



## **APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA PARA O GERENCIAMENTO DE RISCOS DE UM PROJETO**

**Mayara de Melo Paranhos<sup>1</sup>, Stella Jacyszyn Bachega<sup>1</sup>, Dalton Matsuo Tavares<sup>1</sup>, Naiara Faiad Sebba Calife<sup>1</sup>**

**1 Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão (UFG-RC)**

### **RESUMO**

#### **Destaques**

- Gerenciamento de riscos em novos projetos representa fator importante para a performance de um novo produto, bem como para o sucesso deste novo projeto.
- Algumas abordagens dentro de gerenciamento de projetos possuem a preocupação de reduzir os riscos existentes de fracasso em novos projetos.
- Dentre as diversas ferramentas gerenciais para auxiliar no gerenciamento de riscos de novos projetos, tem-se a Análise de Modo e Efeitos de Falha (FMEA – Failure Mode and Effects Analysis).

#### **Objetivo**

- O objetivo desse artigo é aplicar a FMEA como ferramenta de apoio ao gerenciamento de riscos de um novo projeto em uma empresa automobilística.

#### **Projeto / metodologia / abordagem**

- Para tanto, foram utilizados os procedimentos de pesquisa teórico-conceitual e estudo de caso.

#### **Resultados**

- Verificou-se que a aplicação da FMEA possibilitou à empresa identificar potenciais de falha em diversas operações dentro do processo de montagem de veículos, tornando possível a tomada de ações no sentido de corrigir o processo para evitar que tais falhas chegassem a ocorrer.

#### **Limitações da pesquisa / implicações**

- Muito se tem discutido sobre técnicas/ferramentas de análise de riscos. A ABNT, no Brasil, normaliza a gestão de riscos por meio da série de normas ISO 31000. Dentre as sugestões de pesquisas futuras, tem-se a expansão da discussão do papel da FMEA no contexto da ISO 31000, aplicando, também, novos princípios e orientações na empresa automobilística estudada, com base nessa norma de gestão de risco.

#### **Implicações práticas**

- Esse artigo contribui para maior compreensão e divulgação, tanto no meio empresarial como no acadêmico, da FMEA e de vantagens promissoras que se pode obter por meio do uso dessa ferramenta, como a redução de riscos de falhas em novos projetos.

#### **Originalidade/valor**

- O presente artigo expõe a aplicação prática da FMEA no contexto da redução de risco em um novo projeto de uma montadora de automóveis, podendo ser utilizado como caso de sucesso por empresas do setor automobilístico.

**Palavras-chave:** FMEA, Projeto, Empresa Automobilística.



## 1. INTRODUÇÃO

Levando-se em consideração o aumento da concorrência e da globalização, muitos projetos ainda sofrem atrasos, mudança de escopo, falhas e podem até ser cancelados por inviabilidade, o que pode ser decisivo para a performance de um negócio (Shenhar; Raz e Dvir, 2002). Estatísticas relativas à taxa de sucesso de projetos, realizadas pelo Standish Group (2014), revelam que projetos bem-sucedidos não são predominantes, sendo que, dos 175.000 projetos, 31,1% foram cancelados antes de serem concluídos e 52,7% custaram 189% dos seus planejamentos iniciais. A proporção de projetos que tiveram algum tipo de falha chega a 52,7%, sendo que as taxas de sucesso, levando-se em consideração cronograma e orçamento, representam apenas 16,2% do total de projetos pesquisados.

No Brasil, a ausência de dados relativos ao panorama do país quanto ao sucesso ou fracasso de projetos dificulta a consolidação de uma visão sobre o assunto. Contudo, Rovai (2005) afirma que a maioria dos projetos no país são desenvolvidos sem que haja a utilização adequada de uma metodologia e/ ou modelos de gerenciamento de riscos, fato responsável pelos enormes prejuízos financeiros e perda de recursos com alto grau e impactos significativos no país.

Diante deste cenário, as diversas ferramentas existentes para auxiliarem no desenvolvimento bem-sucedido de projetos ainda são pouco difundidas e muitos se perguntam como utilizá-las (Shenhar; Raz e Dvir, 2002; Kumar, 2002). Segundo Carbone e Tippet (2004), o gerenciamento de riscos de projetos vem se tornando cada vez mais importante para o sucesso de uma empresa, uma vez que a maioria dos empecilhos encontrados ao longo do desenvolvimento de um projeto podem ser previstos e evitados com um gerenciamento eficaz dos riscos. De acordo com Salles Jr et al. (2006), da necessidade de mensurar e controlar a incerteza, surge a administração de riscos, afinal, só é possível controlar e gerenciar aquilo que pode ser mensurado. Cabe destacar que a norma ABNT NBR ISO 31000:2009 traz diretrizes e princípios para a gestão de riscos.

Gerenciamento de riscos em novos projetos tem sido um assunto bastante discutido em ambientes empresariais de diversos segmentos. Autores como Nakashima e Carvalho (2004) abordam a utilização de ferramentas de gerenciamento de riscos de projetos em uma empresa de Tecnologia da Informação (TI). Lopes, Carvalho e Teixeira (2003), discutem uma metodologia proposta para a gestão de riscos, baseada nos custos de transação e demais fricções existentes nos mercados. Gallotti e Assis (2013) falam sobre o gerenciamento de riscos no segmento hospitalar. Romano (2003) aborda sobre a importância da prática de gerenciamento de riscos em projetos de edificações para diminuir a lacuna existente entre projeto e execução. Outras aplicações práti-

cas sobre gerenciamento dos riscos de projetos podem ser encontradas em: Júlio e Carvalho (2013), Ferenhof, Forcellini, Varvakis (2013), Piurcosky et al. (2014), Sena et al. (2014), Espósito (2015).

Segundo o Project Management Institute (PMI, 2004), para reduzir as chances de fracasso de um projeto e diminuir o impacto dos seus riscos negativos, gerentes de projetos devem munir-se de ferramentas, técnicas e metodologias que ajudem na identificação e eliminação destes riscos. Paté-Cornell (2002) afirma que uma das ferramentas mais difundidas entre o meio empresarial para determinar prioridades no processo de gerenciamento de riscos é a FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis* – Análise de Modo e Efeitos de Falha). Nesta ferramenta há a análise detalhada de pontos fracos de projetos anteriores, buscando-se aprimorar a alocação de recursos para novos projetos (Paté-Cornell, 2002). De acordo com o Project Management Institute (2004), FMEA é um processo analítico que possui como finalidade averiguar todos os componentes de um sistema, analisando seus modos de falha e, por conseguinte, o seu efeito na confiabilidade do produto, sistema ou função necessária.

FMEA trata-se de uma ferramenta nascida no exército americano e utilizada para reduzir a quantidade e probabilidade de falhas em equipamentos que não poderiam ser consertados, sendo adotada e aprimorada mais tarde pela indústria automobilística (Dailey, 2004). A utilização da ferramenta FMEA no gerenciamento de riscos de novos projetos pode ser vista em trabalhos como o de Santos e Cabral (2008), Miguel e Segismundo (2008), Cavalcanti et al. (2011), Lima et al. (2013), Paula et al. (2015), Brandstetter e Arantes (2015).

Segundo o Project Management Institute (2004), o gerenciamento de um projeto é composto pelas seguintes áreas de conhecimento: integração, escopo, tempo, custo, qualidade, recursos humanos, comunicação, aquisição e riscos. A presente pesquisa delimitou seu estudo na área de gerenciamento de riscos, baseando-se na premissa de que a adoção de ferramentas gerenciais afins, com o objetivo de redução dos riscos de um novo projeto, pode auxiliar as empresas na priorização dos riscos para posterior tomada de ações.

Assim, o problema da pesquisa concerne em empregar, na área de gestão de projetos, uma ferramenta que era utilizada, na empresa estudada, com foco na gestão da qualidade. Portanto, a questão de pesquisa é a seguinte: Como aplicar a FMEA de projeto em uma empresa automobilística que não utilizava esta ferramenta gerencial com foco na gestão de riscos de projetos?

Com base no contexto apresentado e no problema da pesquisa, o objetivo desse artigo é aplicar a ferramenta FMEA em um novo projeto em uma empresa automobilística.



ca. Esta aplicação tem o intuito de auxiliar o processo decisório empresarial, para que haja a redução dos riscos inerentes a este novo projeto.

Para cumprir o objetivo, este trabalho é estruturado da seguinte forma: a próxima seção trata da revisão bibliográfica sobre projeto, risco e gerenciamento de projeto; a seção 2.2 trata da revisão bibliográfica sobre a ferramenta FMEA; a seção 2.2.1 aborda os tipos de FMEA existentes; a seção 3 apresenta a metodologia da presente pesquisa; nas seções 4 à 4.3 se encontra o estudo de caso desenvolvido; na seção 5 há as considerações finais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção há a apresentação dos conceitos centrais utilizados para a execução da presente pesquisa, como o conceito de projeto, riscos, gerenciamento de projetos e FMEA.

### 2.1 Projeto, Gerenciamento de Projeto e Risco

Segundo o PMI (2004), projeto é um esforço temporário, original e único, empreendido em sintonia com a estratégia da organização, para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo, e se caracteriza por apresentar temporalidade (início e fim definidos), resultado (produto único) e elaboração progressiva (realização de etapas de maneira incremental). Como complemento a esta definição, Gido e Clements (2007) afirmam que projeto é um esforço a fim de se atingir um objetivo específico através da utilização de um conjunto único de tarefas inter-relacionadas e da utilização eficaz de recursos.

Para Heldman (2005), todos os projetos se iniciam através da definição de um objetivo que por sua vez deve satisfazer aos objetivos que os *stakeholders* aceitaram quando da iniciação do projeto. Segundo PMI (2004), tais objetivos são definidos levando-se em conta seu cronograma (tempo), escopo e custo de projeto. Estes três aspectos formam a chamada “restrição tripla” e irão definir a qualidade do projeto. Estes estão intimamente ligados um ao outro de forma que a mudança de um deles irá afetar pelo menos um dos outros dois restantes.

Por escopo do projeto entende-se o trabalho que necessita ser realizado para que o produto, serviço ou resultado especificado no início do projeto seja atingido ao seu término. O tempo diz relação ao início e fim definidos de um projeto, sendo que o fim se dá ao alcance dos objetivos inicialmente estabelecidos ou ao constatar-se que eles não poderão ser alcançados. Todo projeto se diferencia de um simples trabalho operacional pelo fato de ser temporário e exclusivo, e é delimitado e restringido pelos recursos disponíveis, que, na

maioria das vezes, são limitados, planejados e controlados (PMI, 2004).

Associado ao conceito de projeto tem-se o conceito de risco, que pode ser definido como sendo qualquer evento que possa prejudicar, na totalidade ou parcialmente, as chances de sucesso de um projeto (Alencar et Schmitz, 2005). Para Heldman (2005), riscos são eventos em potencial que podem tanto ameaçar como beneficiar um projeto. Neste sentido, o Project Management Institute (2004) atribui como papel da gerência de riscos o aumento da probabilidade e impacto de eventos positivos, bem como a diminuição da probabilidade e dos impactos de eventos adversos ao projeto.

Quando um risco é assumido com consciência, espera-se que o retorno deste seja melhor do que o ônus em caso de prejuízo (Heldman, 2005). Entretanto, é importante observar que riscos podem ser benefícios potenciais, ou seja, oportunidades que trarão um impacto positivo ao projeto, sendo que, tanto as empresas quanto as pessoas assumem riscos apenas quando o benefício do mesmo é maior que as consequências advindas de uma falha. Segundo este mesmo autor, deve-se deixar claro que uma ligeira confusão pode acontecer entre a definição de “risco” e “problema”: problemas estão acontecendo no exato momento, enquanto riscos podem ou não vir a acontecer.

Unindo-se os conceitos de “projeto” e “risco”, tem-se o de “gerenciamento de riscos em projetos” que, de acordo com Gido e Clements (2007) significa planejar para depois executar. Para o PMI (2004), gerenciar um projeto é aplicar conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades de um projeto a fim de se chegar ao objetivo proposto, incluindo os processos que tratam da identificação, análises, respostas, monitoramento, controle e planejamento do gerenciamento de riscos.

Ainda de acordo com o PMI (2004), os objetivos almeçados através do gerenciamento de riscos do projeto são aumentar a probabilidade e o impacto dos eventos positivos. Com isso, faz diminuir ao máximo as chances de ocorrência de eventos adversos ao projeto através da melhor alocação de recursos de engenharia e tomada de decisão ao longo do desenvolvimento do projeto.

Vale destacar que, diferente do gerenciamento de um processo, que trata de atividades que se repetem ao longo do tempo, o gerenciamento de um projeto conta com uma base de dados e históricos bem resumida, pois o registro de dados e fatos se dá com pouca frequência, o que aumenta sua exposição aos riscos existentes (Alencar et Schmitz, 2006). Carvalho e Rabechini (2005) ainda afirmam que é de extrema importância durante a tomada de decisões, que se esteja atento às particularidades de uma



empresa, no que diz respeito ao grau de aceitação ao risco e aos padrões corporativos para o planejamento e gestão de riscos. Rabechini Júnior e Carvalho (2013) complementam ao exporem o vínculo entre gerenciamento de risco e sucesso de projetos.

## 2.2 FMEA

O método FMEA, que significa análise de modo e efeitos de falha, surgiu em 1949 na indústria militar americana. Foi aprimorada pela NASA nos anos 60 durante o programa *Apollo Space Program*, com o objetivo de eliminar falhas em equipamentos que não poderiam ser consertados após lançados (Miguel et Segismundo, 2008).

Segundo Stamatis (2003), FMEA é uma ferramenta de engenharia utilizada para identificar, eliminar e prevenir falhas em sistemas, projetos, processos ou serviços antes que cheguem ao consumidor, fazendo com que este tenha em mãos algo totalmente isento de erros. Trata-se de uma ferramenta capaz de documentar de forma organizada os modos e efeitos de falhas de componentes, através de investigação e levantamento de todos os elementos, incluindo possíveis falhas humanas, que possam interromper ou prejudicar o funcionamento ou o sistema do qual este componente faça parte (SIMÕES, 2004).

Ramos (2006) explica que a técnica de FMEA foi criada com enfoque no projeto de novos produtos e processos, mas em virtude do seu grande sucesso e benefícios para as organizações, passou a ser utilizada nas mais diversas formas e em diversos tipos de ambientes. Algumas aplicações da FMEA podem ser observadas em Sant'Anna e Pinto Junior (2010), Bachega e Lima (2010) e Lima et al. (2013). Através da classificação pela severidade ou determinação de efeito das falhas em um sistema, esta ferramenta gerencial permite analisar os potenciais modos de falhas de um sistema (Allbien; Grot e Schneidereit, 1998).

Helman (1995) defende, como objetivo deste método, a prescrição de ações que façam diminuir a incidência das causas ou modos de falha em potencial. Puente et al. (2002) complementa o objetivo desta ferramenta como sendo capaz de identificar e priorizar possíveis falhas em produtos e processos. Ebrahimipour, Rezaie e Shokravi (2010) vão um pouco além, afirmando que através do cálculo dos respectivos NPR (Número de Prioridade do Risco), o FMEA descobre e prioriza os potenciais modos de falhas que resultam em algum efeito negativo sobre o sistema e seu desempenho.

Ruppenthal (2013) defende o uso da FMEA como técnica de análise de risco. Salieta-se que a ISO 31000 traz princípios e diretrizes para gestão de riscos (ABNT, 2009).

Ebrahimipour, Rezaie et Shokravi (2010) apresentam os passos a serem seguidos para condução de um FMEA: i) descrever o produto ou processo; ii) definir funções; iii) descrever os potenciais modos de falha; iv) descrever os efeitos de falhas; v) determinar as causas; vi) métodos de controles ou controles atuais; vii) calcular os riscos; viii) ações; e ix) avaliar/estimar os resultados.

Maddox (2005) informa que, após cada componente ser estudado e seus possíveis modos de falhas identificados durante a execução de um FMEA, três números são atribuídos a cada modo de falha identificado: probabilidade de ocorrência do módulo de falha ("O"), a severidade do impacto desta falha ("S") e a capacidade de detecção desta falha antes que ela realmente aconteça ("D"). Após a multiplicação destes três valores, tem-se o valor do risco, também chamado de NPR.

Puente et al. (2002) afirmam que alguns cuidados são requeridos na realização de um FMEA e certas questões devem ser observadas:

- A avaliação e priorização por meio do NPR nem sempre podem ser feitas pelos meios de detecção ("D");
- Não existe uma regra algébrica precisa para a determinação dos índices de ocorrência ("O") e detecção ("D");
- Pode haver distorções durante o cálculo do NPR, uma vez que a probabilidade de não detecção e sua respectiva pontuação seguem uma função linear enquanto que a relação entre a probabilidade de ocorrência de uma falha e sua pontuação não segue esta mesma função;
- Diferentes pontuações para ocorrência e detecção podem levar a um mesmo NPR, mesmo o risco envolvido podendo ser completamente diferente;
- O NPR não é capaz de medir a efetividade das ações propostas;
- O cálculo do NPR não considera os riscos associados a atrasos no projeto, desvios de escopo e orçamento.

Pollock (2005) ainda observa o fato de que é bastante comum que os times envolvidos na fase inicial de realização de uma FMEA mudam para as próximas fases de um projeto de forma abrupta, abandonando totalmente ou delegando para outras áreas da empresa o acompanhamento das ações da FMEA.

Em contrapartida, alguns autores como Tramel, Lorenzo e Davis (2004) e Carbone e Tippet (2004), desenvolveram trabalhos que abordam a utilização da FMEA de forma mais in-



tegrada, de forma a proporcionar algumas vantagens, como a identificação de especificações de clientes, a redução do prazo e dos custos de lançamento de novos produtos através da eliminação de re-projetos, mudanças e testes, o aumento da confiabilidade e qualidade do produto e do processo, bem como o aumento da satisfação do cliente.

### 2.2.1 Tipos de FMEA

Segundo Dailey (2004), existem dois tipos de FMEA: de projeto ou DFMEA (*Design Failure Mode and Effects Analysis*) e de processo ou PFMEA (*Process Failure Mode and Effects Analysis*), sendo que personalizações adicionais acrescentadas ao FMEA podem ser favoráveis ao desempenho desta ferramenta em uma determinada organização, por levar em consideração características particulares e exclusivas de um determinado projeto.

Na DFMEA, Stamatis (2003), afirma que o objetivo é identificar os modos de falha antes que o produto/serviço seja efetivamente produzido e entregue ao cliente, ou seja, as ações investigativas e corretivas devem ocorrer durante a fase de especificação do projeto.

Em contrapartida, no PFMEA, o que se espera é um produto livre de defeitos, devendo ser consideradas as possíveis falhas no planejamento e na execução do processo, tendo como base o conhecimento das especificações do projeto frente às inconformidades do produto (Silva; Soares e Silva, 2008).

Dailey (2004) salienta, de forma resumida, que a diferença básica existente entre o DFMEA e o PFMEA é a origem da informação, pois, enquanto o FMEA de projeto utiliza uma lista estruturada de materiais, o FMEA de processo faz uso de diagramas de fluxo de processos como documento fonte de informações.

Stamatis (2003) fala sobre a existência de outros dois tipos de FMEA: FMEA de sistema (ou conceito) e FMEA de serviço. A FMEA de sistema é uma variação de DFMEA, que analisa sistemas no estágio inicial de concepção e projeto, ou seja, focaliza as falhas do sistema em relação às suas funcionalidades e no atendimento das expectativas dos clientes, estando diretamente ligada à percepção do cliente em relação ao sistema. Em contrapartida, a FMEA de serviço é uma variação da PFMEA e seu foco é a identificação dos modos de falha potenciais, bem como o provimento de ações investigativas e corretivas, antes da ocorrência do primeiro serviço.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

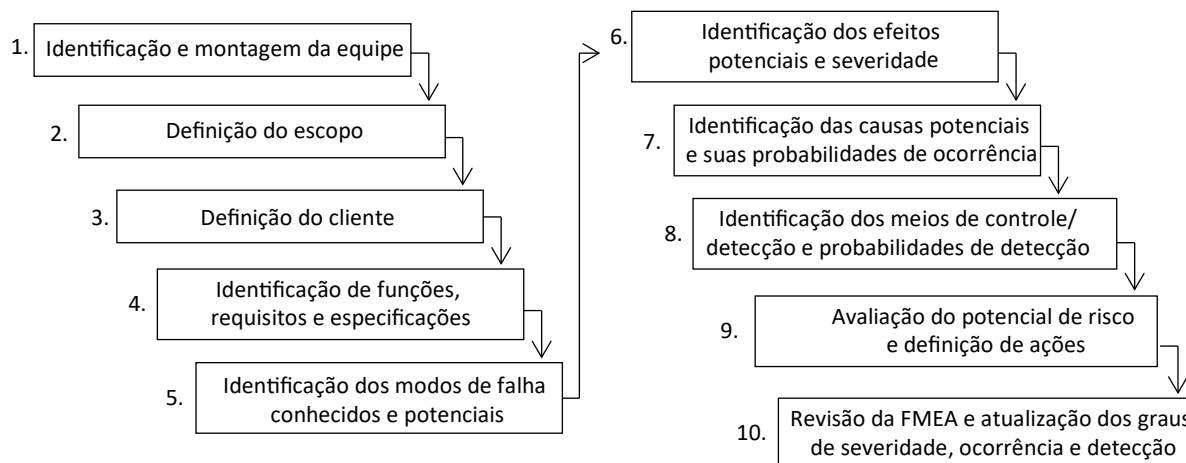
Na pesquisa realizada foram utilizados os seguintes procedimentos: pesquisa teórico-conceitual (Berto et Nakano, 1998, 2000) e estudo de caso (YIN, 1994). A pesquisa teórico-concei-

tual, também chamada de revisão bibliográfica, foi realizada com o intuito de esclarecer a abordagem do tema gerenciamento de riscos em novos projetos e da utilização da ferramenta FMEA, como uma forma de pré-orientação teórica.

O estudo de caso foi utilizado para promover o entendimento da utilização do FMEA como forma de gerenciar os riscos em um novo projeto em uma montadora de automóveis que possui um novo projeto em andamento. Foram analisadas duas linhas de montagens que são diretamente ligadas ao novo produto. Devido ao tempo disponível para a execução e finalização da presente pesquisa, das três áreas que compõem a empresa (soldagem de carroceria - denominada aqui de área 1, pintura - denominada aqui de área 2 e montagem - denominada neste estudo de área 3), apenas a área de montagem foi envolvida no estudo. Vale ressaltar que a ferramenta FMEA foi realizada em todas as áreas. As informações necessárias para a pesquisa foram coletadas por meio de bancos de dados existentes de projetos anteriores, *brainstorming* com colaboradores, experiência obtida também em projetos similares, além de entrevistas com chefia da área em estudo. O período de coleta de dados durou quatro meses.

As etapas do estudo realizado seguiram o método proposto pelo Instituto da Qualidade Automotiva (IQA, 2008) e pelo *Project Management Institute* (PMI, 2004). Para a execução do presente estudo de caso, foram adotadas as etapas apresentadas na Figura 1 e descritas a seguir:

- 1) Formação de uma equipe multidisciplinar composta por membros detentores do conhecimento necessário para a execução do FMEA, com experiência relevante e autoridade necessária, assegurando, assim, as informações e a colaboração de todas as áreas funcionais afetadas;
- 2) Definição do escopo para o estabelecimento dos limites de análise da FMEA, definindo qual o tipo de FMEA a ser executado e o que será avaliado, para que ao início do processo estejam assegurados direção e foco conscientes;
- 3) Definição do cliente. Levou-se em consideração 4 clientes principais de grande importância para a adequada execução da FMEA. São o usuário final, os centros de fabricação compostos pelas áreas responsáveis pelas operações de montagem do produto, a cadeia de suprimentos envolvendo os principais fornecedores de materiais e peças de produção e os reguladores compostos pelas agências governamentais, que desempenham papel importante na definição de requisitos e monitoramento da conformidade do projeto com leis que envolvem segurança e meio ambiente.
- 4) Definição de requisitos, especificações e efeitos dos



**Figura 1** - Etapas para a execução da FMEA

Fonte: Autor (2016)

correspondentes modos de falha. Houve a elucidação do objetivo do projeto para auxiliar na identificação e compreensão das funções, requisitos e especificações de relevância para o escopo definido.

- 5) Identificação dos modos de falha potenciais. Tratou-se da definição da forma ou maneira pela qual o produto ou processo poderia falhar em atender aos requisitos do processo.
- 6) Identificação dos efeitos potenciais, que é a listagem dos potenciais efeitos de falhas assim como são percebidos pelo cliente, e devem ser descritos em termos daquilo que o cliente poderá perceber ou experimentar. Nesta etapa, incluiu-se a análise das consequências das falhas e a severidade ou gravidade destas consequências.
- 7) Identificação das causas potenciais, definida como uma indicação de como a falha poderia ocorrer, descrita, por sua vez, em termos de algo que possa ser corrigido ou controlado. Pode ser um grande indicativo de que houve alguma fragilidade de projeto, cuja consequência é o modo de falha. Dentro desta etapa também foi realizada a análise de probabilidade de ocorrência destas causas.
- 8) Identificação dos meios de controle, que são as atividades existentes para prevenir ou detectar a causa da falha ou do modo de falha. É importante, ao desenvolver controles, identificar o que está ocorrendo de errado, por que e como prevenir ou detectar esta falha. Também foi calculada nesta etapa a probabilidade de detecção.
- 9) Avaliação do risco. Esta etapa foi realizada por meio da multiplicação dos três índices definidos em etapas an-

teriores (severidade x ocorrência x detecção). Cada empresa avalia, com base nos requisitos dos seus clientes, o valor mínimo para o risco. Para as análises em que o valor de risco for igual ou maior do que o mínimo definido, ações devem ser propostas na tentativa de diminuir o risco global e a probabilidade de que o modo de falha venha a ocorrer. A presente empresa definiu como risco mínimo o valor de 115, através da observação de que NPR maiores que este valor apresentam um valor que já pode ser considerado alto e, conseqüentemente, crítico. Portanto, modos de falha com NPR maior que 115 deveriam sofrer ações imediatas para diminuir esse valor.

- 10) Atualização dos graus de severidade, ocorrência e detecção. Uma vez que todas as ações estejam concluídas e os resultados atingidos, faz-se esta última etapa.

Para melhor entendimento da forma como foi realizada a pontuação para os três índices utilizados na FMEA (severidade, ocorrência e detecção), é importante deixar claro que houve a utilização de algumas tabelas propostas no manual de FMEA pelo Instituto da Qualidade Automotiva (IQA, 2008) que serão apresentadas na próxima seção.

Vale destacar ainda que, dentre as dez etapas descritas acima, apenas a décima etapa ainda se encontra em fase de futura conclusão na empresa estudada.

#### 4. ESTUDO DE CASO

Nesta seção, são expostas algumas informações sobre a empresa em que o estudo foi realizado, seguidas da apresentação do processo de desenvolvimento da FMEA.





#### 4.1. A empresa estudada

A presente pesquisa foi desenvolvida em uma empresa automobilística que atua na montagem de veículos do tipo *off-road* (Fora de Estrada) e aqui denominada de Empresa X. Trata-se de uma empresa de grande porte, que emprega atualmente cerca de 2400 funcionários e que está no mercado há mais de 15 anos.

A utilização da FMEA para o gerenciamento de riscos em projetos foi feita pela primeira vez nessa empresa no Projeto Alfa, e possui como base de informações o Projeto Beta. Ambos são considerados projetos similares por se tratarem de veículos que possuem a mesma plataforma.

Conforme mostrado na Figura 2, a empresa desenvolveu a FMEA nas três áreas que a compõe. Como exposto anteriormente, na seção 3, o objeto de estudo desta pesquisa é a área 3.

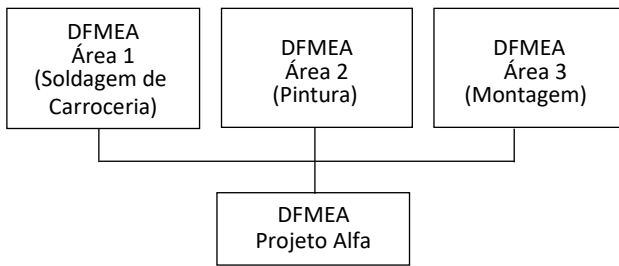


Figura 2 - Composição do DFMEA do Projeto Alfa  
Fonte: Autor (2016)

Vale ressaltar que, embora seja descrito apenas o desenvolvimento do FMEA na área 3, um processo bastante similar foi aplicado nas áreas 1 e 2 desta empresa.

#### 4.2. Desenvolvimento da DFMEA na Empresa

Para facilitar a coleta de informações durante a execução da DFMEA e garantir o cumprimento dos prazos estabelecidos pela gerência para conclusão da DFMEA, a área 3 foi dividida em duas subáreas como mostra a Figura 3, sendo que as FMEAs nestas duas linhas foram desenvolvidas em paralelo. Estas subáreas se referem às duas linhas de montagem responsáveis pela produção dos veículos.

Para cada estação de trabalho definiu-se uma operação principal. Ao término da FMEA, cada operação principal teve pelo menos um modo de falha identificado. Em seguida, foi discriminado o efeito deste modo de falha, a causa da não conformidade, os graus de severidade, ocorrência e detecção, bem como as ações necessárias para evitar a ocorrência deste modo de falha.

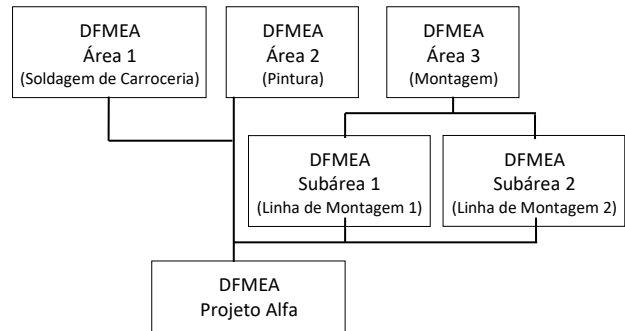


Figura 3 - Subdivisão de áreas para desenvolvimento da DFMEA no Projeto Alfa

Fonte: Autor (2016)

Além das fontes de informações utilizadas para realização desta FMEA, (banco de dados existentes de projetos anteriores, *brainstorming* com colaboradores, experiência obtida também em projetos similares, além de entrevistas com a chefia), foram utilizadas também, como fonte de informação importante, as FMEAs realizadas pelas outras áreas da Empresa X, conforme pode ser visto na Figura 4.

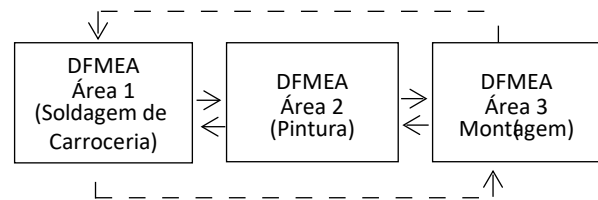


Figura 4. Fluxo de informações durante execução da FMEA na Área 3.

Fonte: Autor (2016)

Através de uma visão macro, percebe-se que a FMEA desenvolvida em uma das áreas é *input* para a FMEA das outras áreas, sendo que um intenso *feedback* de informações é necessário para que a FMEA seja executada da melhor forma possível. Desta forma, a FMEA desenvolvida nas linhas de montagem aborda modos de falhas cujas causas podem estar ligadas direta ou indiretamente a alguma falha no processo de outras áreas, e, portanto, fornece informações de grande importância para que haja a melhoria contínua em ambos os processos. Da mesma forma, as informações obtidas através da FMEA nas áreas 1 e 2 podem ser de grande importância para a realização da FMEA na área 3.

Os *inputs* que foram necessários à execução da FMEA podem ser listados: informações advindas de outras áreas da empresa como engenharia de suprimentos, informações de concessionárias, engenharia experimental, engenharia de componentes, informações do setor de inspeção/repairo, engenharia de manufatura, engenharia do produto, qualidade do produto, qualidade de fornecedores.



Dentre as 60 operações principais que tiveram sua FMEA realizada na Área 3, tem-se no Quadro 1 a representação de uma delas, para maior compreensão do processo de desenvolvimento da mesma. Para a operação de montagem do chicote do cofre do motor, dois modos de falha foram identificados: perda da funcionalidade e roteiro incorreto.

Para cada modo de falha, determinou-se qual seria o efeito potencial da falha. Esta, por sua vez, foi classificada em um grau de severidade que pode ir de 1 a 10, sendo que a severidade de grau 1 indica que nenhum dos efeitos potenciais gerados é perceptível. Em contrapartida, a severidade de grau 10 indica que o modo de falha potencial afeta a operação segura do veículo e/ou envolve não conformidade com a regulamentação governamental (vide Quadro 1, coluna 'SEV').

A severidade é um índice que não pode ser reduzido ou eliminado, pois depende apenas do nível de transtorno que o efeito da falha traz ao cliente e desta forma, quanto maior o grau de severidade atribuído ao efeito, maior é o transtorno gerado. Os valores de severidade apresentados no Quadro 1 foram definidos com base nos registros de acontecimentos das falhas potenciais no Projeto Beta bem como no impacto ou severidade de tais falhas.

Para isso, levou-se em consideração as classificações para severidade definidas pela empresa e as recomendações sugeridas por IAQ (2008). Assim, uma severidade de grau 8 indica que a falha provocará uma perda da função primária sob a perspectiva da função do produto, e também indica que 100% dos produtos podem ser refugados havendo parada da linha de produção ou parada de embarque (expedição) do produto.

Em seguida, causas potenciais foram listadas também com base nas experiências dos participantes da FMEA e em históricos do Projeto Beta. Cada causa potencial tem seu grau de ocorrência determinado, podendo ir de 1 a 10 sendo que, quanto maior o grau, maior a chance de ocorrência (vide Quadro 1, coluna 'OCC'). Os valores para o grau e ocorrência apresentados no Quadro 1 foram definidos por meio da ocorrência destas falhas em projeto similar (Projeto Beta) e levando-se em consideração as classificações para ocorrência determinadas pela empresa e considerando as recomendações do IAQ (2008).

Os graus de ocorrência de uma falha foram classificados como muito alto (pontuação 10), alto (pontuação de 7 a 9), moderado (pontuação de 4 a 6), baixo (pontuação 2 ou 3) e muito baixo (pontuação 1). Por exemplo, uma ocorrência de grau 3 indica que a ocorrência da falha é baixa, tratando-se somente de falhas isoladas, associadas a projeto praticamente idêntico, ou em simulação e testes de projeto.

Após isso, determinaram-se os meios de controle para prevenir que determinada causa potencial venha a ocorrer, bem como a existência de meios para a detecção da falha caso ela

ocorra. Nem sempre estes meios existem, e neste caso, no Quadro 1, aparece as siglas N.A (não se aplica). Vale ressaltar que uma ação pode ser tomada no sentido de criar tais meios.

Seguiu-se com a determinação do grau de detecção que, assim como o grau de severidade e de ocorrência, possui uma escala de 1 até 10 (vide Quadro 1, coluna 'DET'). Salienta-se que o maior valor para o grau de detecção implica na chance de uma falha acontecer sem haver sua detecção em alguma parte do processo, chegando assim ao cliente final.

Os valores obtidos para o grau de detecção foram embasados nos registros de falhas ocorridas em projeto similar que possuíam alguma dificuldade de detecção e nas sugestões de IAQ (2008). Assim, um grau de detecção 8 indica que ela ocorre após o processamento do produto sendo, portanto, bastante difícil a detecção executada pelo operador, através de meios visuais, táteis ou audíveis.

Ao final de todo este processo é realizada a multiplicação dos graus de severidade, ocorrência e detecção, gerando assim um valor (NPR) que indica o risco. Para esta FMEA desenvolvida, sempre que o valor do risco for igual ou superior a 115 deve-se prosseguir com a determinação de ações que irão impedir que o modo de falha venha a acontecer, estando uma pessoa da organização ou uma área definida como responsável pela execução desta ação. Tal valor foi definido após o início da realização da FMEA. Com base em alguns valores de NPR obtidos, percebeu-se que para valores menores que 115 nem sempre ações eram necessárias. Ao final do processo de execução da FMEA na área 3 da empresa estudada, somaram-se 500 ações tidas como necessárias para evitar as ocorrências dos modos de falhas identificados.

### 4.3 Impactos Esperados

Com a adoção da utilização da FMEA durante a execução deste novo projeto, espera-se reduzir as falhas que ocorrem durante a produção em massa do novo produto, visto que a FMEA é uma ferramenta que permite identificar modos potenciais de falhas e, consequentemente, tomar ações antes que as falhas ocorram.

Espera-se também que, com a diminuição de falhas que foram previstas durante a execução da FMEA, tenha-se uma redução considerável nos retrabalhos executados para corrigir tais falhas, e, consequentemente, uma redução de custos com desperdício de mão-de-obra e tempo, com avarias em peças e componentes do veículo durante tais retrabalhos e com a não qualidade que pode vir a gerar *recalls*.

Como se trata de uma ferramenta focada em evitar que possíveis falhas ocorram, ao invés do conhecido sistema reativo de correção de falhas, espera-se a geração de impactos cul-





**Quadro 1 - Desenvolvimento da FMEA de uma operação que consta no projeto analisado**

FMEA – ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA											
FMEA de Projeto	ÁREAS ENVOLVIDAS:	Produção / Áreas de Engenharia / Manufatura / Logística								Data 1ª emissão: 10/08/2015	
PROJETO/ PROGRAMA: Alfa	PROCESSO:	Montagem do produto Alfa								Data da revisão: Fevereiro/2016	
RESPONSÁVEL: Líder da FMEA	EQUIPE:	Supervisor de linha, Técnico de processo, Engenheiro 1, Engenheiro 2, Engenheiro 3, Operador 1, Operador 2, Líder da FMEA.									
ATIVIDADE:	Montagem do chicote do cofre do motor										
Item, nome função da Etapa do Processo	Modo de Falha Potencial	Efeito (s) Potenciais da Falha	SEV	Causas Potenciais	OCC	Controles Atuais de Prevenção	Controles Atuais de Detecção	DET	N P R	Ações Recomendadas	Resp. / Data
Chicote do cofre do motor (Chicote de controle)	Perda da funcionalidade	Mau funcionamento do veículo	8	Falta conexão	3	Carta de Versatilidade de DVO	Inspeção (Buy Off)	8	192	Treinamento e capacitação com relação à nova operação	Responsável 1
			8	Mal conectado	3	Carta de Versatilidade de DVO	Inspeção (Buy Off)	8	192	Treinamento e capacitação com relação à nova operação	Responsável 1
			8	Esmagamento ou corte do chicote	2	N.A	Inspeção (Recebimento / Buy Off)	8	128	Antes do abastecimento na linha: Inspeção de recebimento	Responsável 2
			8	Terminal afastado	2	N.A	Inspeção (Recebimento / Buy Off)	8	128	Inspeção de recebimento	Responsável 2
			8	Fio desencapado	2	N.A	Inspeção (Recebimento / Buy Off)	7	112	Inspeção de recebimento	Responsável 2
			8	Chicote incorreto	5	Carta de Versatilidade de DVO	Inspeção (Buy Off)	8	320	Avaliar possibilidade de sequenciamento entre os chicotes para todas as plataformas da linha	Responsável 3
			8	Chicote fora do dimensional	2	N.A	Inspeção (Recebimento / Buy Off)	7	112	Inspeção de recebimento	Responsável 2
	Roteiro incorreto	Mal fixado/ Solto/ Ruído	6	Furo de fixação fora do dimensional	2	N.A	Visual no ato da montagem	7	84	Inspeção de recebimento	Responsável 2
			6	Furo de fixação obstruído	5	N.A	Visual no ato da montagem	7	210	Inspeção de recebimento	Responsável 2
			6	Falta de breaket	2	N.A	Visual no ato da montagem	7	84	Inspeção de recebimento	Responsável 2
			6	Presilha / Abraçadeira do chicote fora do dimensional	2	N.A	Visual no ato da montagem	7	84	Inspeção de recebimento	Responsável 2
			6	Breaket fora do dimensional	2	N.A	Visual no ato da montagem	7	84	Inspeção de recebimento	Responsável 2



turais positivos na empresa através de práticas que enfatizem a importância de se “fazer certo da primeira vez”. Vale ressaltar, ainda, os possíveis impactos positivos a serem gerados para a melhoria contínua do processo e para o aumento da qualidade do produto final advindos da utilização da FMEA.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo almejado nesta pesquisa foi alcançado. Aplicou-se a FMEA durante a execução de um novo projeto em uma empresa automobilística, com o intuito de diminuir os riscos existentes, inerentes a este projeto.

Respondendo à questão de pesquisa, houve a adoção de um método para a condução da DFMEA, que possibilitou a identificação dos modos de falhas potenciais no processo de montagem de um veículo, considerando o novo projeto estudado. Além disso, houve a proposição de ações para a melhoria deste processo, envolvendo desde o treinamento da mão de obra até a manutenção preventiva em equipamentos, bem como ações envolvendo fornecedores, que podem ser no sentido de haver a correção dimensional de uma peça fornecida ou a mudança da embalagem em que tal peça é acondicionada para a entrega.

Sugere-se que durante a execução da FMEA em um processo, haja a criação de uma equipe que acompanhe por completo a execução da FMEA em todas as áreas, para facilitar o acesso às informações e o *feedback* das mesmas.

Este artigo contribuiu para uma maior compreensão e divulgação, tanto no meio acadêmico como no empresarial, da ferramenta FMEA e da possibilidade de utilização desta ferramenta para o gerenciamento de riscos em novos projetos.

Muito se tem tratado sobre técnicas/ferramentas de análise de riscos. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) normaliza a gestão de riscos por meio da série de normas ISO 31000. Como sugestão de pesquisas futuras, tem-se a expansão da discussão do papel da FMEA no contexto da ISO 31000, aplicando, também, novos princípios e orientações na empresa automobilística estudada com base nessa norma de gestão de risco.

Ainda, é possível realizar o estudo dos impactos reais gerados pela utilização da FMEA no Projeto Alfa. A realização de uma pesquisa de avaliação (*survey*) em empresas automobilísticas para verificação dos tipos de FMEA utilizados e as formas de condução do uso e avaliação desta ferramenta também é sugerida.

## REFERÊNCIAS

Allbien, E.; Grot, U.; Schneidereit, U. (1998), “The new method of the quality system”, *Industrial Engineering and Management*, Vol. 5, pp. 18-21.

Alencar, A.; Schmitz, E. (2005), *Análise de Risco em Gerência de Projetos*. Rio de Janeiro: Brasport, 2005. 172p.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2009). *ABNT NBR ISO 31000: Gestão de riscos – princípios e diretrizes*. Rio de Janeiro, RJ, 32 p.

Bachega, S. J.; Lima, A. D. (2010). “Uso da análise de modo e efeitos de falha (FMEA) como apoio à redução do lead time do processo de orçamentação”. In: *ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 30, 2010, São Carlos, SP. Anais...São Carlos: ABEPRO.

Berto, R. M. V. S.; Nakano, D. N. (2000), “A produção científica nos anais do encontro nacional de engenharia de produção: um levantamento dos métodos e tipos de pesquisa”. *Produção*, v. 9, nº 2, p. 65-75, jul.

Berto, R. M. V. S.; Nakano, D. N. (1998), “Metodologia da pesquisa e a engenharia de produção”. In: *XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) E IV International Congress of Industrial Engineering (ICIE)*, 1998, Niterói, RJ. Anais... Niterói: UFF/ABEPRO, out.. 1 CD-ROM.

Brandstetter, M. C. G. O.; Arantes, G. M. (2015), “Proposições de aplicação do gerenciamento de riscos em sistemas de construção”. In: *ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 35., Fortaleza. Anais... Fortaleza: UFERSA/ ABEPRO, 2015.

Carbone, T. A.; Tippett, D. D. (2004), “Project Risk Management Using the Project Risk FMEA”, *Engineering Management Journal*, v16, n.4. pp. 28-35.

Carvalho, M. M.; Rabechini Jr, R. (2005), *Construindo Competências para Gerenciar Projetos: Teoria & Casos*. São Paulo: Atlas, 2005. 317p.

Cavalcanti, M. A. et al. (2011), “Aplicação do FMEA de projetos ao gerenciamento de riscos de um projeto no setor da construção naval.” In: *XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, Belo Horizonte, 2011. Anais... Belo Horizonte, ABEPRO, 2011.

Dailey, K. W. (2004) *The FMEA Pocket Handbook*. DW Publishing Co. 40p.

Ebrahimipour, V.; Rezaie, K.; Shokravi, S. (2010), *An Ontology Approach to Support FMEA Studies*. *Expert Systems with Applications*. Vol. 37, n. 1, pp. 671-677.

Espósito, T. (2015). “Gestão de Risco em Obras Geotécnicas em Mineração: Aplicação em Barragens de Mineração”. In: *VIII Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental e VII Congresso Brasileiro de Geossintéticos*. 2015, Brasília: UNICEUBE.

Ferenhof, H. A.; Forcellini, F. A.; Varvakis, G. (2013), “Lições aprendidas: agregando valor ao gerenciamento de projetos”. *Revista de Gestão e Projetos*, v. 4, n. 3, p. 197-209.

Gallotti, R. M. D.; Assis, S. F. M. (2013). “Os eventos adversos em unidade de terapia intensiva e o gerenciamento dos riscos das operações de serviços”. In: *Simpósio de Administração da*



- Produção, Logística e Operações Internacionais, 16, 2013, São Paulo. Anais... São Paulo: FGV.
- Gido, J.; Clements, J. P. (2007). *Gestão de Projetos*. Tradução da 3a edição norte-americana. São Paulo: Thomson Learning.
- Heldman, K. (2005). *Project Manager's Spotlight on Risk Management*. Alameda: Harbor Light Press.
- Helman, H. (1995). *Análise de falhas (Aplicação dos métodos de FMEA e FTA)*. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG.
- IQA. Instituto da Qualidade Automotiva. (2008). *Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial: FMEA*. 4ª Ed. Indianópolis, SP.
- Rabechini Júnior, R.; Carvalho, M. M. (2013). "Relacionamento entre gerenciamento de risco e sucesso de projetos". *Production Journal*, v. 23, n. 3, p. 570-581.
- Kumar, R. L. (2002). "Managing risks in IT projects: an options perspective". *Information and Management*, v.40, p. 63-74.
- Lima, A. D.; Bachega, S. J.; Godinho Filho, M.; Cruz, V. J. S.; Rossi, J. M. (2013). "Proposta de aplicação da abordagem Quick Response Manufacturing (QRM) para a redução do lead time em operações de escritório". *Produção*, vol. 23, n. 1, p.1-19.
- Lopes, A. B.; Carvalho, L. N.; Teixeira, A. J. C. (2003). "A abordagem de Shimpi para gestão de riscos". *Revista Contabilidade e Finanças*. São Paulo, v. 14, n. 33, p. 7-15.
- Maddox, M. E. (2005). "Error apparent". *Industrial Engineer*, v.37, n.5, p. 40-44.
- Miguel, P. A. C.; Segismundo, A. (2008). "O papel do FMEA no processo de tomada de decisão em desenvolvimento de novos produtos: estudo em uma empresa automotiva". *Produto & Produção*, v. 9, n. 2.
- Nakashima, D. T. V.; Carvalho, M. M. (2004). "Identificação de riscos em projetos de TI". In: *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 24, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ABEPRO.
- Paula, M. F. R. et al. (2015) "Projeto e desenvolvimento de um limpador automático – FACILIMP". In: *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 35., 2015, Fortaleza. Anais... Fortaleza: ABEPRO, 2015.
- Paté-Cornell, E. (2002). "Finding and fixing systems weaknesses: Probabilistic methods and applications of engineering risk analysis". *Risk Analysis*, v.22, n.2, p. 319-334.
- PMI. Project Management Institute. (2004). *PMBOK – Project Management Body of Knowledge 2004*. Minas Gerais: PMI-MG.
- Piurcosky, F. P. et al. (2014). "Gerenciamento de riscos aplicado em um projeto de uma linha de produção". In: *III Simpósio Internacional de Gestão de Projetos e II Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade*, São Paulo, 2014. Anais... São Paulo: UNINOVE.
- Pollock, S. (2005). "Create a simple framework to validate FMEA performance". *ASQ Six Sigma Forum Magazine*, v.4, n.4, p.27-34.
- Puente, J.; Pino, R.; Priore, P.; Fuente, D. (2002). "A decision support system for applying failure mode and effects analysis". *The International Journal of Quality & Reliability Management*, v.19, p. 137-150.
- Ramos, E. F. (2006). "A gestão de Riscos usando FMEA". *Revista Mundo PM*, n.10, p. 71-74.
- Romano, F. V. (2003). "Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações". *Repositório Institucional da UFSC*. 381 f. Tese de doutorado em Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis.
- Rovai, R. L. (2005). "Modelo para gestão de riscos em projetos: estudo de múltiplos casos". São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Ruppenthal, J. E. (2013). *Gerenciamento de Riscos*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria ; Rede e-Tec Brasil.
- Salles Jr., C. A. C; Soler, A. M; Valloe, J. A. S; Rabechini Jr. R. (2006). *Gerenciamento de Riscos em Projetos*. Rio de Janeiro, Editora FGV.
- Sant'Anna, A. P.; Pinto Junior, R. P. S. (2010). "Composição probabilística no cálculo das prioridades na FMEA". *Sistemas & Gestão*, v.5, n.3, p.179-191.
- Santos, F. R. S.; Cabral, S. (2008). "FMEA e PMBOK aplicada ao gerenciamento de projetos de risco". *JISTEM J.Inf.Syst. Technol. Manag. (Online)*, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 347-364.
- Sena, E. A. et al. (2014). "Gerenciamento de riscos aplicado a um projeto de revestimento de tubos para extração de óleo e gás". In: *III Simpósio Internacional de Gestão de Projetos e II Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade*, São Paulo, 2014. Anais... São Paulo: UNINOVE.
- Shenhar, A. J.; Raz, T.; Dvir, D. (2002). "Risk management, Project success, and technological uncertainty". *R & D Management*, vol. 32, n.2.
- Silva, R. L. A.; Soares, P. R. F. T.; Silva, A. K. B. (2008). "Análise de risco utilizando a ferramenta FMEA em um gerador de vapor". In: *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 28, 2008, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABEPRO.
- Simões, S. F. (2004). "Aplicação de FMEA e FMECA na Tecnologia Submarina". *CENPES/PDP/TS PETROBRAS*, São Paulo.
- Stamatis, D. H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA. From theory to execution*. 2. ed. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press.
- The Standish Group. (2014). "CHAOS Report". Disponível em: <<https://www.projectsmart.co.uk/white-papers/chaos-report.pdf>>. Acesso em: 08 Dez. 2015.
- Yin, R. K. (1994). *Case study research: design and methods*. Newbury Park: Sage Publications.