

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA E SEGURANÇA DO
TRABALHO

DANIEL CASTAGNOLLI

UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA EM CONJUNTO COM A FERRAMENTA
HRN: UMA PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

PONTA GROSSA

2018

DANIEL CASTAGNOLLI

**UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA EM CONJUNTO COM A
FERRAMENTA HRN: UMA PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia e Segurança do Trabalho, Área de Conhecimento: Higiene e Segurança do Trabalho, do Curso de Especialização em Engenharia e Segurança do Trabalho, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Prof. Luciene Ferreira Schiavoni Wiczick

PONTA GROSSA

2018



FOLHA DE APROVAÇÃO

Título do artigo nº. 08/2018

UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA EM CONJUNTO COM A FERRAMENTA HRN: UMA PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO

Desenvolvido por:
Daniel Castagnolli

Este artigo foi apresentado no dia 30 de agosto de 2018 às 14 horas como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof Ariel Orlei Michaloski
1º membro

Prof Antonio Carlos Frasson
2º membro

Prof. Prof. Luciene Ferreira Schiavoni Wiczick
Orientador

UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA EM CONJUNTO COM A FERRAMENTA HRN: UMA PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO

USING THE FMEA IN CONJUNCTION WITH AN HRN TOOL: A DEPLOYMENT PROPOSAL

Eng. Daniel Castagnolli ¹, Prof^a M. Eng. Luciene Ferreira Schiavoni Wiczick ²

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho – Ponta Grossa - PR – Brasil - dcastagnolli@globalsteering.com

² Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais - CESCAGE - Departamento de Pós Graduação Ponta Grossa - PR – Brasil – Email

Resumo: O presente trabalho apresenta uma proposta de abordagem da ferramenta FMEA (Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial) a ser utilizada em conjunto a ferramenta HRN (Hazard Rating Number) de análise de risco voltada para a segurança do trabalho. A abordagem tradicional da FMEA baseia-se no levantamento dos modos e efeitos de falha assim como um número de priorização de riscos no que diz respeito à qualidade. No presente trabalho, faz-se a proposta para a utilização das 2 análises em conjunto (qualidade e segurança). Por meio dos resultados da pesquisa realizada, pode-se concluir que o uso em conjunto dos 2 índices pode contribuir para identificação simultânea de riscos de falhas de qualidade e acidentes de trabalho, propondo posteriores ações como medidas aos riscos levantados.

Palavras-chave: FMEA (Análise de Modo e Efeitos de Falha), HRN (Número de Avaliação de Perigos), análise de risco, RPN (Número de Priorização de Risco).

Abstract: The present work presents a proposal to approach the tool FMEA (Analysis of Mode and Effect of Potential Failure) to be used in conjunction with HRN (Hazard Rating Number) tool of risk analysis focused on work safety. The traditional FMEA approach is based on the assessment of failure modes and effects as well as a number of risk prioritization with respect to quality. In the present work, the proposal is made for the use of the two joint analyzes (quality and safety). Through the results of the research carried out, it can be concluded that the joint use of the two indices can contribute to the simultaneous identification of risks of quality deficiencies and work accidents, proposing later actions as measures to the risks raised.

Keywords: FMEA (Failure Modes and Effects Analysis, HRN (Hazard Rating Number), risk analysis, RPN (Risk Priority Number).

INTRODUÇÃO

Todas as atividades que uma empresa desempenha abrange riscos e alguns fundamentos devem ser seguidos para uma gestão de risco eficiente. Além de tudo, a gestão de riscos pode ser empregada em vários setores e condições, cada um com suas particularidades, assim como funções, ocupações e projetos inerentes (ISO 31000, 2009).

Para atingir os propósitos operacionais pretendidos, segundo Chen e Wu (2013), as empresas têm o dever de se preocuparem com a eventualidade de possíveis falhas, devido a muitas interrupções que podem ser de condições naturais e humanas que podem impactar os resultados e ocasionar consideráveis perdas. Nesse contexto, para reduzir riscos da cadeia de suprimentos, as ferramentas e o método de apurar e avaliar os fundamentos de quaisquer fornecedores têm se tornado vitais nas decisões estratégicas dos negócios.

A FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis* - Análise dos Modos e Efeitos de Falhas), é uma ferramenta amplamente usada na indústria, principalmente a automotiva. Consiste no levantamento de todo o processo produtivo, desde o recebimento das matérias primas até a expedição do produto acabado, verificando todos os possíveis riscos de falhas na qualidade do produto que possam afetar os clientes.

O método HRN (*Hazard Rating Number* – Número de Avaliação de Perigo), segundo a Revista Proteção (2014) é um método muito eficiente de estimar risco para os perigos encontrados, que veio à tona em um artigo da revista *Safety and Health Practitioner* em 1990, escrito pelo especialista na área Chris Steel (THOMAS, 2016). Este método HRN é adequado para classificar o risco de raro a extremo, atribuindo ao risco uma nota apoiada em variados aspectos e parâmetros. É regularmente usado para analisar riscos de máquinas e também é adaptável a qualquer parecer de análise de risco, por ser reconhecido e usado mundialmente.

Mesmo sendo usado como ferramenta de registros de não conformidades ocorridas e incluídas como históricos, a proposta inicial da FMEA é ser uma ferramenta de prevenção e não de correção, ou seja, deve-se prever os modos de falha e tomar as ações para prevenir sua ocorrência. A mesma abordagem preventiva procura-se fazer para a análise de risco para a segurança do trabalho.

Desta forma, este trabalho propõe que seja utilizada junto com a FMEA uma ferramenta de análise de risco voltada para a segurança do trabalho. Assim, a equipe multidisciplinar que usa a FMEA para abordar a qualidade, use também uma ferramenta para abordagem de gestão de prevenção de acidentes. Neste estudo de caso, optou-se em adaptar o método de gestão de perigos e riscos de acidentes HRN – *Hazard Rating Number*, ou, Número de Avaliação de Perigo.

Para isso, o artigo está organizado em quatro partes . A primeira é a revisão da literatura, que está subdividida em três subseções: FMEA, HRN e Segurança no

Trabalho. A seção 2 apresenta a metodologia e coleta de dados . A seção 3 faz uma discussão dos resultados. Por fim, a seção 4 apresenta as conclusões a respeito do estudo realizado.

REVISÃO DE LITERATURA

Neste tópico serão expostos os principais conceitos norteadores desse trabalho como FMEA e HRN e abordagem sobre segurança no trabalho.

FMEA

A FMEA é uma ferramenta com o intuito de reduzir a possibilidade de falha, por meio da avaliação de prováveis riscos para as organizações, resultando em melhoramentos contínuos (CARPINETTI, 2010).

A FMEA deve ser utilizada para fazer a verificação de riscos para compreender qual a repercussão sobre o cliente, se houver falhas no processo ou projeto (AGUIAR; SALOMON; MELLO, 2015).

Sakurada (2001) afirma que a metodologia FMEA se originou no ano de 1949 com uso de cunho militar, e era denominado FMECA (*Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*), ou M1L-P-1629 (*Military Procedure*), era empregado como diretriz para avaliar a confiabilidade e identificar as falhas nos equipamentos, sendo elas classificadas de acordo com a repercussão que ocasionariam nas missões.

Contudo, Bertsche (2008), declara que a FMEA apareceu durante os anos 60, nos Estados Unidos da América, quando a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) empregou a metodologia durante o projeto da *Apollo*.

Mesmo com divergência da origem da FMEA, Sakurada (2001) e Bertsche (2008), consentem que o uso da ferramenta foi aprofundado por volta de 1988, quando Ford, General Motors e Chrysler, chamados “*The Big Three*” (os três grandes), conceberam a norma QS 9000 (*Quality System Requirements*), semelhante à ISO 9000. Silva et al (1997), afirma que a QS 9000 foi fundada com finalidade de padronizar os requisitos de qualidade e premissas básicas das três empresas. A QS era complementada por vários manuais de parâmetros, como *Production Part Approval Process* (PPAP), *Advanced Product Quality Planning and Control Plan* (APQP) e a *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), usada como método de prevenção e de melhoramento contínuo.

Helman e Andery (1995) mencionam que a FMEA é uma metodologia que analisa projetos e produtos, processos industriais e administrativos, identificando todas as possibilidades potenciais de falhas e indicando o efeito delas sobre a performance do sistema, isto é, uma avaliação para descobrir e dizimar os problemas de forma sistemática e satisfatória. Os autores também afirmam que a ferramenta se aplica para detectar todos prováveis potenciais de falha e, estabelecer o resultado de cada uma delas sobre o desempenho do conjunto mediante análise qualitativa (severidade, ocorrência e detecção) obtendo uma escala de importância no processo ou produto.

O principal objetivo da metodologia FMEA é aumentar a confiabilidade do sistema e precisa ser na etapa de processo/projeto. Por meio dessa ferramenta pretende-se certificar que as falhas de processos/produtos sejam reconhecidas na tomada de decisão, possibilitando a diminuição delas e do que possa vir a acontecer (SOUZA; MOCO; PERUSSI; GUIMARÃES, 2016).

Segundo Toledo e Amaral (2007), a ferramenta FMEA permite vantagens para as empresas, como:

- a) Conseguir esclarecimentos sobre as falhas dos processos e produtos;
- b) Entender dos problemas nos processos e produtos;
- c) Práticas de melhoria no projeto do processos e produtos, fundado em dados e sendo controlado (melhoria contínua);
- d) Minimizar despesas por meio da precaução de ocorrência de falhas;
- e) Lista de classificação de acordo com a prioridade para procedimentos corretivos;
- f) Incorporação da cultura de prevenção de falhas, com cooperação e trabalho em equipe.

A FMEA compreende três etapas, segundo Carpinetti (2010):

Etapa I: Reconhecimento de falhas e delimitação de prioridades, onde conforme a avaliação da ocorrência, gravidade e detecção, as resoluções de prioridade são tomadas.

Etapa II: Proposta de ação para extinção de falhas, seguindo a ordem de prioridades de soluções.

Etapa III: Depois de implantar as propostas de ações, analisar as falhas e reavaliar se o plano eliminou ou extinguiu os riscos de falhas.

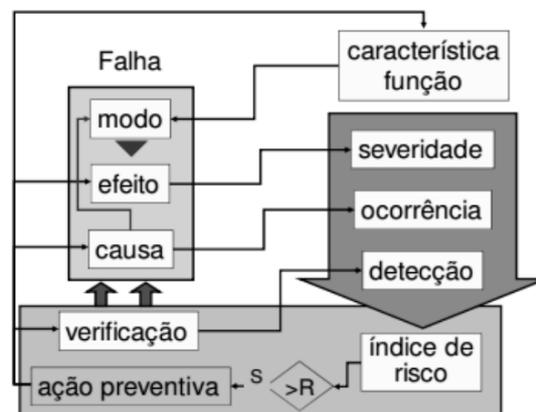
O método de análise da FMEA consiste na ponderação de critérios (severidade, ocorrência e detecção) através de tabelas em escala de 1 a 10. No quesito severidade e ocorrência, quanto maior a ponderação, maior será o risco. Para a detecção, quanto menor a ponderação, menor será o risco, porque será fácil de encontrar o risco (CARPINETTI, 2012).

O RPN (*Risk Priority Number* - Número de Priorização de Risco) é resultado do produto destes três critérios e serve como método de tomada de decisão. Se o RPN for alto, reflete um alto risco para a empresa e deve ser bem analisado e observado na tomada de decisão. A fórmula do RPN é a seguinte:

$$RPN = S \times O \times D \text{ (onde S=severidade, O=ocorrência e D=detecção)}$$

Segundo Carpinetti (2012), a análise dos resultados do RPN é feita pela equipe responsável pelo FMEA, com intuito de diminuir ou excluir as falhas, com melhorias e métodos produzidos e então a comprovação se as mudanças foram implementadas.

Figura 1 - Visão estrutural das informações do FMEA



Fonte: Rozenfeld et al., (2006)

HRN

O HRN é um procedimento quantitativo, no qual são dados valores numéricos para: Probabilidade de Exposição (PE), Frequência de Exposição ao Perigo (FE), Probabilidade Máxima de Perda (MPL) e Número de Pessoas Expostas ao Risco (NP) (SILVA; SOUZA, 2011).

Segundo Corrêa (2011), o grau dos riscos pode ser classificado como:

- a) Risco muito baixo: pede-se o uso de EPI e treinamentos, mas não são solicitadas medidas significativas de controle;
- b) Risco baixo: deve-se levar em conta medidas de controle;
- c) Risco significativo: deve-se elaborar medidas de controle adicionais e implantá-las dentro de um mês;
- d) Risco alto: deve-se implantar medidas de controle de segurança dentro de uma semana;
- e) Risco muito alto: deve-se implantar medidas de controle de segurança dentro de um dia;
- f) Risco extremo: deve-se implantar medidas de controle de segurança instantaneamente;
- g) Risco inaceitável: deve-se interromper a operação de trabalho até que as medidas de controle tenham sido feitas.

Segurança no Trabalho

A segurança do trabalho tem como propósito minimizar os acidentes de trabalho, proteger os trabalhadores e implantar medidas para prevenir (GINANI; COSTA; SOARES; VELOSO; OLIVEIRA, 2017).

Segundo Corrêa (2011) a busca pela melhoria nas condições de saúde e de segurança nos ambientes de trabalho é uma constante em todo mundo. Mas mesmo com o progresso em relação às ações de precaução incluídas nas normas e leis, a realidade dos locais de trabalho ainda é bastante falha.

As condições que favorecem para ocorrerem acidentes nas indústrias são variados, por exemplo dispositivos de segurança falhos ou inexistentes nos equipamentos e máquinas, falha ou falta de treinamento para os funcionários, jornadas de trabalho que excedem as normas, deficiência na gestão de riscos (SILVA; HECKSHER; ANDRADE; FERRAZ, 2017).

MATERIAL E MÉTODOS

Abaixo segue a sequência de passos proposta, descrita pelo manual IQA do FMEA, com as etapas e ações necessárias para desenvolver a ferramenta FMEA e atingir os objetivos referentes à análise de riscos da qualidade.

Etapa 1 – Descrição FMEA e levantamento índice de falhas (RPN) segundo manual IQA – Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial (2008):

- a) Identificar e avaliar as etapas do processo;

- b) Identificar e avaliar os potenciais modos de falha relacionados em cada etapa no produto e processo;
- c) Identificar os efeitos das falhas potenciais sobre o processo e clientes;
- d) Identificar as causas potenciais dos processos de fabricação;
- e) Identificar variáveis de processo nas quais focalizar controles de processo, para redução de ocorrência, ou maior detecção de falhas;
- f) Habilitar o estabelecimento de um sistema de prioridades, para ações e controles preventivos/corretivos;
- g) Estabelecer para cada modo de falha os índices de Severidade, Ocorrência e detecção ($S \times O \times D$), baseado em critérios sugeridos para avaliação;
- h) Calcular o índice RPN: Índice RPN= $S \times O \times D$

Tabela 1 - Tabela de Severidade

Efeito	Crítérios: Severidade do Efeito no Produto	Classificação	Efeito	Crítérios: Severidade do Efeito no Processo
Falha em atender a requisitos de segurança e/ou regulatórios	Modo de falha potencial afeta a operação segura do veículo e/ou envolve não-conformidade com regulamentação governamental, sem prévio aviso.	10	Falha em atender a requisitos de segurança e/ou regulatórios	Pode trazer perigo ao operador, sem aviso prévio.
	modo de falha potencial afeta a operação segura do veículo e/ou envolve não-conformidade com regulamentação governamental, com prévio aviso.	9		Pode trazer perigo ao operador, com aviso prévio.
Perda ou degradação da função primária	Perda da função primária	8	Interrupção maior	100% dos produtos podem ser refugados. Parada da linha de produção ou parada de embarque.
	Degradação da função primária	7	Interrupção significativa	Uma parcela do lote de produção pode ser refugada. Desvio do processo primário, incluindo velocidade reduzida da linha de produção e acréscimo de mão de obra.
Perda ou degradação da função secundária	Perda da função secundária	6	Interrupção moderada	100% do lote de produção pode ser retrabalhado fora da linha e aceita.
	Degradação da função secundária	5		Uma parcela do lote de produção pode ser retrabalhada fora da linha e aceita.
Incômodo	Aparência ou ruído audível, veículo operável, item não conforme e percebido pela maioria dos clientes (> 75%)	4	Interrupção moderada	100% do lote de produção pode ser retrabalhado na estação, antes de ser processado.
	Aparência ou ruído audível, veículo operável, item não conforme e percebido por muitos clientes (> 55%)	3		Uma parcela do lote de produção pode ser retrabalhada na estação, antes de ser processado.
	Aparência ou ruído audível, veículo operável, observadores (> 25%)	2	Interrupção menor	Ligeira inconveniência para o processo, operação ou operador.
Nenhum efeito	Nenhum efeito perceptível.	1	Nenhum efeito	Nenhum efeito perceptível.

Fonte: Manual IQA (2008)

Tabela 2 - Tabela de Ocorrência

Probabilidade de Falha	Crítérios: Ocorrência da Causa – PFMEA	Classificação
Muito Alta	≥ 100 por mil	10
	≥ 1 em 10	
Alta	50 por mil	9
	1 em 20	
	20 por mil	8
	1 em 50	
	10 por mil	
Moderada	1 em 100	7
	2 por mil	
	1 em 500	6
	0,5 por mil	
	1 em 2000	5
0,1 por mil		
Baixa	1 em 10000	4
	0,01 por mil	
	1 em 100000	3
	≤ 0,001 por mil	
Muito Baixa	1 em 1000000	2
	A falha é eliminada através de controle preventivo.	

Fonte: Manual IQA (2008)

Tabela 3 - Tabela de Detecção

Oportunidade para detecção	Crítérios: Probabilidade de detecção por controle de processo	Classificação	Probabilidade de detecção
Nenhuma oportunidade de detecção.	Nenhum controle de processo. Não se pode detectar, ou não está analisado.	10	Praticamente impossível
Improvável detectar em qualquer estágio.	Modo de falha e/ou erro (causa) não é facilmente detectável.	9	Muito remota
Detecção do problema pós-processamento	Detecção do modo de falha pós-processamento, pelo operador, através de meios visuais/táteis/audíveis.	8	Remota
Detecção do problema na origem	Detecção do modo de falha pós-processamento, pelo operador, através de meios visuais/táteis/audíveis, ou	7	Muito baixa

	pós-processamento, através do uso de medição por atributo.		
Detecção do problema pós-processamento	Detecção do modo de falha pós-processamento, pelo operador, através do uso de medição por variável, ou na estação pelo operador, através do uso de medição por atributo.	6	Baixa
Detecção do problema na origem	Detecção do modo de falha ou erro na estação, pelo operador, através do uso de medição por variável, ou por controles automáticos na estação, que detectarão peças discrepantes e notificarão o operador. Medição realizada no setup e verificação da primeira peça.	5	Moderada
Detecção do problema pós-processamento	Detecção do modo de falha pós-processamento, por controles automáticos, que detectarão peças discrepantes e travarão a peça, para impedir processamento subsequente.	4	Moderadamente alta
Detecção do problema na origem	Detecção do modo de falha na estação, por controles automáticos, que detectarão peças discrepantes e automaticamente travarão a peça na estação, para impedir processamento	3	Alta

	subsequente.		
Detecção do erro e/ou prevenção do problema	Prevenção de erro, como resultado do projeto do dispositivo de fixação, projeto da máquina, ou projeto da peça.	2	Muito alta
Detecção não aplicável. Prevenção do erro.	Prevenção de erro, como resultado do projeto do dispositivo de fixação, projeto da máquina, ou projeto da peça. Peças discrepantes não podem ser produzidas porque o item foi tornado à prova de erro, pelo projeto do processo/produto.	1	Praticamente certa

Fonte: Manual IQA (2008)

Após o levantamento dos índices, ações são traçadas de acordo com critérios estabelecidos. Podem ser definidos para a priorização das ações os maiores RPN's definindo-se por exemplo os 5 maiores (top 5) onde serão concentradas os trabalhos de melhoria.

Etapa 2 – Levantamento de riscos de segurança da atividade de cada etapa do processo da FMEA e cálculo do índice HRN.

Após o levantamento do índice de falhas, a presente proposta sugere que a equipe multifuncional realize o levantamento de todos os riscos de segurança envolvidos em cada etapa do processo de acordo com o método HRN.

Segue a sequência de passos propostas, com as etapas e ações necessárias para desenvolver a ferramenta FMEA em conjunto com o HRN e atingir os objetivos referentes à análise de riscos da Segurança do Trabalho:

- a) Levantamento da probabilidade de ocorrência (LO) de estar em contato com o risco;
- b) A frequência de exposição ao risco (FE);
- c) O grau de severidade do dano (DPH);

- d) O número de pessoas exposta ao risco (NP);
- e) Para cada item mencionado acima é estabelecido um número que representa a variável de cálculo usada para encontrar o HRN do risco ou item avaliado. A fórmula aplicada para encontrar o nível de risco quantificado é a seguinte:

$$\text{HRN} = \text{LO} \times \text{FE} \times \text{DPH} \times \text{NP}$$

Levantados os índices, ações são traçadas de acordo com critérios estabelecidos. Este estudo apresenta a proposta de aplicação das 2 ferramentas de análise em conjunto (FMEA para a qualidade e HRN para a segurança do trabalho). A forma de avaliação da proposta aos entrevistados foi no formato de questionário digital. Neste questionário procurou-se reunir todas as informações relevantes da proposta.

O presente estudo foi desenvolvido em outubro de 2017, aplicando um questionário para 20 trabalhadores que atuam na indústria nas áreas de qualidade, produção, logística, manutenção, segurança e processo, porém todos com experiência do uso da ferramenta FMEA. A maior parte deles (85%) são da indústria automotiva. Todas as indústrias estão localizadas no estado do Paraná. A taxa de retorno do questionário foi de 67%.

O questionário procura avaliar com os entrevistados, todos com conhecimento da ferramenta FMEA, a possibilidade do uso da mesma em conjunto com o HRN. Com esta pesquisa procura-se avaliar, na visão dos entrevistados, se eles apoiariam o uso das 2 ferramentas (FMEA e HRN) em conjunto. Trata-se de uma proposta de implantação e não de uma avaliação na prática da mesma.

Foi seguido um roteiro de perguntas, como segue representado na Figura 2.

Figura 2 – Questionário de pesquisa

Questionário da pesquisa

Informações gerais

1. Formação

Doutorado Mestrado Especialização

3º grau 2o.grau Outro

2. Tempo em que você está na empresa:

1 ano ou menos mais de 1 a 3 anos mais de 3 a 5 anos

mais de 5 a 10 anos mais de 10 anos

3. Seu cargo na empresa:

Direção Gerência Coordenação/liderança

Analista Técnico Proprietário / Freelancer

4. Qual a sua área de atuação?

Qualidade Logística Engenharia Meio Ambiente

Produção Segurança Produção Outro (especificar)

5. Você participa da elaboração e gestão do FMEA (análise do modos e efeitos de falha potencial) ou de alguma outra ferramenta de gerenciamento de riscos na sua empresa?

Sim Não

Favor responder a este questionário considerando sua percepção ou opinião quanto às afirmativas, circulando ou marcando o número que corresponda ao seu grau de concordância.

Favor marcar com um **X** somente em uma única resposta que melhor se apresente para você.

		1 - Discordo totalmente		2 - Discordo parcialmente		3 - Indiferente			
		4 - Concordo Parcialmente		5 - Concordo totalmente					
01	Existe a preocupação com a análise de risco / prevenção de FALHAS (qualidade) da minha organização	1	2	3	4	5			
02	Existe a preocupação com a análise de risco / prevenção de FALHAS (acidentes de trabalho) da minha organização	1	2	3	4	5			
03	A realização de análise conjunta do FMEA para falhas de QUALIDADE e de SEGURANÇA seria viável dentro da sua organização	1	2	3	4	5			
04	Considero que o envolvimento da fábrica (engenharia, produção, qualidade, logística) com a ST referente a mudanças e novos projeto deve melhorar	1	2	3	4	5			
05	Minha organização considera importante e apoia a participação de pessoas com especialidades e níveis hierárquicos diferentes no levantamento de riscos que ocorrem na execução de um projeto	1	2	3	4	5			
06	O tempo de reuniões para a realização de análise conjunta do FMEA para falhas de QUALIDADE e de SEGURANÇA seria impecílio para esta atividade	1	2	3	4	5			
07	Haveria o interesse das pessoas na realização de análise conjunta do FMEA para análise de riscos de QUALIDADE e de SEGURANÇA	1	2	3	4	5			
08	A alta direção e gerência apoiariam esta atividade	1	2	3	4	5			
09	Haveria interesse hoje na sua organização para realizar esta proposta	1	2	3	4	5			
10	Caso esta ferramenta viesse a ser utilizada , você acha que ela seria mantida com o tempo e mantida como uma ferramenta viva?	1	2	3	4	5			
11	As ações estabelecidas nas análises de risco na sua organização são de fato executadas nos prazos estabelecidos	1	2	3	4	5			
12	Ocorrências tanto em termos de QUALIDADE e SEGURANÇA hoje são registradas e as ações corretivas padronizadas para que se previna a reocorrências	1	2	3	4	5			

Fonte: Autor (2018)

O questionário foi respondido por funcionários de nível gerencial, supervisão e técnica das áreas de qualidade, segurança do trabalho, produção, manutenção e engenharia. Procurou-se na sua maior parte fazer este levantamento com pessoas que trabalham ou já trabalharam com uma ou ambas as ferramentas de análise de risco. No total foram 10 entrevistados que responderam ao mesmo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segue em tabela resultado das respostas do questionário:

		Avaliação (%)				
		1	2	3	4	5
QUESTÃO		Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Indiferente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
		1	0	10	10	30
2	0	0	0	40	60	
3	0	10	0	30	60	
4	0	10	0	30	60	
5	10	10	20	30	30	
6	40	20	20	0	20	
7	0	10	10	60	20	
8	0	0	40	30	30	
9	0	0	11	56	33	
10	0	0	0	70	30	
11	10	30	0	40	20	
12	0	10	0	60	30	

Fonte: Autor (2018)

Pelo levantamento realizado a pesquisa mostrou que a FMEA é uma ferramenta já amplamente usada e conhecida conforme 80% dos entrevistados.

Segundo 100% dos entrevistados a análise de risco de acidentes de trabalho também foi considerada como preocupação presente nas indústrias.

A necessidade do maior envolvimento da Segurança do Trabalho com as demais áreas responsáveis pela realização de mudanças e novos projetos foi um ponto importante citado por 90% dos entrevistados. Já para 80% dos entrevistados, gestores e coordenadores concordariam em fazer a análise em conjunto dos riscos das áreas de Segurança no Trabalho e da Qualidade. Existe porém a incerteza se a alta direção das organizações apoiaria a ideia.

E finalmente para 100% dos pesquisados acreditam na manutenção da ferramenta com o tempo, mantendo-a “viva” nos sistemas de gestão.

Um dado importante levantado é que 80% dos entrevistados discorda que o tempo de reunião seria empecilho, esse número é muito positivo, partindo-se do princípio que o planejamento e alinhamento das ferramentas é fundamental.

Cita-se como ponto de preocupação para 40% dos entrevistados a eficiência no acompanhamento da execução das ações propostas referentes à análise de risco nas organizações e gestão das mesmas.

As vantagens que esta proposta oferece, conforme dados coletados através do questionário são:

- a) Na elaboração da FMEA, todas as atividades envolvidas já foram mapeadas e procedimentos já descritos, o que facilitaria a identificação dos riscos de acidentes de trabalho pela ferramenta HRN;
- b) Na FMEA se faz obrigatoriamente o acompanhamento de alterações em todas as etapas do projeto (para novos projetos e modificações tanto grandes quanto pequenas);
- c) Uso em sistema de gestão integrada (qualidade e Segurança no Trabalho).

Outra questão muito importante é que análise da FMEA/HRN não deveria ser considerada como um evento único, mas como um compromisso de longo prazo, que complementa o desenvolvimento de produtos e processos, para garantir que falhas potenciais sejam avaliadas e que medidas sejam adotadas para reduzir o risco.

A aplicação do método FMEA/HRN é dada em:

- a) Novos projetos, nova tecnologia ou novo processo;
- b) Modificações projeto/processo;
- c) Uso de projeto/processo existente em uma nova aplicação.

Em todos estes casos, a abordagem da segurança de trabalho é muito importante. Em novos projetos ou processos, o desconhecimento dos equipamentos e das atividades envolvidas leva ao aumento do risco para acidentes de trabalho.

CONCLUSÕES

O presente artigo demonstrou, por meio de sua proposta e pesquisa realizada, a viabilidade de se utilizar a abordagem da ferramenta FMEA (Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial) em conjunto a ferramenta HRN (Número de Avaliação de Perigos) de análise de risco voltada para a segurança do trabalho.

Gestores e técnicos concordaram com as afirmações de que a gestão integrada de ferramentas de análise de risco traria bons resultados e as equipes multifuncionais das organizações poderiam tratar dos riscos de qualidade e segurança de uma forma conjunta, agregando valor e obtendo ganhos com esta prática.

A análise de falhas e riscos e a importância das ações preventivas são fundamentais para a evolução dos sistemas de gestão das empresas, com ganhos tangíveis e intangíveis, além de serem exigências de clientes em alguns casos como nas indústrias do ramo automotivo. Pode-se trabalhar com maior confiabilidade e segurança e ao mesmo tempo com menor custo e menores avarias, além de contribuir significativamente para a integração entre os departamentos envolvidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, Dimas Campos de; SALOMON, Valério Antonio Pamplona.; MELLO, Carlos Henrique Pereira. **An ISO 9001 based approach for the implementation of process FMEA in the Brazilian automotive industry.** International Journal of Quality & Reliability Management, v.32, n.6 p.589-602, 2015.

BERTSCHE, Bernd. **Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability**, Berlin: Springer, 2008.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas.** São Paulo: Editora Atlas, 2010.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas.** São Paulo: Editora Atlas, 2012.

CHEN, Ping-Shun; WU, Ming-Tsung. **A modified failure mode and effects analysis method for supplier selection problems in the supply chain risk environment: A case study.** Computers & Industrial Engineering, 634- 642.

CORRÊA, Martinho Ullmann. **Sistematização e aplicações da NR-12 na segurança em máquinas e equipamentos**, Ijuí, 2011. Monografia Pós-Graduação Lato Sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho – UNIJUÍ.

GINANI, Thalís Paulino; COSTA, Marcos Antonio Araujo da; SOARES, Adriana Georgia Borges; VELOSO, Allan Araujo; OLIVEIRA, Fabricia Nascimento de. **Segurança do Trabalho: perfil das empresas de pequeno porte da construção civil em Angicos/RN**, XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Joinville, out. 2017.

HELMAN, Horacio; ANDERY, Paulo. **Análise de falhas (Aplicação dos métodos de FMEA e FTA)**. p. 19; 25. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

IQA – Instituto da Qualidade Automotiva. **Análise de modo e efeitos de falha potencial (FMEA – Manual de Referência – Quarta Edição)**. Indianópolis, 2008.

ISO 31000:2009. **Gestão de Riscos – Princípios e Diretrizes**. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/fdecicco/nbr-iso-31000-projeto-final-seg>. Acesso em: 25 mar. 2018.

Metodologia HRN. Disponível em <http://www.utilidades.eng.br/media/6958/Metodologia-HRN-avalia%C3%A7%C3%A3o-de-riscos.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2018.

REVISTA PROTEÇÃO. **Estudo analisa riscos em prensa mecânica excêntrica antes e depois da adequação à NR 12.** Disponível em: <http://www.protecao.com.br/noticias/leia_na_edicao_do_mes/estudo_analisa_riscos_em_prensa_mecanica_excetrica_antes_e_depois_da_adequacao_a_nr_12/AAy4JyJy/6315>. Acesso em: 25 mar. 2018. SAVIANI, Demerval. A Universidade e a Problemática da Educação e Cultura. **Educação Brasileira**, Brasília, maio/ago. 1979.

ROZENFELD, Henrique. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: Uma referência para a melhoria do processo.** São Paulo: Saraiva, 2006.

SAKURADA, Eduardo Yuji. **As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos.** 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SILVA, Ana Maria Lopes Braganca; HECKSHER, Suzana Dantas; ANDRADE, Amanda Miranda; FERRAZ, Fernando Toledo. **Análise de políticas públicas para redução de acidentes de trabalho relacionados ao uso de máquinas e equipamentos**, XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Joinville, out. 2017.

SILVA, Carlos Eduardo Sanches da; TIN, Jorge Vitor; OLIVEIRA, Vanderlei C. de. **Uma Análise da Aplicação da FMEA nas Normas de: Sistema de Gestão pela Qualidade (ISO9000 e QS9000), Sistema de Gestão Ambiental (ISO14000) e Sistema de Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho (BS8800 - futura ISO18000).** Itajubá: Escola Federal de Engenharia de Itajubá, 1997.

SILVA, Isabel Barreto Rochedo; SOUZA, Braulio Salvador. **Proteção de Máquinas: A Melhor Alternativa.** Revista Proteção, Novo Hamburgo, nov. 2011.

SOUZA, Giuliano Cesar Breda de; MOCO, Nailyn Andrade; PERUSSI, Nailyn Andrade; GUIMARÃES, Rafael Machado. **Aplicação dos Métodos DFMA e FMEA em um Laptop Infantil**, XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - João Pessoa, out. 2016.

THOMAS, Cristiano Henrique. **Recomendações de projeto para adequação de equipamentos transportadores aéreos para couro aos requisitos dispostos na norma regulamentadora nº 12**, São Leopoldo, 2016. Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS.

TOLEDO, José Carlos de; AMARAL, Daniel Capaldo. **Apostila (texto básico) sobre FMEA.** GEPEQ – Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade - DEP–UFSCar. Disponível em: <http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>. Acesso em: 25 de mar. 2018.