

Estudo da Construção de uma Árvore de Análise de Falhas aplicada em um Equipamento de uma Empresa de Assistência Técnica

Edson Sidnei Maciel Teixeira (IFSC-SC) edson.teixeira@ifsc.edu.br
Maicon Adilson Texeira (IFSC-SC) maikontexe@gmail.com

Resumo:

A necessidade de utilização de modelos de análise estruturados é cada vez maior em empresas de várias áreas. No caso de uma empresa de assistência técnica, nem sempre esta estrutura de análise é seguida, sendo que várias ainda utilizam o método empírico. Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento da construção de uma FTA (Árvore de Análise de Falhas) para o principal problema em roçadeiras a combustão interna. Nesta construção é apresentada uma sequência lógica de possíveis defeitos elétricos em motores a combustão de pequeno porte. Assim, chegando à raiz do problema ou causa primária de uma forma rápida e eficaz, os técnicos mecânicos da área de manutenção de máquinas como motosserras, roçadeiras, cortadores de grama, unidades geradoras, motores estacionários, dentre outros, podem executar um trabalho preciso e com rapidez, garantindo a satisfação do cliente.

Palavras chave: FTA, Árvore de Falhas, Causas Primárias, Defeitos Elétricos.

Study of Construction of a Fault Tree Analysis Applied to an Equipment of a Technical Assistance Company

Abstract

The need to use structured analysis models is increasing in various fields of business. in the case of technical assistance companies, not always this analysis framework is followed, with many still use the empirical method. Thus, the aim of this paper is to present the development of the construction of a fta (fault tree analysis) to the main problem in the internal combustion trimmers. In this construction presents a logical sequence of possible electrical faults in small internal combustion engines. so, getting to the root of the problem or the primary cause of a quick and effective mode, mechanical technicians in the area of maintenance of machines like chainsaws, trimmers, lawn mowers, generator units, stationary engines, among others, can perform precise work and quickly, ensuring customer satisfaction.

Key-words: FTA, Fault Tree, Primary Causes, Electrical Faults

1. Introdução

Atualmente, devido às necessidades de menor custo e maior rapidez nos processos de fabricação e manutenção, percebe-se cada vez mais a utilização de ferramentas lógicas, como as que armazenam dados facilitando a visualização e correção dos erros de produção ou falhas mecânicas, vindo a contribuir com melhorias de processos e manutenção. Para se executar um serviço de manutenção com agilidade e qualidade, precisa-se de uma lógica de raciocínio bem definida. Porém, com o grande leque de máquinas sendo fabricadas e lançadas no mercado,

contudo torna-se difícil o domínio de todas as sequências lógicas dos possíveis defeitos. Assim, achar a solução com agilidade e garantir a satisfação do cliente se torna uma tarefa muito extensa e complexa. Partindo deste princípio, implantar uma Árvore de Análise de Falhas (FTA - Fault Tree Analysis) dentro de uma empresa de manutenção de equipamentos é um procedimento adequado e organizado para se conseguir agilidade e qualidade no processo de manutenção. A FTA inicia do topo do problema e se ramifica criando uma sequência lógica para a execução das atividades, até chegar a provável causa do problema. Portanto, a sua contribuição para a melhoria das atividades de manutenção é significativa.

2. Histórico da Manutenção

A utilização de instrumentos pelo ser humano é uma prática histórica desde os tempos mais remotos das civilizações. Mas, somente ganhou força com a revolução industrial em 1789, com a invenção da máquina a vapor. Na época o próprio projetista era quem executava as manutenções e também instruía os operadores para efetuarem pequenos consertos. Somente nos últimos cem anos houve uma grande evolução nas máquinas pelo surgimento de motores elétricos. Assim, a manutenção começou a ter destaque com a necessidade de ter os equipamentos em bom funcionamento (SAMPAIO, 2012).

Nos tempos de guerra, como consequência houve uma evolução tanto nas máquinas como na própria manutenção. Após a Segunda Guerra Mundial, pelo grande número de perdas pessoais e materiais, houve o desenvolvimento da manutenção com o objetivo de identificar as falhas nos materiais sendo que, essas falhas se originavam da baixa confiabilidade dos projetos. Assim, as perdas com vidas e equipamentos poderiam ser evitadas se houvesse uma verificação rotineira nos equipamentos (PEDROSA FILHO, 2012).

2.1 Qualidade e Compreensão da Manutenção

O setor da manutenção demonstra uma evolução significativa nos últimos anos. A necessidade de atender a disponibilidade dos equipamentos, a qualidade dos produtos, a segurança requerida pelas plantas industriais e o controle de custos, fazem do gerenciamento da função manutenção uma das disciplinas que mais evoluíram nos últimos 15 (quinze) anos (LIMA e MARCORIN, 2012). Compreendendo-se a importância da manutenção sabe-se que, esta aumenta a vida útil dos equipamentos. Essas manutenções podem ser em primeiro nível, por exemplo, tarefas relativamente simples, como lubrificação e limpeza das máquinas que, garantem a durabilidade do equipamento reduzindo problemas como desgaste e deterioração dos mesmos. As manutenções periódicas devem ser realizadas em um intervalo de tempo padronizado para evitar o menor desgaste possível e assim reduzir custos desnecessários, mantendo o equipamento com maior eficiência de produção.

Tendo-se maior controle nas previsões de manutenção, consegue-se garantir uma melhor qualidade de serviço, com maior satisfação dos clientes. Segundo Morais e Godoy (2012), as empresas necessitam fabricar produtos que venham a satisfazer o consumo dos clientes com qualidade e rapidez nos serviços prestados. Também descrevem que a natureza do ato do serviço de manutenção e conserto de equipamentos é uma ação tangível que agrega valor ao produto.

2.2 Falhas em Equipamentos

De acordo com Simões Filho (2006), falha é o fim do período de uma peça de desempenhar a função requerida. Os critérios de falhas são um conjunto de regras que são aplicadas de acordo com os tipos e ordens de gravidade das mesmas para determinar os limites de aceitação de um determinado equipamento. Segundo o autor, as falhas críticas são falhas que possivelmente resultarão em condições de perigo e insegurança para as pessoas, ou perdas materiais. As causas das falhas podem ser erros de projetos, erros de fabricação, mau uso ou

desgaste de componentes.

Conforme Almeida et al. (2006), as falhas graves ou não, podem causar grandes prejuízos, financeiros ou por vidas em risco. O autor também cita que, as falhas podem chegar a tamanhos irreparáveis prejudicando indústrias e comprometendo seus produtos e seus clientes. Esses clientes afetados pelos produtos com falhas podem entrar com processos judiciais e conseqüentemente em penalizações havendo mais perdas financeiras.

3. O FTA como Ferramenta de Manutenção

Considera-se que, posteriormente à Segunda Guerra Mundial, o aperfeiçoamento das técnicas de FTA foi ganhando espaço, mas ainda era muito restrito, voltado principalmente à indústria aeronáutica. Desenvolvida primeiramente em 1962 no *Bell Laboratories*, nos Estados Unidos para um projeto da força aérea americana, a FTA posteriormente passou a ser utilizada pela *Boeing*, com o objetivo de eliminar falhas do sistema de trem de repouso de aeronaves. Após a *Boeing* começar a utilizar este método e ter excelentes resultados, outras empresas (automobilísticas, petroleiras, nucleares, navais) também aderiram ao conceito FTA. Mesmo com esse sistema de análise, a manutenção ainda era vista como setor de conserto de máquinas e somente após 1980 que a manutenção começou a destacar-se realmente, e a chamar atenção em critério estratégico. Na atualidade, o conceito FTA é reconhecido como uma excelente ferramenta de sistemas complexos de falhas, também sendo aplicado em conceitos organizacionais de empresas (GILSON FILHO, 2012).

De acordo com Simões Filho (2006), a FTA tem como base a construção de um diagrama fundamentado por lógica, por meio de dedução que inicia encontrando um acontecimento indesejado pré-definido, e assim buscando as possíveis causas de tal acontecimento. Inicia-se então um processo buscando as possíveis combinações de falhas do processo até encontrar as causas básicas, no qual dita o limite de resolução da análise. O acontecimento indesejado é definido como evento de topo da árvore de falhas. O principal objetivo da FTA é analisar as falhas em sistemas complexos, principalmente onde há múltiplas causas potenciais. O mesmo comenta que esta é uma ferramenta muito eficiente para achar e entender uniões complexas que causaram ou podem causar falhas.

Para que a estrutura gráfica siga uma lógica de execução, usam-se componentes que indicam a leitura da FTA, assim como a sua interpretação. Apesar de não existir uma simbologia oficial, seguem-se orientações de autores que desenvolvem este tipo de método. Entre eles, Helman e Andery (1995), indicaram as simbologias mais usuais para a construção da árvore de análise de falhas, conforme Figura 1.

	Eventos que são saídas lógicas
	Eventos associados a falhas básicas
	Eventos não realizados (omitidos)
	Parâmetro associado a um evento monitorado
	Evento condicional
	Conexão com outro símbolo ou evento
	Porta E – Evento de saída (ocorre se pelo menos um dos de entrada ocorrer)
	Porta OU – Evento de saída (ocorre se um, mas não ambos, dos de entrada ocorrer)

Figura 1 – Simbologia para eventos e portas lógicas. Fonte: Adaptado de Helman e Andery (1995)

Portanto, segundo a Cedtec (2012), a FTA é um modelo gráfico considerado como uma ferramenta que trabalha de cima para baixo. Isso se deve ao fato desse modelo ser adjunto ao processo de desenvolvimento de uma falha do sistema ou efeito, que originalmente se chama evento de topo e as falhas básicas (causas), denominadas de eventos primários. A Figura 2 mostra um modelo de FTA, partindo do evento de topo seguindo para os eventos intermediários e chegando ao evento básico da falha:

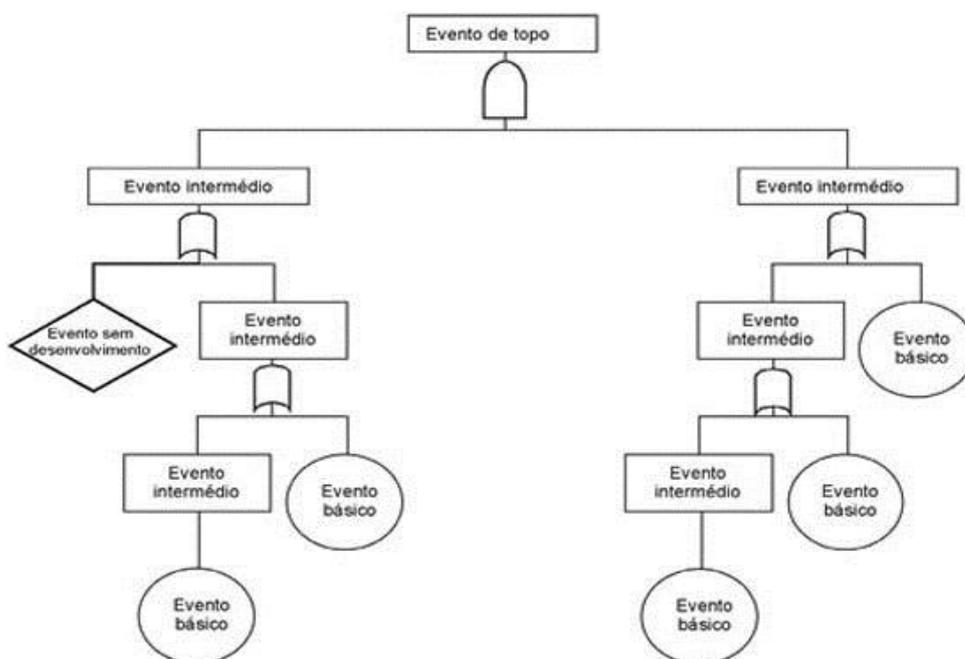


Figura 2 – Modelo de FTA. Fonte: Adaptado de Simões Filho (2006)

O escopo da FTA será definido com a construção da árvore de falhas, assim como as regras básicas para a construção da árvore de falhas. Inicia-se a árvore a partir do evento de topo e segue-se para as causas abaixo da causa primária e assim até chegar a causa que foi a razão de todas as outras causas

Após encontrar as falhas básicas do sistema analisado, pode-se criar um método de manutenção ágil, fazendo estimativas de probabilidade partindo do sintoma da falha ou falha de topo, permitindo a correção da causa primária da falha (FRANZ, 2012).

Segundo Miguel e Ferreira (2010), a FTA possui muitas vantagens, entre as quais facilitar o entendimento da sequência de análise de falhas, principalmente por ser um método gráfico e permitir trabalhar com combinações ou falhas múltiplas, buscando a quantidade de ações para se reduzir os riscos. Entre as desvantagens, o autor cita a dificuldade de produzir árvores de falhas em produtos completos e a modelagem complexa de falhas com causa comum, mas que ocorrem por propagação.

Sendo assim, percebe-se que a FTA é uma ferramenta com um grau de importância considerável no setor de manutenção. Seu principal objetivo é identificar falhas em sistemas complexos, como de equipamentos, de software, ou qualquer outro acontecimento relacionado à manutenção. Assim, modela todas as aceitáveis falhas de um sistema e consequentemente todas as aceitáveis causas para essa falha. As falhas que não condizem com este modelo podem ser desconsideradas.

4. Análise para Aplicação em Empresa de Assistência Técnica

A aplicação de uma árvore de falhas em uma Assistência Técnica requer conhecimento sobre os princípios de funcionamento e a sua organização. O local analisado para a aplicação da FTA foi uma empresa de serviços de manutenção em máquinas de pequeno porte à combustão que são operadas por uma pessoa. A assistência analisada é formada por três técnicos mecânicos que prestam assistência de manutenção corretiva ou preventiva. Quando a máquina de um cliente apresenta um problema, o mesmo se dirige até a assistência relatando sobre o não funcionamento do equipamento. Um colaborador da empresa de assistência técnica efetua a entrada (cadastro) da máquina por meio de uma ordem de serviço, descrevendo em ordem o possível problema da máquina. Baseado no problema descrito os técnicos procuram a solução para o mesmo, só que isto é feito com base na experiência dos técnicos e não por meio de relatórios prévios ou informações armazenadas. Assim, não cria-se histórico de conserto nem algum registro armazenado para possíveis manutenções futuras. Então, uma árvore de falhas seria um registro confiável para falhas e suas causas, sistematizando o processo de busca de falha básica.

Antes de começar a implantar a FTA em uma linha de manutenção de equipamentos, foi necessário separar os equipamentos por famílias. Foram definidas famílias para os grupos de roçadeiras, motosserras, unidades geradoras, hidro lavadoras, sendo estes os produtos de atendimento da empresa analisada. Partindo destas informações, preparou-se para desenhar a árvore, iniciando a partir do diagnóstico da falha. Também foi necessário definir os passos de execução para o reparo destas falhas, para posteriormente executar a árvore de falhas.

A partir do aparecimento de falhas indesejáveis nos processos foi preciso aplicar um método para encontrar as causas primárias e bloqueá-las. Também foi necessário determinar alguns pontos importantes:

- Determinar onde será aplicada a FTA;

- Determinar o topo da FTA;
- Definir o escopo da FTA;
- Determinar as regras básicas da FTA;
- Definir a construção da árvore de falhas.

Após analisar todos os pontos de falhas foi necessário determinar onde seria aplicada a primeira árvore de falhas. No estudo de caso em questão as falhas foram divididas em dois grupos: falhas mecânicas e falhas elétricas, para melhor visualização dos técnicos de manutenção. Cada grupo dessas falhas se dividiu de acordo com as famílias. Então, após definir a famílias escolheu-se a falha e trabalhou-se a árvore sobre a falha mais relevante. No presente trabalho optou-se por abordar falhas elétricas, e se trabalhou somente com a família de roçadeiras à combustão interna. A cada falha elétrica em uma família, aplicou-se a uma árvore. Desta forma ficou mais fácil a visualização das árvores para não gerar dúvidas nas atividades dos técnicos.

Baseado em um histórico de consertos, verificou-se que as principais falhas elétricas foram as seguintes:

- Motor não funciona;
- Motor trabalha um pouco e desliga;
- Hidro lavadora não liga;
- Hidro lavadora não desliga no gatilho;
- Hidro lavadora fica pulsando;
- Motor elétrico não dá partida;
- Motor elétrico não liga;
- Unidade geradora não gera energia.

Assim, definiu-se que a falha “motor não funciona” seria a escolhida para o desenvolvimento deste estudo de caso.

5. Aplicação da FTA

Para gerar uma árvore de falhas é importante identificar o objetivo da mesma. Esta etapa parece relativamente lógica, mas no entanto se não houver uma análise detalhada, ou se o objetivo não está bem identificado, dificilmente se alcançará bons resultados. Após identificado o objetivo da árvore, os outros passos para execução da mesma se tornam mais lineares. Neste trabalho, a aplicação da FTA foi na falha elétrica das roçadeiras à combustão interna, definindo assim o foco do estudo em análise. Com as principais falhas definidas, a segunda fase foi definir o evento primário da árvore. Esta é a mais importante das etapas, onde é necessário trabalhar as atividades e suas características que darão suporte para todo o restante da árvore. Com a escolha do evento primário bem definido, se chegará com maior rapidez à solução do problema, alcançando assim a agilidade e satisfação do processo de manutenção. Se o evento primário for definido de forma errada, todo o resto também estará comprometido, induzindo o técnico ao procedimento incorreto. Assim, após um estudo analisando falhas elétricas em roçadeira na assistência técnica chegou-se ao evento de topo da FTA.

5.1 Construção da Árvore de Falhas

Após definida a falha (evento de topo) “motor não funciona”, analisou-se as possíveis causas desta falha por meio de histórico na assistência técnica. Toda vez que uma máquina entrava na assistência com a falha “motor não funciona” e foi diagnosticado falha elétrica, verificou-se que haviam duas possibilidades que os técnicos analisavam, a primeira era que a vela não gerava faísca e a segunda, módulo não gerava tensão.

Em consequência, pegou-se a primeira análise para identificar as possíveis falhas da vela. Uma das falhas foi que a vela já estaria com seu tempo de uso excedente, e essa seria uma falha primária da árvore. Outra falha da vela foi a folga no eletrodo que estava fora do padrão, sendo que o padrão é 0,7mm. Esta folga fora do padrão abriu duas possibilidades, a primeira possibilidade foi a de se ter carvão entre os eletrodos reduzindo esta folga de 0,7mm, com isto a vela não gerava faísca. Com base na experiência dos técnicos, quando há carvão na vela o motor está carbonizado e isso seria uma falha primária. A segunda possibilidade da folga do eletrodo fora do padrão, foi a perda de material do eletrodo gerado pelo super aquecimento do motor. Isso geralmente é causado pelo excesso de rotação no motor sendo então uma causa primária de falha.

A próxima análise foi na coluna da árvore, abaixo do módulo não gera tensão, que ramificou-se em duas falhas. A primeira foi o módulo queimado, por esta ser uma peça eletrônica. A única causa para queimar o módulo ou fazer ele parar de funcionar é a umidade ao redor da peça, sendo provável que a máquina foi utilizada na chuva, aspirando água pelas aletas do volante de ignição e umedecendo o módulo e sendo então outra causa primária.

A segunda falha foi a folga entre ferros fora do padrão. Sabendo que o padrão entre o módulo e o volante de ignição é 0,5mm, essa falha gerou mais duas ramificações. A primeira foram as impurezas depositadas entre o volante e o módulo. Essas impurezas são aspiradas pelo volante de ignição junto com o ar que refrigera o motor e vão se depositando nas galerias de refrigeração e no próprio volante de ignição, sendo outra falha primária. Lateralmente, a coluna de impurezas entre ferros formou-se a coluna dos parafusos soltos. Analisando mais a fundo esta coluna, percebeu-se que o problema de soltar os parafusos é o excesso de vibrações na máquina, a causa das vibrações em uma roçadeira é a lâmina de corte desbalanceada, sendo a causa primária.

Uma terceira coluna de falhas gerada na árvore foi a coluna da chave interruptora. Nesta coluna analisou-se todas as possíveis falhas nas chaves e se chegou a duas causas primárias, que seriam as seguintes: sujeira nos contatos e cabo de ligação danificado. Assim, finalizou-se a árvore de falhas com base nas análises do histórico de conserto efetuada em uma assistência técnica, conforme Figura 3.

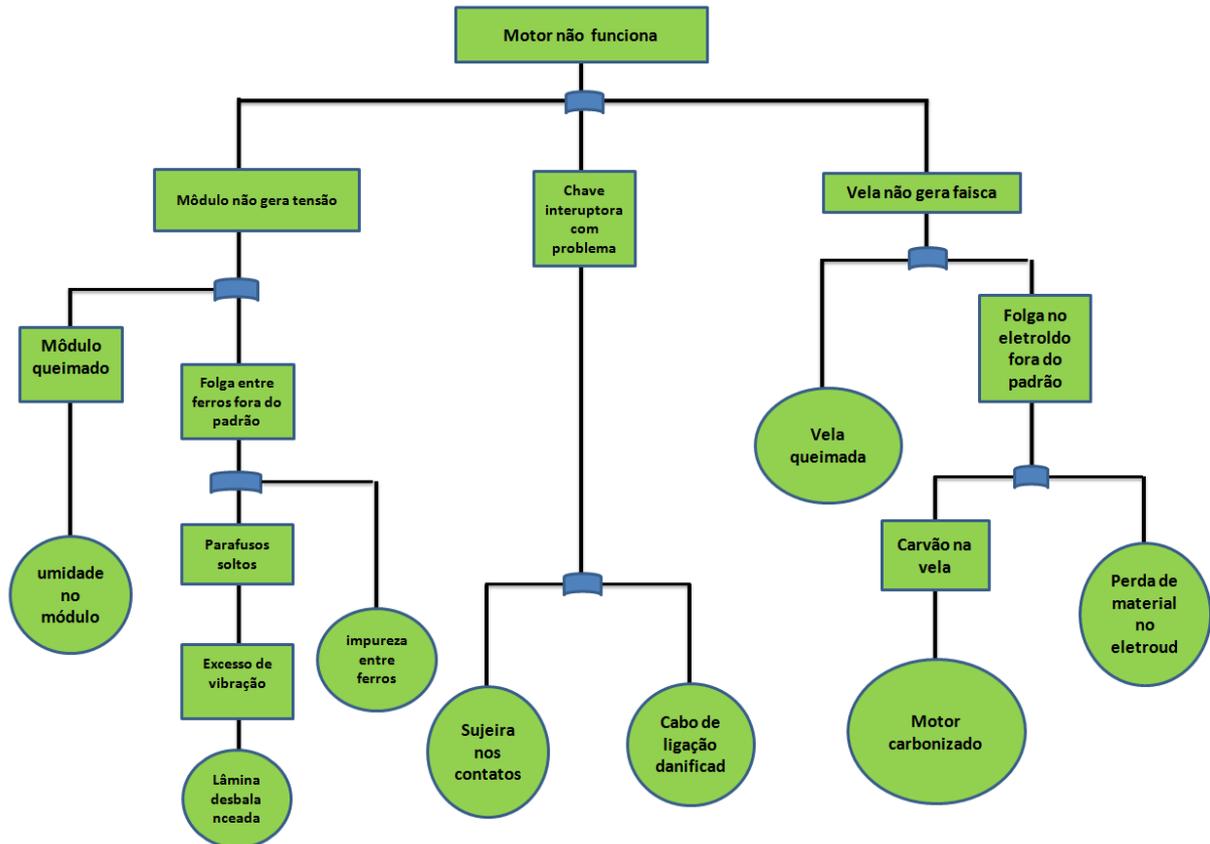


Figura 3 – FTA Aplicada à falha de não funcionamento de motor de roçadeira. Fonte: O Autor

6. Conclusões

A FTA consiste em uma ferramenta de grande importância no processo de manutenção. A mesma assegura ao técnico diagnosticar com maior agilidade e eficiência as causas do não funcionamento de determinado equipamento. Assim, estabelece maior qualidade de serviço, logo, satisfação do cliente. É uma ferramenta que só tem a contribuir no processo de manutenção, desde que, seja utilizada de forma adequada. Deste modo, especificamente na análise da falha escolhida para o trabalho da assistência técnica, notou-se que existem oito causas primárias para diagnóstico elétrico. Isso não seria normalmente percebido pelos técnicos e não serviria de histórico para a empresa. Com a aplicação da FTA houve uma significativa contribuição com o armazenamento de dados sobre possíveis falhas, padronizando o serviço de manutenção dos técnicos.

Referências

ALMEIDA, Dagoberto Alves de. et al. *Gestão do Conhecimento na análise de falhas: mapeamento de falhas através de sistema de informação*. Produção, Itajubá, p.171-188, abr. 2006.

CEDTEC – Centro de Desenvolvimento Tecnológico - Escola Técnica. *Curso Técnico em Manutenção Mecânica: Módulo II*. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/86977206/11/FTA-ARVORE-DE-ANALISE-DE-FALHAS>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

FRANZ, Luiz Antonio. *Mini curso 2 de FMEA FTA*. Disponível em: <www.reliasoft.com/xfmea>. Acesso em: 20 jun. 2012.

GILSON FILHO. *Técnicas de Memorização e Estudo Eficaz*. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/GilsonFilho/d/281967-Tecnicas-de-Memorizacao-e-Estudo-Eficaz>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

HELMAN, H.; ANDERY, P. *Análise de falhas (aplicação dos métodos FMEA e FTA)*. Belo Horizonte: QFCO, 1995. v. 11.

LIMA, Carlos Roberto Camello; MARCORIN, Wilson Roberto. *Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos*. Disponível em: <http://www.eletrho.com.br/ana_custos.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2012.

MIGUEL, Paulo A. C; FERREIRA, C. V. *FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)*. In: ROMEIRO FILHO, Eduardo et al. *Projeto do Produto*. São Paulo: Campus, 2010. p. 329-336.

MORAIS, A. P.; GODOY, L. P. *Qualidade em serviços: uma abordagem conceitual*. Bauru. Disponível em: <<http://www.feb.unesp.br/dep/simpep/anais>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

PEDROSA FILHO, Manoel Henrique de Oliveira. *Metodologia de manutenção*. Disponível em: <<http://manoel.pesqueira.ifpe.edu.br/moodle/>>. Acesso em: 12 jun. 2012.

SAMPAIO, Chedas. *Introdução à Manutenção Industrial*. Disponível em: <<http://www.enautica.pt/publico/professores/chedas/chedashomepage/Manut/IntrManutInd.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2012.

SIMÕES FILHO, Salvador. *Análise de árvore de falhas considerando incertezas na definição dos eventos básicos*. 2006. 299 f. Dissertação (Pós-Graduação) - Coppe/UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.