Gestão da Manutenção: Metodologias e Ferramentas para Análises de Falhas

Danielle Lima de Figueiredo (Universidade do Minho) daniellelima06@gmail.com

Resumo: Na gestão moderna de desenvolvimento de produtos, processos, equipamentos e sistemas são utilizados metodologias e ferramentas para tentar diminuir os problemas associados aos processos de fabricação. É neste sentido, que este artigo tem por objetivo apresentar as principais metodologias e ferramentas de resolução participativa tal como a análise de modo e efeito de falha (FMEA), diagrama de causa-efeitos, os cincos porquês, brainstorming, oito D's, análises de causa raiz (RCA) e árvore de falha. Serão apresentados os principais conceitos aplicado a gestão da manutenção por meio de revisão bibliográfica. Dessa forma esperamos obter informações suficientes para que o profissional da área de manutenção desenvolva estratégias no sentido de minimizar falhas na produção de produtos, e obter melhor resultados nos processos de fabricação.
Palavras chave: Gestão da Manutenção, Metodologias, Ferramentas.

Maintenance Management: Failure Analysis Methodologies and Tools

Abstract: In modern management of product development, processes, equipment and systems methodologies and tools are used to try to reduce the problems associated with manufacturing processes. It is in this sense that this paper aims to present the main participatory resolution methodologies and tools such as failure mode and effect analysis (FMEA), cause-effect diagram, the five whys, brainstorming, eight D's, root cause (RCA) and fault tree. It will be presented the main concepts applied to maintenance management through literature review. Thus we expect to obtain sufficient information for maintenance professionals to develop strategies to minimize product production failures and obtain better results in the manufacturing process.
Key-words: Maintenance management, Methodologies, Tools.

1. Introdução

Segundo a norma NBR 5462-1994, a "Falha é o término da capacidade de um item para desempenhar a função requerida. É uma situação em que o sistema deixa de cumprir o seu total desempenho, ou seja, não atende às funções para o qual foi projetado. Mesmo assim o sistema pode continuar em funcionamento, porém, não na sua capacidade total, comprometendo em geral a sua funcionalidade." Podemos dizer que é a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a sua função durante um período de tempo, quando o item deverá ser reparado ou substituído. Dessa forma a falha pode comprometer o desempenho de um sistema gerando perda total. Prevenir falhas é um dos principais objetivos da gestão de manutenção, para isso é necessário conhecer as formas como os sistemas falham.

2. Revisão da literatura

É importante entender que em todo processo de fabricação de produto ocorrer falhas. Muitas vezes essas falhas podem ser diagnosticadas internamente, outras vezes, infelizmente, são detectados pelo cliente.

Através de procedimento de análise de falhas utilizando metodologia e ferramentas, pode-se adotar um procedimento para a sua resolução, desenvolvendo sessões de formação para as equipes de manutenção visando um melhor desempenho. Neste caso, o objetivo fundamental da gestão da manutenção é analisar os dados e encontrar a melhor maneira de resolver/eliminar as falhas dos equipamentos no menor tempo possível.

2.1 O Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA)

A FMEA (Failure Mode and Effects Analysis ou Análise dos Modos e Efeitos de Falha) é uma técnica de fiabilidade que tem como objetivos: (i) reconhecer e avaliar as falhas potenciais que podem surgir num produto ou processo, (ii) identificar ações que possam eliminar ou reduzir a probabilidadede ocorrência dessas falhas, e (iii) documentar o estudo, criando um referencial técnico que possa auxiliar nas revisões e nos desenvolvimentos futuros do projeto ou processo.

Segundo Stamatis (2003), existem três tipos principais de FMEA: a) FMEA de sistema; b) FMEA de produto; e c) FMEA de processo. O FMEA de sistema (ou conceito) é utilizado para avaliar as falhas em sistemas nos estágios iniciais de conceituação e projeto. Esta ferramenta centra-senas falhas do sistema em relação às suas funcionalidades e no atendimento das expectativas dos clientes, ou seja, está diretamente ligado à percepção do cliente em relação ao sistema.

O FMEA de produto é utilizado para avaliar possíveis falhas no projeto do produto antes da sua liberação para a manufatura. Esta ferramenta centra-senas falhas do projeto em relação ao cumprimento dos objetivos definidos para cada uma de suas características e está diretamente ligado à capacidade do projeto em atender aos objetivos pré-definidos. O FMEA de produto define necessidades de alteração no projeto do produto, estabelece prioridades para as ações de melhoria, auxilia na definição de testes e validação do produto, na identificação de características críticas e na avaliação dos requisitos e alternativas do projeto.

O FMEA de processo é utilizado para avaliar as falhas em processos antes da sua liberação para o cliente. Enfoca as falhas do processo em relação ao cumprimento dos seus objetivos pré-definidos e está diretamente ligado à capacidade do processo em cumprir esses objetivos. FMEA de processo define necessidades de alterações no processo, estabelece prioridades para as ações de melhoria, auxilia na execução do plano de controle do processo e na análise dos processos de manufatura e montagem.

2.1.1 Aplicação do FMEA

As falhas potenciais são geralmente identificadas pelos engenheiros, no entanto também podem ser identificadas por pessoas não técnicas bem como por empregados de todos os níveis. Um processo FMEA deve ser parte de um compreensivo sistema de qualidade (SALES, 2008).

A definição de sistemas de gestão da qualidade pode ser encontrada no *Malcon Baldrige National Quality Awaer,* na ISO 9000 e diretrizes ISO TS 16949, e em vários livros e artigos sobre o tópico. Sales (2008), propões doze elementos chave no processo FMEA (Tabela 01) e indica o papel que cada um tem no processo.

Planeamento estratégico de qualidade	Usa os resultados dos FMEAs para ajudar no direcionamento das atividades futuras.
Medidas do processo e do negócio	Mede e monitoriza os resultados dos FMEAs em termos de qualidade do produto e resultados.

Uso efetivo de dados e informações	Fornece factos e dados para confirmar a análise do FMEA e medir os resultados do processo
Controle do processo e fornecedores	Assegura um processo estável e produto no início de um FMEA e monitoriza estatisticamente as melhorias feitas através do processo FMEA.
Recursos humanos	Suporta a equipa FMEA com formação adequada em ferramentas e técnicas de melhorias de qualidade.
Formação	Fornece as necessárias habilidades básicas para trabalhar numa equipa FMEA, identifica problemas potenciais, e determine soluções.
Um plano de qualidade documentado	Identifica FMEAs como parte de uma estratégia total de qualidade da empresa. Define quando e onde os FMEAs poderiam ser usados e documenta o processo FMEA que as equipas FMEA pode usar.
Procedimentos Documentados	Assegura que métodos consistentes de operação estão sendo usados reduzindo assim a variação desnecessária no processo e produto.
Controle do projeto	Assegure consistência no processo de projeto
Foco no cliente	Fornece às equipas as informações sobre o que é importante para o cliente e informação que pode ser incorporada no processo FMEA.
Um sistema de *Feedback*ao Cliente	Fornece à equipa FMEA dados adicionais para considerar durante o processo.

Fonte: SALES, 2008, pg. 152 - Confiabilidade, a Análise e o Tratamento de Falha

Tabela: 01 – Doze elementos chaves do FMEA

O objetivo de uma análise FMEA é procurar, exaustivamente, como um processo ou produto pode falhar. A falha de um produto ocorre quando o mesmo não funciona como deveria ou quando funciona mal. Mesmo o produto mais simples tem muitas oportunidades para falhar.

Os tipos de falhas a registra no FMEA não estão apenas limitados aos problemas com o produto. Também podem ser originados pela má utilização. Esse tipo de falha também pode ser incluído no FMEA. A maneira pela qual um produto ou um processo pode falhar é chamada de modos de falhas. Cada modo de falha tem um risco associado.

2.1.2 Avaliação dos riscos de falhas

O NPR (Número de Prioridade de Risco) é calculado para priorizar as ações que serão executadas para diminuir ou eliminar o risco da manifestação de um modo de falha e, por consequencia, atuar na melhoria do projeto e processos. No cálculo do risco leva-se em conta a severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D). A fórmula em geral empregada para a avaliação do risco é a multiplicação simples desses três fatores, conforme se segue:

- **NPR = S x O x D**

a) Severidade (S)

Neste item é feita uma avaliação qualitativa da severidade do efeito. Segundo Fogliatto (2009) e Duarte (2009), a severidade é definida em termos do impacto que o efeito do modo potencial de falha tem sobre a operação do sistema e, por conseguinte, sobre a satisfação do cliente.

A severidade é geralmente medida numa escala de 1 a 10, onde 1 significa efeito pouco severo e 10 significa efeito muito severo. A severidade aplica-se exclusivamente ao efeito. A equipe de FMEA deve chegar a um consenso a respeito do critério a ser utilizado e, então, usá-lo consistentemente. Foglinatto (2009) sugere-se o uso dos critérios apresentados na Tabela 02.

Severidade		
Índice	**Severidade**	**Critério**
1	Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorre.
2 3	Pequena	Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente.
4 5 6	Moderada	Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente.
7 8	Alta	Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente.
9 10	Muito Alta	Idem ao anterior, porém afeta a segurança.

Fonte: Fogliatto, 2009, Confiabilidade e Manutenção Industrial

Tabela: 02 – Sugestão de escala para avaliação dos efeitos dos modos de falha.

b) Ocorrência (O)

A ocorrência relaciona-se com a probabilidade que um determinado modo de falha venha a ocorrer. Em geral, para reduzir a probabilidade de ocorrência do modo de falha, é necessário que se façam alterações no projeto.

A avaliação da ocorrência também é geralmente feita usando-se uma escala de 1 a 10. O critério usado na definição da escala deve ser consistente, para assegurar continuidade nos estudos. A Tabela 03 (PALADY, 2007) apresenta o exemplo de uma escala para avaliação da ocorrência. No caso do FMEA de processo, o índice de capacidade do processo Cpk1 pode ser utilizado para definir o valor a atribuir a este fator.

Ocorrência			
Índice	Ocorrência	Proporção	Cpk
1	Remota	1:1.000.000	Cpk > 1,67
2 3	Pequena	1:20.000 1:4.000	Cpk > 1,00
4 5 6	Moderada	1:1000 1:400 1:80	Cpk <1,00
7 8	Alta	1:40 1:20	
9 10	Muito Alta	1:8 1:2	

Fonte: Palady, 2007, Análise de Modos de Falhas e Efeitos

Tabela: 03 – Sugestão de escala para avaliação de ocorrência

Para Fogliatto (2009) e Duarte (2009), existem dois tipos de dados quantitativos disponíveis: dadosde campo ou resultados de umaanálise de engenharia numérica/experimental. A fórmula seguinte reproduz aproximadamente os valores de ocorrência (expresso na escala 0 a 10) a partir da taxa de falhas estimada:

– **Ocorrência = (Taxa de Falha / 0,000001)0,20 .**

No caso em que os tipos de dados quantitativos não estejam disponíveis, a equipa deve avaliar qualitativamente a ocorrência. Para fazer essa avaliação, (FOGLIATTO e DUARTE, 2009) sugere as seguintes questões:

a) Trata-se de um componente radicalmente diferente ou completamente novo?
b) Qual a experiência de campo com componentes ou subsistemas similares?
c) Quão pronunciadas são as alterações nestes componentes ou subsistemas comparativamente com a versão anterior?

Caso as reposta sejam positivas para algumas dessas questões, significa que há uma dúvida envolvida e, portanto, a equipa deve atribuir maiores valores para a possibilidade de ocorrência do modo de falha.

– **Deteção (D)**

A deteção refere-se a uma estimativa da habilidade dos controles atuais detetarem os modos potenciais de falha antes do sistema, subsistema ou componente ser liberado para a produção ou para o cliente. A Tabela 04 apresenta uma escala de 1 a 10, onde 1 representa uma situação favorável (o modo de falha será detetado) e 10 representa uma situação desfavorável (modo de falha, caso exista, não será detetado) (FOGLIATTO e DUARTE, 2009).

Deteção		
Índice	**Deteção**	**Critério**
1	Muito Grande	Certamente será detetado.
2 3	Grande	Grande probabilidade de ser detetado.
4 5 6	Moderada	Provavelmente será detetado.
7 8	Pequena	Provavelmente não será detetado.
9 10	Muito Pequena	Certamente não será detetado.

Fonte: Fogliatto, 2009, pg. 182 - Confiabilidade e Manutenção Industrial

Tabela: 04 – Sugestão de escala para avaliação da deteção

Quando a equipe FMEA estiver a avaliar um determinado índice, os demais não podem ser levados em conta, ou seja, a avaliação de cada índice é independente. Por exemplo, quando se avalia o índice de severidade de uma determinada causa cujo efeito é significativo, não se deveatribuir um valor mais baixo a este índice somente porque a probabilidade de detecção é alta.
Para exemplificar, apresenta-se a Tabela 05 onde se encontram três modos de falha A, B e C, identificados numa análise FMEA com os respectivos valores de severidade, ocorrência, detecção e número de prioridade risco (PALADY, 2007):

Modos de Falha	**Severidade (1 – 10)**	**Ocorrência (1 – 10)**	**Deteção (1 – 10)**	**NPR**

A	4	5	10	200
B	4	8	2	64
C	9	2	1	18

Fonte: Palady, 2007, pg. 129 - Análise de Modos de Falhas e Efeitos

Tabela: 05 – Exemplo de cálculo de falha NPR.

Os valores obtidos para o NPR (número de prioridade de risco) aconselham que a equipainvestigue primeiro o modo de falha A, que é o modo de falha com maior NPR, e aloque a maioria dos recursos em prol da redução do respetivo NPR. Porém, não se pode deixar de verificar que o grau de ocorrência do modo de falha B e o grau de severidade do modo de falha C são elevados e, por esse facto, devem ser considerados antes do modo de falha A. Os modos de falhas B e C provavelmente gerarão grandes problemas para a área de manutenção se não forem corrigidos.

2.1.3 O formulário FMEA

Segundo Palady (2007), existem várias versões do formulário FMEA. Deve-se escolher o formulário que melhor se adapta à organização. A Tabela 06 apresenta um formulário e suas características. A descrição dos vários campos desse formulário é apresentada a seguir.

Cod_pec: Nome da Peça: Data: Folha nº. _____de_____	Cabeçalho	( ) FMEA de Processo ( ) FMEA de Produto

Descrição do Produto/ Processo	Função (ões) do Produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito de Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices				Ações de Melhorias							
						S	O	D	R	Ações Recomendadas	Responsável Prazo	Medidas Implantadas	Índices Atuais				
													S	O	D	R	
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	
FLUXOGRAMA Quem está sendo analisado ?	Quais funções ou características devem ser atendidos ?	Como a função ou característica pode não ser cumprida ?	Que efeitos tem este tipo de falha ?	Quais poderiam ser as causas ?	Quais medidas de prevenção e descoberta poderiam ser tomadas	S	O	D	R	Quais os riscos prioritários ?	Quais medidas podem ser tomadas para atenuar os riscos?						

S = Severidade O = Ocorrência D = Detecção R = Riscos

Fonte: Palady, 2007, Análise de Modos de Falhas e Efeitos

Tabela: 06 –Sugestão para o formulário simples do FMEA

a) **Cabeçalho**: O cabeçalho do FMEA apresenta todas as informações necessárias para que as equipas de manutenção e os leitores possam identificar o âmbito da análise FMEA.
b) **Descrição do Produto**: O objetivo é analisar e identificar todas as funções que o projeto, processo, produto ou serviço deve desempenhar.
c) **Funções do Produto**: Identificar as características ou funções que podem ser atendidas.
d) **Tipo de Falha Potencial**: Define como o projeto, processo, produto ou serviço pode deixar de desempenhar essas funções.
e) **Efeitos da Falha Potencial**: Apresenta as consequências do tipo de falha sobre o sistema e sobre o cliente.
f) **Causas da Falha Potencial**: Representa as condições que podem ser responsáveis pelo tipo de falha.
g) **Controles Atuais**: Definem medidas preventivasde detecção que já tenham sido tomadas e/ou são regularmente utilizadas nos produtos/processos das empresas.

h) **Severidade**: Este ponto responde à pergunta: qual é a gravidade das consequências anteriores que resultam dos modos de falhas?
i) **Ocorrência**: responde à pergunta: Com que frequência o modo de falha ou causa tende a ocorrer?
j) **Deteção**: É a capacidade de detectar a falha antes que ela chegue ao usuário.
k) **Riscos**: Podemos caracterizar como sendo a gravidade (em termos de efeito) da falha.
l) **Ações Recomendadas**: Procedimentos adotados para diminuição dos riscos.
m) **Responsável e prazos**: Procedimento adotado para cumprir os prazos.

3. Diagramas de Causa-efeito

O diagrama de Causa-efeito é a representação gráfica das causas de um fenômeno. É um instrumento muito usado para estudar:

a) Os fatores que determinam resultados que desejamos obter (processo, desempenho, oportunidade);
b) As causas de problemas que é necessário eliminar (defeitos, falhas, variabilidade).

Os dois exemplos a seguir ilustram os tipos de diagramas de causa- efeito (Figura 9 e 10).

O primeiro diagrama (Causa-efeito: desempenho desejado) refere-se a algo que desejamos, isto é, um bom restaurante. Os fatores que determinam um bom restaurante são: instalações, comida, localização e atendimento. Para que a comida seja boa, é necessário uma boa higiêne, bom paladar e variedade. A higiêne, por sua vez, depende dos ingredientes (saudáveis, bem conservados) e da preparação (receita, cuidado, etc.). O diagrama é detalhado colocando as causas do efeito desejado, depois adicionando as causas destas e assim por diante até que fique bem claro como obter o objetivo visado.

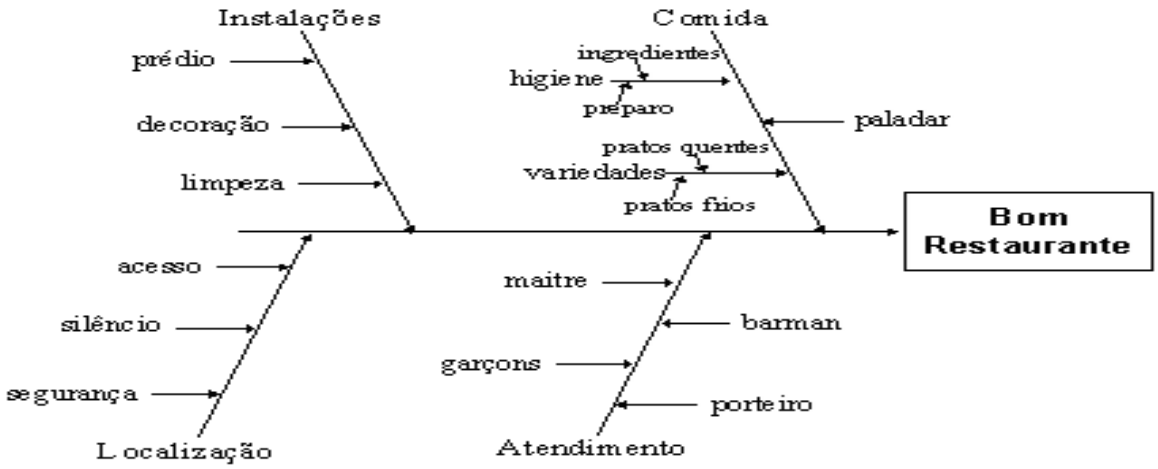

Figura 09 – Causa-efeito: Desempenho Desejado

Fonte: www.dcce.lbilce.unesp.br

O segundo diagrama (Diagrama Causa-efeito: Problema) refere-se a um efeito indesejado, o consumo excessivo de combustível por um automóvel.

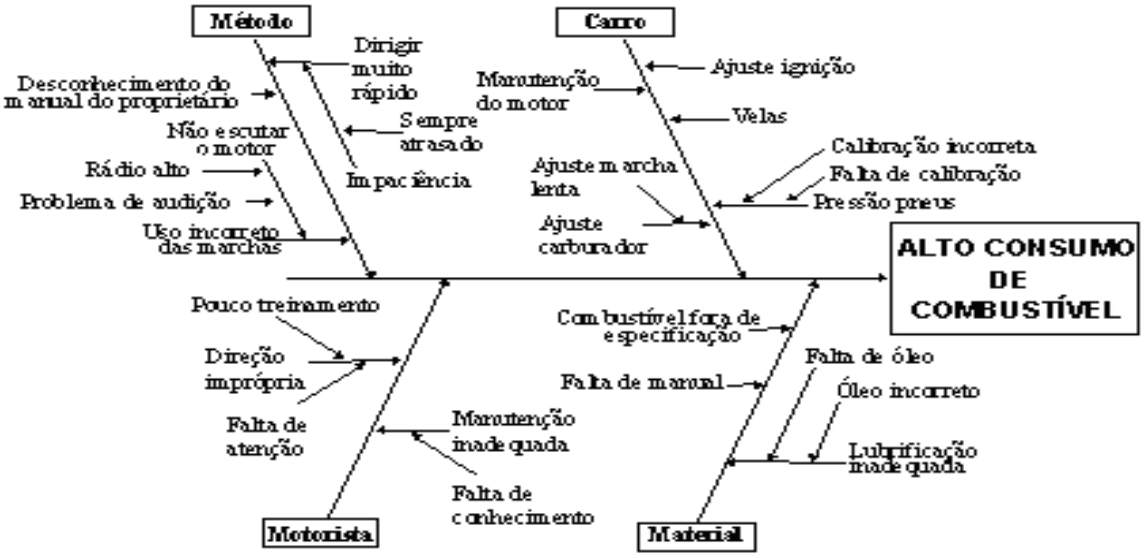

Figura 10 – Diagrama de Causa-efeito: Problema

Fonte: www.dcce.lbilce. unesp.br

4. Os cinco porquês

Os “Cinco Porquês” é uma técnica para encontrar a causa raiz de um defeito ou problema. Esta ferramenta é muito usada na área da qualidade, mas na prática aplica-se em qualquer área.

Em face de um determinado problema, a técnica consiste em perguntar sucessivamente: Porquê?

Apresenta-se a seguir um exemplo: (TARARTHUCH, 2009).

a) Problema: Os clientes reclamam com frequência devido aos atrasos nas entregas.
b) Porque há atrasos? Porque o produto nunca sai da fábrica no momento que deveria.
c) Porque o produto não sai quando deveria? Porque as ordens de produção estão atrasadas.
d) Porque estas ordens estão atrasadas? Porque as horas de produção calculadas são inferiores à realidade.
e) Porque o cálculo das horas está errado? Porque se está a utilizar um software ultrapassado.
f) Porque se está a utilizar esse software? Porque o engenheiro responsável ainda não recebeu formação relativa ao software mais atual.

Pelo exemplo, podemos ver que a causa raiz das reclamações dos clientes é a falta de formação do engenheiro em softwares de produção mais atuais. Na realidade, não é necessário que sejam exatamente cinco perguntas. Podem ser menos ou mais, desde que se chegue à real causa do problema. No exemplo, ainda poderia haver mais um porque, e descobrir-se-ia que o engenheiro não recebeu formação devido à sua forte carga de trabalho.

O importante é que esta ferramenta sirva para exercitar as ideias e tire a pessoa de sua zona de conforto.
Também é importante entender que esta é uma ferramenta limitada. Fazer cinco perguntas não substitui uma análise de qualidade detalhada. Uma das principais críticas à ferramenta, é que pessoas diferentes provavelmente chegarão a causas raiz diferentes com estas perguntas.

Por isso o ideal é que as perguntas sejam feitas com participação de uma equipa, para que se gere um debate em torno das causas verdadeiras.

Além disso, frequentemente um problema tem mais do que uma causa. Se for utilizada somente esta ferramenta, pode estar-se a deixar de lado outros fatores importantes para a melhoria dos processos.

5. Brainstorming

Um brainstorming ou tempestade de ideias é uma reunião destinada a incentivar a total libertação da atividade mental, sem restrições. Embora se possam fazer brainstormings individuais, o resultado é normalmente mais fraco, visto que um indivíduo por si só facilmente se limita. Esta técnica funciona tão bem porque, entre outros motivos, as "ideias puxam ideias". As ideias dos outros são por vezes pontos de partida para as nossas melhores ideias; é a concordância de ideias de um grupo de pessoas, onde se dispensa o processo de votação, de modo que cada participante apoie a decisão escolhida (SALES, 2008).

Segundo Oliveira (2011), os brainstormings têm por objetivo a reunião/citação do maior número possível de ideias, focalizando determinado assunto e dentro de um curto período de tempo. O ponto forte desta técnica é que ela estimula o raciocínio e a criatividade. Aqui, todas as contribuições são importantes, não se restringindo quantidade ou qualidade.
A técnica possui três fases, a saber:

a) Preparação;
b) Geração de Ideias;
c) Avaliação.

Na fase de preparação, são convidadas aquelas pessoas que possuem alguma ligação com o problema para participarem do estudo. Neste momento definem o assunto a ser abordado e as informações necessárias são organizadas.
Em seguida, vem o momento da geração de ideias, que é a fase principal da técnica. Cada membro disponibiliza a sua ideia, até que o processo se esgote, ou seja, que nenhuma nova ideia seja sugerida pelos membros.

A avaliação das ideias é a última etapa, e tem por objetivo priorizar as ideias por grau de importância. Além de critérios que possam ser mandatórios (requisitos de clientes ou legislação), uma forma de priorizar determinado grupo de ideias pode abranger os aspetos de custo e qualidade.

6. Oito D's

O método oito D ou das oito disciplinas, do inglês oito D (Eight Disciplines), é uma das metodologias mais completa e eficaz para todo o processo de fabricação, pois atende aos problemas de fabricação e procura meios de assegurar o fluxo de produtos, ao mesmo tempo em que proporciona ações de proteção ao cliente (TARARTHUCH, 2009).

Segundo Rambaud (2006), o método 8D pode ser utilizado para identificar, corrigir e eliminar a repetição de problemas com o objetivo de melhorar os produtos e os processos. A metodologia foi descrita pela primeira vez na norma militar americana número 1520 (sistema de ação corretiva e disposição de materiais não conformes). Foi posteriormente documentada pela Ford Motor Company em 1987, por isso muitas vezes esta metodologia também é chamada de Ford 8D. Esta metodologia, apresentada na Figura 11, foi definida com o intuito de diminuir a quantidade de problemas reincidentes nas linhas de montagem.

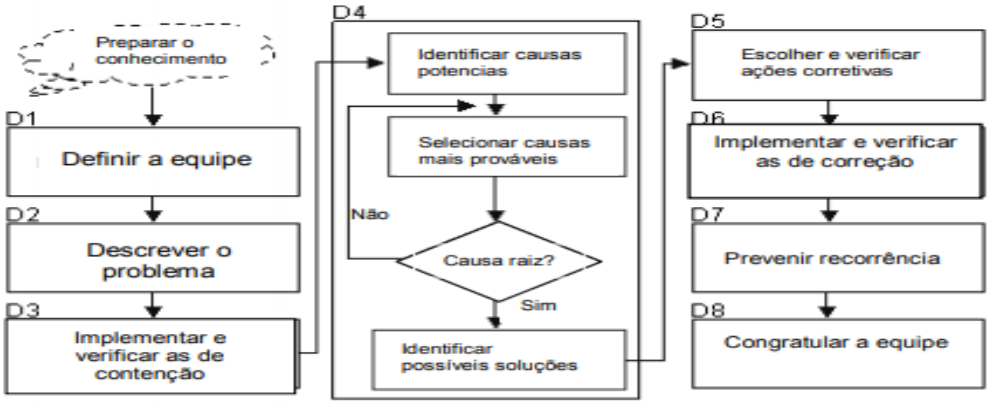

Figura: 11 – 8 Disciplinas (8D´s)

Fonte: Adaptado de Rambaud, 2006.

A oito disciplinas, de acordo com Rambaud (2006), são:

a) D1: Criaruma equipa: deve-se criar uma equipa multifuncional com um líder que tenha conhecimento, tempo, autoridade e habilidade para solucionar o problema e efetuar as ações corretivas. Deve-se também neste ponto definir as metas.
b) D2: Descrever o problema: deve-se definir o problema em termos mensuráveis, i.e., deve-se especificar o problema descrevendo-o em termos específicos e quantificáveis: quem, o quê, quando, por que, como, quando (5W1H).
c) D3: Verificar as ações internas de contenção do problema: deve-se definir e implementar ações de contenção provisórias até que se execute as ações definitivas.
d) D5: Identificar e verificar a causa raiz: devem-se identificar todas as causas potenciais que podem explicar porque ocorreu o problema, e posteriormenteconfrontar cada causa com o efeito e identificar as ações corretivas. Neste ponto deve-se separar a causa raiz que gerou o problema e a causa raiz da não deteção do problema.
e) D5: Eleger e verificar as ações corretivas: deve-se confirmar que as ações selecionadas resolveram o problema e não causaram efeitos secundários indesejados.
f) D6: Aplicar e validar as ações corretivas permanentes em execução: devem-se definir os controles para se assegurar que se eliminaram as causas raiz. Uma vez em produção, devem-se supervisionar os efeitos de longo prazo colocando-se os controles e ações de contenção necessárias.
g) D7: Prevenir a repetição do problema: deve-se identificar e determinar os passos que necessitam ser tomados para prevenir que o mesmo, ou similar, não se repita no futuro.
h) D8: Congratular a equipa: nesta etapa deve-se reconhecer o esforço e resultado do trabalho e divulgar o conhecimento adquirido para toda a organização.

Os pontos fortes deste método, segundo Rambaud (2006), é que ele apresenta uma proposta eficaz para encontrar a causa raiz, determinar as ações corretivas necessárias. Dessa maneira ajuda a explorar o sistema de controle que não impediu o problema de ocorrer.

7. Análises de causa-raiz

A resolução de problemas torna-se difícil quando se desconhece a causa-raiz. A realização de potenciais soluções poderá não ter os efeitos esperados seessas soluções não eliminarem a causa raiz. Sendo assim, é fundamental identificá-la.

Na manutenção, os principais objetivos são prevenir e corrigir falhas. Para reduzir a ocorrência de falhas é preciso entender como um determinado sistema falha. É assim necessário estudar.

É preciso utilizar uma metodologia de análise que estabeleça uma lógica e permita que todos compreendam os eventos, de modo a identificar todas as causas ao nível físico, humano e primário e, por fim, definir ações corretivas para evitar a recorrência da falha (OLIVEIRA, 2011).

O RCA (Root Cause Analysis, ou Análise de Causa Raiz) é outra metodologia que investiga um processo com o objetivo de identificar a verdadeira causa de um problema e as ações necessárias para eliminar ou mitigar o problema. O fator desencadeador de uma RCA pode ser um acidente ou incidente de grandes proporções ou um programa de aperfeiçoamento geral nas áreas de segurança, qualidade ou produção/manutenção.

8. Árvore de falha

O FTA - Fault Tree Analysis (Análise por Árvore de Falhas) é uma ferramenta gráfica de análise da fiabilidade, onde a combinação das faltas é descrita por uma ocorrência em série ou paralelo de eventos, e irá resultar na ocorrência do evento indesejado pré-definido. Os eventos e faltas podem ser do tipo falha do equipamento, erro humano, erro de software, ou qualquer outro evento pertinente que pode conduzir ao evento indesejado.

O FTA permite mostrar o encadeamento de diferentes eventos associados a uma determinada falha ou “evento de topo”, o qual, segundo Helman e Andery (1995), consiste num estado do sistema considerado anormal. Este é desdobrado numa árvore lógica, mostrando as causas de eventos subsequentes através do uso de portas lógicas e “ramificações”, resultando na árvore de falhas. Scapin (1999), afirma que algumas dessas causas e eventos somente conseguem ser identificados através do FTA. Com a análise da árvore é possível identificar os itens que necessitam ter um elevado nível de fiabilidade e as causas possíveis de falhas antes mesmo que elas ocorram, conseguindo assim atuar de forma preventiva (FERREIRA, ANTONIO e GONÇALVES, 2008).

No FTA, a análise de falhas pode ser do tipo qualitativo ou quantitativo. Na análise qualitativa, o objetivo reside na determinação das causas básicas que levaram um evento qualquer a falhar. Na análise quantitativa, o objetivo é determinar a probabilidade de ocorrência do evento estudado. As principais vantagens do uso de FTA são:

a) Fácil visualização do problema com o conhecimento sistêmico de processos;
b) Identifica itens que necessitam ter um elevado nível de fiabilidade;
c) Possibilita uma análise qualitativa ou quantitativa visando afiabilidade de um sistema;
d) Reduções de custo no equipamento ou produto sem prejudicar o atual desempenho;
e) Possibilita formular planos de manutenção centrados na fiabilidade;
f) Permite identificar procedimentos com o enfoque de diminuir a probabilidade de quebra.

Na Figura 12 é demostrado a base da estrutura de um FTA.

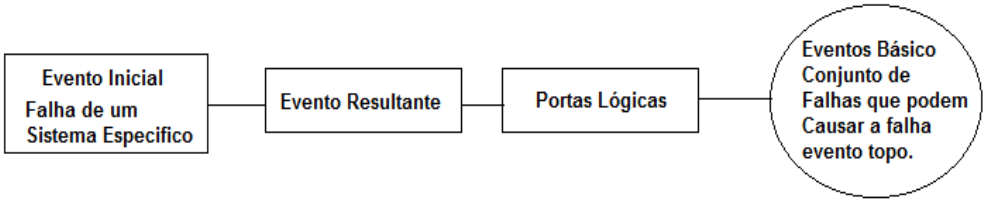

Figura 12: Base de construção de FTA

Fonte: http://pt.scribd.com/doc/20386197/Artigo-FTA – 2005.

A Figura 12 apresenta a definição de um evento inicial (falha funcional de um item específico). O evento inicial é interligado às falhas básicas, isto é, conjunto de falhas que originam a ocorrência do evento inicialde topo (falha de um sistema).

9. Considerações finais

O artigo apresentou algumas metodologias e feramentas para que a gestão da manutenção possa melhorar o processo preventivo, a partir do conhecimento das causas de uma falha e posteriomente adotar medidas para reduzir ou evitar o seu aparecimento. Estas causas darão origem a atividades de maneira a eliminar e/ou reduzir o seu aparecimento, contribuindo para a criação da lista de atividades da gestão da manutenção.

10. Referências

FERREIRA, A. L. P.; ANTONIO, S. F. L.; GONÇALVES, A. F. Proposta de utilização do FTA como ferramenta de apoio ao FMEA em uma empresa do ramo automotivo – Apresentação de Artigo no XIII SIMPEP**, Bauru -São Paulo - Brasil, 06 e 08 novembro 2008.**

FOGLIATTO, F. S.; DUARTE, J. L. R. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

HELMAN, H.; ANDREY, P. R. P. **Análise de Falhas:** aplicação dos métodos de FMES e FTA. 1 ed. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

OLIVEIRA, M. A. **Qualidade - Metodologias e Técnicas - Apresentação de Slides**. Universidade Paulista. Manaus-Brasil. 2011.

PALADY, P. **Análise de Modo de Falhas e Efeitos:** Prevendo e Prevenido problemas antes que ocorram. São Paulo: IMAN-Brasil, 2007.

RAMBAUD, L. **8D structured problem solving:** a guide to creating high quality 8D reports (spiral-bound). [S.l.]: Phred Solutions, 2006.

SALES, P. N. **Confiabilidade, A Análise e o Tratamento da Falha**. São Paulo: 23ª Expoman, 2008.

SCAPIN, C. A. **Análise sistêmica de falhas**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1 ed., 1999.

STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis:** FMEA fron theory to execution. Milwaukee: Quality Press, 2003.

TARARTHUCH, A. **Guia Prático - 8D - Fornecedor**. [S.l.], p. http://www.landisgyr.com/bl/files/pdf1/Guia_Pratico_8D_-_Fornecedor1.pdf. 2009.