



APLICAÇÃO DO FMEA À MÁQUINA GUILHOTINA ELÉTRICA EM UMA OFICINA GRÁFICA PARA ANÁLISE DE ASPECTOS DE SEGURANÇA DO TRABALHO

Kamile Jeane Silva Nascimento Piloto (UFF) E-mail: kamilejeane@id.uff.br
Gilson Brito Alves Lima (UFF) E-mail: glima@id.uff.br

Resumo

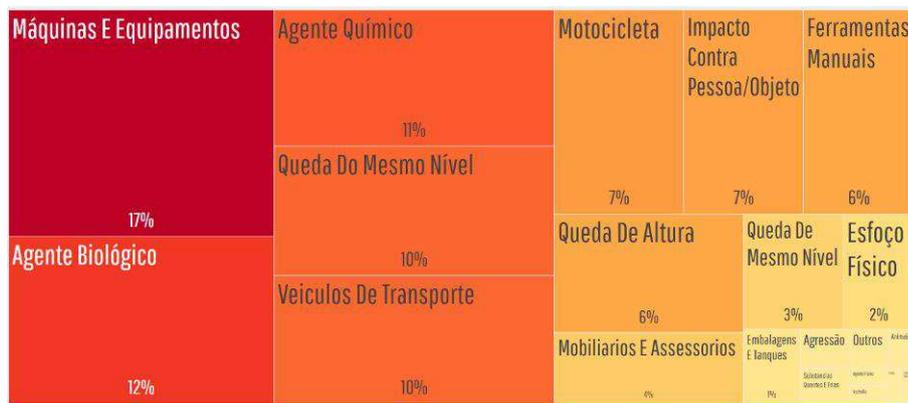
A estruturação de sistemas de gestão de riscos em atividades que envolvam a operação e manutenção de máquinas e equipamentos requer, dentre outros aspectos, a aplicação de ferramentas apropriadas. A análise de modos de falhas e efeito (FMEA) revela-se um instrumento pertinente, sendo indicado pela Norma ABNT NBR ISO 31010:2021 como uma técnica aplicada à todas as etapas do processo de identificação de riscos, quais sejam: identificação, análise e avaliação. Nesse contexto, surge a questão: como gerenciar os riscos presentes nas atividades de operação e manutenção de uma máquina Guilhotina em uma gráfica e como estabelecer uma prioridade para tratamentos desses riscos? O presente estudo propõe-se a aplicar e analisar o FMEA ao referido equipamento, a fim de subsidiar melhorias em prol da segurança dos trabalhadores envolvidos. No aspecto metodológico, para a construção, análise e avaliação do FMEA foi aplicado um grupo focal para elicitación dos parâmetros severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) e respectivo NPR resultante. Como resultado, foi possível o estabelecimento de diversos cenários acidentários e respectivos riscos críticos, para os quais foram estabelecidos planos de mitigação.

Palavras-Chaves: FMEA. Guilhotina. Gerenciar os riscos. Segurança do Trabalho.

1. Introdução

O grupo de agentes causadores de infortúnios laborais com maior prevalência no estado brasileiro é o de máquinas e equipamentos. Esse grupo representa 17% da totalidade dos acidentes registrados em 2020 e 2021 no Brasil, conforme dados extraídos das comunicações de acidente de trabalho registradas junto ao INSS (OBSERVATÓRIO DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO, [s.d.]).

Figura 1 - Grupos de Agentes Causadores de acidentes (2012-2021)



Fonte: Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, [s.d.]

Nesse contexto surge a necessidade de desenvolver um sistema de gestão de riscos para que seja possível mudar tal realidade. Um sistema de gestão de riscos pode ser definido como um conjunto de instrumentos que a organização utiliza para planejar, operar e controlar suas atividades, com o objetivo de manter os riscos abaixo de valores intoleráveis (CARDELLA, 2012).

O formulário de análise de modos de falha e efeitos (FMEA) demonstra, assim, ser um dos instrumentos que podem ser utilizados para subsidiar um sistema de gestão de riscos, pois, consiste em uma técnica que identifica os modos e os mecanismos de falha e seus efeitos (ABNT NBR ISO/IEC 31010, 2012).

O primeiro uso conhecido do FMEA ocorreu no final da década de 40, quando militares nos Estados Unidos desenvolveram a técnica visando reduzir falhas potenciais na produção de munições. Dada a eficiência que a ferramenta demonstrou, foi amplamente difundida, sendo utilizada até os dias atuais (QUALITY TRAINING, [s.d.]).

Por meio do FMEA é possível identificar: (i) os modos de falha potenciais das várias partes de um sistema (ii) os efeitos que estas falhas podem ter no sistema como um todo; (iii) os mecanismos de falha; (iv) como evitar as falhas e/ou mitigar os efeitos das falhas no sistema (ABNT NBR ISO/IEC 31010, 2012).

A análise de modos de falha e efeitos deve ser conduzida e implementada em equipe, a fim de ver o projeto, ou objeto de estudo, sob diferentes perspectivas, uma vez que todos os envolvidos possuem a capacidade de fornecer novas ideias para identificar problemas potenciais e ajudar a prevenir problemas deles decorrentes (PALADY, 1997).



Nesse sentido, a presente pesquisa propõe-se a aplicar e analisar, por meio de grupo focal, o FMEA em equipamento de uma oficina gráfica, a fim de subsidiar melhorias em prol da segurança dos trabalhadores envolvidos.

A máquina escolhida para ser objeto deste estudo foi a Guilhotina. Está instalada em uma gráfica que funciona desde 2003 em Brasília. Nesse parque gráfico, com 48 máquinas/equipamentos, são produzidos materiais como: livros; livretos; folhetos; revistas; cartazes; pastas personalizadas; etc.

Justifica-se a escolha dessa máquina devido ao fato da ocorrência de dois acidentes (no período de 2021-2022) envolvendo seus operadores.

2. Revisão da literatura

2.1. FMEA

O FMEA suporta a análise de riscos e o desenvolvimento de ações preventivas e corretivas para sistematizar a análise de falhas (DE MAGALHÃES; LIMA, 2021). A técnica oferece três funções distintas: “ferramenta para prognóstico de problemas; procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços (novos ou revisados); diário de projeto, processo ou serviço” (PALADY, 1997).

A partir da multiplicação dos índices, definidos a partir de critérios previamente definidos, atribuídos à severidade, à probabilidade de ocorrência e à probabilidade de detecção dos modos potenciais de falha é denominado o Número de Risco de Prioridade (em inglês *Risk Priority Number* - RPN) que é adotado para determinação quantitativa e classificação dos riscos identificados (FONSECA, 2018). A fórmula do RPN está descrita a seguir:

$$\mathbf{RPN = S \times O \times D} \quad \mathbf{(1)}$$

Onde,

RPN = Número de Prioridade de Risco;

S = Índice de severidade;

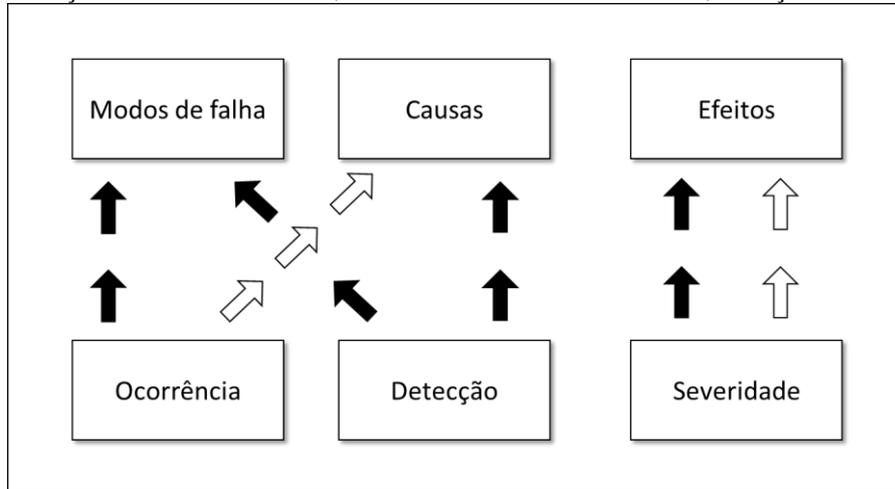
O = Probabilidade de ocorrência;

D = Probabilidade de detecção.

A classificação da ocorrência pode ter relação tanto com os modos de falhas quanto com as causas. Da mesma forma, a detecção pode relacionar-se com os modos de falhas e com as causas. Conquanto que a severidade se relaciona com os efeitos (PALADY, 1997). O

esquema dessa relação entre os índices e parâmetros dos FMEA está demonstrado na imagem a seguir.

Figura 2 – Relação entre modos de falha, causas e efeitos com a ocorrência, detecção e severidade



Fonte: PALADY, 1997, pg. 30

As planilhas de FMEA podem incluir em sua estrutura: modos de operação; modos de falha significativos (associados aos modos de operação); causa associada a cada modo de falha; método para detectar a ocorrência da falha; efeito da falha no sistema/processo; efeito global da falha na saúde, segurança e meio ambiente; controles existentes para prevenir e/ou mitigar a falha; ações corretivas (AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, 2018).

2.2. Máquina estudada

A guilhotina elétrica, da marca Melmaq (modelo 800TM), tem por função o corte simultâneo de uma quantidade grande de papéis, de diferentes gramaturas, com até 80cm de largura. Possui um ciclo de trabalho com duração aproximada de 4 minutos. Nela são desenvolvidas atividades de operação e de manutenção.

Figura 3 - Máquina guilhotina elétrica da marca Melmaq modelo 800TM



Fonte: autoria própria

De maneira resumida, a sequência de operação da máquina guilhotina é a seguinte:

- a) Energizar computador da máquina;
- b) Programar as dimensões do corte no computador da máquina;
- c) Aguardar até que a máquina complete a programação;
- d) Acomodar os papéis a serem cortados na bandeja;
- e) Acionar pedal para descida do “balancim” e prensagem do papel (para que eles não se desloquem durante o corte*);
- f) Verificar, visualmente ou com empurrador, se existe a necessidade de mais ou menos pressão para fixação dos papéis. Se for observada a necessidade, realizar o ajuste no controle de pressão do equipamento;
- g) Após a fixação adequada do papel, acionar descida da lâmina com dupla botoeira;
- h) Liberar botoeiras da lâmina seguida do pedal do balancim;
- i) Fazer retirada do material cortado;
- j) Se necessário realizar mais cortes, com a mesma programação, voltar ao 4º passo, se não, desligar a máquina.

*(o pedal é mantido pressionado até a etapa 8)

Na operação da máquina não são utilizados produtos químicos.

A sequência das atividades de manutenção na máquina guilhotina variam um pouco de acordo com o tipo de reparo que se pretende fazer. As manutenções mais corriqueiras são: afiação da lâmina (a cada 30 dias ou se identificado a necessidade); limpeza (semanalmente); lubrificação (semanalmente); revisão do programa da máquina (semanalmente); ajuste de chanfro, verificando condições do corte (semanalmente); verificação de corte linear (semanalmente); ajuste de esquadria (semanalmente).

Os produtos químicos que podem ser realizados nas manutenções são: solvente de limpeza; querosene; graxa; óleo; aerossol WD.

3. Metodologia

Para condução dessa pesquisa, utilizou-se uma breve revisão da literatura tratando sobre o tema FMEA e gerenciamento de risco relacionado à segurança e saúde do trabalho. A partir da busca nas bases de dados Scopus e *Web of Science*, utilizando os termos FMEA e trabalho seguro (*safety work*), e aplicando os filtros de anos de publicação (2017 a 2022) e tipo de publicação (apenas artigos), encontrou-se os números descritos no quadro abaixo.

Quadro 1– Resumo buscas nas bases de dados

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
Scopus	70
<i>Web of Science</i>	167
Subtotal	237
Duplicados	37
Total	200

Fonte: autoria própria a partir do RSystem® e Excel

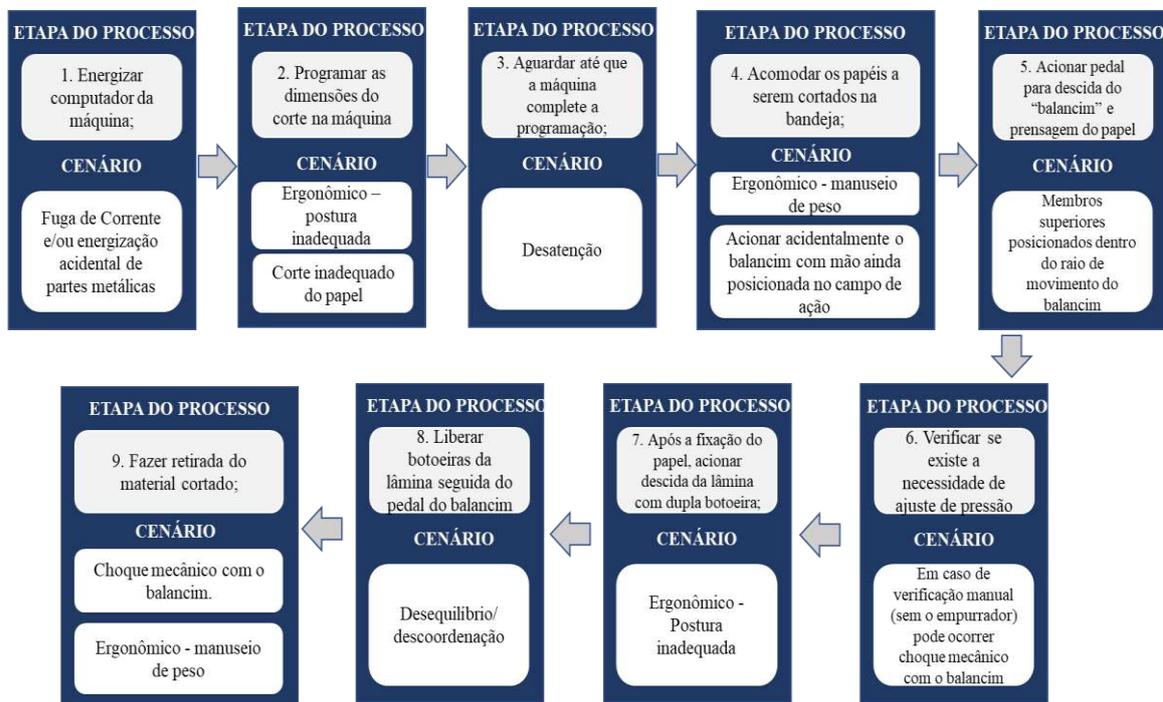
O quadro indica que o tema FMEA tem sido abordado pela comunidade científica demonstrando a sua importância e aplicabilidade. O artigo *A model based on FMEA and Fuzzy TOPSIS for risk prioritization in industrial processes*, encontrado nessa pesquisa, foi lido integralmente e utilizado para redação do presente texto. Também serviu de base, para a construção desse artigo, dissertações encontradas no banco de dissertações e teses da Capes com temas relacionados ao uso do FMEA.

Em seguida, foi definido o escopo da pesquisa, que a partir de dados e registros de acidentes ocorridos com máquinas na gráfica estudada, indicou a máquina guilhotina elétrica, da marca

Melmaq, como objeto de análise do FMEA tendo por foco a melhoria da segurança em sua operação e manutenção.

Para a construção, análise e avaliação do FMEA foi aplicado um grupo focal para elicitación dos parâmetros severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) e respectivo NPR resultante. A partir de conversa com trabalhadores, bem como observações em campo, foram definidos os cenários possíveis de acidentes para cada etapa do processo de operação, conforme descrito a seguir:

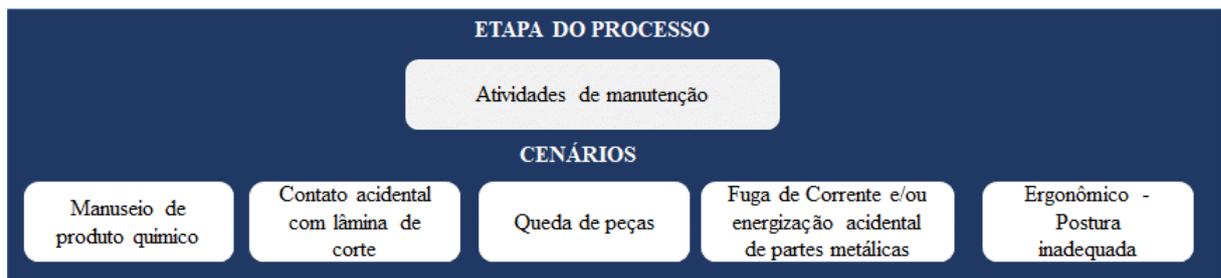
Figura 4 – Relação entre etapa do processo e o cenário (modo de falha)



Fonte: autoria própria

Em função da diversidade de manutenções, que são realizadas na guilhotina elétrica, os cenários foram desenhados de maneira mais geral, conforme segue:

Figura 4 – Processo de manutenção e os cenários (modo de falha)



Fonte: autoria própria

Para cada cenário/modo de falha identificado foram relacionados os efeitos, caso as falhas venham a ocorrer, bem como as causas potenciais de cada um dos modos de falha. Dessa forma, a planilha FMEA, a ser preenchida pelo grupo focal, tomou a configuração contida no Anexo 1 desse artigo.

O grupo focal será composto por cinco profissionais da área de segurança do trabalho (SST), com tempos de experiência que variam de 5 a 25 anos na referida área de atuação. O avaliador AV1 é quem detém maior tempo de experiência na área de SST, porém o avaliador AV2 é quem possui maior vivência na gráfica e, conseqüentemente, no equipamento ora avaliado. Apesar dessas características, não será atribuída ponderação nas respostas dos avaliadores.

As tabelas a serem utilizadas como base para o preenchimento dos índices de gravidade, ocorrência e detecção estão descritas nos quadros 2, 3 e 4, seguintes.

Quadro 2– Quadro dos índices de Gravidade/severidade

SEVERIDADE		
Efeito	Critério	Índice
Sem efeito	<i>Não são esperados danos/lesões</i>	1
Insignificante	<i>Sem Prejuízos individuais. Apenas danos materiais</i>	2
Mínimo	<i>Prejuízos individuais sem lesão. Reversíveis a curto prazo. Dano ao patrimônio.</i>	3
Muito baixo	<i>Acidente sem afastamento. Curta interrupção do processo produtivo (< 1 dia)</i>	4
Baixo	<i>Acidente com afastamento (<15 dias)</i>	5
Moderado	<i>Acidente com afastamento (entre 15 e 30 dias)</i>	6
Alto	<i>Acidente com afastamento (> 30 dias), sem perda de membros/deformidade.</i>	7
Muito alto	<i>Perda de membros/deformidade</i>	8
Perigoso	<i>Invalidez/incapacidade laboral em decorrência do acidente.</i>	9
Extremamente perigoso	<i>Acidente com morte.</i>	10

Fonte: Fonte: adaptado de MOURA, 2000 e NBR 14280:2001

Quadro 3– Quadro dos índices de Ocorrência

Ocorrência (eventos por ano)	Probabilidade	Índice
Improvável (< 0,01 %)	<i>Evento é improvável de ocorrer</i>	1
Remota (0,01 a 0,1 %)	<i>Probabilidade de ocorrer muito Baixa</i>	2
		3
Ocasional (0,1 a 1 %)	<i>Probabilidade de ocorrer Baixas</i>	4
		5
Alto (1 a 10 %)	<i>Probabilidade de ocorrer moderada – falhas ocasionais</i>	6
		7
Esperado (10 a 20 %)	<i>Probabilidade de ocorrer alta – falhas frequentes</i>	8
		9
Provável (> 10 %)	<i>Probabilidade de ocorrer muito alta – falha quase inevitável</i>	10

Fonte: adaptado de MOURA, 2000

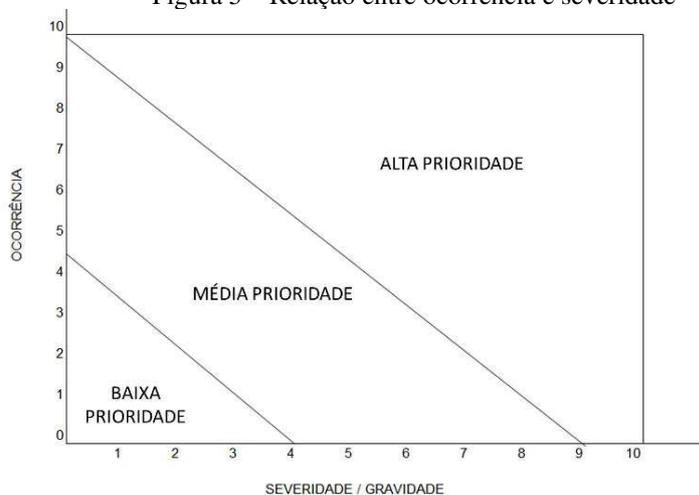
Quadro 4– Quadro dos índices de Ocorrência

DETECÇÃO		
Detecção	Critério	Índice
Quase certamente	<i>Controle(s) atual(is) quase certamente irá detectar o modo de falha. A confiança nos controles de detecção é conhecida em processos similares.</i>	1
Muito Alta	<i>Probabilidade muito alta de que o (s) controle (s) atual (is) irá detectar o modo de falha.</i>	2
Alta	<i>Probabilidade alta de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de talha.</i>	3
Moderadamente alta	<i>Probabilidade moderadamente alta de que o (s) controle (s) atual (is) irá detectar o modo de falha.</i>	4
Moderada	<i>Probabilidade moderada de que o (s) controle (s) atual (is) irá detectar o modo de falha</i>	5
Baixa	<i>Probabilidade baixa de que o (s) controle (s) atual (is) irá detectar o modo de falha.</i>	6
Muito baixa	<i>Probabilidade muito baixa de que o (s) controle (s) atual (is) irá detectar o modo de falha.</i>	7
Remota	<i>Probabilidade remota de que o (s) controle (s) atual (is) irá detectar o modo de falha.</i>	8
Muito remota	<i>Probabilidade muito remota de que o (s) controle (s) atual(is) irá detectar o modo de falha.</i>	9
Quase impossível	<i>Não conhecido (s) controle (s) disponível (is) para detectar o modo de falha.</i>	10

Fonte: adaptado de MOURA, 2000

A interpretação dos resultados seguirá a metodologia ensinada por Palady (1997) utilizando o gráfico de área do FMEA (figura 5), bem como o sequenciamento dos resultados dos RPN, de maneira decrescente, para indicar os modos de falha a serem priorizados na adoção das medidas de controle.

Figura 5 – Relação entre ocorrência e severidade



Fonte: PALADY, 1997, pg. 30

4. Resultados

A partir dos resultados dos índices atribuídos pelos membros da equipe do FMEA os valores foram transferidos para o quadro 5. Observa-se que alguns índices permaneceram próximos entre si, porém outros apresentaram maior variação quando comparados.

A leitura dos números, segundo Palady (1997), demonstrou valores extremos, ou seja, que destoaram de maneira significativa dos demais participantes enquanto, em outros casos, houve cisão no grupo - parte tendeu para um índice, enquanto a outra parte tendeu para outro.

Em face dos resultados, podemos verificar que o avaliador AV3 foi quem maior apresentou valores extremos. Ao avaliar o perfil profissional, confirmamos que, apesar de boa experiência na área de SST, ele possui pouca vivência com máquinas e equipamentos.

Quadro 5 – valores atribuídos na primeira rodada do FMEA e análise cisão/extremo

RESULTADO						
	AV1	AV2	AV3	AV4	AV5	
S1	10	10	6	9	9	
O1	2	1	2	2	4	
D1	2	3	2	3	2	
S2	4	4	7	5	7	
O2	7	2	2	3	7	<i>cisão</i>
D2	5	5	1	5	1	<i>cisão</i>
S3	3	2	3	2	1	
O3	4	4	3	5	2	
D3	5	5	5	4	5	
S4	4	5	3	5	6	
O4	2	2	5	2	6	<i>cisão</i>
D4	5	4	1	5	9	<i>extremo</i>
S5	5	7	2	6	10	<i>extremo</i>
O5	6	7	1	5	2	<i>cisão</i>
D5	5	7	2	5	4	
S6	8	7	3	6	9	<i>extremo</i>
O6	6	7	6	6	3	
D6	5	7	1	5	2	<i>cisão</i>
S7	8	5	7	6	7	
O7	5	5	6	4	4	
D7	4	6	1	5	2	<i>cisão</i>
S8	7	6	3	7	1	<i>extremo</i>
O8	5	5	2	6	2	<i>cisão</i>
D8	4	4	2	3	2	
S9	4	2	3	2	3	
O9	6	1	2	5	3	
D9	6	8	2	7	3	<i>cisão</i>
S10	4	6	8	4	5	
O10	5	3	7	5	5	



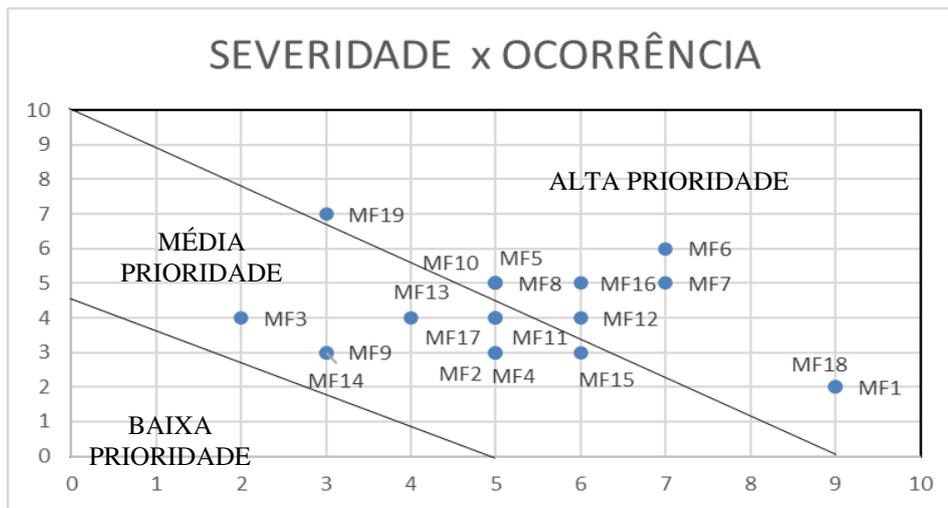
RESULTADO						
	AV1	AV2	AV3	AV4	AV5	
D10	6	6	1	6	3	extremo
S11	4	5	7	5	5	
O11	5	3	4	4	5	
D11	4	4	1	4	3	extremo
S12	6	5	8	5	5	
O12	5	2	5	3	3	cisão
D12	4	4	1	4	2	extremo
S13	4	4	3	4	4	
O13	4	4	3	4	4	
D13	4	4	3	4	3	
S14	3	3	3	3	4	
O14	4	3	3	4	3	
D14	4	4	5	5	4	
S15	5	5	8	5	6	
O15	4	2	5	3	3	
D15	4	4	1	4	2	cisão
S16	7	5	7	5	8	cisão
O16	6	5	6	6	3	
D16	4	4	1	4	2	extremo
S17	5	4	4	4	6	
O17	4	5	4	5	4	
D17	4	4	5	3	4	
S18	10	10	9	9	9	
O18	2	1	2	2	2	
D18	2	2	3	2	2	
S19	4	3	2	4	4	
O19	7	7	5	8	7	
D19	5	5	4	5	4	

Fonte: autoria própria

Considerações realizadas, fizemos uma segunda rodada do FMEA, para discutir os valores que, quando comparados, apresentaram cisão ou extremo e redefinir alguns índices. Os valores extremos demonstraram-se mais fáceis de encontrar um consenso, porém as cisões demonstraram um grau de dificuldade maior.

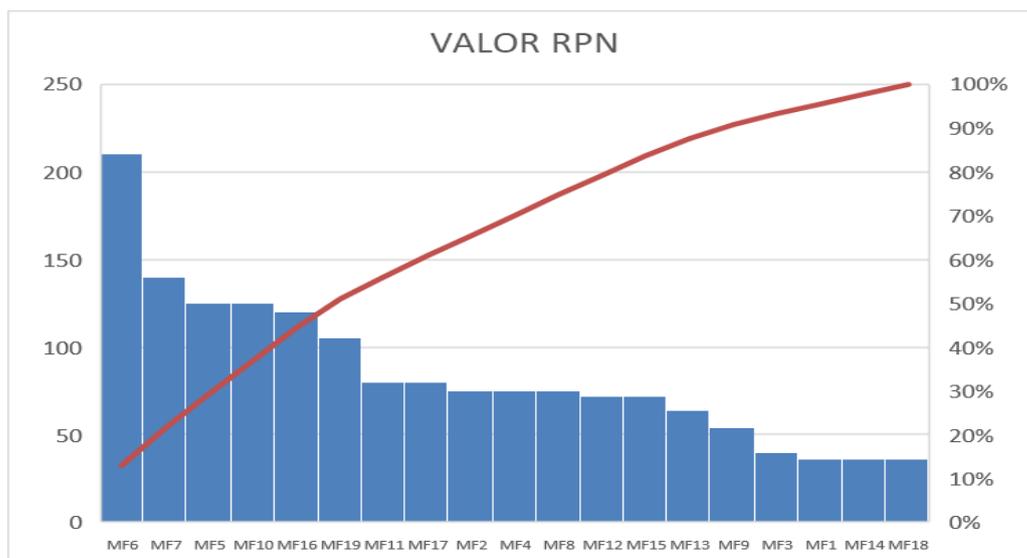
Por fim, fez-se a média dos índices finais e calculados os RPN. A partir dos valores obtidos, foram agrupados, graficamente, os produtos severidade e ocorrência, bem como os valores de RPN.

Figura 6 – gráfico de área do FMEA



Fonte: Fonte: autoria própria

Figura 7 – gráfico de Pareto com os RPN do FMEA



Fonte: autoria própria

O quadro 5 sintetiza os valores encontrados e ordena os modos de falha, conforme o valor RPN. As células grifadas em laranja indicam os modos de falha que ficaram enquadrados no campo ‘alta prioridade’, enquanto os demais ficaram enquadrados na ‘média prioridade’ (Figura 6).

Quadro 5 – valores finais do FMEA

MODOS DE FALHA	ÍNDICES			S x O	RPN
	S	O	D		
MF6 <i>Acionar acidentalmente o balancim com a(s) mão(s) ainda posicionada(s) no campo de ação</i>	7	6	5	42	210

MODOS DE FALHA		ÍNDICES			S x O	RPN
		S	O	D		
MF7	<i>Membros superiores posicionados dentro do raio de movimento do balancim</i>	7	5	4	35	140
MF5	<i>Ergonômico - manuseio de peso</i>	5	5	5	25	125
MF10	<i>Desequilíbrio, descoordenação</i>	5	5	5	25	125
MF16	<i>Contato acidental com lâmina de corte</i>	6	5	4	30	120
MF19	<i>Ergonômico - Postura inadequada</i>	3	7	5	21	105
MF11	<i>Ergonômico - manuseio de peso</i>	5	4	4	20	80
MF17	<i>Queda de Peças</i>	5	4	4	20	80
MF8	<i>Em caso de verificação manual, sem o uso do empurrador, pode ocorrer choque mecânico com o balancim.</i>	5	5	3	25	75
MF2	<i>Ergonômico - Postura inadequada</i>	5	3	5	15	75
MF4	<i>Desatenção</i>	5	3	5	15	75
MF12	<i>Choque mecânico com o balancim.</i>	6	4	3	24	72
MF15	<i>Manuseio de produto químico*</i>	6	3	4	18	72
MF13	<i>Manuseio de produto químico*</i>	4	4	4	16	64
MF9	<i>Ergonômico - Postura inadequada</i>	3	3	6	9	54
MF3	<i>Corte inadequado do papel</i>	2	4	5	8	40
MF1	<i>Fuga de Corrente e/ou energização acidental de partes metálicas</i>	9	2	2	18	36
MF18	<i>Fuga de Corrente e/ou energização acidental de partes metálicas</i>	9	2	2	18	36
MF14	<i>Manuseio de produto químico*</i>	3	3	4	9	36

*diferentes causas/efeitos

Fonte: autoria própria

Observa-se que o modo de falha “acionar acidentalmente o balancim com a(s) mão(s) ainda posicionada(s) no campo de ação” é o que possui maior RPN (figura 7), configurando também no campo ‘alta prioridade’ no gráfico de área, o que demonstra a importância de controlar, prioritariamente, as causas a ele relacionadas.

A causa potencial desse modo de falha é a “pressão exercida pelo balancim que pode chegar a 254,93 kgf/cm² e ausência de sensor de parada do balancim em caso de emergência” e o efeito “fratura de membros”.

5. Conclusão

A pesquisa, de caráter prático, demonstra a possibilidade de aplicação de um FMEA à segurança do trabalho voltada a máquinas e equipamentos. Os valores encontrados nessa pesquisa servirão de base para elaboração do plano de ação e gerenciamento dos riscos relacionados.

Ao analisarmos o quadro 5, em conjunto com os acidentes ocorridos na gráfica, confirmamos a correlação entre os RPN dos modos de falha MF6 (na atividade de operação) e MF16 (na atividade de manutenção), bem como a priorização dessas falhas, com as causas relacionadas



aos acidentes ocorridos com os trabalhadores. O que demonstra a importância da metodologia FMEA na gestão de riscos de saúde e segurança do trabalho.

Pretende-se, como plano futuro, estender a aplicação do FMEA para outras máquinas dessa gráfica, utilizando-se ainda a metodologia *Fuzzy* para trabalhar as incertezas do processo.

Referências

AMERICAN BUREAU OF SHIPPING. *Guidance notes on failure mode and effects analysis (FMEA) for classification*. May 2015. Updated March 2018. New York, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 31010**. Gestão de riscos – técnicas para o processo de avaliação de riscos. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14280**. Cadastro de acidentes do trabalho. 2001.

CARDELLA, Benedito. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes: uma abordagem holística**. Segurança integrada à missão organizacional com produtividade, qualidade, preservação ambiental e desenvolvimento de pessoas. São Paulo: Atlas, 2012.

DE MAGALHÃES, W. R.; LIMA, F. R. *A model based on FMEA and Fuzzy TOPSIS for risk prioritization in industrial processes*. Gestão e Produção, v. 28, n. 4, 2021.

FONSECA, Marcus Nicholas Esquivel. **Análise dos modos de falha e efeitos (FMEA) para avaliação de um acidente em barragem de rejeitos: Um evento de mineração no Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2018.

MOURA, Cândido. **Análise de modo e efeitos de falha potencial (FMEA). Manual de referência**. Conteúdo tecnicamente equivalente ao SAE J-1739. Versão brasileira IQA – Instituto da Qualidade Automotiva. Fevereiro 2000.

OBSERVATÓRIO DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO. **Perfil dos casos - CAT**. Disponível em: <<https://smartlabbr.org/sst/localidade/0?dimensao=perfilCasosAcidentes>>. Acesso em: 19 jan. 2022.

PALADY, Paul. **Análise dos modos de falhas e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. São Paulo: IMAM, 1997.

QUALITY TRAINING. **History of FMEAs**. Disponível em: <<https://qualitytrainingportal.com/resources/fmea-resource-center/fmea-history/>>. Acesso em: 30 jan. 2022.

Anexo 1

Etapas do processo	Modo de falha	Efeito	Causa	Severidade (G)	Ocorrência (O)	Deteção (D)	RPN
1. Energizar computador da máquina;	Fuga de Corrente e/ou energização acidental de partes metálicas	Choque Elétrico, Queimadura, parada cardíaca	Desgaste da isolação do cabeamento por ressecamento ou falta de manutenção causando a fuga de corrente				
2. Programar as dimensões do corte no computador da máquina	Ergonômico - Postura inadequada	Dores ou desconforto no pescoço/coluna	Dimensões da Máquina incompatíveis com o biotipo do trabalhador				
	Corte inadequado do papel	Retrabalho	Cansaço e Fadiga				
3. Aguardar até que a máquina complete a programação;	Desatenção	Lesões	Cansaço e Fadiga				
4. Acomodar os papéis a serem cortados na bandeja;	Ergonômico - manuseio de peso	Dores ou desconforto braço/coluna	Peso e dimensões do fardo de papel				
	Acionar acidentalmente o balancim com a(s) mão(s) ainda posicionada(s) no campo de ação	Fratura de membros	Pressão exercida pelo balancim que pode chegar a 254,93 kgf/cm ² e ausência de sensor de parada do balancim em emergências				
5. Acionar pedal para descida do “balancim” e prensagem do papel	Membros superiores posicionados dentro do raio de movimento do balancim	Fratura de membros	Não utilizar o empurrador				
6. Verificar, visualmente ou com empurrador, a necessidade de ajuste de pressão para fixação dos papéis	Em caso de verificação manual, sem o uso do empurrador, pode ocorrer algum choque mecânico com o balancim.	Corte, escoriações	Falta de treinamento, conhecimento ou pressa no momento da execução do serviço				



Etapas do processo	Modo de falha	Efeito	Causa	Severidade (G)	Ocorrência (O)	Deteção (D)	RPN
7. Após a fixação adequada do papel, acionar descida da lâmina com dupla botoeira;	Ergonômico - Postura inadequada	Dores ou desconforto no pescoço/coluna	Dimensões da Máquina incompatíveis com o biotipo do trabalhador				
8. Liberar botoeiras da lâmina seguida do pedal do balancim;	Desequilíbrio, descoordenação	Acionamento/liberação indesejada	Choque mecânico de pessoas circulando no ambiente				
9. Fazer retirada do material cortado;	Ergonômico - manuseio de peso	Dores ou desconforto braço/coluna	Peso e dimensões do fardo de papel				
	Choque mecânico com o balancim.	Cortes	Acionamento acidental do pedal. Devido a repetitividade do serviço, para quando em atividades prolongadas.				
Atividades de manutenção	Manuseio de produto químico	Princípio de Incêndio	Proximidade de calor, fásca e chamas				
		Irritação da Pele	Contato com o material				
		Intoxicação	Contato com o material				
	Contato acidental com lâmina de corte	Cortes	Desatenção				
	Queda de Peças	Lesão	Manuseio Inadequado				
	Fuga de Corrente e/ou energização acidental de partes metálicas	Choque Elétrico, Queimadura, parada cardíaca	Contato acidental com partes energizadas				
	Ergonômico - Postura inadequada	Dores ou desconforto no pescoço/coluna	Acesso aos componentes para manutenção				