

## **Aplicação das Metodologias FMEA e GUT na Prestação do Serviço Automotivo de Geometria a Laser**

Priscila Cembranel (UFSM) [priscila\\_cembranel@yahoo.com.br](mailto:priscila_cembranel@yahoo.com.br)  
Luis Felipe Dias Lopes (UFSM) [lflopes67@yahoo.com.br](mailto:lflopes67@yahoo.com.br)  
Adriane Fabricio (UFSM) [adrianefabricio@yahoo.com.br](mailto:adrianefabricio@yahoo.com.br)  
Ana Maria Fabricio (UFSM) [anamariafabricio@yahoo.com.br](mailto:anamariafabricio@yahoo.com.br)  
Cecília Smaneoto (CAPES/UNIJUÍ) [cissacla12@terra.com.br](mailto:cissacla12@terra.com.br)

### **Resumo:**

O serviço automotivo de geometria a laser é responsável pelo alinhamento das rodas, da direção e do câmber ajustando as rodas para que o pneu tenha o mínimo atrito possível com o solo. Selecionou-se o serviço de geometria por ser um dos serviços mais procurados (por meio dos relatórios de vendas e ordens de serviços) no que diz respeito ao volume de vendas. O estudo teve como objetivo a elaboração do fluxograma de processos, a identificação as falhas nos processos sugerindo e implementando ações para a correção das mesmas. Como metodologia utilizou-se o acompanhamento *in loco*, de forma a identificar todas as etapas envolvidas no processo de prestação do serviço. Para a identificação das falhas utilizou-se a metodologia FMEA. Por fim, as falhas levantadas foram avaliadas utilizando-se os critérios da metodologia GUT. As principais falhas elencadas foram: o alto índice de retrabalho, a qualificação do geometrista, a necessidade de atualização do manual com os padrões e medidas dos veículos, a necessidade de acompanhamento do geometrista junto ao cliente nos testes do veículo e a verificação e aferição da máquina de geometria. Através da metodologia GUT elencou-se como prioridade o acompanhamento do geometrista junto ao cliente no testes e a aferição do equipamento de geometria, o que impactou diretamente no índice de retrabalho.

**Palavras chave:** Geometria a laser, metodologia FMEA, metodologia GUT, resolução de problemas, priorização.

## **Application of FMEA and Methodologies in Service Delivery GUT Automotive Laser Geometry**

### **Abstract:**

The automotive service geometry is responsible for laser wheel alignment, steering and camber adjusting the wheels to the tire has the least possible friction with the ground. We selected the service of geometry as one of the most sought after services (through sales reports and work orders) with respect to sales volume. The study aimed at developing the flowchart of processes, identifying gaps in processes suggesting and implementing actions to correct them. The methodology we used in situ monitoring in order to identify all the steps involved in the process of providing the service. For the identification of failures used the FMEA methodology. Finally, the failures raised were evaluated using the criteria proposed by GUT. The main failures were listed: the high rate of rework, the qualification of the geometry, the need to update the manual with the standards and measures of the vehicles, the need for monitoring the geometry with the customer in the vehicle testing and verification and calibration of the machine of geometry. Through the methodology GUT listed out as a priority to monitor the geometry with the client in testing and measuring equipment geometry, which directly impacted the level of rework.

**Key-words:** laser geometry, FMEA methodology, methodology GUT, problem solving, prioritization.

## 1. Introdução

A suspensão dianteira de um veículo é um sistema maleável criado para absorver os impactos da melhor forma possível. Quando submetidos as irregularidades da malha rodoviária, os pontos de fixação da suspensão perdem a exata localização da fixação original (feita através de parafusos ajustáveis). (ABRAPNEUS, 2009).

A geometria serve para regular os pontos de fixação fazendo com que as rodas fiquem centralizadas formando um retângulo. As máquinas de geometria jamais conseguiriam regular os pontos de fixação de forma precisa (como quando os veículos saem das fábricas), por isso existe uma margem de erro para os graus e milímetros especificada pelas montadoras. A prestação do serviço de geometria, por não ser algo preciso possui índice de retrabalho que, dependendo das circunstâncias pode ser considerado alto. (ABRAPNEUS, 2009).

Eficiência e eficácia tornaram-se fundamentais para a sobrevivência das organizações diante da necessidade de diminuição de custos dos serviços e da exigência por padrões cada vez mais rígidos de qualidade solicitada pelos usuários.

A metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*), é uma ferramenta que procura evitar que ocorram falhas no projeto do produto ou processo, através da análise das falhas possíveis e da sugestão de melhoria buscando aumentar a confiabilidade de processos e materiais.

A metodologia GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), é uma ferramenta que busca avaliar e atribuir valores aos aspectos segundo os parâmetros de gravidade, urgência e tendência priorizando a resolução dos problemas que apresentarem maior pontuação.

O estudo foi realizado em uma organização prestadora de serviços automotivos na região do Vale dos Sinos no Rio Grande do Sul. Os freqüentes problemas relacionados ao retrabalho na prestação do serviço de geometria a laser dificultam a fidelização e a prospecção de novos clientes. Realizado principalmente através de tabelas, as metodologias trouxeram para a empresa a possibilidade de controle e diagnóstico dos entraves relacionados ao processo e a priorização de determinadas ações em relação a necessidade de melhorias. Após a implementação das metodologias o controle passou a ser registrado, padronizado e contínuo.

O principal motivo para serem implementadas as metodologias FMEA e GUT foi a ausência de controle e a inexistência do mapeamento das etapas da prestação do serviço de geometria a laser. Dessa forma, a utilização das tabelas padronizadas tornou-se uma possibilidade de controle das etapas possibilitando a identificação das falhas e priorizando a resolução das que causam maior impacto a prestação do serviço.

## 2. Metodologia

O serviço de geometria é responsável pelo alinhamento das rodas, da direção e do câmbor ajustando as rodas para que o pneu tenha o mínimo atrito possível com o solo.

Selecionou-se o serviço de geometria por ser um dos serviços mais procurados (por meio dos relatórios de vendas e ordens de serviços) no que diz respeito ao volume de vendas.

O estudo teve como objetivo a elaboração do fluxograma de processos, a identificação as falhas nos processos sugerindo e implementando ações para a correção das mesmas. Como metodologia utilizou-se o acompanhamento *in loco*, de forma a identificar todas as etapas envolvidas no processo de prestação do serviço. Para a identificação das falhas utilizou-se a

metodologia FMEA. Por fim, as falhas levantadas foram avaliadas utilizando-se os critérios da metodologia GUT.

### 3. Análise do Tipo e Efeito de Falha (FMEA)

Stamatis (2003) define FMEA (Análise dos Modos e Efeitos das Falhas) como um método de análise de produtos ou processos usado para identificar todos os possíveis modos potenciais de falha e determinar o efeito de cada um sobre o desempenho do sistema (produto ou processo), mediante um raciocínio basicamente dedutivo (não exige cálculos sofisticados). É, portanto, um método analítico padronizado para detectar e eliminar problemas potenciais de forma sistemática e completa.

Puentes (2002) salienta que o desenvolvimento da Análise dos Modos e Efeitos das Falhas consiste em reconhecer e avaliar as possíveis falhas e seus efeitos, encontrar ações que possam minimizar ou eliminar potenciais falhas, e documentar os processos. Procura-se determinar modos de falha dos componentes mais simples, as suas causas e de que maneira eles afetam os níveis superiores da produção. Para Fernandes e Rebelatto (2006) Existem três tipos de FMEA: de produto, de processo e de sistema. No FMEA do produto, as causas de falha são as do projeto do produto (mau dimensionamento, má especificação de material), na FMEA de processo as causas da falha serão devido a algum problema do processo de fabricação e na de sistema há a ligação da percepção do cliente em relação a organização enfocando as falhas do sistema em relação as funcionalidades organizacionais.

A metodologia FMEA é uma forma sistemática de relacionar informações sobre falhas dos produtos/processos, melhorando o conhecimento dos problemas, é capaz de apontar ações de melhoria no projeto, capaz de diminuir custos por meio da prevenção de ocorrência de falhas e prevenir falhas, como salientam Zambrano e Martins (2007).

Para Fernandes (2005) o preenchimento de dados deve ser realizado pelo responsável pela aplicação devendo conter: a descrição dos objetivos e abrangência da análise: qual produto ou processo será analisado, a formação dos grupos de trabalho: deve ser pequeno (entre 4 a 6 pessoas) e com pessoas de diversas áreas, um planejamento das reuniões: as reuniões devem ser agendadas com antecedência e aceitação de todos os participantes e a preparação da documentação.

A análise das fases em potencial deve ser realizada pelo grupo de trabalho que discute e preenche o formulário FMEA, definindo: a função e característica do produto/processo, tipo de falha potencial para cada função, efeito do tipo de falha, causa possível da falha e os controles atuais.

Após, há necessidade de avaliar os riscos através dos índices de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) para cada causa de falha, de acordo com critérios definidos pela empresa. Depois são calculados os coeficientes de prioridade de risco (R), por meio da multiplicação dos outros três índices. Em seguida há a fase de melhoria onde é possível listar todas as ações que podem ser realizadas para diminuir os riscos. Para Rosa e Garrafa (2009) estas podem ser: medidas de avaliação da probabilidade de ocorrência de falhas, prevenção total ao tipo de falha, de uma causa de falha, formas de dificultar a ocorrência de falhas, limitar o efeito do tipo de falha, aumentar a probabilidade de detecção do tipo ou da causa de falha. Medidas essas aceitas, sempre que viáveis.

Para a elaboração de uma análise via FMEA sugere Helman (1995, p. 162) seguir os passos indicados:

- 1º - Definir a Equipe Responsável pela Execução.
- 2º - Definir os Itens do Sistema que serão Considerados.
- 3º - Preparação Prévia e Coleta de Dados.
- 4º - Análise Preliminar dos Itens Considerados.
- 5º - Identificação dos Modos de Falha e seus Efeitos.
- 6º - Identificação das Causas das Falhas.
- 7º - Identificação dos Controles Atuais de Detecção das Falhas.
- 8º - Determinação dos Índices de criticalidade (O ocorrência, G gravidade, D detecção e R risco).
- 9º - Análise das Recomendações.

10º - Revisão dos Procedimentos.

11º - Preenchimento dos Formulários de FMEA, a partir, das Listas de Verificação.

12º - Reflexão sobre o Processo. (HELMAN, 1995, p. 162).

Observa-se que, uma vez que realizada uma análise FMEA para produto ou processo esta deve ser sempre realizada quando ocorrerem ou não alterações nesse produto ou processo a fim de confrontar falhas já corrigidas ou verificar potenciais falhas ainda não diagnosticadas.

### 3. Gravidade, Urgência e Tendência (GUT)

De acordo com Behr e Estabel (2008), a matriz GUT – Gravidade, Urgência e Tendência – deve ser um meio de priorizar ações na gestão. Consiste em analisar a gravidade ou o impacto do problema nas operações e pessoas envolvidas, a urgência ou a brevidade necessária para a resolução dos problemas e a tendência ou apresentação de melhora ou piora do problema. Para Nascimento et. al. (2010), o estabelecimento de metas é importante para a visualização do nível de melhoria que pode ser incorporado ao processo.

Gravidade		Urgência		Tendência	
1	Sem gravidade. Dano mínimo	1	longuíssimo prazo (dois ou mais meses)	1	Sem tendência de piorar
2	Pouco grave. Dano leve	2	Pouco Urgente. Longo prazo (um mês)	2	Vai piorar em longo prazo
3	Grave. Dano regular	3	Urgente. Prazo médio (uma quinzena)	3	Vai piorar em médio prazo
4	Muito Grave. Grande dano	4	Muito urgente. Curto prazo (uma semana)	4	Vai piorar em curto prazo
5	Extremamente grave. Dano gravíssimo	5	Extremamente urgente. Imediatamente (está ocorrendo)	5	Se não for resolvido, piora imediatamente

Fonte: Adaptado de Behr e Estabel (2008).

Tabela 1 – Metodologia GUT.

Cada problema é ponderado de um a cinco em cada critério, tendo como base para ponderação a Tabela 1. Após a ponderação, somam-se na horizontal os valores de cada problema e pelo total eles se hierarquizam. (BEHR e ESTABEL, 2008).

Para Oliveira (1999), a metodologia GUT avalia cada fator considerado na análise da situação à luz dos critérios de gravidade, urgência e tendência. Mesmo sendo uma metodologia desenvolvida para a fixação de prioridades no diagnóstico estratégico, ela pode também ser aplicada para identificar problemas existentes colaborando com a postura estratégica organizacional. Seu objetivo é orientar os processos de tomada de decisão e a resolução de problemas. Após o levantamento das causas, a matriz GUT permite quantificar cada uma destas de acordo com a gravidade, urgência e tendência. (CUNHA, 2010).

### 4. Análise e discussão dos resultados

A geometria é o alinhamento das rodas, da direção e do câmber ajustando as rodas para que o pneu tenha o mínimo atrito possível com o solo.

Na empresa estudada, o processo de geometria a laser acontece em três etapas. Inicialmente, o carro é colocado na rampa de geometria a laser podendo ser elevado ou não. Em seguida, o projetor a laser é fixado na roda. A primeira etapa consiste na verificação dos graus do câmber no painel de geometria (varia de acordo com o modelo do carro). Não estando dentro das medidas aceitáveis realiza-se a correção através da fixação do ciborgue automotivo na torre

do amortecedor. Na segunda etapa, com o projetor ainda fixado na roda a convergência é verificada através da medição e leitura dos milímetros ou graus relativos a angulação da roda através de um fecho de raio *laser* que sai do projetor; esse *laser* é refletido em um espelho e retorna no sistema de régua do projetor fornecendo a medida. Não estando dentro dos padrões a correção é realizada através da barra axial com uma chave fixa (de boca). A última etapa é o alinhamento da direção onde o projetor ainda fixado na roda dianteira é virado em 180 graus direcionando os fechos de laser em uma régua que é fixada do lado externo nas rodas traseiras. Feita a verificação e detectando-se alguma inconformidade nos padrões (em milímetros) a correção é realizada através da barra axial com uma chave fixa (de boca).

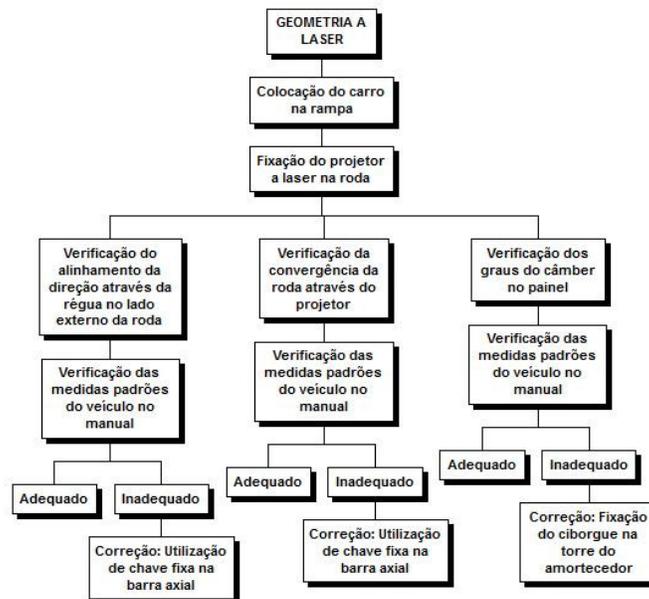


Figura 1 – Fluxograma de processos do serviço de Geometria a Laser.

Quando o serviço prestado é insatisfatório, os principais aspectos observados no veículo relacionam-se à convergência (quando o carro tende a puxar para um determinado lado) causando o desgaste do pneu e podendo aumentar do consumo de combustível. Outro aspecto que pode ser observado é a direção estar desalinhada quando andando em linha reta. Neste caso, não há grandes danos para o veículo.

Para a empresa o resultado é a insatisfação dos clientes e o retrabalho. As principais causas elencadas para as falhas são: falta de conhecimento ou verificação das medidas adequadas para cada carro e a desatenção ou falta de capacitação do geometrista.

A metodologia FMEA (Análise dos modos e efeitos de falhas) pressupõe o controle dos critérios de severidade, ocorrência e detecção. Para a análise dos resultados utilizou-se os índices, o critério e as especificações de cada critério de acordo com o número representado. A severidade foi analisada de acordo com a Tabela 2, a ocorrência de acordo com a Tabela 3 e a detecção de acordo com a Tabela 4.

ÍNDICE	SEVERIDADE	CRITÉRIO
1	Mínima	O cliente quase não percebe a ocorrência da falha.
2	Pequena	Pequena falha no desempenho e pequeno descontentamento do cliente.
3	Moderada	Falhas significativas no desempenho e descontentamento do cliente.

4	Alta	Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente.
5	Muito alta	Problemas de segurança.

Tabela 2 – Critério de risco: Severidade.

ÍNDICE	OCORRÊNCIA	PROPORÇÃO
1	Remota	1:50
2	Pequena	1:40
3	Moderada	1:30
4	Alta	1:20
5	Muito alta	1:10

Tabela 3 – Critério de risco: Ocorrência.

ÍNDICE	DETECÇÃO	PROPORÇÃO
1	Muito grande	Certamente será detectado.
2	Grande	Grande chance de ser detectado.
3	Moderada	Provavelmente será detectado.
4	Pequena	Provavelmente não será detectado.
5	Muito pequena	Certamente não será detectado.

Tabela 4 – Critério de risco: Detecção.

O diagnóstico apontou que além da desatenção em relação ao manual fornecido pela empresa (para a verificação das medidas aceitáveis para cada modelo de veículo) e a falta de capacitação do geometrista também pôde ser verificada que a falta de aferição do equipamento de geometria impacta diretamente nos resultados. Dos clientes agendados para refazerem o serviço, metade solicitou o acompanhamento do geometrista para a realização do teste do carro (uma das soluções adotadas após a aplicação da metodologia FMEA). Para a resolução dos problemas observados elencou-se a necessidade de qualificação do geometrista (fornecida pela empresa), a atualização do manual que contém os padrões e medidas de cada veículo e a realização dos testes de verificação junto ao cliente quando possível.

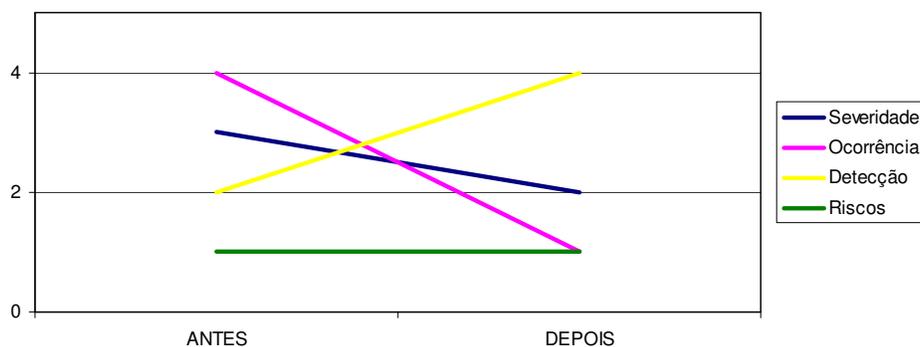


Figura 2 – Antes e depois da aplicação da metodologia FMEA no processo de geometria a laser.

De acordo com a Figura 2, inicialmente, o índice de severidade foi considerado moderado, pois as falhas significativas afetavam no desempenho do processo gerando o descontentamento do cliente (índice 3). Após a aplicação da metodologia esse índice passou a

ser considerado pequeno, pois o cliente raramente percebe a ocorrência da falha (índice 2). A ocorrência de falhas antes da aplicação do FMEA foi considerada alta na proporção de 1:20, após a aplicação da metodologia a ocorrência passou a ser considerada remota na proporção 1:50 (índice 1). Antes da aplicação da metodologia o critério de detecção foi considerado grande, pois certamente o cliente conseguiria detectar a falha (índice 2). Após a aplicação, a detecção passou a ser pequena, pois o cliente provavelmente não detectaria nenhuma falha (índice 4). Os riscos de a situação repetir-se antes da aplicação da metodologia manteve-se o mesmo antes e depois da aplicação da metodologia (índice 1).

A metodologia FMEA detectou as falhas nas etapas do serviço fornecendo sugestões de melhorias. Dentre as medidas a serem tomadas pode-se citar: a qualificação do geometrista, índice de retrabalho, o acompanhamento do geometrista no teste do veículo e a aferição da máquina de geometria. A priorização das ações elencadas através da metodologia FMEA foi realizada através da metodologia GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) como pode ser observado na Tabela 5. Considerando-se que a gravidade compreende a intensidade dos danos que o problema pode causar se nada for feito, a urgência considera o tempo para que os danos ou resultados indesejáveis possam ser percebidos caso nada seja feito em relação ao problema e a tendência considera o desenvolvimento do problema se nada for feito para sua resolução.

PROBLEMA	G	U	T	GUT
Qualificação do geometrista	5	3	2	10
Retrabalho	3	4	1	8
Acompanhamento do cliente nos testes	3	3	2	8
Aferição do equipamento de geometria	5	4	5	14

Tabela 5 – Aplicação da Metodologia GUT.

Conforme a Tabela 5, pode-se observar que a qualificação do geometrista é considerada um dano gravíssimo com necessidade de resolução em média prazo (no máximo uma quinzena) podendo esta piorar em longo prazo caso nenhuma medida seja tomada. O retrabalho é considerado um dano grave a ser resolvido em curto prazo (uma semana) sendo que se nenhuma medida for tomada a tendência é que a ocorrência do mesmo aumente. O acompanhamento dos clientes nos testes foi considerado grave e urgente podendo piorar em longo prazo. A aferição do equipamento de geometria pode ser um dano gravíssimo com urgência considerada de curto prazo (uma semana) sendo que a tendência, caso não seja resolvido, é de piorar imediatamente.



Figura 3 – Matriz Gravidade e Urgência para priorização de ações.

Os problemas foram priorizados de acordo com a combinação dos critérios gravidade e urgência (conforme Figura 3). Como houve a contratação de profissionais com maior nível de

qualificação após a primeira análise realizada através da metodologia FMEA, os esforços concentraram-se no acompanhamento do cliente, quando possível, nos testes do veículo após a prestação do serviço de geometria. Percebeu-se que alta urgência verificada em relação ao retrabalho diminuiria consideravelmente se o geometrista fosse responsável pela realização dos testes no veículo após o serviço e se, além disso, o cliente estivesse presente neste momento. O principal problema elencado pela metodologia GUT foi a aferição do equipamento de geometria. Diante disso, a organização optou por agendar uma verificação e se necessária a aferição semanal, realizada pelo próprio operador (que recebeu treinamento).

## 5. Considerações finais

A geometria exata ou dentro dos padrões das montadoras garante a estabilidade do carro diminuindo o consumo de combustível e o desgaste dos pneus. No caso da empresa em estudo, o alto índice de retrabalho em relação aos serviços de geometria prestados estava gerando a insatisfação e até a perda de clientes.

A metodologia FMEA foi utilizada para descobrir as falhas do serviço prestado. Inicialmente, foi necessário mapear as etapas e processos do serviço prestado. Diante da primeira verificação, a empresa optou por contratar profissionais mais experientes e qualificados e atualizar o manual da oficina contendo os padrões de cada modelo. Após a segunda aplicação da metodologia FMEA, verificou-se a importância da presença do geometrista na realização dos testes junto ao cliente quando possível, bem como a necessidade de verificação e aferição da máquina de geometria.

A metodologia GUT foi aplicada para definir as ações prioritárias frente aos problemas identificados através da combinação dos critérios gravidade e urgência. Os esforços concentraram-se no acompanhamento do cliente, quando possível, nos testes do veículo após a prestação do serviço de geometria. Os índices de retrabalho podem ser diminuídos quando o geometrista é responsabilizado pela realização dos testes no veículo após o serviço e na companhia do cliente. O principal problema elencado pela metodologia GUT foi a aferição do equipamento de geometria. Diante disso, a organização optou por agendar uma verificação e se necessária a aferição semanal, realizada pelo próprio operador. De acordo com a empresa, após a aplicação das medidas corretivas o índice de retrabalho teve uma redução de sessenta e sete por cento.

## Referências

ABRAPNEUS/SICOP. *Cartilha de Geometria de Suspensão 2009*. Disponível em: [www.abrapneus.com.br/documentos/cartilha\\_0001.pdf](http://www.abrapneus.com.br/documentos/cartilha_0001.pdf) Acesso em: 16 out. 2011.

BEHR, A.; MORO, E. L. da S.; ESTABEL, L. B. *Gestão da biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca*. Ci. Inf. [online]. 2008, vol.37, n.2, pp. 32-42. ISSN 0100-1965.

CUNHA, F.. [et. al]. *Gestão do conhecimento aplicada a segurança empresarial*. Projeto final, (Especialização em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção,. Rio de Janeiro, UFRJ/COPPE, 2010.

FERNANDES, J. M. R. And REBELATO, M. G. *Proposta de um método para integração entre QFD e FMEA*. Gest. Prod. [online]. 2006, vol.13, n.2, pp. 245-259. ISSN 0104-530X.

FERNANDES, J. M. *Uma proposta de integração entre métodos para o planejamento e controle da qualidade baseada no FMEA*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba. 2005.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. *Análise de falhas (aplicação dos métodos de FMEA e FTA)*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

**NASCIMENTO, E. A.** [et. al.]. *A aplicação do masp/pdca em uma empresa de aviação voltada para o aumento da disponibilidade de helicópteros, modelo SIKORSKY S76C+, em operações off-shore.* In: VI Congresso de Excelência em Gestão, Niterói – RJ, 2010.

**OLIVEIRA, D. P. R.** *Planejamento Estratégico: conceitos, metodologia e práticas.* 13. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

**PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P.; FOUENTE, D de L.** *A decision support system for applying failure mode and effects analysis.* International Journal of Quality & Reliability Management, Bradford, v. 19, n. 2, p. 137-151, 2002.

**ROSA, L. C. da; GARrafa, M.** *Análise dos modos de falha e efeitos na otimização dos fatores de produção no cultivo agrícola: subprocesso colheita da canola.* Gest. Prod. [online]. 2009, vol.16, n.1, pp. 63-73. ISSN 0104-530X.

**STAMATIS, D. H.** *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution.* 2. ed. ASQC, Milwaukee: Quality Press, 2003.

**ZAMBRANO, T. F. and MARTINS, M. F.** *Utilização do método FMEA para avaliação do risco ambiental.* Gest. Prod. [online]. 2007, vol.14, n.2, pp. 295-309. ISSN 0104-530X.