



APLICAÇÃO DO MAPEAMENTO DE ÁRVORE DE FALHAS (FTA) PARA MELHORIA CONTÍNUA EM UMA EMPRESA DO SETOR AUTOMOBILÍSTICO

Alexandre Kenji Yamane (UNIFEI)
alexandre.yamane@yahoo.com.br

Luiz Gonzaga Mariano de Souza (UNIFEI)
gonzaga@unifei.edu.br

A necessidade de redução de custos no setor automobilístico é um fator vital para a sobrevivência de uma empresa em um setor competitivo. E um caminho bastante produtivo é a aplicação das técnicas de mapeamento de falhas auxiliando os gestores a direcionar melhor seus esforços e recursos visando a melhoria no resultado. Desta forma, o objetivo deste artigo é analisar a utilização da árvore de falhas para coleta, disposição e priorização de causas de um problema em um processo de usinagem. A pesquisa estrutura-se na fundamentação teórica sobre métodos de solução de problema e técnicas para identificação das causas fundamentais, com ênfase na árvore de falhas. A metodologia de pesquisa utilizada é o estudo de caso desenvolvido em uma empresa multinacional do setor automobilístico.

Palavras-chaves: Melhoria contínua, Mapeamento de Falhas, Árvore de Falhas.

1. Introdução

Para uma empresa se tornar competitiva no mercado a eficiência e eficácia devem ser sempre almeçadas a fim de obter um bom desempenho para buscar os objetivos, ao se entregar aos clientes produtos livres de erros, confiáveis, em menor tempo, com menor custo e possuir um processo flexível. Dessa forma, as organizações estão sempre buscando ferramentas que possam auxiliá-las na constante melhoria de seus processos e existem varias metodologias e métodos com a finalidade de se melhorar eficiência e eficácia da atividade operacional. Esses métodos se diferem em como essa melhoria será alcançada e implementada e até mesmo no que melhorar. Este trabalho visa apresentar uma metodologia de análise e resolução de problemas aplicada em uma empresa do setor automobilístico com enfoque no mapeamento de árvore de falhas.

O artigo contemplará um método quantitativo para uma primeira análise dos refugos, seguido por um método qualitativo para determinação dos caminhos críticos no mapeamento de árvores de falhas.

Será abordada a utilização de algoritmo para a determinação de cada caminho crítico das principais falhas de um processo a fim de se obter uma melhor otimização de esforços e recursos. O artigo desenvolve o algoritmo para calcular os riscos de cada caminho crítico e a verificação da eficácia de cada grupo de ação na realização do PDCA (Plan – Do – Check – Action).

2. PDCA da Melhoria

De acordo com Grunberg (2003), existem vários métodos disponíveis para se utilizar na melhoria da atividade operacional. Alguns são relativamente genéricos, outros são específicos para determinadas aplicações. A maioria deles possuem similaridades fundamentais. Dessa forma, em qualquer investigação o ponto mais importante é a seleção do método mais apropriado para o estudo. E este trabalho tem como proposta a utilização da árvore de falhas como uma das principais ferramentas no método de análise e solução de problemas.

Segundo Arioli (1998), existem duas situações básicas que podem exigir tomadas de decisão:

- 1 - Sempre que haja uma situação insatisfatória, um desvio do padrão de desempenho esperado ou de um objetivo estabelecido, e que se reconheça a necessidade de corrigir.
- 2 - Sempre que haja uma oportunidade de melhoria ou que surjam alternativas de ação a escolher, independente da existência de uma situação insatisfatória.

Essas definições são fundamentais para o entendimento do MASP (Método de Análise e Solução de Problemas), e de qualquer outro método de solução de problemas porque revelam a existência de duas condições que, embora possam ser tratadas separadamente, associam-se dentro de uma única situação.

O MASP é sinteticamente, uma maneira sistêmica de se tratar estas duas situações básicas, utilizando as ferramentas da qualidade (pareto, histograma, cartas de controle entre outros), de uma maneira seqüencial e padronizada com o seguinte ciclo: descrição, análise, providências, decisão, implementação, padronização e retro alimentação.

De acordo com He et al (1996), as sete novas ferramentas da qualidade são mais focadas em gestão e planejamento, ao invés de qualidade operacional. E o diagrama de árvore, é utilizado

no detalhamento de um objetivo da qualidade em objetivos altamente detalhados e meios de implementá-los.

Como primeira etapa de descrição e análise dos problemas o diagrama de barras foi utilizado para identificar as principais não conformidades de um processo de uma empresa do setor automobilístico (figura 01). E a coleta de dados foi realizada através dos apontamentos por não-conformidade.

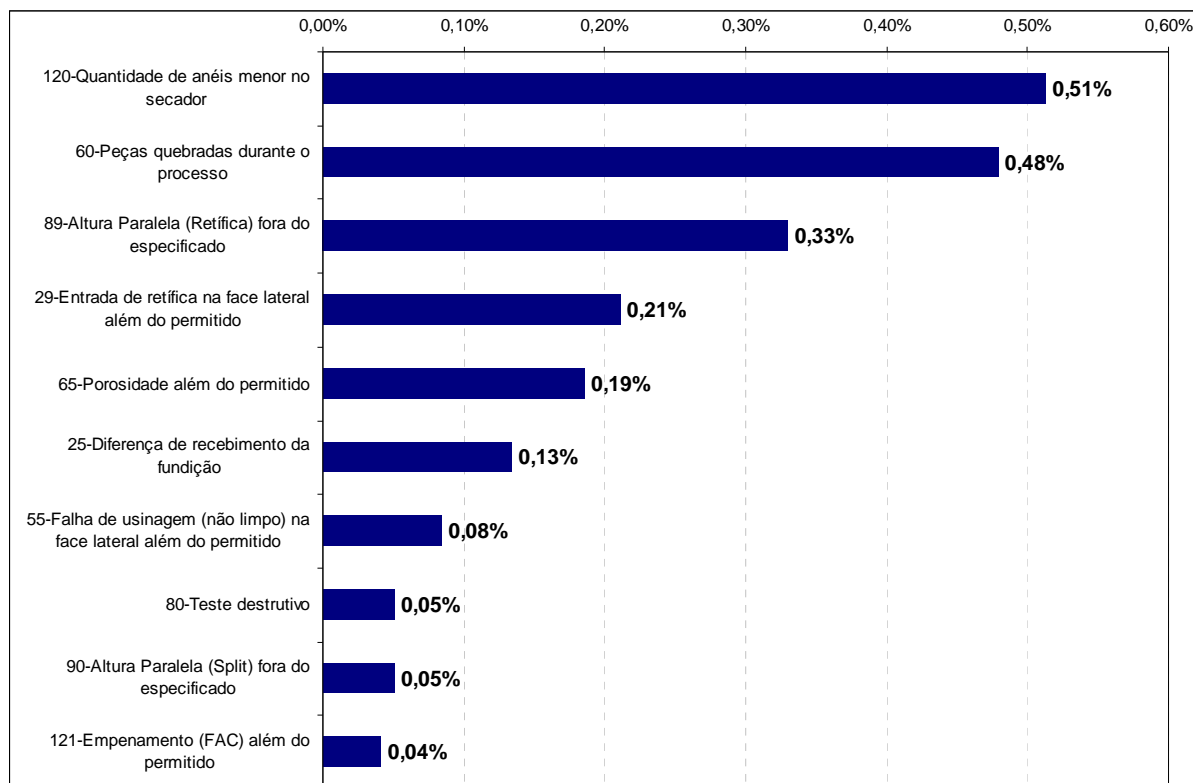


Figura 01 – Principais Não Conformidades

3. Árvore de Falhas

De acordo com Amberkar et al. (2001) a confiabilidade, $R(t)$, é a probabilidade que o sistema não falhou por um certo período t . Uma noção popular de um sistema confiável é que este é livre de falhas por um longo período. E o objetivo de um programa de confiabilidade é prever o período livre de falhas e determinar meios de estendê-lo. A previsão de confiabilidade emprega rigorosas técnicas matemáticas baseadas em teorias de probabilidade no intuito de se determinar a confiabilidade geral do sistema através de dados de falhas de componentes. Uma variedade de ferramentas foi desenvolvida para auxiliar esse trabalho, incluindo Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) e Fault Tree Analysis (FTA).

Segundo Elliot (1998), o principal enfoque das árvores de falhas é a análise de falhas em sistemas complexos, particularmente onde há a oportunidade de interação de múltiplas causas potenciais. Dessa forma, é um método poderoso para descobrir e entender interações complexas que causaram (ou podem causar) a falha. FTA é provavelmente mais utilizada como uma ferramenta de análise depois de ocorrida a falha no intuito de se aplicar ações corretivas. Por essa razão é mais valiosa durante uma verificação de design e validação de processo em fases de desenvolvimento, e para análises de pos produção em problemas de campo. Em contraste, FMEA é basicamente uma ferramenta pró-ativa em ações de prevenção,

desde o início de utilização para prevenir e eliminar potenciais modos de falhas em sistemas de design antes que estes possam ocorrer.

Fault Tree Analysis (FTA) é utilizada para analisar as causas de riscos. A árvore de falhas é um modelo gráfico de combinações paralelas e sequenciais de falhas que podem resultar na ocorrência do efeito (cabeça da árvore). As falhas podem ser eventos associados com falhas de componentes, erro humano, falhas do sistema, assim como erros nos requisitos, erros de design e bugs em programas. E FTA utiliza lógica booleana (lógicas E e OU) para representar as combinações de falhas individuais que podem conduzir ao efeito. FTA é um método de análise qualitativa, entretanto, se as probabilidades individuais são conhecidas para todos os eventos básicos, a probabilidade do caminho crítico pode ser quantificada (AMBERKAR et al., 2001).

Segundo Almeida et al. (2005) cada nó intermediário (meio da árvore) assume um comportamento dual, assumindo um papel de causa/efeito. O nó inicial (cabeça da árvore) apresenta identidade única, de falha (efeito). Os nós finais (pés das árvores) também apresentam uma identidade única, de causa.

A proposta de mapeamento através de árvores de falhas consiste na utilização do diagrama de causa e efeito estruturado na forma vertical. Dessa forma, o problema (efeito) se localizaria no topo da árvore e os 6 principais M's do diagrama seriam as causas gerais no primeiro nível da árvore, ou seja, as causas gerais que estariam logo abaixo do problema seriam: método, mão de obra, máquina, meio ambiente, medição e matéria-prima (figura 02). Assim, no segundo nível se localizariam as principais causas de cada causa geral. Além disso, esse tipo de mapeamento consiste na utilização de fundamentos do diagrama de afinidade e diagrama de relação.



Figura 02 – Árvore de Falhas

Após a conclusão do mapeamento de todas as possíveis causas, os índices de probabilidade de ocorrência para cada causa são definidos e deve-se ter o cuidado de identificar probabilidades em todos os ramos a fim de não penalizar os ramos que são mais bem explorados. Esses índices de probabilidades são definidos através de reuniões com especialistas da área, pois a quantificação de ocorrência de cada causa de cada problema se torna inviável devido à ineficiência dos apontamentos pelos operadores responsáveis.

4. Algoritmo para obtenção do caminho crítico

Este item tem como objetivo apresentar um modelo de priorização de causas em árvore de falhas utilizando o mesmo conceito dos diagramas de rede.

Segundo Carvalho et al (2004) o conjunto de nós é formado pelas falhas e causas do sistema avaliado no modelo de árvore de falhas em analogia com o diagrama de rede. E o conjunto de arcos é a representação das conexões existentes entre as falhas / causas.

Amberkar et. al. (2001) afirmam que a FTA é um método de análise qualitativa, entretanto, se as probabilidades individuais são conhecidas para todos os eventos básicos, a probabilidade do caminho crítico pode ser quantificada.

E através da experiência de especialistas da área foi possível quantificar os percentuais de ocorrência de cada causa específica. E através desses percentuais é possível definir as probabilidades individuais.

Nota-se na figura 03 que a soma das causas diretas de um certo efeito é sempre igual a 100%.

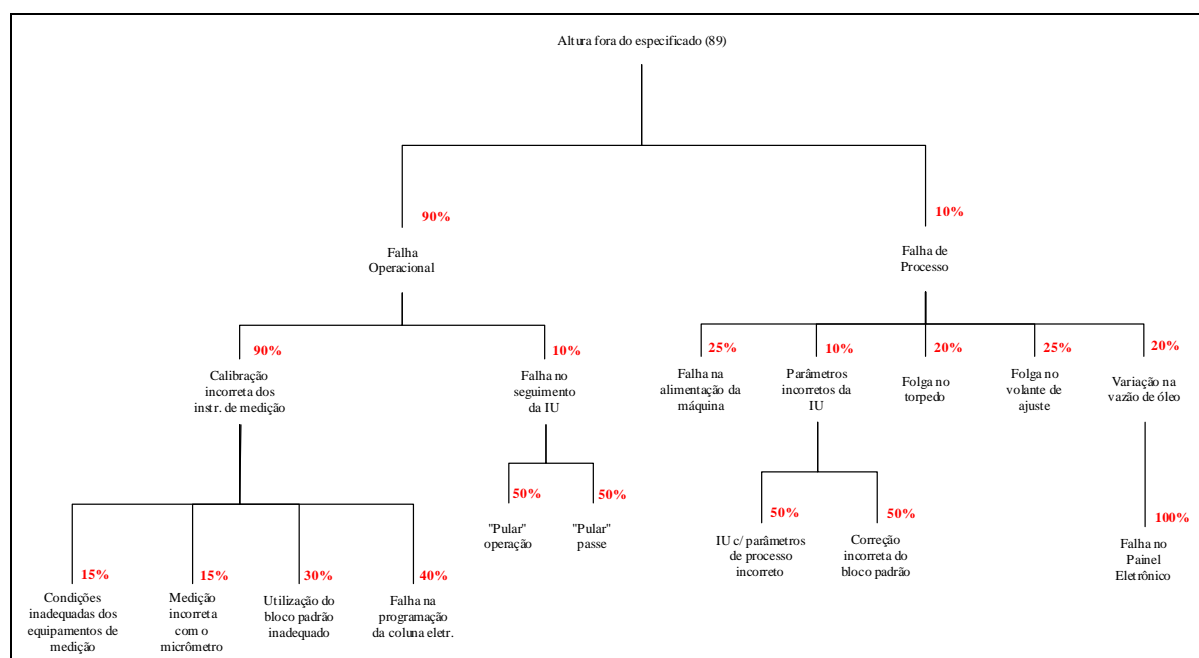


Figura 03 – FTA de Altura fora do especificado

Através do cálculo de determinação de caminhos críticos do diagrama de rede foi possível determinar a probabilidade de cada caminho, identificando-se assim, os caminhos críticos apresentados na tabela 01.

	Modo de Falha	Causa raiz	% Causa	Média 2006 (Peças refugadas)
1	Falha operacional	Falha na programação da coluna eletrônica	32,40 %	11.716
2	Falha operacional	Utilização do bloco padrão inadequado	24,30 %	8.787
3	Falha operacional	Condições inadequadas dos equip de medição	12,15%	4.393
4	Falha operacional	Medição incorreta com o micrômetro	12,15%	4.393
5	Falha operacional	“Pular” operação ao seguir IU	4,50%	1.627
6	Falha operacional	“Pular” passe ao seguir IU	4,50%	1.627
7	Falha de processo	Folga no volante de ajuste	2,50%	904
8	Falha de processo	Falha na alimentação da máquina	2,50%	904

9	Falha de processo	Varição na vazão de óleo	2,00%	723
10	Falha de processo	Folga no torpedo	2,00%	723
11	Falha de processo	IU com parâmetros	0,50%	181
12	Falha de processo	Correção incorreta do bloco padrão	0,50%	181
			100,00%	36.160

Tabela 01 – Priorização de causas

5. Plano de ação focado nos caminhos críticos

A partir da identificação dos caminhos críticos é possível priorizar ações de forma ordenada. Dessa forma, o plano de ação utilizado na figura 05 consiste na determinação da prioridade e foco de cada ação proposta. A prioridade de cada ação está diretamente relacionada a estimativa do impacto que está exercerá na redução do problema. Além disso, são definidas as causas raízes em que cada ação estará atuando. Dessa forma, é possível vincular o diagrama de árvore com cada ação definida.

PLANO DE AÇÃO		Responsável: ALEXANDRE KENJI YAMANE	Área: MFPU						
Revisão Atual: 08		Data: 21/11/2006							
		Próxima Revisão: 30/11/2006							
ASSUNTO:	PLANO DE AÇÃO PARA MELHORIA DE REFUGO								
GRUPO:	ALEXANDRE YAMANE / LUIZ GUSTAVO GIANINI / VAINER PEDROZO / MAURILIO GUEDES / FRANCISCO CHARFADIA / JOAO PINTO / JOAO DA SILVA / MESSIAS RIBEIRO / EVANDRO BRIGAGÃO								
FOCOMOTIVO:	Redução de Refugo / Acionamentos								
I T E M	AÇÕES PROPOSTAS	Prioridade	Foco	Causa Raiz	RESPONSÁVEL	DATA DE IMPLEMENTAÇÃO		PROGRESSO (%)	Eficácia
						PREVISTO	REAL		
33	Instalar relógios milésimais para as retificas acabadas	Alta	Altura fora do especificado	89-1 / 89-2 / 89-3 / 89-4	Gustavo Gianini / Alexandre Yamane	30/9/2006	30/12/2006	X	
34	Instalar relógios milésimais para as retificas brutas	Alta	Altura fora do especificado	89-1 / 89-2 / 89-3 / 89-4	Gustavo Gianini / Alexandre Yamane	30/12/2006	30/02/2007		
35	Confeção de blocos padrão com alturas próximas da necessidade da MFPU	Medio	Altura fora do especificado	89-2	1º Fase / 2º Fase	30/12/2006			
36	Treinoamento aos operadores das retificas acabadas quanto à utilização da coluna eletrônica	Baixa	Altura fora do especificado	89-1	Alexandre Yamane	30/12/2006			
37	Treinoamento aos operadores das retificas brutas quanto à utilização da coluna eletrônica	Medio	Altura fora do especificado	89-1	Alexandre Yamane	30/9/2006	30/11/2006		
38	Confeccionar cabine/suporte para os relógios milésimais, coluna eletrônica e latão de refugo	Medio	Altura fora do especificado	89-1 / 89-2 / 89-3 / 89-4	Gustavo Gianini / Alexandre Yamane	30/9/2006	30/11/2006	X X X	
39	Substituir micrômetros em péssimo estado de utilização	Alta	Altura fora do especificado	89-3 / 89-4	1º Fase	30/10/2006	25/9/2006	X X X X	↑
40	Cadastrar todos os micrômetros da MFPU	Baixa	Altura fora do especificado	89-3 / 89-4	1º Fase	30/10/2006	23/10/2006	X X X X	↓
41	Revisar a manutenção planejada das retificas	Alta	Altura fora do especificado	89-7 / 89-10	Evandro / 2º Fase	30/9/2006	30/11/2006		
42	Avaliar a pressão e vazão na alimentação das retificas	Alta	Altura fora do especificado	89-9	Gustavo Gianini	30/9/2006	30/12/2006	X X	

Figura 04 – Plano de Ação

Através do plano de ação pode-se verificar a eficácia de cada ação implementada, e depois disso, realizar a atualização das probabilidades do diagrama de árvore, definindo uma nova disposição de prioridades.

6. Conclusão

O mapeamento através de Árvore de Falhas (FTA) demonstra ser uma excelente ferramenta na identificação de potenciais causas de Não Conformidades, além de poder ser utilizada para atingir metas definidas pela identificação de oportunidades de melhorias.

O diagrama de árvores também apresenta uma enorme importância por considerar as causas intermediárias de um efeito. Dessa forma, é possível determinar a sucessão de causas prováveis de um problema. Além disso, essa ferramenta pode substituir o diagrama de causa e efeito, diagrama de afinidade, estratificação e até mesmo o diagrama de Pareto. Porém, para uma melhor análise do problema é necessária a utilização de ferramentas conjuntas.

Além disso, o FTA priorizar os caminhos críticos (causas) e define ações para minimizar o potencial de ocorrência criando ambiente propício para utilizar, de forma eficaz e eficiente, os recursos e esforços da organização, uma vez que a apresentação do FTA mostrou-se uma forma didática de entendimento e comprometimento da equipe de trabalho.

7. Agradecimentos

Agradecemos a FAPEMIG pelo apoio e suporte no financiamento de projetos de pesquisas de nossa universidade.

Referências

ARIOLI, E.E. *Análise e Solução de Problemas – O Método da Qualidade Total com Dinâmica de Grupo*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998. 340p.

ALMEIDA, D.A.; PINHO, A.F.; LEAL, F. *Proposta de um Modelo de Sistema de Informação para a Gestão do Conhecimento aplicado a Árvores de Falhas*. SINCONEE – IV Seminário Nacional de Gestão da Informação e do Conhecimento no Setor de Energia Elétrica, 2005.

AMBERKAR, S; CZERNY, B.J.; D'AMBROSIO, J.G.; DEMERLY, J.D.; MURRAY, B.T. *A Comprehensive Hazard Analysis Technique for Safety-Critical Automotive Systems*. SAE 2001 World Congress, Michigan, 2001.

CARVALHO, E.G.; ALMEIDA, D.A.; PINHO, A.F.; LEAL, F. *Uma proposta para um modelo de sistema de informação para análise de falhas no setor de utilidades de uma refinaria de petróleo*. SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru-SP, 2004.

ELLIOT, J.B. *Risk analysis, Two tools you can use to assure product safety and reliability*, Booth Scientific, 1998.

GRUNBERG, T. *A review of improvement methods in manufacturing operations*, Work Study, Vol. 52, No. 2, pp. 89-93, 2003.

HE, Z.; STAPLES, G.; ROSS, M.; COURT, I. *Fourteen Japanese quality tools in software process improvement*, The TQM Magazine, Vol. 8, No. 4, pp. 40-44, 1996.