

# APLICAÇÃO DE FMEA: ESTUDO DE CASO DO SETOR DE TRANSPORTE DE CARGAS

## **Bruno Valente Bigatto**

Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia Mecânica  
Departamento de Engenharia de Fabricação  
[bigatto@fem.unicamp.br](mailto:bigatto@fem.unicamp.br)

## **Diego de Carvalho Moretti**

Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia Mecânica  
Departamento de Engenharia de Fabricação  
[dmoretti@fem.unicamp.br](mailto:dmoretti@fem.unicamp.br)

## **Antonio Batocchio**

Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia Mecânica  
Departamento de Engenharia de Fabricação  
[batocchi@fem.unicamp.br](mailto:batocchi@fem.unicamp.br)

**Resumo.** *Este trabalho tem por objetivo apresentar a aplicação da ferramenta FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) na atividade de transporte rodoviário de carga. Para tal, através da avaliação das várias dimensões do conceito de qualidade, selecionaram-se as funções prioritárias do já citado serviço e, tomando-as por base, aplicou-se a ferramenta de Análise dos Efeitos e Modos de Falha, FMEA, com a finalidade de se determinar os aspectos mais ameaçadores ao que se refere à satisfação das expectativas do cliente e ao serviço de transporte de carga. Pôde-se verificar, para o caso analisado, que o FMEA, quando bem desenvolvido, permite identificar e priorizar claramente as principais causas de problemas relacionados à qualidade, bem como compreender melhor o processo avaliado.*

**Palavras-chave:** *FMEA, qualidade, transporte.*

## **1. INTRODUÇÃO**

Devido à elevada competitividade reinante dentro do setor de transporte rodoviário de cargas – no Brasil são, atualmente, cerca de 47.588 empresas - a melhoria contínua dos serviços oferecidos mostra-se como condição indispensável à tentativa de manutenção do poder de competição e à sobrevivência de uma organização atuante no já mencionado segmento. Neste sentido, a ferramenta FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*, Análise dos Efeitos e Modos de Falha) por proporcionar a identificação e/ou o levantamento dos modos e causas de falhas e seus respectivos efeitos, sob o ponto de vista do cliente, e por permitir uma melhor compreensão do processo analisado, mostra-se bastante promissora como mecanismo de auxílio ao aprimoramento do nível de serviço.

Para que seja possível a implementação do FMEA, deve-se, primeiramente, determinar quais são as funções de um dado serviço ou produto. Para auxiliar na determinação das funções do

serviço de transporte de carga, utilizou-se o conceito de Qualidade Total e, mais especificamente, os desdobramentos de sua dimensão *entrega* (Falconi, 1992). Através dessa comparação e do uso das técnicas mencionadas anteriormente, foi possível definir as principais funções da atividade de transporte de carga, ao menos sob o ponto de vista do contratante do serviço: entregar no prazo certo, entregar no local certo, entregar na quantidade certa e entregar a mercadoria intacta. Conhecendo-se as funções, procedeu-se o desenvolvimento do FMEA para o caso mencionado, realizando-se o levantamento dos modos de falha (formas como um dado produto e/ou serviço pode vir a não cumprir com suas funções), das causas e dos seus efeitos sob a perspectiva do cliente. Posteriormente, desenvolveu-se a análise das informações obtidas através de duas formas distintas, uma tradicional, através do número de prioridade de risco (NPR) e outra mais visual e preventiva, analisando-se, graficamente, a possibilidade de ocorrência de um dado modo de falha ou de suas causas versus sua severidade (impacto da falha sobre o cliente).

## 2. O FMEA (*FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS*)

O FMEA é uma ferramenta de gerenciamento de risco que tem por objetivo identificar os possíveis modos de falhas de um dado produto/processo e suas respectivas causas, bem como os efeitos dessas sobre o cliente (comprador, processo subsequente etc.) e, através de procedimentos apropriados, permite atuar sobre tais itens de forma a reduzir e/ou eliminar a chance de tais falhas virem a ocorrer. Conhecidas as informações mencionadas anteriormente, realiza-se a determinação do impacto de uma dada falha sobre o cliente, da probabilidade de uma dada causa e/ou modo de falha ocorrer e da possibilidade de se detectar o modo de falha e/ou a causa antes que o problema atinja o mesmo. A Figura (1) abaixo apresentada a seqüência de implementação do FMEA.

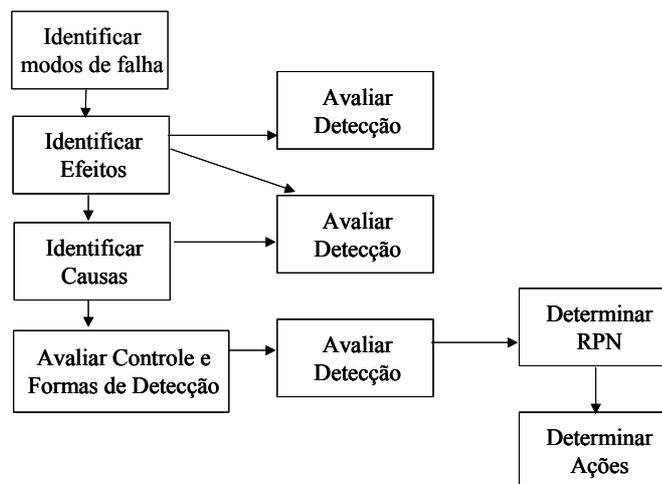


Figura 1. Roteiro de Implementação do FMEA (Hammet, 2000).

Todas as informações e dados levantados são então reunidos em um documento, na forma de uma tabela, que permite a rápida compreensão e avaliação. Existem duas formas de se analisar os resultados obtidos, uma tradicional, através do número de prioridade de risco (NPR) e outra mais visual e preventiva, construindo-se um gráfico em que num eixo indica-se a possibilidade de ocorrência de um dado modo de falha ou de suas causas e no outro a severidade relacionada aos últimos (impacto da falha sobre ao cliente).

Os objetivos associados ao FMEA têm sido aplicados desde tempos mais remotos. Não havia documentação e talvez nem método, mas muitos inventores e pesquisadores, por exemplo, devem ter tentado imaginar como aquilo que haviam produzido, ou idealizado, poderia vir a falhar e como tal situação se processaria.

O primeiro método associado àquilo que o FMEA se propõe, foi desenvolvido pelo exército norte-americano. Trata-se do procedimento militar MIL-P-1629, datado de 9 de novembro de 1949,

intitulado *Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*, usado na determinação dos efeitos das falhas de sistemas e equipamentos, classificadas segundo o seu impacto sobre o sucesso da missão e sobre as condições de segurança referentes ao pessoal e aos equipamentos. Na década de 60, o FMEA foi amplamente utilizado pelas indústrias e agências de pesquisa aeroespacial, tendo papel significativo no sucesso da primeira viagem tripulada à lua. Na década de 80, a *Ford Motor Company*, após a desastrosa performance do Ford Pinto, adotou o FMEA e passou a aplicá-lo com o objetivo de conquistar avanços tanto nas áreas de projeto como de manufatura. Ao final da mesma década, através de uma força de trabalho composta por representantes da *Chrysler Corporation*, *Ford Motor Company* e *General Motors Corporation* desenvolveu-se a norma QS 9000, em que foi incluído o FMEA como uma das ferramentas de planejamento avançado da qualidade. Em fevereiro de 1993, a AIAG (*Automotive Industry Action Group*) e a ASQ (*American Society for Quality*) patentearam os padrões relacionados ao FMEA, criando um manual. O mesmo vale para a SAE (*Society of Automotive Engineers*) detentora do procedimento SAE J-1739 que trata do FMEA.

### 3. O TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS

O modelo de desenvolvimento adotado no Brasil na segunda metade do século XX privilegiou as rodovias como fator de integração da ocupação territorial. Como resultado, a matriz do transporte de cargas foi direcionada para o modal rodoviário.

O transporte rodoviário de cargas é um segmento essencial ao apropriado funcionamento da cadeia logística. Atualmente é ele, ao menos no Brasil, o principal elo entre fornecedor e produtor e deste último com o consumidor. Sem o transporte rodoviário de cargas o ciclo característico da cadeia logística jamais poderia se desenrolar. Trata-se de uma atividade de pujança notória e em relação a qual o Brasil demonstra significativa dependência – o que fica evidente quando se compara o Brasil com outros países de dimensões territoriais similares às suas. Enquanto aqui o modal rodoviário responde por 60% do total transportado, nos EUA esta participação é de cerca de 26%, na Austrália 24% e na China 8%. Um fator preocupante e que demonstra a grande aplicabilidade do FMEA no aprimoramento da performance do setor, é o fato de que a produtividade do segmento no Brasil, medida através da quantidade de toneladas quilômetro útil produzida por mão-de-obra empregada no setor, é equivalente a 22% da produtividade dos EUA. Logicamente, cabe destacar, que aqui os problemas são muito amplos e, em geral, fogem da alçada das corporações. Um exemplo é a questão da segurança, tanto no que diz respeito ao roubo de cargas quanto aos índices de acidentes e mortes nas rodovias brasileiras. O roubo de cargas nas estradas vem crescendo de forma acelerada. Entre 1994 e 2001, o número de ocorrências por ano cresceu de 3000 para 8000, ao mesmo tempo em que o valor das cargas roubadas passou de R\$ 100 milhões para R\$ 500 milhões. Segundo estimativas do programa de redução de acidentes nas estradas do Ministério dos Transportes, os acidentes de trânsito no Brasil são o segundo maior problema de saúde pública do país, só perdendo para a desnutrição. O mesmo estudo indica que o número de mortes por quilômetro em estradas brasileiras é de 10 a 70 vezes superior aos dos países desenvolvidos. Além disso, 62% dos leitos de traumatologia dos hospitais são ocupados por vítimas de acidentes de trânsito (COPPEAD, CNT, 2002).

Outro problema é a insuficiência de infra-estrutura de transporte em termos de extensão e qualidade das vias. Tomando-se como base o indicador de disponibilidade, medido pelo índice km de via por km<sup>2</sup> de espaço territorial, a oferta de vias de transporte no Brasil é equivalente a 69% da verificada na China, 55% do Canadá, 45% do México e 6% dos EUA (COPPEAD, CNT, 2002). A falta de manutenção das rodovias acarreta cerca de 30 a 40% de aumento no custo de operação dos caminhões, gastos estes que correspondem ao aumento de gastos de combustível, quebra mecânica, aumento de tempo de percurso, acidentes etc (FIESP, 2002).

Um pequeno indicativo de como a melhoria da eficiência no setor de transporte pode contribuir para o aumento da eficiência econômica do país pode ser encontrado na questão dos estoques. Estimativas indicam que cerca de R\$ 118 bilhões em excesso de estoque são mantidos pelas

empresas brasileiras, ao longo das cadeias produtivas, como forma de se proteger das ineficiências do transporte. Um setor de transporte mais confiável e eficiente poderia diminuir sobremaneira este valor, liberando recursos da ordem de bilhões de reais que poderiam ser reinvestidos em atividades produtivas (COPPEAD, CNT, 2002).

#### 4. CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL (TQC).

Para uma empresa sobreviver é indispensável que ela seja competitiva. Para que ela atinja tal condição é necessário que ela seja produtiva e, portanto, que tenham qualidade. Desta forma, pode-se, por meio do controle da qualidade da organização, procurar garantir sua sobrevivência.

Atualmente, uma metodologia muito utilizada para se realizar o controle da qualidade é o sistema denominado Controle da Qualidade Total (TQC – *Total Quality Control*). O TQC é um modelo administrativo, criado pelo grupo de pesquisa do controle da qualidade da JUSE (*Union of Japanese Scientists and Engineers*), que tem as seguintes características:

- É um sistema gerencial que parte do reconhecimento das necessidades das pessoas e estabelece padrões para o atendimento destas necessidades;
- É um sistema gerencial que visa a manter os padrões que atendem as necessidades das pessoas;
- É um sistema gerencial que almeja a melhorar, continuamente, os padrões que atendem as necessidades das pessoas, a partir de uma visão estratégica e com abordagem humanista.

##### 4.1. Significado do “Controle da Qualidade Total”

Qualidade total corresponde a todas aquelas dimensões que afetam a satisfação das necessidades das pessoas e por conseguinte a sobrevivência da empresa. As principais são apresentadas na Fig. (2) destacada a seguir.

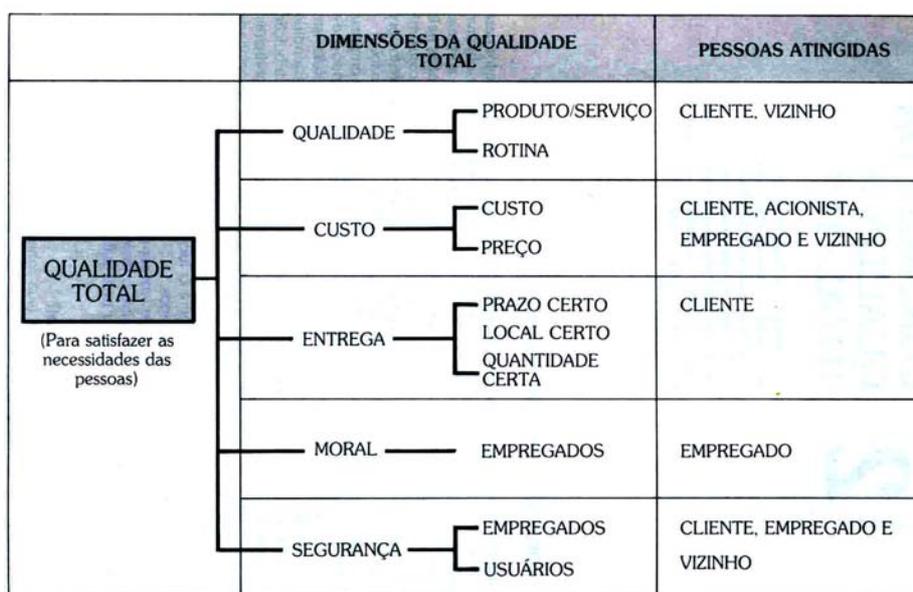


Figura 2. Componentes da Qualidade Total (FALCONI, 1992)

Pode-se designar os seguintes significados às dimensões apresentadas acima:

- Qualidade – está diretamente ligada à satisfação das necessidades dos clientes externo e interno.

- Custo – é analisado como sendo a composição de todos os custos associados ao processo produtivo. O preço é também importante, pois ele deve refletir a qualidade do produto e a produtividade da empresa.
- Entrega – sob esta dimensão da qualidade total são medidas as condições de entrega dos produtos ou serviços finais ou intermediários de uma empresa.
- Moral – esta é a dimensão que mede o nível médio de satisfação de um grupo de pessoas.
- Segurança – sob esta dimensão avalia-se a segurança dos empregados e a dos usuários do produto.

Portanto, controlando-se a qualidade total pode-se tentar assegurar a satisfação das necessidades dos clientes e, conseqüentemente, garantir a sobrevivência da empresa. É este o princípio básico sobre o qual o TQC está fundamentado.

## 6. APLICAÇÃO DO FMEA

Iniciou-se a implementação do FMEA através da determinação das funções relativas à atividade de transporte de cargas. Para tal, tomando-se por base a *dimensão entrega* daquilo que se entende por qualidade total, bem como através de contatos com profissionais atuantes no setor, pôde-se identificar as seguintes funções: *entregar no prazo certo*, *entregar no local certo*, *entregar na quantidade certa* e *entregar a mercadoria intacta*. Existe, ainda, uma quinta função, associada ao custo dos serviços prestados, não abordada neste trabalho devido a sua grande complexidade. Pretende-se estudar este último aspecto de forma mais ampla, analisando-o detalhadamente através de métodos de custeio e técnicas apropriados. Plowman G. (2003) aponta os “cinco certos” de um sistema logístico: fornecer ao consumidor o produto certo, no momento certo, no lugar certo e nas condições certas pelo custo certo. Apoiando-se nas funções, agora conhecidas, e seguindo o roteiro de aplicação do FMEA, Tab. (1), procurou-se, através de reuniões de *brainstorming*, das quais participaram profissionais atuantes no segmento em estudo, determinar quais seriam os modos de falha (já bastante óbvios, devido à especificidade das funções) e o efeito destes sob a perspectiva do cliente. As informações obtidas são mostradas na tabela abaixo.

Tabela 1. Funções, modos de falha e efeitos.

| Função                        | Modo de Falha                 | Efeito  |
|-------------------------------|-------------------------------|---|
| Entregar no prazo certo       | Atraso na entrega             | Hoje, em função dos reduzidos níveis de estoques das empresas, o atraso na entrega de mercadorias pode significar a parada da linha de produção e/ou a perda de um cliente, por exemplo.  |
| Entregar no local certo       | Não entregar no local correto | As implicações deste modo de falha são semelhantes àquelas observadas no caso de atraso na entrega. Deve-se mencionar também todo o ônus associado à correção do problema, já que uma nova movimentação é necessária, incorrendo nos mais variados custos a ela associados. |
| Entregar na quantidade certa  | Entregar na quantidade errada | As implicações deste modo de falha são semelhantes àquelas observadas no caso do problema de <i>não entregar no local certo</i>   |
| Entregar a mercadoria intacta | Danificar mercadoria          | O problema de avarias de mercadorias tem, despertado a preocupação dos transportadores de cargas. Ele abala significativamente a relação empresa-cliente, bem como provoca grandes prejuízos financeiros à transportadora   |

Aos modos de falha encontrados foram atribuídos valores, conhecidos, segundo o FMEA, como *ocorrência*, referentes à probabilidade desses se desenvolverem. O mesmo foi feito em relação aos efeitos encontrados e o valor relacionado a esses é denominado *severidade*. Os valores de ocorrência e severidade variam de 0 a 10 e representam, respectivamente, em ordem crescente, a probabilidade de ocorrência de um dado modo de falha e/ou de uma dada causa, e a gravidade do impacto de um dado modo de falha sobre o cliente.

Em seguida, novamente através de reuniões de *brainstorming*, procurou-se levantar as prováveis causas dos modos de falha, para as quatro funções mencionadas. Como exemplo, os resultados obtidos para a função de *entregar no prazo certo* são apresentados abaixo, Fig. (3). Para tornar a visualização mais fácil, os resultados obtidos são apresentados através de árvores de decisão. Nelas, pode-se perceber que as causas estão estratificadas em dois níveis. Tais níveis são resultados das várias reuniões de *brainstorming* efetuadas na tentativa de se chegar às causas primárias, básicas.

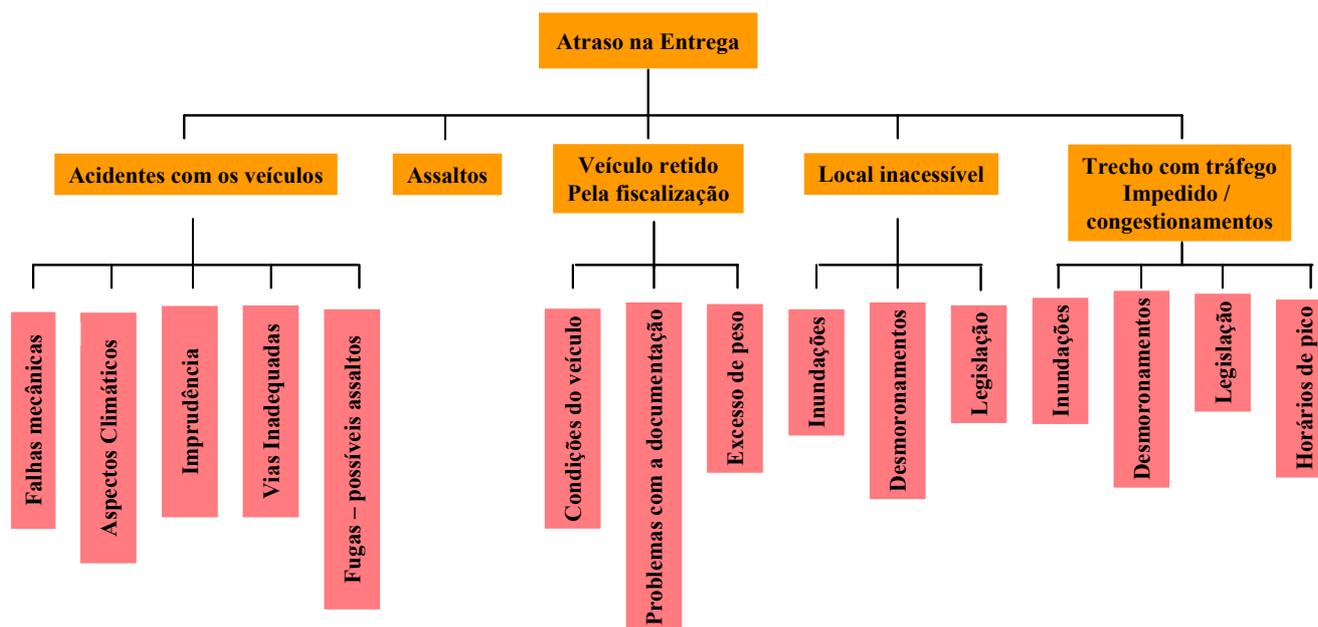


Figura 3. Árvore de decisão do problema de atraso na entrega.

Com base nas informações obtidas nos passos anteriores, foram avaliados os controles e formas de detecção das causas potenciais, associando-se aos mesmos valores referentes à sua eficácia. Tais valores variam de 0 a 10 e representam, em ordem decrescente, a possibilidade de se detectar uma dada causa e/ou modo de falha (ao valor zero associa-se a total possibilidade de detecção e ao valor dez, a possibilidade remota de detecção).

Após terem sido determinadas todas as informações necessárias, passou-se ao preenchimento do formulário característico do FMEA. Os resultados são mostrados na página seguinte, Tab. (2), Tab. (3) e Tab. (4). Definiu-se que seria necessário atuar sobre os itens com NPR superior a 150. Desta forma, como pode ser visto no formulário mostrado a seguir, Tab. (2) e Tab. (3), esses valores foram destacados em vermelho (na coluna NPR), e a cada um deles foi atribuída uma ou mais ações que, quando implementadas, resultariam na redução do NPR.

Como forma alternativa de análise, como os efeitos têm valores únicos (8), ao invés de se construir gráficos relacionando severidade e ocorrência para as várias causas levantadas, fez-se uma análise mais imediata, percorrendo-se a tabela e selecionado-se aqueles itens que apresentavam valores de ocorrência iguais ou maiores que cinco – esses itens estão destacados em vermelho (na coluna ocorrência, Tab. 2) nos quadros apresentados nas próximas páginas. O valor cinco, considerado referência, foi adotado com base naquilo que o grupo de trabalho entendeu como prioritário e crítico.

Tabela 2. Resultados da implementação do FMEA para os problemas de atraso na entrega e não entregar no local correto

| Função                  | Modo de Falha                 | Causa  | Ocorrência | Detecção | Efeito   | Severidade | NPR (causa) |
|-------------------------|-------------------------------|--|------------|----------|--|------------|-------------|
| Entregar no prazo certo | Atraso na Entrega             | Falha mecânica                                     | 4          | 4        | Perda da venda e/ou cliente, Interrupção da produção | 8          | 128         |
|                         |                               | Imprudência  | 3          | 7        |  | 8          | 168         |
|                         |                               | Aspectos climáticos                                | 5          | 3        |  | 8          | 120         |
|                         |                               | Fuga   | 3          | 7        |  | 8          | 168         |
|                         |                               | Condição do veículo                                | 3          | 6        |  | 8          | 144         |
|                         |                               | Documentação                                       | 2          | 3        |  | 8          | 48          |
|                         |                               | Excesso de Peso                                    | 3          | 3        |  | 8          | 72          |
|                         |                               | Desmoranamento                                     | 1          | 6        |  | 8          | 48          |
|                         |                               | Legislação   | 5          | 3        |  | 8          | 120         |
|                         |                               | Acidentes  | 4          | 6        |  | 8          | 192         |
|                         |                               | Horário de pico                                    | 6          | 4        |  | 8          | 192         |
|                         |                               | Informação incorreta                               | 2          | 6        |  | 8          | 96          |
|                         |                               | Mapas desatualizados                               | 2          | 1        |  | 8          | 16          |
|                         |                               | Falta manutenção preventiva                        | 2          | 2        |  | 8          | 32          |
|                         |                               | Vias inadequadas                                   | 7          | 3        |  | 8          | 168         |
| Entregar no local certo | Não Entregar no local correto | Informações incorretas                             | 2          | 6        | Perda da venda e/ou cliente, Interrupção da produção | 8          | 96          |
|                         |                               | Falta de informação                                | 2          | 6        |  | 8          | 96          |
|                         |                               | Descuido   | 3          | 5        |  | 8          | 120         |
|                         |                               | Despreparo do conferente                           | 3          | 5        |  | 8          | 120         |
|                         |                               | Documentos com informações incorretas ou faltantes | 2          | 5        |  | 8          | 80          |
|                         |                               | Separação incorreta                                | 5          | 5        |  | 8          | 200         |
|                         |                               | Mistura de mercadorias                             | 3          | 5        |  | 8          | 120         |
|                         |                               | Carregar em outro veículo                          | 2          | 4        |  | 8          | 64          |
|                         |                               | Armazenamento errado                               | 3          | 4        |  | 8          | 96          |

Tabela 3. Resultados da implementação do FMEA para os problemas de entregar na quantidade errada e danificar mercadorias

| Função                       | Modo de Falha                | Causa   | Ocorrência | Deteccção | Efeito   | Severidade | NPR (causa) |
|------------------------------|------------------------------|---|------------|-----------|--|------------|-------------|
| Entregar na quantidade certa | Entregar a quantidade errada | Informações incorretas                                | 2          | 6         | Perda da venda e/ou cliente, interrupção da produção | 8          | 96          |
|                              |                              | Falta de informação                                   | 2          | 6         |  | 8          | 96          |
|                              |                              | Descuido  | 3          | 5         |  | 8          | 120         |
|                              |                              | Despreparo do conferente                              | 3          | 5         |  | 8          | 120         |
|                              |                              | Documentos com informações incorretas ou faltantes    | 2          | 5         |  | 8          | 80          |
|                              |                              | Separação incorreta                                   | 5          | 5         |  | 8          | 200         |
|                              |                              | Mistura de mercadorias                                | 3          | 5         |  | 8          | 120         |
|                              |                              | Carregar em outro veículo                             | 2          | 4         |  | 8          | 64          |
|                              |                              | Furtos  | 2          | 8         |  | 8          | 128         |
|                              |                              | Incluir mais mercadorias                              | 3          | 5         |  | 8          | 120         |
|                              |                              | Desviar mercadorias                                   | 3          | 4         |  | 8          | 96          |
| Entregar mercadoria intacta  | Danificar de mercadorias     | Enlramento inadequado                                 | 4          | 4         | Perda da venda e/ou cliente, interrupção da produção | 8          | 128         |
|                              |                              | Bau furado  | 3          | 4         |  | 8          | 96          |
|                              |                              | Bau mal fechado                                       | 3          | 4         |  | 8          | 96          |
|                              |                              | Lona rasgada  | 3          | 4         |  | 8          | 96          |
|                              |                              | Aspectos climáticos                                   | 5          | 3         |  | 8          | 120         |
|                              |                              | Mistura de produtos incompatíveis                     | 2          | 5         |  | 8          | 80          |
|                              |                              | Pico/Excesso de serviço                               | 6          | 3         |  | 8          | 144         |
|                              |                              | Embalagem não contém instruções de manuseio           | 3          | 5         |  | 8          | 120         |
|                              |                              | Embalagem não apresenta as características do produto | 3          | 5         |  | 8          | 120         |
|                              |                              | Embalagem não oferece proteção                        | 3          | 5         |  | 8          | 120         |
|                              |                              | Empilhamento incorreto                                | 3          | 5         |  | 8          | 120         |
|                              |                              | Falta de equipamento adequado                         | 2          | 4         |  | 8          | 64          |
|                              |                              | Escolha errônea do equipamento                        | 2          | 4         |  | 8          | 64          |
|                              |                              | Operador mal orientado                                | 2          | 5         |  | 8          | 80          |
|                              |                              | Metodologia de operação incorreta                     | 1          | 5         |  | 8          | 40          |
|                              |                              | Descumprimento de instruções                          | 2          | 4         |  | 8          | 64          |
|                              |                              | Despreparo  | 3          | 5         |  | 8          | 120         |
|                              |                              | Descuido  | 3          | 5         |  | 8          | 120         |
|                              |                              | Metodologia de fixação ineficiente                    | 3          | 4         |  | 8          | 96          |
|                              |                              | Componentes de fixação frágeis                        | 2          | 6         |  | 8          | 96          |
|                              |                              | Falta de equipamento de fixação                       | 2          | 3         |  | 8          | 48          |
|                              |                              | Equipamento de fixação inadequado                     | 2          | 3         |  | 8          | 48          |
|                              |                              | Vias inadequadas                                      | 7          | 3         |  | 8          | 168         |
|                              |                              | Falha mecânica  | 4          | 4         |  | 8          | 128         |
|                              |                              | Imprudência   | 3          | 7         |  | 8          | 168         |
|                              |                              | Fuga  | 3          | 7         |  | 8          | 168         |
|                              |                              | Aspectos climáticos                                   | 5          | 3         |  | 8          | 120         |
|                              |                              | Técnica incorreta de operação                         | 3          | 4         |  | 8          | 96          |
|                              |                              | Ação externa  | 3          | 7         |  | 8          | 168         |

Os itens sobre os quais se decidiu atuar, selecionados através dos dois critérios mencionados, são mostrados na Tab. (4) abaixo juntamente com as ações definidas.

Tabela 4. Resultados da implementação do FMEA e ações a serem desenvolvidas

| Modo de Falha                 | Causa                   | Ocorrência | NPR (causa) | Ação   |
|-------------------------------|-------------------------|------------|-------------|--|
| Atraso na Entrega             | Imprudência             | 3          | 168         | Treinamento / Conscientização  |
|                               | Aspectos climáticos     | 5          | 120         | Reprogramar Entrega, Procurar Rotas Alternativas, Comunicação com o Cliente              |
|                               | Fuga                    | 3          | 168         | Sistemas de rastreamento/ rádio/ padronização da frota                                   |
|                               | Legislação              | 5          | 120         | Atualização Constante, Procurar Rotas e Horários Alternativos, Comunicação com o Cliente |
|                               | Acidentes               | 4          | 192         | Avaliar Possíveis Rotas Alternativas, Comunicação com o Cliente                          |
|                               | Horário de pico         | 6          | 192         | Avaliar Possíveis Rotas Alternativas, Comunicação com o Cliente                          |
|                               | Vias inadequadas        | 7          | 168         | Procurar Rotas Alternativas  |
| Não Entregar no Local Correto | Separação incorreta     | 5          | 200         | Rever método de separação, Correção, Avaliação e Padronização (MASP)                     |
| Entregar Quantidade Errada    | Separação incorreta     | 5          | 200         | Rever método de separação, Correção, Avaliação e Padronização (MASP)                     |
| Danificar Mercadoria          | Aspectos climáticos     | 5          | 120         | Reprogramar Entrega, Procurar Rotas Alternativas, Comunicação com o Cliente              |
|                               | Pico/Excesso de serviço | 6          | 144         | Reprogramar Entrega, Comunicação com o Cliente   |
|                               | Vias inadequadas        | 7          | 168         | Buscar Rotas Alternativas, Monitorar as Condições das Estradas                           |
|                               | Imprudência             | 3          | 168         | Treinamento / Conscientização  |
|                               | Fuga                    | 3          | 168         | Buscar Rotas Alternativas, Comunicar Cliente   |
|                               | Ação externa            | 3          | 168         | Treinamento - Direção defensiva  |

Como se pode verificar na Tab. (4), os itens selecionados através do NPR não foram os mesmo obtidos por meio da avaliação da ocorrência. O segundo critério de análise parece ser mais certo, já que ataca somente a severidade e a ocorrência, desprezando os efeitos atenuantes proporcionados pelo índice de detecção. Esse método parece ser mais efetivo no que se refere à priorização de ações (aqui não se fez nenhuma afirmação contundente já que se entende tratar-se de algo relativo). De qualquer forma, dependendo do objetivo e desejos da organização ao usar tal ferramenta, entende-se que os dois critérios podem ser utilizados até mesmo de forma complementar, selecionando um maior número de itens a serem estudados (o que em alguns casos não é vantajoso, já que seria necessário um maior número de frentes de trabalho para atacar uma maior quantidade de problemas e/ou implicaria perda de foco e de efetividade do programa). Independente da abordagem, o FMEA, com mais ou menos iterações é, certamente, uma poderosa ferramenta de auxílio no controle da qualidade.

## 7. CONCLUSÕES

O FMEA mostra-se uma como uma ferramenta de grande utilidade no que se refere ao controle da qualidade. Através da aplicação das duas diferentes abordagens de análise foi possível estudar o comportamento de ambas e verificar que as duas são válidas, estando o uso de uma ou de outra associado às intenções e condições da organização quando da utilização do FMEA. Neste caso, se se desejasse atacar, de forma mais efetiva, um menor número de itens (otimizando recursos) provavelmente a abordagem visual, gráfica seria mais interessante.

Fica evidente que, através do estudo realizado na empresa de transporte em questão, objetivos claros foram traçados no sentido de melhorar a performance da empresa frente aos clientes para a busca da melhoria dos indicadores alinhados à estratégia da companhia.

## **8. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem especialmente à CAPES e à MANET/RECOPE/FINEP/BID pelo apoio à realização deste trabalho.

## **9. REFERÊNCIAS**

Falconi, V. C., 1992, “TQC Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)”, Editora EDG, Belo Horizonte, MG, Brasil.

Guerra A., 2003, “A Logística Ainda Continua Uma Promessa”, Brazil.

COPPEAD, CNT, 2002, “Transporte de Carga no Brasil – Ameaças e Oportunidades para o Desenvolvimento do País”, Rio de Janeiro, Brasil, 20p.

FIESP, 2002, “Pontos Fundamentais para a Indústria na Área de Logística de Transporte de Carga”, São Paulo, Brasil, 19p.

Hammet, P., 2000, “Failure Modes and Effects Analysis, Michigan, USA, 9p.

## **10. DIREITOS AUTORAIS**

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

## FMEA Implementation on a cargo transportation enterprise: a case study

### **Bruno Valente Bigatto**

State University of Campinas  
Faculty of Mechanical Engineering  
Manufacture Engineering Department  
[bigatto@fem.unicamp.br](mailto:bigatto@fem.unicamp.br)

### **Diego de Carvalho Moretti**

State University of Campinas  
Faculty of Mechanical Engineering  
Manufacture Engineering Department  
[dmoretti@fem.unicamp.br](mailto:dmoretti@fem.unicamp.br)

### **Antonio Batocchio**

State University of Campinas  
Faculty of Mechanical Engineering  
Manufacture Engineering Department  
[batocchi@fem.unicamp.br](mailto:batocchi@fem.unicamp.br)

**Abstract.** *This paper intends to analyze the implementation of the FMEA as an assistance tool to the development of quality control. To do this, it was used a Brazilian case of the cargo transportation segment. Through brainstorming technique, it was determined the functions of cargo transportation service, the failures modes and their effects, indicating values in order to evaluate them and the failure detection manners and, again, evaluated them making use of numbers. To conclude, it was analyzed the results obtained through the two methods, the traditional one, which uses the Risk Priority Number (NPR) to select the items to be improved, and a more visual and immediate one, which is done by plotting the occurrence versus severity. In order to optimize the resources to be used in the action plans, the second method is probably better.*

**Keywords.** *FMEA, cargo transportation, quality control.*