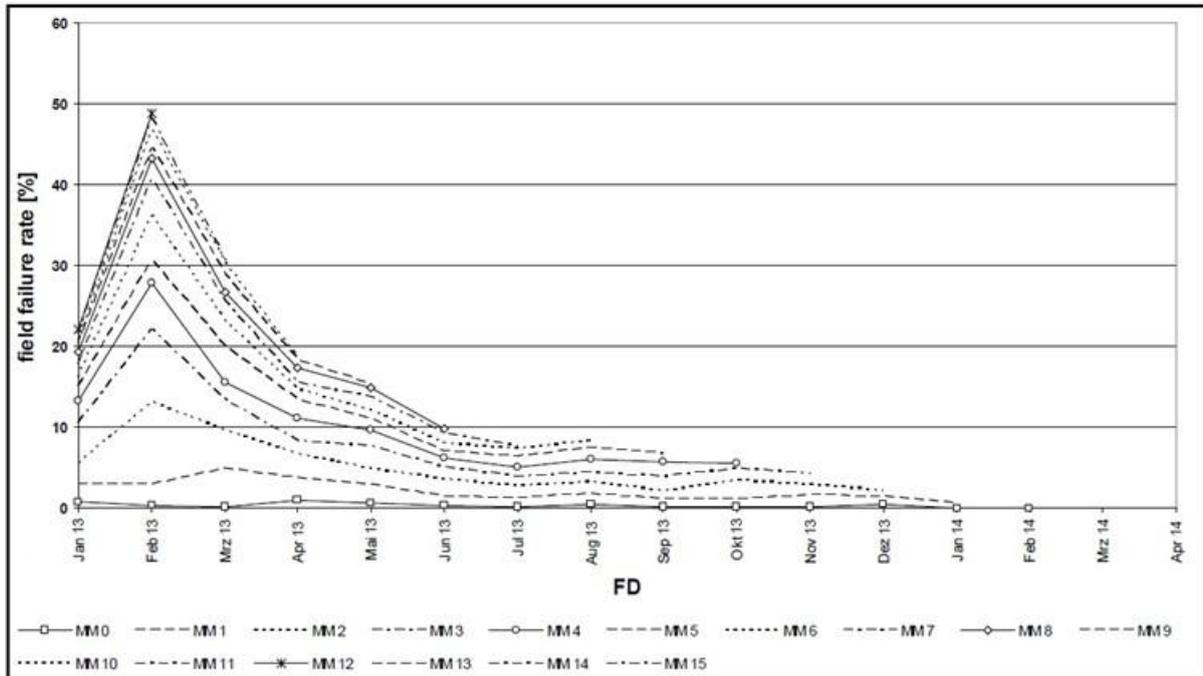
Field Claim (basis: pieces claim from field)																
Field Claims	Production Month															
Monthly (pieces)	Jan 13	Feb 13	Mrz 13	Apr 13	Mai 13	Jun 13	Jul 13	Aug 13	Sep 13	Okt 13	Nov 13	Dez 13	Jan 14	Feb 14	Mrz 14	Apr 14
MM 0	17	20	12	48	25	24	7	15	4	4	5	25	2	1		
MM 1	65	167	239	177	118	120	90	54	40	53	48	85	27			
MM 2	123	736	478	320	202	303	184	102	77	154	85	118				
MM 3	233	1.239	663	396	314	424	262	137	140	228	122					
MM 4	297	1.554	762	529	398	514	334	190	202	253						
MM 5	335	1.711	982	641	455	580	421	236	233							
MM 6	361	2.025	1.132	700	496	671	482	262								
MM 7	396	2.275	1.253	742	568	771	506									
MM 8	429	2.417	1.308	824	610	818										
MM 9	453	2.485	1.416	874	635											
MM 10	462	2.616	1.489	890												
MM 11	480	2.690	1.507													
MM 12	491	2.729														
MM 13	494															
MM 14																
MM 15																

Fonte: Adaptado de Bosch Termotecnologia, 2014.

Comparando os dois primeiros meses dos lotes de janeiro e fevereiro já é possível perceber que algo mudou na produção entre os lotes. Quanto maior o número de meses em análise mais preciso é o diagnóstico de comparação entre lotes.

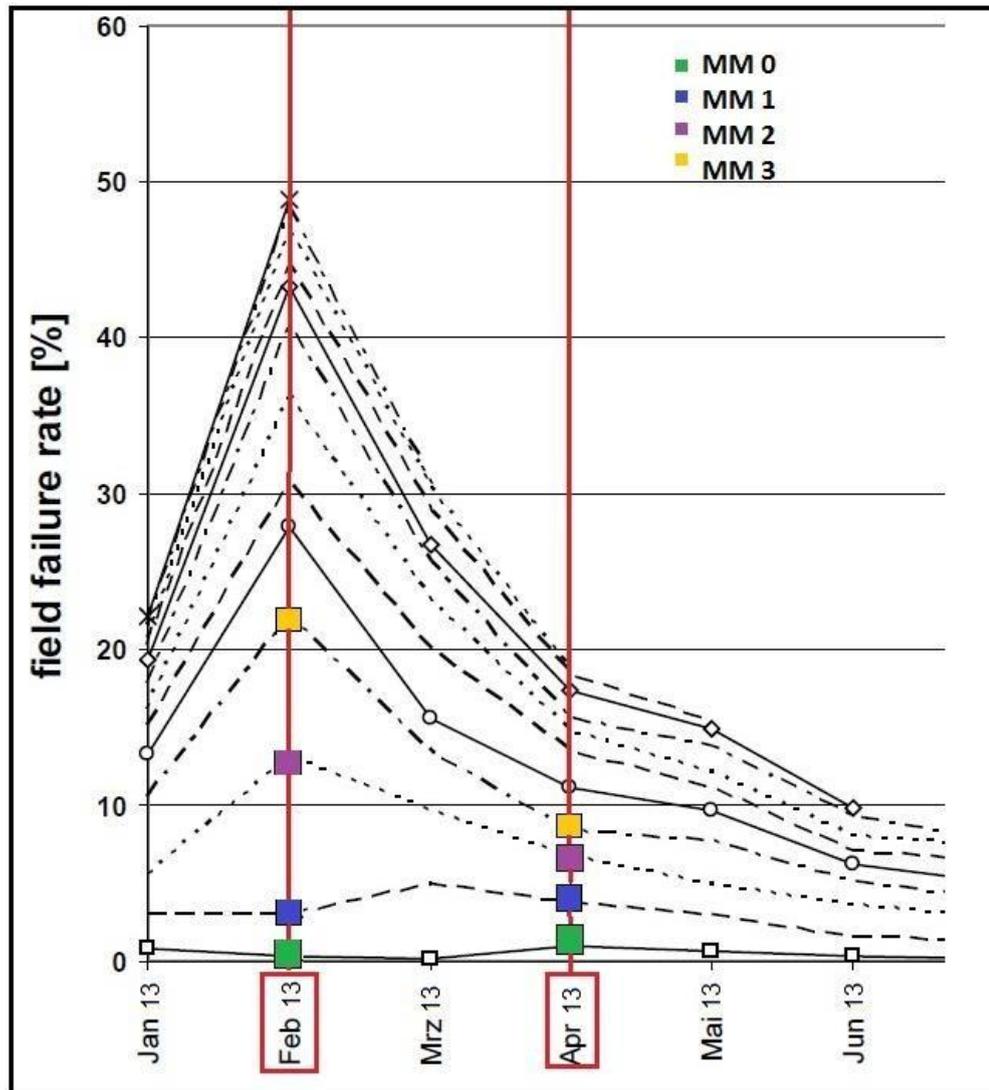
O método *Isochrone* é geralmente criado em uma tabela *Macros* de *Excel*. Com isso é possível reproduzir dados obtidos graficamente, como ilustrado na Figura 6, o que torna mais clara a visualização de disparidades no processo. Um fator característico do gráfico *Isochrone* é que quanto mais próximas as linhas “MM” estão umas das outras, maior é o grau de controle do processo. Tecnicamente as linhas podem se sobrepor umas às outras (o que significa 0 falhas detectadas em determinado mês), porém nunca deverão se cruzar.

Figura 6: Gráfico gerado a partir do método *Isochrone*



Fonte: Adaptado de Bosch Termotecnologia, 2014.

Como já abordado anteriormente percebe-se que existe uma desproporção do número de falhas comparando-se o lote mensal de janeiro de 2013 e fevereiro de 2014. Graficamente é possível perceber que o grau de dessemelhança aumenta até fevereiro, então progressivamente essa dessemelhança diminui à medida que os lotes envelhecem.

Figura 7: Gráfico do *Isochrone* detalhado

Fonte: Adaptado de Bosch Termotecnologia, 2014.

Como ilustrado na Figura 7, por meio do gráfico detalhado, a partir da linha do “MM 2” já foi possível avaliar que algum ou alguns fatores no processo de fabricação saíram do controle. Após correções feitas, o gráfico do *Isochrone* ainda auxiliou na avaliação do processo no sentido de verificar se as medidas tomadas foram suficientes para garantir que a produção estivesse novamente em controle. Percebe-se que em abril a distância entre as linhas MM já estão bem mais próximas que em fevereiro, o que demonstra que as ações tomadas foram benéficas para a melhoria do processo.

Como mencionado anteriormente o método *Isochrone* é também utilizado em alguns casos com um período específico de tempo de 3 meses ao invés de um mês. A versão do método *Isochrone* mensal nos fornece a vantagem de indicar mudanças no processo muito mais rápido

em comparação com *Isochrone* trimestral, já que a análise de comparação ocorre num período de tempo 3 vezes menor.

Nome método *Isochrone* mensal quando o número de falhas reportadas passar muito além do esperado, pelo fato de estarmos usando um período específico de tempo curto (1 mês), os resultados obtidos podem nos apresentar uma análise equivocada sobre o processo. Utilizando o método *Isochrone* trimestral (*Quarterly Isochrone*), Figura 8, temos um número maior de dados obtidos já que estamos utilizando um período de tempo maior. Com isso temos uma análise mais estável e precisa a longo prazo.

Figura 8: Exemplo de *Isochrone* trimestral

Field Claim (basis: pieces claim from field)																
Field Claims Quarterly	Production Quarter															
	I.13	II.13	III.13	IV.13	I.14	II.14	III.14	IV.14	I.15	II.15	III.15	IV.15	I.16	II.16	III.16	IV.16
MQ 0	5	9	13	33	15	0	6	8	1	1	4	6	2	0		
MQ 1	35	69	139	91	47	43	59	31	15	18	21	37	9			
MQ 2	70	266	244	158	94	106	99	52	33	33	33	57				
MQ 3	149	453	355	201	159	148	129	68	67	45	48					
MQ 4	181	601	401	295	207	202	148	96	91	52						
MQ 5	209	674	508	369	245	233	171	111	102							
MQ 6	228	802	608	430	275	289	202	126								
MQ 7	265	904	681	462	312	327	223									
MQ 8	287	968	725	524	353	350										
MQ 9	299	1.006	779	571	382											
MQ 10	315	1.064	822	601												
MQ 11	321	1.089	841													
MQ 12	326	1.111														
MQ 13	330															
MQ 14																
MQ 15																

Fonte: Adaptado de Bosch Termotecnologia, 2014.

Na Figura 8 percebemos algumas diferenças do *layout* do *Quarterly Isochrone* para o *Isochrone* mensal. A coluna “MQ”, análoga a coluna “MM”, indica quantos meses se passaram desde a produção de determinado lote trimestral, os trimestres do ano são indicados por números em algarismo romanos como ilustrado na Figura 9.

Figura 9: Comparação *Isochrone* mensal e trimestral

Quarterly Isochrone			
I.03	II.03	III.03	IV.03
5	9	13	33
35	69	139	91
70	266	244	158

⇒ 1 Ano

Monthly Isochrone											
Jan 05	Feb 05	Mrz 05	Apr 05	Mai 05	Jun 05	Jul 05	Aug 05	Sep 05	Okt 05	Nov 05	Dez 05
17	20	12	48	25	24	7	15	4	4	5	25
65	167	239	177	118	120	90	54	40	53	48	85

⇒ 1 Ano

Fonte: Adaptado de Bosch Termotecnologia, 2014.

Pelo método *Isochrone* é também possível calcular previsões para os meses seguintes. Existem 2 modos de cálculo possíveis para a previsão. A Figura 10 exemplifica o primeiro modo de cálculo, no qual se relacionam dados do mesmo trimestre, porém do ano anterior. O segundo modo é ilustrado pela Figura 11, diferente do primeiro modo os dados relacionados para a previsão são do trimestre anterior.

Figura 10: Primeiro modo decálculo

Field Claim (basis: pieces claim from field)																
Field Claims Quarterly	Production Quarter															
	I.13	II.13	III.13	IV.13	I.14	II.14	III.14	IV.14	I.15	II.15	III.15	IV.15	I.16	II.16	III.16	IV.16
MQ 0	5	9	13	33	15	0	6	8	1	1	4	6	2	0		
MQ 1	35	69	139	91	47	43	59	31	15	18	21	37	9			
MQ 2	70	266	244	158	94	106	99	52	33	33	33	57				
MQ 3	149	453	355	201	159	148	129	68	67	45	48					
MQ 4	181	601	401	295	207	202	148	96	91	52						
MQ 5	209	674	508	369	245	233	171	111	102							
MQ 6	228	802	608	430	275	289	202	126								
MQ 7	265	904	681	462	312	327	223									
MQ 8	287	968	725	524	353	350										
MQ 9	299	1.006	779	571	382											
MQ 10	315	1.064	822	601												
MQ 11	321	1.089	841													
MQ 12	326	1.111														
MQ 13	330															
MQ 14																
MQ 15																

MQ4 (III.15) = [MQ3 (III.15) / MQ3 (III.14)] \* MQ4 (III.14)

MQ4 (III.15) = (48/129)\*148

MQ4 (III.15) = 55

Fonte: Adaptado de Bosch Termotecnologia, 2014.

Figura 11: Segundo modo de cálculo

Field Claim (basis: pieces claim from field)																
Field Claims Quarterly	Production Quarter															
	I.13	II.13	III.13	IV.13	I.14	II.14	III.14	IV.14	I.15	II.15	III.15	IV.15	I.16	II.16	III.16	IV.16
MQ 0	5	9	13	33	15	0	6	8	1	1	4	6	2	0		
MQ 1	35	69	139	91	47	43	59	31	15	18	21	37	9			
MQ 2	70	266	244	158	94	106	99	52	33	33	33	57				
MQ 3	149	453	355	201	159	148	129	68	67	45	48					
MQ 4	181	601	401	295	207	202	148	96	91	52						
MQ 5	209	674	508	369	245	233	171	111	102							
MQ 6	228	802	608	430	275	289	202	126								
MQ 7	265	904	681	462	312	327	223									
MQ 8	287	968	725	524	353	350										
MQ 9	299	1.006	779	571	382											
MQ 10	315	1.064	822	601												
MQ 11	321	1.089	841													
MQ 12	326	1.111														
MQ 13	330															
MQ 14																
MQ 15																

MQ4 (III.15) = MQ4 (II.15) - [MQ3 (II.15) - MQ3 (III.15)]

MQ4 (III.15) = 52 - (45 - 48)

MQ4 (III.15) = 55

Fonte: Adaptado de Bosch Termotecnologia, 2014.

Os exemplos das Figuras 10 e 11 mostram que, apesar de serem modelos matemáticos diferentes, ambos chegam a um mesmo resultado de previsão para o próximo elemento da Linha MQ 4. Com a previsão para os meses ou trimestres seguintes a identificação de números de falhas de fato torna-se ainda mais clara. O número de falhas deve ser mantido abaixo ou, pelo menos, igual ao número de falhas calculado na previsão. Caso contrário já será possível diagnosticar o processo como fora de controle.

Como observações principais sobre a ferramenta pode-se dizer que se trata de um método de controle de número de falhas de fácil aplicação. Não é preciso nenhum software específico para sua implantação, uma simples planilha de Excel já é suficiente para a introdução dos dados, geração de gráficos e cálculo de previsões. Um ponto negativo da ferramenta é sua falta de informações quanto aos tipos de falhas. Na empresa de termotecnologia existem mais de 80 tipos de falhas em potencial que podem aparecer nas 7 categorias de aparelhos produzidos.

O método *Isochrone* indica se o número de falhas que apareceram em certo aparelho num determinado período de tempo está em uma faixa aceitável (em controle) ou não, porém não indica quais são as principais falhas. Esse fator leva a empresa lançar mão do uso de métodos complementares como, por exemplo, gráficos de Pareto para a identificação de quais tipos de falhas estão sendo responsáveis pelo processo fora de controle. Um outro ponto sobre o método que merece ser comentado é o de sua limitação de uso.

O emprego do método *Isochrone* só é recomendado caso o número de unidades produzidas de certo aparelho seja superior a 1000 unidades por mês. Caso a produção venha a ser menor do que esse número é capaz de analisar e fornecer informações equivocadas sobre o processo.

#### 4.3 MÉTODO 8D

O método *Eight Disciplines Problem Solving*, popularmente conhecido na indústria como “método das 8 disciplinas” ou simplesmente como “método 8D” é um processo de resolução de problemas estruturado. Este método auxilia de maneira confiável a resolução de problemas. É usado quando a causa do problema é desconhecida ou quando a solução para o problema está além das capacidades de um único trabalhador. Este método também é utilizado para melhorar os produtos e processos (KAPÍLIK et al., 2013).

O método 8D pode ser utilizado tanto para a resolução de problemas relacionados diretamente a produtos quanto aos diretamente relacionados a processos. Tais problemas são

geralmente detectados pelos clientes, sejam esses clientes internos, que são todos aqueles que estão envolvidos no ambiente de trabalho ou clientes externos que são os consumidores.

Na empresa de termotecnologia o uso desse método consiste em seguir a sequência de passos pré-determinados. Apesar do nome do método implicar 8 passos, na empresa de termotecnologia existem 9 passos a serem seguidos que vão do 0D até 8D. O passo de desenvolvimento do plano para a resolução do problema (0D) é no caso considerado o primeiro passo.

O método 8D pode ser também dividido em 3 grandes estágios: a etapa de resolução de problemas por meio dos 9 passos, a de documentação e a etapa de padronização das melhorias obtidas por meio do ciclo SDCA (*Standardize, Do, Check, Act*).

Os problemas a serem resolvidos podem ser classificados em 3 classes:

- **Falha crítica:** a falha no produto ou no processo é insegura e pode vir a causar situações de risco tanto a clientes internos quanto externos.
- **Falha grave:** a falha pode causar deficiência total ou parcial no aparelho ou processo. É uma falha perceptível e é esperado que em algum momento seja feito algum tipo de reclamação sobre ela.
- **Falha menor:** a falha não afeta o funcionamento do produto ou a execução do processo. Não haverá efeito perceptível mesmo que atinja o cliente, uma reclamação por parte do cliente pode quase ser excluída.

O processo de resolução de problema com o método 8D tem de ser aplicado de acordo com o critério de classificação esclarecido acima. Dependendo da complexidade do problema, às vezes é possível ignorar algumas etapas do método 8D. Geralmente, se algum passo é descartado e provavelmente é do grupo de passos entre D0 e D2. Do passo D3 em diante, que é o desenvolvimento de um plano de ação imediata, a complexidade e importância dos passos torna-se cada vez maior.

Existem alguns critérios que devem ser considerados antes de se aplicar o método 8D, o problema a ser resolvido deve rapidamente ser avaliado. Nesta fase verifica-se se a utilização deste método é a melhor opção. Dependendo do grau de complexidade do problema a utilização de um método alternativo mais simples pode vir a ser mais rápida sendo assim mais adequada. A utilização do método não é obrigatória em todos os casos, mas pode vir a ser no caso em que todas as falhas de campo são classificadas como falha crítica ou quando analisados os gráficos

do *Isochrone* é identificado um desvio significativo (maior que 25%) em relação às taxas dos meses anteriores (MM) ou trimestres (QM), por exemplo.

Após a constatação de que o método 8D é uma boa alternativa para a solução do problema começa a primeira fase do processo, os 3 primeiros passos são desenvolvidos:

- **D0: Plano** – Desenvolvimento de um plano para a resolução do problema e determinação dos pré-requisitos.

- **D1: Formação de equipe** – Criação de uma equipe de pessoas com conhecimentos sobre os processos/produtos.

- **D2: Definição e descrição do problema** – Especificação do problema por meio da identificação em termos quantificáveis do 5W2H.

É recomendável que a equipe seja composta por integrantes de diferentes áreas que compartilhem com o problema em questão. A interdisciplinaridade do grupo pode agregar diferentes pontos de vista sobre o problema, facilitando a sua compreensão.

Na descrição do problema (passo D2) a equipe tem que usar como base a pergunta "Será que o problema fundamental (real) foi identificado e entendido?" É fundamental que o problema identificado esteja claro para todos da equipe. O entendimento do problema fundamental é feito tanto por meio de fatos qualitativos, como também quantitativos como quantidades, números e datas, normalmente listados sob as perguntas do 5W2H.

Após a fase inicial (D0 a D2) começa uma fase de maior complexidade que demanda recursos, conhecimento e tempo dos integrantes do grupo (D3 a D7). Por fim, o reconhecimento dos esforços coletivos da equipe (D8). Os passos seguintes são:

- **D3: Desenvolvimento de um plano de ação imediata** – implementação de medidas de ação de contenção ou correção, que vão proteger os interessados (processo ou cliente) dos efeitos do problema. Trata-se de uma ação temporária e não definitiva.

- **D4: Identificação, verificação e determinação das causas** – Identificação de todas as causas aplicáveis que poderiam explicar por que o problema ocorreu. Verificação de por que o problema não foi notado no momento em que ocorreu. Todas as causas devem ser analisadas até que tenham consenso sobre qual é a mais provável, a causa raiz do problema. Trata-se de uma fase em que todos os envolvidos aprendem muito sobre os mecanismos das causas, todas as sugestões devem ser consideradas. Cada membro da equipe deve contribuir com sua visão

do problema para que possíveis ações corretivas possam ser identificadas. Pode-se usar o 5W2H e diagramas de causa e efeito para mapear causas do efeito ou problema identificado.

• **D5: Escolha e verificação de ações corretivas** – Escolha das melhores ações corretivas propostas no passo anterior (D4). Teste das ações na prática, confirmação se o problema é resolvido sem trazer consequências inesperadas ou indesejadas, como um custo elevado no processo, criação de um gargalo, etc.... se preciso, deve-se refazer o passo 4.

• **D6: Implementação e validação das ações corretivas** – Definição e implementação das melhores ações corretivas. Convém acompanhar o desempenho do processo por mais um determinado período de tempo e estabelecer os controles necessários para garantir sua eficácia.

• **D7: Tomada de medidas preventivas** – Modificação dos sistemas de gestão, sistemas de operação, práticas e procedimentos. Quando um problema é solucionado conseqüentemente ocorrem mudanças na rotina. A Modificação dos sistemas garante a prevenção e a recorrência deste e de todos os problemas semelhantes.

• **D8: Reunião final/Comemoração** – Reconhecimento dos esforços coletivos da equipe. É função do líder e dos superiores felicitar a equipe, e o resultado obtido deve ser divulgado a todos. Isso incentiva as pessoas a participarem de futuros processos, disseminando assim o conhecimento na organização.

Na definição das ações imediatas do passo D4 a pergunta-chave é "Os interesses da empresa de termotecnologia, especialmente no que diz respeito a clientes satisfeitos, são suficientemente atendidos?" Nesse caso a equipe deve desenvolver ações e medidas tomando cuidado para que a confiabilidade do produto e as exigências da empresa sejam mantidas, de maneira a preservar e manter a boa imagem que ela tem. Também é importante ressaltar que as ações imediatas (de contenção) do passo D3 devem ser documentadas.

O próximo passo é a escolha e verificação de ações corretivas. As diferentes possibilidades de causas (ambientais, técnicos, de gestão ...) são novamente analisadas com a finalidade de confirmá-las como as causas reais do problema ou não. Nessa etapa, a equipe tem que analisar alguns pontos específicos do produto ou processo tomando como base questões, como:

- " O produto está especificado corretamente?
- "Os funcionamentos dos produtos entregues estão sujeitos a falhas por seu uso indevido?"

- "Os documentos e as conformidades estão regularizadas? (Por exemplo definição de processos de fabricação, diretrizes de desenvolvimento, FMEA...)"

Depois que as ações corretivas são definidas, se elas solucionarem totalmente as causas listadas na D4, essas podem então ser documentadas. As eficácias das ações corretivas devem ser também provadas, usando, por exemplo, simulação, cálculos ou testes práticos. A última etapa (D8) consiste na reunião final da equipe, quando o líder da equipe e o patrocinador assinam o documento 8D. Isso significa que, finalmente, o Relatório 8D está completo.

O desenvolvimento da resolução de um problema utilizando o método 8D pode levar vários meses dependendo de sua complexidade. Uma documentação clara e organizada feita ao longo dos passos do método é muito importante visto que existem várias contribuições de pessoas diferentes e muitos detalhes que podem se perder ao longo do tempo se não forem corretamente documentados.

Em todos os encontros da equipe dois documentos distintos são preenchidos de maneira a auxiliar organização dos passos delimitando atitudes e medidas tomadas e também seus respectivos responsáveis. A Figura 11 ilustra um modelo do documento no qual os passos de D0 a D8 são preenchidos. O documento ilustrado na Figura 12 apresenta um fluxograma que exemplifica o método como um todo, nesse documento cada passo é classificado com seu respectivo responsável ou responsáveis. Essas informações são preenchidas em uma tabela.

Figura12: Modelo do documento 1 – Método 8D

8D - Bericht		BD - Nr.:
Die Methodik ist im Heft 16 "Problemlösung", Kapitel "8D- Methode" erklärt		Sonderfreigabe oder OMM - Nr.:
Die grünl. unterlegten Felder sind zur Bearbeitung vorgesehen		Erstellungsdatum:
		Zwischenbearbeitungsdatum:
		Aussteller:
Anhang - Nr.:		
<b>Thermotechnik</b>		
Beanstandungs- Titel: <input type="checkbox"/> Band <input type="checkbox"/> Wareneingang <input type="checkbox"/> K-Meldung <input type="checkbox"/> Feldfehler/EWL <input type="checkbox"/> Entwicklung <input type="checkbox"/> Produktaudit <input type="checkbox"/> Sonstiges <input type="checkbox"/> Wann?		
Erzeugnis oder Komponente: <input type="checkbox"/> Wiederholfehler: <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein		
TT-Nr. des ausgefallenen Teils: <input type="checkbox"/> Wenn ja: Alte 8D - Nummer: <input type="checkbox"/>		
Fertigungswerk oder Lieferant: <input type="checkbox"/> Serienberichtsnummer: <input type="checkbox"/>		
Lieferantennummer: <input type="checkbox"/> FD Erzeugnis / Komponente: <input type="checkbox"/>		
Beanstandete Stückzahl: <input type="checkbox"/> Zusatzinformationen zum FD: <input type="checkbox"/>		
Verteiler / Kontaktpersonen: <input type="checkbox"/> Name: <input type="checkbox"/> Abt.: <input type="checkbox"/> Tel.: <input type="checkbox"/>		
außer Teammitglieder: <input type="checkbox"/> Name: <input type="checkbox"/> Abt.: <input type="checkbox"/> Tel.: <input type="checkbox"/>		
(siehe D1) <input type="checkbox"/> Name: <input type="checkbox"/> Abt.: <input type="checkbox"/> Tel.: <input type="checkbox"/>		
<b>D1 Problemlösungsteam einrichten</b>		
Teamleiter: <input type="checkbox"/> Name: <input type="checkbox"/> Abt.: <input type="checkbox"/> Tel.: <input type="checkbox"/>		
Patr.: <input type="checkbox"/> Name: <input type="checkbox"/> Abt.: <input type="checkbox"/> Tel.: <input type="checkbox"/>		
Teammitglieder: <input type="checkbox"/> Name: <input type="checkbox"/> Abt.: <input type="checkbox"/> Tel.: <input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> Name: <input type="checkbox"/> Abt.: <input type="checkbox"/> Tel.: <input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> Name: <input type="checkbox"/> Abt.: <input type="checkbox"/> Tel.: <input type="checkbox"/>		
<b>D2 Problembeschreibung</b>		
Fehlerbild Beschreibung: <input type="checkbox"/>		
Auswirkung auf Schnittstelle/Kunde: <input type="checkbox"/>		
Erledigungsdatum für D2: <input type="checkbox"/>		
<b>D3 Festlegung von Sofortmaßnahme(n) TT- intern und extern (Lieferant, Lager, Kundendienst, ...)</b>		
Vorläufige Risikoabschätzung (max. Auswirkung und Auftretenswahrscheinlichkeit): <input type="checkbox"/>		
Nr. Beschreibung der aus der vorläufigen Risikoabschätzung abgeleiteten Sofortmaßnahme(n): <input type="checkbox"/>		
Wirksamkeit geschätzt in % <input type="checkbox"/> Verantwortlich (Name + Abt.) <input type="checkbox"/>		
Eingeführt am <input type="checkbox"/> Wirksam ab FD <input type="checkbox"/>		
Erledigungsdatum für D3: <input type="checkbox"/>		
<b>D4 Ursachenanalyse</b>		
Nr. Beschreibung der Technischen Fehlerursache (TRC) mit Nachweis: Warum konnte der Fehler auftreten? <input type="checkbox"/>		
Verantwortlich (Name + Abt.) <input type="checkbox"/> Erledigungsdatum <input type="checkbox"/>		
Verursachender Prozess: <input type="checkbox"/>		
Robustheitskriterien: <input type="checkbox"/>		
Risikoabschätzung: <input type="checkbox"/> Verantwortlich (Name + Abt.) <input type="checkbox"/>		
Erledigungsdatum <input type="checkbox"/>		
Schon ausgelieferte Stückzahl: <input type="checkbox"/>		
Erwartete Anzahl weiterer Ausfälle: <input type="checkbox"/>		
Betroffener Produktionszeitraum: <input type="checkbox"/> von: <input type="checkbox"/> bis: <input type="checkbox"/>		
<b>D5 Mögliche Abstellmaßnahme(n) und Nachweis der Wirksamkeit</b>		
Nr. Korrekturmaßnahme(n) für die Technische Fehlerursache (TRC): <input type="checkbox"/>		
Wirksamkeit geschätzt in % <input type="checkbox"/> Voraussichtlich wirksam ab <input type="checkbox"/>		
Verantwortlich (Name + Abt.) <input type="checkbox"/> Erledigungsdatum <input type="checkbox"/>		

D6 Introduction of Corrective Action(s) and Tracking of Effectiveness		Person in charge (name + dept.)	Planned Introduction at	Introduced at	Effective from
No. Description of the corrective action(s) for the Technical root cause(s) (TRC):					
No. Tracking of effectiveness of the introduced corrective action(s) for the Technical root cause(s) (TRC):					
No. Korrekturmaßnahme(n) für die Geschäftsprozess Fehlerursache (MRC):					
Wirksamkeit geschätzt in % <input type="checkbox"/> Voraussichtlich wirksam ab <input type="checkbox"/> Verantwortlich (Name + Abt.) <input type="checkbox"/> Erledigungsdatum <input type="checkbox"/>					
D6 Einführung der Abstellmaßnahme(n) und Verfolgung der Wirksamkeit					
No. Beschreibung der Korrekturmaßnahme(n) für die Technische Fehlerursache (TRC):					
Verantwortlich (Name + Abt.) <input type="checkbox"/> Geplante Einführung am <input type="checkbox"/> Eingeführt am <input type="checkbox"/> Wirksam ab <input type="checkbox"/>					
D7 Preventive Action(s) to Avoid the Recurrence of the Defect					
No. How to prevent future failures?					
Person in charge (name + dept.) <input type="checkbox"/> Planned introduction at <input type="checkbox"/> Introduction done at <input type="checkbox"/>					
FMEA - Consideration:					
Update necessary? <input type="checkbox"/>					
Name of the FMEA - file: <input type="checkbox"/>					
Adoption of possible Corrective Action(s) for other processes, products, locations					
Could the root cause affect other processes, products or sites? <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No					
If yes: Which department do you inform (e.g. + M.L.A. Coordinators)? <input type="checkbox"/>					
If no: Why don't you expect other processes, products or sites to be concerned? <input type="checkbox"/>					
D8 Final meeting (appreciation, idea for improvement)					
Participants: <input type="checkbox"/>					
Carried out at: <input type="checkbox"/>					
Remarks to the final meeting <input type="checkbox"/>					
Results: <input type="checkbox"/> Technical problem solved <input type="checkbox"/> Root cause unclear <input type="checkbox"/> Technical problem partly solved <input type="checkbox"/> % solved <input type="checkbox"/>					
Conclusion of the report confirmed by:					
Team leader: <input type="checkbox"/> Date: <input type="checkbox"/> Signature: <input type="checkbox"/>					
Sponsor: <input type="checkbox"/> Date: <input type="checkbox"/> Signature: <input type="checkbox"/>					
Responsible Department: <input type="checkbox"/> Date: <input type="checkbox"/> Signature: <input type="checkbox"/>					
XPP/OMM: <input type="checkbox"/> Date: <input type="checkbox"/> Signature: <input type="checkbox"/>					
XPP/PM or XX/PT: <input type="checkbox"/> Date: <input type="checkbox"/> Signature: <input type="checkbox"/>					
TT-XXNE: <input type="checkbox"/> Date: <input type="checkbox"/> Signature: <input type="checkbox"/>					
Remark: Evaluation done acc. appendix 6 of the CDQ0907 <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No					
Evaluation saved on the central 8D- Server with the 8D- numbering <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No					

Fonte: Bosch Termotecnologia, 2014.

Figura 13: Modelo do documento 2– Método8D

THERMOTECNOLOGY		Attachment 4 of TT-VAN020, Edition 4.1	
* Legend RAASIC: R = responsible, A = approval, S = support by Management, I = to be informed, C = cooperation		4.4	
No	Input Methods / Documents / Templates	Process flow <b>Problem Solving with the 8D Method</b>	Output Product / Process performance fig. / Work results
1	complaint is received, e.g. TopDesk, service message, internal failure, MOO-lead appliances		I
2	Complaint		Understood problem
3	Understood problem		8D yes / no
4	8D necessary		8D-report created
5	8D-Bericht necessary, problem recognized		Responsible department for processing the 8D defined
6	Created 8D report take over to processed department		Sponsor nominated
7	Sponsor nominated		Teamleader nominated, Team installed
8	Teamleader nominated, Team installed		All D-steps processed
9	All D-steps processed		8D report closed for archiving
10	8D closed for archiving		8D report archived

Fonte: Adaptado de Bosch Termotecnologia, 2014.

## FMEA

O Modo de Falha e Análise de Efeitos (FMEA) é um método de análise de garantia de qualidade preventiva. Ela ajuda a identificar e avaliar os riscos em tempo útil, e também ajuda a definir e colocar em prática ações adequadas para minimização do risco. O FMEA é realizada em 5 etapas: análise estrutural, análise funcional, análise de falhas, análise da ação, e otimização.

O FMEA é criado por um grupo interdisciplinar composto por especialistas das áreas funcionais e operacionais responsáveis diretamente ou até mesmo indiretamente do produto ou processo a ser abordado em questão. A função primordial da equipe de FMEA é encontrar falhas e riscos que precisam de ser reduzidos. Para cada risco selecionado o grupo deve avaliá-lo e colocá-lo em um ranking.

O conhecimento da ferramenta FMEA pelos membros da equipe é um pré-requisito para uma cooperação efetiva. Os membros devem eleger entre eles um líder que será então responsável pela correção formal e metódica do FMEA. Durante a criação do FMEA, o líder deverá conduzir a equipe multifuncional.

O líder da equipe tem autoridade para cancelar uma reunião FMEA se:

- Os participantes vitais estiverem ausentes.
- O conteúdo da reunião não foi adequadamente preparado.

Cada departamento de desenvolvimento de produto deve dispor de pelo menos um funcionário qualificado a liderar uma equipe de FMEA correspondente a sua área. Na empresa de termotecnologia estudada se um FMEA não for atualizado após 3 anos da data de seu lançamento é obrigatório que seja feita uma auditoria para verificar se seu conteúdo ainda se encontra atual a realidade do produto ou processo em questão.

A função primordial da equipe de FMEA é encontrar falhas e riscos que precisam de ser reduzidos. Para cada risco selecionado o grupo deve avaliá-lo e colocá-lo em um ranking.

O FMEA pode ser dividido em duas áreas, Produto e Processo. No FMEA de produto, como o nome diz, a análise é centrada no próprio produto, seu projeto, suas funcionalidades, suas peças e componentes. A ideia principal do FMEA produto é garantir a qualidade ao longo do ciclo de vida do produto inteiro. Isso inclui desde a fase de sua produção até o seu descarte incluindo as fases intermediárias de utilização e manutenção.

O FMEA de Processo apesar de um pouco diferente, a ideia principal é mantida. Nesse caso o foco está no processo de concepção do produto, nas etapas subsequentes que transformam os componentes e matérias primas em um produto final. A qualidade deve ser garantida em todas

as etapas da produção, desde a entrada de matéria prima, as suas etapas de instalação, até à sua entrega aos clientes. Cada passo tem que ser analisado separadamente nos pontos que se seguem:

- O que está sendo criado ou acrescentado neste passo?
- De que maneira essa ação é feita?
- Essa ação pode ser melhorada?
- O que pode dar errado?
- Se algo der errado, o que pode ser feito para evitar essa falha?

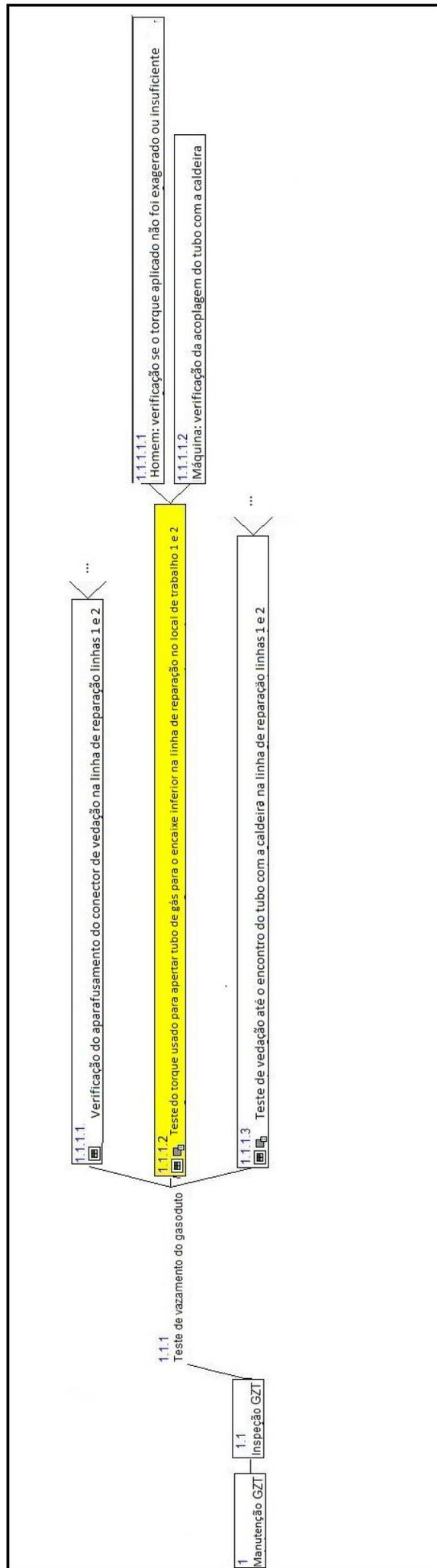
O primeiro passo para o desenvolvimento de um FMEA é a criação de sua estrutura, que é basicamente a listagem dos processos de montagem e instalação. O programa utilizado para desenvolver o FMEA na empresa de termotecnologia é o IQ-RM PRO.

Na Figura 14, temos um exemplo adaptado que esquematiza um trecho de uma estrutura de um FMEA de processo de manutenção uma caldeira de condensação tipo GZT. A estrutura começa com o tópico manutenção do GZT (1), dentro desse tópico a empresa optou pela possibilidade de começar a manutenção com uma inspeção (1.1). Entre os diferentes tipos de inspeção feitas nessa etapa contamos com a inspeção de teste de vazamento do gasoduto (1.1.1), que por sua vez é composto por 3 sub etapas: verificação do aparafusamento do gasoduto (1.1.1.1), teste do torque utilizado no aparafusamento (1.1.1.2) e teste de vedação do tubo com a caldeira (1.1.1.3).

Para cada uma dessas 3 etapas 5 fatores devem ser analisados a fim de verificar qual a interferência ou envolvimento de cada um deles na etapa. Os 5 fatores são pré-definidos como: homem, máquina, meio ambiente (ou área de atuação em questão), material e métodos. Em outras palavras, as etapas são analisadas a partir de 5 pontos de vista diferentes sobre a mesma ação.

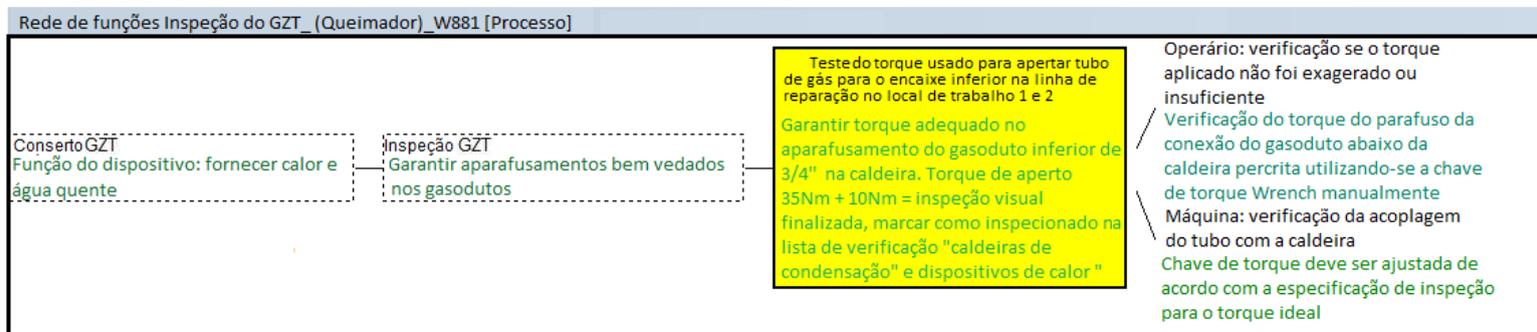
Apesar serem somente 5 fatores na maioria das vezes muitos desses fatores não tem interferência alguma na etapa em questão. No exemplo pode-se perceber que a etapa de teste de torque utilizado no aparafusamento (1.1.1.2) sofre interferência de apenas dois desses fatores: homem (1.1.1.1.1) e máquina (1.1.1.1.2). Posteriormente, na criação das redes de funções e de falhas, tanto as funções e métodos quanto as potenciais falhas criadas nas etapas do processo deverão ser elaboradas tomando como base cada fator influente no processo.

Figura 14: Exemplo de estrutura de FMEA



Após a criação da estrutura vem a criação da rede funções usando a própria estrutura como base. Nesta etapa de criação do FMEA de processo, para cada etapa da estrutura, uma medida ou função tem de ser atribuída, considerando também possíveis tolerâncias. Na Figura 15 na etapa destacada em amarelo, que por sua vez é a etapa 1.1.1.2 da estrutura, na qual se verifica o torque do aparafusamento entre a tubulação de gás a caldeira (em amarelo), é atribuída a função ao operário para que teste torque obedecendo a tolerância de (35Nm + 10 Nm) e marque como “inspecionado” na lista de verificação. A rede de funções representa basicamente a estrutura de FMEA anteriormente criada, mas agora com funções atribuídas às etapas. As funções são todas escritas em verde.

Figura 15: Rede de funções



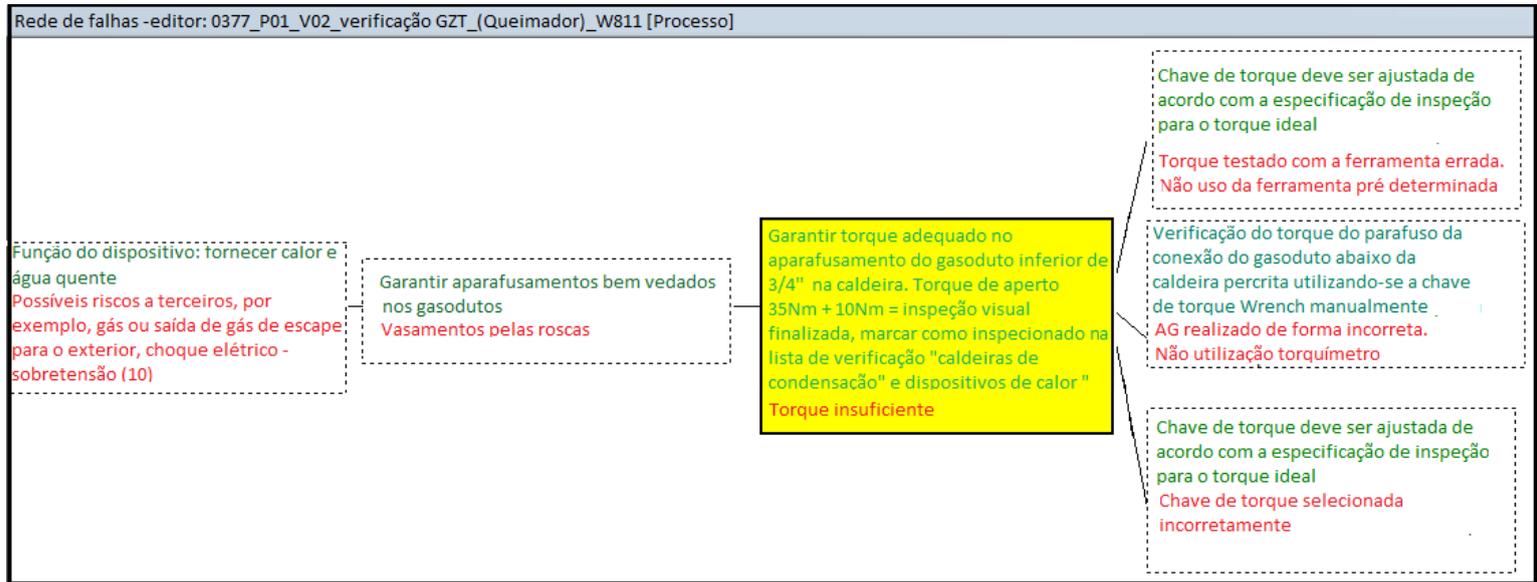
Fonte: Adaptado de Bosch Termotecnologia, 2014.

Após a construção de uma estrutura sólida e uma rede de funções é possível criar uma rede de falhas. Na fase de criação da rede de falhas, a partir das funções e medidas atribuídas na rede de funções, a equipe realiza um *brainstorming* tentando imaginar quais são as possíveis falhas que podem ocorrer na execução de determinada etapa e também o quanto impactante seria aquela falha para o processo se ela vier a ocorrer. Diferente das funções, as falhas são escritas em vermelho.

É válido ressaltar a importância da multifuncionalidade da equipe de FMEA. Pessoas de diferentes áreas podem vir a ter diferentes pontos de vistas conhecimentos sobre um determinado aspecto analisado em questão. A multifuncionalidade agrega um maior número de informações e, conseqüentemente, um maior número de boas ideias em um *brainstorming*.

Na Figura 16 temos um trecho da rede de falhas. Pode-se notar que para a etapa da verificação do torque do aparafusamento entre a tubulação de gás a caldeira em que o trabalhador tem de aplicar o torque correto na tolerância (35Nm + 10Nm), a equipe de FMEA julga como uma possível falha para essa função o simples fato de o que operário pode aplicar o torque errado (mais ou menos do que o especificado). As possíveis falhas classificadas também podem ser simples, desde que sejam plausíveis com a função discutida em questão.

Figura 16: Rede de falhas



Fonte: Adaptado de Bosch Termotecnologia, 2014.

Após a elaboração da estrutura do processo FMEA, da rede funções e da rede falhas, o próximo passo é reorganizar todas essas informações desenvolvidas pela equipe para em formulário. O formulário, ilustrado na Figura 17 é basicamente composto pelos níveis da árvore de sequência: modo de falha, falha de efeito e causar falha. O passo seguinte é discutir e acrescentar ao formulário medidas de prevenção e detecção de falhas.

Figura 17: Formulário FMEA

NR.	PROCESSO DE COMPONENTE	FUNÇÃO	EFEITO DE FALHA	SEQUÊNCIA DAS FALHAS	K	CAUSA DE FALHA	PREVENÇÃO DE FALHA	IDENTIFICAÇÃO DE FALHA	B	A	E	RPZ	MEDIDAS V/T:
1.1.1.1.1.a.1	◆ Teste: mais torque para apertar tubo de gás para o encaixe inferior na linha de reparação no local de trabalho 1 e 2	Garantir torque adequado no aparafusamento do gasoduto inferior de 3/4" na caldeira. Torque de aperto 35Nm + 10Nm = inspeção visual finalizada, marcar como inspecionado na lista de verificação "caldeiras de condensação" e "dispositivos de aquecimento"	Torque insuficiente	<Garantir aparafusamentos bem vedados nos gasodutos> Vasamentos pelas roscas B: 10 >> <Função do dispositivo: fornecer calor e água quente> Possíveis riscos a terceiros, por exemplo, saída de gás para o exterior, choque elétrico - Tensão alta (10)	⚠	<Verificação do torque do parafuso da conexão do gasoduto abaixo da caldeira utilizando-se a chave de torque Wrench manualmente> Torque testado com a ferramenta errada. Não uso da ferramenta prescrita.	☒	☒	10	3	6	[180]	

Fonte: Adaptado de Bosch Termotecnologia, 2014.

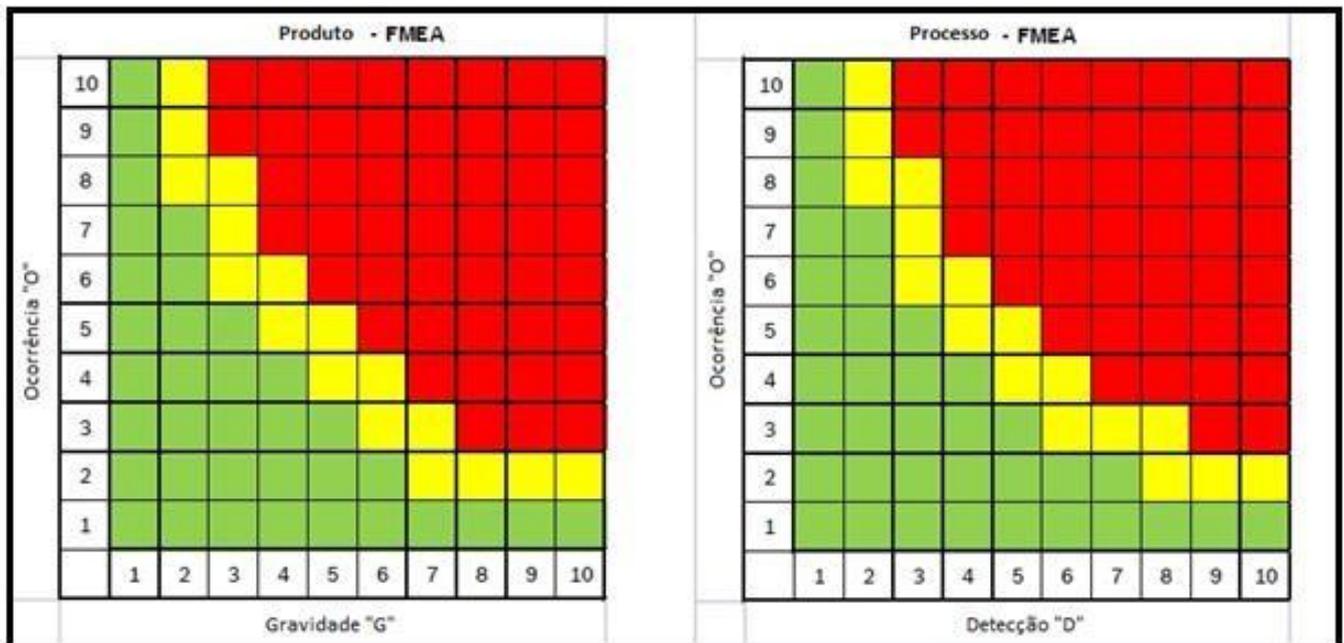
O tipo de falha é basicamente a descrição da falha ou erro, é a informação registada na rededefalhas. Continuandocomomesmoexemplo,noformulárioriosotipodefalhaé"torque insuficiente".

O efeito de falha descreve a intensidade e a influência da falha no processo. Questões relacionadas com o efeito de falha são:

- Essa é uma falha é considerada grande oupequena?
- Essa falha pode de alguma forma gerar novas falhas? Se sim, que falhas podem aparecer?

Oefeitodefalhatemdeseravaliadoemumaescalade1a10,utilizandocomoparámetro a classificação de gravidade para o FMEA de produto. A equipe pode utilizar uma matriz, ilustrada pela Figura 18, que auxilia na avaliação a priorização deriscos.

Figura 18: Matriz de priorização de riscos



Fonte: Adaptado de Bosch Termotecnologia, 2014.

- Verde: sem medidas adicionaisnecessárias
- Amarelo: admissível - As falhas devem ser documentadas e o risco deve ser aprovado pelo respectivo responsável da área. (Esta informação deve ser documentada noFMEA)
- Vermelho: Proibido - Riscos dentro da área vermelha devem ser evitados. Maiores medidas de redução de riscos são necessárias. Se a redução de risco não for possível, essa informação deve ser realçada no documento final do FMEA e aprovada pelo responsável da área.

A nota 10 representa uma falha extremamente grave, 5 é atribuído a uma falha média e 1 é classifica a falha como "isenta de efeitos". No exemplo é possível ver que a taxa de efeito falhaéB:10,istosignificaquenocasodeumtorqueinsuficientenaconexãodogasodutocom a caldeira resultaria em uma falha grave, já que teríamos falhas colaterais como vazamentos e possíveis riscos a terceiros.

Acausadefalha,comoonomediz,ésimplesmenteacausaprováveldoerro.Aprevenção falha representa as medidas discutidas pela equipe para reduzir ou evitar falhas. A detecção, assim como na divisória de funções é também preenchida com medidas, mas nesse caso para verificar se em alguma etapa do processo existem falhas remanescentes ou não. Um exemplo muito comum usado como medida de detecção é a utilização de uma lista de verificação de tolerâncias, porexemplo.

Após o termino da elaboração do FMEA pela equipe a Revisão do conteúdo de seu conteúdo deve acontecer pelo menos uma vez, nesta etapa possíveis falhas ou melhorias são feitas, resultando em um novo lançamento.

No máximo após 4 semanas da criação do FMEA, deve ser tomada a decisão sobre a aprovação ou rejeição de sua liberação. O líder tem que confirmar que FMEA está de acordo com o esperado e não tem erros. Após sua assinatura o documento final é liberado.

## 5 BOAS PRÁTICAS E PRINCIPAIS DIFICULDADES

Como já mencionado anteriormente nesse trabalho a coleta de informações sobre as ferramentas abordadas se deu por meio de documentos e relatórios pertencentes a uma empresa de dados da própria empresa de termotecnologia, por meio de anotações feitas durante a participação de reuniões semanais além de informações obtidas por meio de um questionário elaborado com perguntas abertas relacionadas a boas práticas e principais dificuldades das ferramentas e métodos abordados. O questionário foi respondido pelo gerente do departamento de gerenciamento da qualidade.

### 5.1 ISOCHRONE

É um método simples de fácil aplicabilidade na empresa que facilita a comparação do número de falhas reportadas entre lotes de diferentes datas de fabricação em um mesmo período específico de tempo.

Além de diagnosticar se o processo está dentro ou fora de controle, ainda é possível calcular previsões para os meses seguintes, o que permite que a empresa faça alterações no processo antes que os problemas comecem a aparecer efetivamente, poupando assim custos e tempo.

Para sua criação, não é necessário nenhum tipo de software específico, o Excel basta. Trata-se de um método de custos irrisórios visto que seu mecanismo é de fácil entendimento, poupando a empresa a arcar com custos extras em treinamentos. Para a execução do método um funcionário é o suficiente.

Pelo *Isochrone* é também possível calcular previsões para os meses seguintes. O emprego do método só é recomendado caso o número de unidades produzidas de certo aparelho seja superior a 1000 unidades por mês. Caso a produção venha a ser menor do que esse número, é capaz de a análise nos fornecer informações equivocadas sobre o processo.

O método *Isochrone* não indica quais são as principais falhas. Esse fator leva a empresa a ter necessidade do uso de métodos complementares como, por exemplo, os que elaboram gráficos de Pareto para a identificação de quais tipos de falhas são responsáveis pelo processo fora de controle.

### 5.2 8D

Essa ferramenta nos retorna soluções rápidas e de grande importância, proporcionando para a empresa de termotecnologia lucratividade e praticidade. Ela fornece também o registro das atividades, ou seja, nos casos da ocorrência de problemas similares a outros que já ocorreram no passado, as soluções e as medidas de controle estão arquivadas e agiliza e facilita a tomada de decisão.

A ferramenta 8D proporciona clareza no mapeamento para a resolução de problemas, sendo utilizada rigorosamente para resolver problemas tanto ainda dentro da empresa de termotecnologia como na resolução de falhas do produto já em mãos do cliente.

A maior dificuldade encontrada nessa ferramenta é o comprometimento e a colaboração dos funcionários e o desempenho pela busca contínua da qualidade, já que envolve a colaboração de uma equipe de funcionários e administradores.

### 5.3 FMEA

O FMEA traz à empresa um melhor conhecimento dos problemas nos produtos e processos. O método gera uma forma sistemática de hierarquizar informações sobre as falhas dos produtos e processos. Essa hierarquização permite a criação de um sistema de prioridades de melhorias, que por sua vez, permite uma melhor alocação de recursos da empresa.

No FMEA devido a documentação de riscos e prevenção de ocorrência de falhas, o tempo que se gasta mapeando possíveis causas de falhas ou riscos é cada vez menor, assim como os custos de desenvolvimento. Ao mesmo tempo a confiabilidade, qualidade e segurança do produto ou processo aumentam. Isso ajuda a empresa a manter sempre o foco no cliente, garantindo sua satisfação e segurança.

O FMEA é atualizado cada vez que é identificada alguma ação de melhoria no projeto do produto ou do processo, ou seja, é uma ferramenta que contribui para a melhoria contínua.

Apesar de ser uma ferramenta extremamente eficiente (se aplicada de maneira correta), alguns FMEAs na empresa de termotecnologia não apresentam resultados satisfatórios devido a extrapolação de seus limites pelos projetistas. A eficácia da ferramenta está muito ligada a perícia do projetista, devido ao fato de que os modos de falha precisam ser previstos por ele.

Das limitações que ocorrem no FMEA podemos citar que ele não pode ser elaborado até que o projeto tenha progredido a um certo ponto em que os elementos do sistema tenham sido selecionados. Existe também a possibilidade de o FMEA de produto não impactar o projeto de modo eficaz, com isso não garantindo a confiabilidade do produto, caso seja executado muito tarde.

O FMEA gera custos extras já que há uma necessidade de se compor um time com uma característica interdisciplinar elevada e posteriormente treiná-los devidamente. O FMEA não analisa perigos ou problemas quando o sistema está operando devidamente além de seu processo poder ser tedioso e consumir muito tempo caso seja muito complexo.

Tabela 1: Boas práticas

Ferramentas e Métodos	Boas práticas
<b><i>Isochrone</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método de fácil uso e aplicabilidade.</li> <li>• Não necessita nenhum software específico para seu uso, apenas o Excel basta.</li> <li>• Barato para a empresa: custos irrisórios de implantação.</li> <li>• Barato para empresa: Não necessidade de treinamentos (custos extras à empresa).</li> <li>• Calcula previsões para os meses seguintes (economia de tempo e custos).</li> </ul>
<b>8D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ideal quando a causa do problema é desconhecida.</li> <li>• Ideal para a solução de problemas que está além das capacidades de um único trabalhador.</li> <li>• Retorna soluções rápidas e de grande importância para a empresa: lucratividade.</li> <li>• Proporciona clareza no mapeamento para a resolução de problemas: praticidade.</li> </ul>
<b>FMEA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traz à empresa um melhor conhecimento dos problemas nos produtos e processos.</li> <li>• Fornece um sistema de prioridades de melhorias, que por sua vez, permite uma melhor alocação de recursos da empresa.</li> <li>• Documentação de riscos e prevenção de ocorrência de falhas: maior confiabilidade, qualidade e segurança do produto ou processo garantindo sua satisfação e segurança do cliente.</li> <li>• Ferramenta que contribui para a melhoria contínua.</li> </ul>

Tabela 2: Principais dificuldades

Ferramentas e Métodos	Principais dificuldades
<b><i>Isochrone</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não indica quais são as principais falhas. Esse fator leva a empresa a necessidade do uso de métodos complementares.</li> <li>• Limitação para o número de unidades produzidas de certo aparelho (superior a 1000 unidades por mês).</li> </ul>
<b>8D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependência do comprometimento e a colaboração dos funcionários no desempenho pela busca contínua da qualidade.</li> <li>• Processo poder ser tedioso e consumir muito tempo caso seja muito complexo.</li> <li>• Gera custos extras já que há uma necessidade de se compor um time com uma característica interdisciplinar elevada e posteriormente treiná-los devidamente.</li> </ul>
<b>FMEA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risco de resultados satisfatórios devido a extrapolação de seus limites pelos projetistas.</li> <li>• Não pode ser elaborado até que o projeto tenha progredido a um certo ponto em que os elementos do sistema tenham sido selecionados.</li> <li>• Possibilidade de o FMEA de produto não impactar o projeto de modo eficaz caso seja executado muito tarde.</li> <li>• Gera custos extras já que há uma necessidade de se compor um time com uma característica interdisciplinar elevada e posteriormente treiná-los devidamente.</li> <li>• Processo poder ser tedioso e consumir muito tempo caso seja muito complexo</li> </ul>

## 6 CONCLUSÃO

Por meio de observações e anotações acerca de seus funcionamentos, mediante ao referencial teórico e informações adicionais por parte do próprio gerente do departamento de gerenciamento da qualidade da empresa, foi possível descrever e analisar o uso de ferramentas e métodos da qualidade em uma empresa termotecnológica de forma a identificar as boas práticas e as principais dificuldades.

Quanto às contribuições aplicadas oferecidas por esse trabalho pode-se referir que, mesmo com as excelentes colaborações oferecidas à empresa pelo uso de tais ferramentas, sempre existe pelo menos uma complicação ou ponto a ser considerado que aparece na contramão aos benefícios. É de suma importância que a empresa interessada em incorporar algumas dessas ferramentas em seu sistema de gestão de qualidade tenha conhecimentos prévios não só sobre as vantagens que essa trará à sua empresa, mas também sobre as limitações da ferramenta e possíveis desvantagens que essa pode vir a apresentar.

Um exemplo claro seria o caso de uma empresa de pequeno porte querer implantar o *Isochrone* para calcular as previsões de falhas para os trimestres seguintes. Caso a produção mensal dessa empresa não supere o mínimo de 1000 unidades mensais é sabido que haverá distorções nos resultados e conseqüentemente previsões erradas.

Em relação às contribuições científicas esse trabalho abordou as ferramentas e métodos em questão tomando como foco seus mecanismos, como funcionam, quais cálculos são utilizados e de que maneira geram os resultados esperados.

É válido salientar a importância científica do trabalho por abordar a ferramenta *Isochrone*, ferramenta essa que, apesar de apresentar um excelente custo benefício na empresa de termotecnologia, ainda não é uma ferramenta popular na literatura tendo essa, até esse ponto, pouquíssimas publicações.

Com base nesse, recomenda-se como trabalho futuro a abordagem dessas ferramentas e métodos aplicados a empresas de ramos diferentes ao de termotecnologia a fim de verificar possíveis novas vantagens, bem como suas limitações.

## REFERÊNCIAS

- AHSEN, A.V. Cost-oriented failure mode and effects analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**. 25(5), 466-476, 2008.
- A Bosch Termotecnologia. **Site da Bosch Termotecnologia** , Guaratinguetá, 21 out. 2015. Disponível em: <<http://www.bosch.com.br/br/termotecnologia/bosch-tt.asp>>. Acesso em: 21 out. 2015.
- CLEMENTE, F.; GIL, A.C. **Pesquisa qualitativa, exploratória e fenomenológica: Alguns conceitos básicos**, 2007.
- DUFFY, G. Modular Kaizen: Continuous and Breakthrough Improvement, **ASQ Quality Press**, 2014, pages 119-120, 2014.
- EBRAHIMIPOUR, V.; REZAIIE, K.; SHOKRAVIAN, S. **Ontology approach to support FMEA studies**. , 70(1), 13–14, 2010.
- KAPÍLIK, P. et al. Use of 8D method to solve problems, **Advanced Materials Research**, Volume 801, 2013, Pages 95-101, 2013.
- KIRSCH, M. et al. Quality management in a radiological practice. Experiences with a certification for DIN EN ISO 9001:2000. **European Journal of Radiology**, 75(1), 1–8, 2010.
- KULL, T. J.; WACKER, J. G. Quality management effectiveness in Asia: The influence of culture. **Journal of Operations Management**, 28(3), 223–239, 2010.
- MAEKAWA, R.; OLIVEIRA, O. J. DE. **Um estudo sobre a certificação ISO 9001 no Brasil: mapeamento de motivações, benefícios e dificuldades**. p. 763–779, 2013.
- MICHALSKI, A.; DZIADAK, B. Quality engineering tools used to design & optimize a mobile measurement station Instrumentation-notes. **Instrumentation and Measurement Magazine**, 2010.
- OLIVEIRA, J. O. et al. Um estudo sobre a utilização de sistemas, programas e ferramentas da qualidade em empresas do interior de São Paulo, **Produção**, 2011.
- OLIVEIRA, J. O. Item/Capítulo de Método Científico- Estrutura e informações principais. **Slides da matéria Trabalho de Formatura**, 2015.
- PÉREZ-ARÓSTEGUI, M., BUSTINZA-SÁNCHEZ, F., BARRALES-MOLINA, V. Exploring the relationship between information technology competence and quality management. **BRQ Business Research Quarterly**, 18(1), 4-17, 2014.
- RAUSAND, M.; HOYLAN A. System Reliability Theorie, Models, Statistical Methods, and Applications. **Wiley Series in Probability and Statistics**-second edition 2004, page 88, 2004.
- RIBEIRO, A. **Análise dos modos de falha e efeito – FMEA – do sistema de proteção contra incêndio de uma turbina a gás em uma usina termelétrica**, 2010.

SANTOS, G. et al. The main benefits associated with health and safety management systems certification in Portuguese small and medium enterprises post quality management system certification. **Safety Science**, 51(1), 29-36, 2013.

SHARMA, R.K.; KUMAR, D.; KUMAR, P. Predicting uncertain behavior of industrial system using FMEA practical case. **Applied Soft Computing**, 8, 96–109, 2008.

WILCOX, R. et al., 1996, Risk-informed regulation of marine systems using FMEA. **Ship symposium**, 1996.

WOOD JR., T.; CALDAS, M.P. Empresas brasileiras e o desafio da competitividade. **Revista de Administração de Empresas**, 2007.

YIN, R. K. Case Study Research: Design and Methods. 5th Edition. **Sage Publications**, Pages 5-6, 2014.

YOUSEFIE, S.; MOHAMMADI, M.; MONFARED, J. H., 2011, Selection effective management tools on setting European Foundation for Quality Management (EFQM) model by a quality function deployment (QFD) approach. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 8, p. 9633–9647, 2011.

ZENG, J.; PHAN, C. A.; MATSUI, Y. Supply chain quality management practices and performance: An empirical study. **Operations Management Research**, 6(1-2), 19–31, 2013.

## ANEXO I – QUESTIONÁRIO ENVIADO AO GERENTE DO DEPARTAMENTO DE GERENCIAMENTO DA QUALIDADE

Instrução: As perguntas devem ser respondidas para cada uma das seguintes ferramentas

- 8D
- FMEA
- *Isochrone*

- 1) Quais foram os critérios para escolha dessa ferramenta na empresa?
- 2) Qual o diferencial dessa ferramenta perante outras semelhantes?
- 3) Quais são as vantagens apresentadas pelo uso dessa ferramenta para a empresa?
- 4) Quais são as principais dificuldades encontradas na utilização dessa ferramenta?
- 5) Essa ferramenta apresenta limitações? Se sim, quais?