



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



Brazilian Journal of
Production Engineering

BJPE - Revista Brasileira de Engenharia de Produção



Campus São Mateus

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

UTILIZAÇÃO DO FMEA PARA PRIORIZAÇÃO DE RISCO OCUPACIONAL: UMA NOVA ABORDAGEM DIRECIONADA A CONSTRUÇÃO CIVIL

APPLICATION OF FMEA FOR OCCUPATIONAL RISK PRIORITIZATION: A NEW APPROACH TO CIVIL CONSTRUCTION

André Luís de Oliveira Cavaignac^{1*} & Lorrana Lys Neves Forte²

¹ Professor no Dpto de Engenharia Civil, Dpto de Engenharia de Produção Universidade CEUMA. andreluiscavaignac@gmail.com

² Acadêmica no Dpto de Engenharia Civil, Universidade CEUMA. lorrana_ly@hotmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido em: 06/09/2018

Aprovado em: 23/09/2018

Disponibilizado em: 10/10/2018

PALAVRAS-CHAVE: FMEA, segurança do trabalho, construção civil.

KEYWORDS: FMEA, occupational safety, civil construction

Copyright © 2018, Cavaignac & Forte. Esta obra está sob uma Licença Creative Commons Atribuição-Uso.

* **Autor Correspondente:** André Luís de Oliveira Cavaignac

RESUMO

O ramo da construção civil obteve grande crescimento nos últimos anos e possui uma grande necessidade de utilização da mão de obra em seus processos. Sendo uma atividade de alto risco laboral, possui inúmeros fatores que podem ocasionar os acidentes com os trabalhadores, com as obras de pequeno porte se destacando pela ausência de gestão em segurança do trabalho. Neste trabalho foi abordado a aplicação do FMEA (*failure mode and effects analysis*) no ambiente da construção civil em uma obra de pequeno porte no município de Imperatriz-MA. Através de levantamento fotográfico realizado *in loco* foram enumerados quais são os principais riscos aos trabalhadores e, a partir dos

dados obtidos, foi realizada análise para priorização do risco com a aplicação do FMEA. Foi observado que as atividades em altura possuem maiores índices de risco – ou *risk priority number* (RPN) - e que o comportamento inseguro, aliado a má gestão em segurança do trabalho foram as principais causas de acidentes de trabalho na obra estudada.

ABSTRACT

The civil construction sector has achieved great growth in recent years and has a great need for the use of labor in its processes. Being an activity of high labor risk, it has numerous factors that can cause accidents with workers, with small works being highlighted by the absence of management in work safety. In this work the application of the FMEA (failure mode and effects analysis) in the construction environment was approached in a small work in the municipality of Imperatriz-MA. Through the photographic survey carried out *in loco*, the main risks to the workers were enumerated and, based on the data obtained; an analysis was done to prioritize the risk with the application of the FMEA. It was observed that activities at height have higher risk index number (RPN) and that the insecure behavior, together with poor management in work safety were the main causes of work accidents in the work studied.

Citação (APA): CAVAIAGNAC; A. L. de O. & FORTE L. L. N. (2018). Utilização do FMEA para priorização de risco ocupacional: uma nova abordagem direcionada a construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 4(3):132-149.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é um dos ramos que mais contribuíram para o desenvolvimento do país nos últimos anos. Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2018), no ano de 2017 o setor de construção – indústria da construção e atividades imobiliárias - teve 14,90% de participação no PIB (produto interno bruto) brasileiro, além de ser setor fundamental para a geração de empregos (IRIART, 2008) (MELLO, et al., 2009). Em relação à segurança do trabalho, a construção civil se destaca pela forte utilização da mão de obra e pelos vários fatores que colocam os trabalhadores em riscos de acidentes, como alta rotatividade e baixo nível técnico das operações (TEIXEIRA, et al., 2005) (IRIART, 2008).

No ano de 2016, houve 34.786 afastamentos do trabalho registrados na previdência social relacionados a acidentes do trabalho na construção civil (FAZENDA, 2016). Apesar de alto, este número pode ser ainda maior, pois boa parte dos acidentes não é registrada, principalmente devido ao alto índice de informalidade do ramo (SANTANA, et al., 2004) (TEIXEIRA, et al., 2005). Soma-se a esta problemática a alta ocorrência de acidentes relacionados à queda de nível de materiais e pessoas (FAZENDA, 2016) (SANTANA, et al., 2006), modalidade de acidente que tem como característica grandes índices de fatalidade (MROSZCZYK, 2015). Diante disto, percebe-se que há muito que avançar em relação à segurança do trabalho na construção civil.

Acidentes de trabalho são responsáveis por grandes perdas no setor. Destacam-se como instrumentos geradores de custos resultantes de acidentes de trabalho o afastamento do processo e o custo gerado - com pagamento de salários aos trabalhadores externos, despesas com primeiros socorros e recuperação do trabalhador acidentado; perda de equipamentos, materiais e custos de engenharia de reparo; e perdas com tempo de inatividade do processo e horas extras compensatórias (COSTA, et al., 2009). Em um total de 2.857 acidentes de trabalho registrados no sistema de seguridade social da Bahia em 2000, foram detectados 18% dos acidentes relacionados à construção civil, com custos estimados de R\$ 8,5 milhões (SANTANA, et al., 2006). Por isso, é essencial avaliar os riscos associados às tarefas, a fim de evitar acidentes ou falhas, a fim de garantir a qualidade, prazos, custos e segurança de todos os que estão relacionados ao trabalho (ARAÚJO, 2002). A avaliação de riscos deve estar presente em todas as etapas de construção ou reforma, tanto na prevenção dentro da fase do projeto quanto na sua implementação (CRUZ, 2012).

A primeira tentativa de se criar uma legislação especial para os acidentes de trabalho surgiu no Brasil em 1904, mas somente com a constituição de 1988 a segurança do trabalho foi colocada no patamar de problema de saúde pública (GALON, et al., 2011). Contudo a situação do trabalhador no país ainda é precária devido à alienação dos trabalhadores aos direitos trabalhistas, o que permite a violação dos mesmos (LOURENÇO, et al., 2007). A má organização do trabalho e o baixo desenvolvimento técnico citados na literatura se mostram um contra senso com o crescente interesse das empresas de construção civil na obtenção de certificações como ISO 9001, ISO 14001 e OSHAS 18001, onde a melhoria dos procedimentos de análise e prevenção de risco é pedra fundamental para que se atinjam melhores patamares nos índices de acidentes do trabalho (ZENG, et al., 2010).

Para diminuir os riscos que os trabalhadores estão expostos é fundamental a aplicação de ferramentas de gerenciamento de risco laboral (SALIBA, 2018). Com a intenção de identificar os riscos antes da execução do trabalho, existem ferramentas bastante difundidas como análise ergonômica de tarefa, análise da árvore de falhas, análise preliminar de risco e o FMEA (*failure mode and effects analysis*) (IIDA, 2005) (FREITAS, 2016). A grande maioria das ferramentas de análise é capaz de pontuar qualitativamente quais os riscos presentes na execução daquela tarefa estudada, além de considerar as causas iniciais do risco e indicar medidas corretivas. Contudo, não indicam de modo quantitativo o quão grande aquele risco identificado pode se tornar, nem elencar numericamente quais modalidades de falha se destacam como principal. Neste sentido surge o FMEA, uma ferramenta de análise de risco para sistemas e processos que, através de análise quantitativa, consegue ranquear prioridades.

O FMEA, ou modo de falha e análise de efeitos, é um dos métodos de avaliação de falhas, que correlacionam suas causas e efeitos, pontuando também os meios de sua detecção, prevenção e mitigação de efeitos (STAMATIS, 2003). Desenvolvido como um procedimento militar pelos militares dos EUA na década de 1940 pós-guerra (PENTTI, et al., 2002), tem sido amplamente utilizado nas indústrias de engenharia e agora é usado em outras áreas como segurança alimentar (SCIPIONI, et al., 2002), procedimentos de gestão (RHEE, et al., 2003) (MILAZZO, et al., 2009) e medicina crítica e trauma (DUWE, et al., 2005) (DAY, et al., 2006) (DeROSIER, et al., 2005). O uso do FMEA para a área de segurança do trabalho ainda não é generalizado, exigindo estudos científicos sobre o assunto.

O FMEA permite uma hierarquia de riscos, priorizando os modos de falha de acordo com um coeficiente chamado número de prioridade de risco ou RPN. Este número é um resultado da

multiplicação de três índices independentes - severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) - e variam de 1 a 10, da melhor realidade para a pior (STAMATIS, 2003).

Severidade é a classificação que indica a gravidade de uma consequência possível no modo potencial de uma falha. Classificando a gravidade da falha de 1 a 10, partindo de uma consequência sem danos até danos catastróficos ou irreparáveis. A ocorrência no FMEA é a estimativa da frequência ou probabilidade de ocorrência do modo de falha. O melhor método para determinar o seu valor é através do uso de dados reais do processo, no entanto, no caso onde não há dados anteriores para avaliação podem ser atribuídos escalas qualitativas baseado na experiência dos operadores (MCDERMOTT, et al., 2009). Detecção é a dificuldade de fazer com que a falha seja detectada antes que ocorra o modo de falha. Para a área de manutenção, conceitua-se a probabilidade de detecção entre muito baixo e muito alto, relacionando os conceitos de 1 a 10 com a probabilidade de o defeito ser detectado (STAMATIS, 2003) (MCDERMOTT, et al., 2009).

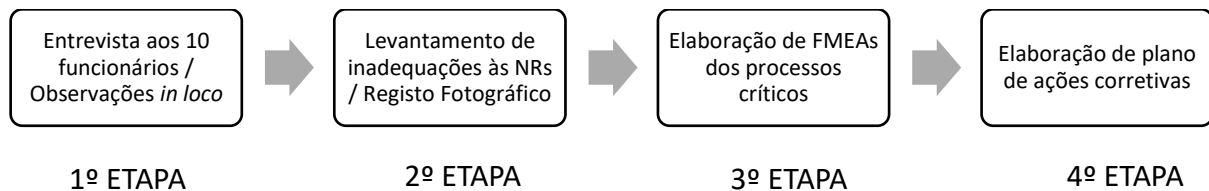
A literatura científica cita dificuldades na aplicação do FMEA, como a imprecisão dos números de priorização de risco obtidos, a dependência da experiência anterior de membros da equipe e a quantidade de tempo necessária para a aplicação da ferramenta (LAURENTI, et al., 2012). A dificuldade de escolha dos índices S, O e D também é destacada por LAURENTI et al, (2012). Como ferramenta de avaliação de risco, a aplicação do FMEA pode ser baseada na observação da realidade da tarefa, em conjunto com o conhecimento das normas regulamentadoras (NRs) do ministério do trabalho (FREITAS, 2016) (SALIBA, 2018). Neste sentido o presente trabalho busca contribuir para a área de gestão e análise de riscos através da aplicação do FMEA em segurança do trabalho, propondo um modelo prático de aplicação da ferramenta através de um estudo de caso da situação dos trabalhadores de uma obra civil de pequeno porte.

2. METODOLOGIA

Este trabalho se baseou em um estudo de caso em uma obra de construção civil de pequeno porte no município de Imperatriz, no estado do Maranhão. A obra era de cunho residencial, com dois pavimentos e 1200m². Na ocasião do estudo a obra se encontrava no primeiro pavimento e possuía 10 funcionários trabalhando. Através de observações in loco e depoimentos dos colaboradores foram levantados dados para a aplicação do FMEA em cinco processos que se mostraram críticos em riscos ocupacionais: utilização de escadas; utilização de andaimes; execução de lajes; utilização de EPI e organização do canteiro de obras.

Foram realizados registros fotográficos dos processos realizados e foi realizada uma discussão em relação a adequações e inadequações às normas regulamentadoras aplicáveis nas situações. A partir deste levantamento, foram elencados prováveis modos de falhas para as situações observadas e dado início a aplicação do FMEA. No final, foram construídas tabelas de FMEA para cada processo, elencando um modo de falha, causas, efeitos, métodos de detecção, ações corretivas e a construção do RPN. A partir daí foi possível, comparativamente, priorizar quais situações são mais arriscadas e precisam de ações corretivas imediatas, produzindo um plano de ações corretivas. A Figura 1 mostra o fluxograma com as etapas de execução da pesquisa.

Figura 1. Fluxograma das etapas de execução da pesquisa.



Fonte: OS AUTORES, 2018.

3. INCONFORMIDADES ENCONTRADAS NA OBRA

A partir dos registros fotográficos obtidos em campo, foi possível demonstrar um conjunto de inconformidades às NRs que, de forma repetida, foram observadas durante a pesquisa *in loco*. É válido ressaltar que as os relatos dos colaboradores foram reforçados pelo que é observado nas fotografias, principalmente no que diz respeito ao comportamento inseguro e na ausência de uso dos EPIs. Nas figuras de 1 a 6 é possível observar várias inconformidades com as NRs, além do registro de atitudes inadequadas onde os próprios colaboradores se colocam em risco. Logo abaixo, inadequações registradas nas figuras 2, 3, 4 e 5.

Figura 2 – Inconformidades identificadas nos trabalhadores [1] e [2] e na área de trabalho: ausência de (a) capacete, (b) luvas, (c) dispositivos de segurança contra queda; (d) guarda corpo com rodapé ao redor da obra; (e) vergalhões de aço expostos aos trabalhadores; e (f) escadas posicionadas em local inadequado.



Fonte: Autores, 2018.

Figura 3– Andaime feito na obra de maneira irregular.



Fonte: Autores, 2018.

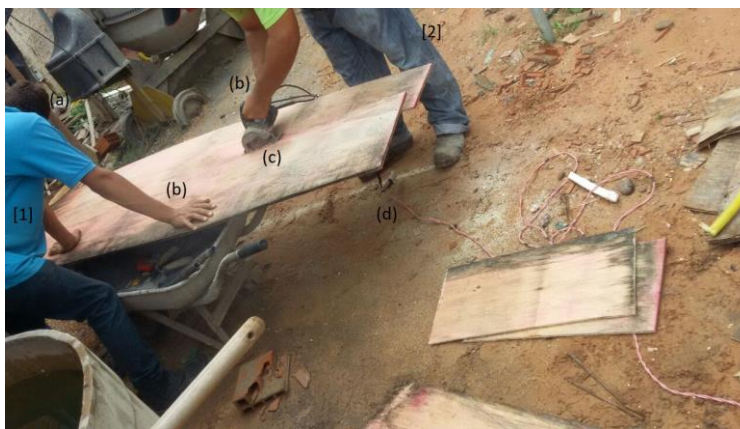
Figura 4 – Trabalhador [1] em local de trabalho com inconformidades: ausência de (a) do capacete, (b) luvas, (c) dispositivos de segurança contra queda; andaimes sem (d) passarela de circulação fixa; (e) guarda corpo e rodapé contra a queda de matérias; (f) sem amarração; e (g) escada posicionada em local inadequado.



Fonte: Autores, 2018.

A ausência de EPIs básicos como capacete e luvas é registrada em vários momentos durante o estudo como se pode observar nas figuras 2, 4, 5, 6 e 7. Conforme a NR N°6 registra, o capacete tem por função proteger contra impactos de objetos sobre o crânio e as luvas têm finalidade de proteção das mãos contra agentes cortantes e perfurantes. A ausência de EPIs pode ser explicada em maior parte pela atitude deliberada dos colaboradores em não usar, alegando desconforto, esquecimento ou desconhecimento do modo de utilização. Não foi citada pelos colaboradores a falta de fornecimento de EPIs por parte dos empregadores.

Figura 5 – Trabalhadores [1] e [2] sem o uso do (a) do capacete, (b) luvas; (c) usando uma serra circular em um local impróprio para o uso e (d) fiações expostas.



Fonte: Autores, 2018.

Outra questão importante é o descumprimento de tópicos de segurança voltados ao trabalho em altura. A NR N°35 afirma que todo trabalho acima de 2,00m é trabalho em altura e, desta forma, exige um guarda corpo e rodapé ao redor da área de trabalho, para evitar a queda de funcionários e matérias. Porém se o EPC não é viável, medidas de proteção individual contra quedas em altura devem ser tomados, como o uso de cinto paraquedista e talabarte vinculado a uma linha de vida. Na figura 2 pode-se observar que a laje onde os colaboradores realizam a execução das armaduras de aço não possui nenhum tipo de guardar-corpo e que os colaboradores não usam cinto paraquedista e talabarte. Deste modo, há risco para os colaboradores que trabalham na laje – queda do colaborador – e dos que estão em um nível abaixo – queda de materiais.

Quanto a NR N°18, várias inconformidades são observadas. Na Figura 2 se pode observar pontas de vergalhão sem a devida proteção, sendo que a NR N°18 proíbe a existência de pontas verticais de vergalhões de aço desprotegidas. Quanto a escadas de mão, a NR N°18 registra que elas devem: a) ultrapassar em 1,00m (um metro) o piso superior; b) ser fixada nos

pisos inferior e superior ou ser dotada de dispositivo que impeça o seu escorregamento; c) ser dotada de degraus antiderrapantes; d) ser apoiada em piso resistente. Tal exigência é descumprida nas situações mostradas nas figuras 2 e 4, oferecendo ao colaborador uma situação de risco de queda.

Ainda de acordo com a NR N° 18, o piso de trabalho dos andaimes deve ter forração completa, ser antiderrapante, nivelado e fixado ou travado de modo seguro e resistente; todos os trabalhadores sejam qualificados e recebam treinamento específico para o tipo de andaime em operação; é obrigatório o uso de cinto de segurança tipo paraquedista e com duplo talabarte que possua ganchos de abertura mínima de cinquenta milímetros e dupla trava e os andaimes devem dispor de sistema guarda-corpo e rodapé, inclusive nas cabeceiras, em todo o perímetro. Estas exigências são descumpridas na situação registrada na figura 4.

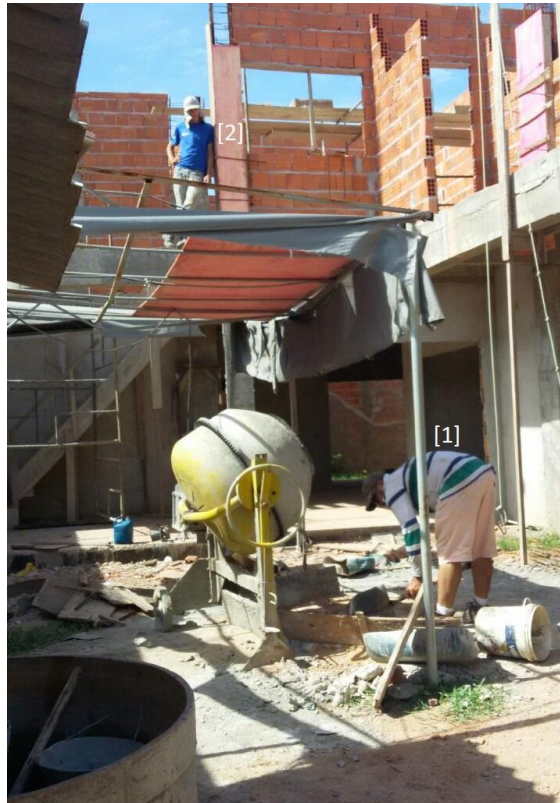
Outro exemplo de comportamento inseguro pode ser visto nas figuras 6 e 7, onde um colaborador que não exercia nenhuma função no momento estava observando um colega, porém em uma posição perigosa. O colaborador em questão estava em pé em uma viga, no primeiro pavimento da edificação, apoiado em um pilar em execução. Aliado ao fato, o colaborador não utilizava os EPIs necessários, como talabarte e cinto paraquedistas vinculados a uma linha de vida, capacete, luvas e outros.

Figura 6 – Trabalhador em atitude insegura, colocando-se em situação de risco.



Fonte: Autores, 2018.

Figura 7 – Trabalhadores [1] e [2] sem o uso de EPI e canteiro de obra desorganizado.



Fonte: Autores, 2018.

4. APLICAÇÃO DO FMEA NA OBRA

A metodologia FMEA é importante para constatar as falhas potenciais, efeitos e processos para determinar ações que tendam a reduzir ou eliminar cada risco agregado a cada falha (PUENTE, et al., 2002). A partir das situações observadas no item anterior foram elencados cinco processos dentro da execução da obra para a aplicação do FMEA: utilização de escadas; utilização de andaimes; execução de lajes; utilização de EPI e organização do canteiro de obras. No FMEA aplicado nas tabelas 1 a 5 foram estudados estes processos em relação às causas da falha, efeitos, meio de detecção e ações corretivas; e cada causa da falha obteve um RPN, ao final. A discussão sobre as cinco tabelas obtidas vem a seguir.

Tabela 1 - Aplicação do FMEA na utilização da escada.

Processo ou ação	Modo de falha	Causa básica da falha	(O)	Efeitos	(S)	Meios de Detecção	(D)	Índice de risco	Ações corretivas
Utilização da escada	Quebra da escada	Falta de resistência do material	5	Lesão fatal; lesão permanente não fatal; lesão recuperável	5	Verificação do material	9	225	Troca da escada
	Queda da escada	Falta de estabilidade	5		5	Teste manual	8	200	
		Tipo inadequado	5		5	Verificação de ordem de serviço	6	150	
		Falta de habilidade do usuário	4		5	Verificar certificados ou passes	4	80	Realizar treinamento

Fonte: Autores, 2018.

Conforme a tabela 1, que trata sobre a ação da utilização da escada, o modo de falha escolhido foi a queda de escada. Com base nestes elementos todas as causas terão que ser solucionadas, no entanto a falta de resistência da escada merece atenção imediata devido ao maior índice de risco obtido, de 225.

A possível ruptura do material da escada levaria a queda do colaborador, provocando desde lesões leves e recuperáveis até lesões definitivas como amputações ou perda de movimentos, com possibilidade, ainda que remota, de lesões fatais. Já a falta de resistência da escada possui uma detecção tecnicamente complicada, então, é necessário criar rotinas de inspeção com o intuito de garantir que o material está em condições para uso, além de garantir o correto uso e armazenamento das escadas a fim de não provocar um desgaste precoce do material.

A falta de estabilidade da escada surge como o segundo maior índice de risco para este processo. O uso inadequado da escada, apoiada em lugares indevidos, é uma constante em obras de pequeno porte. Os registros fotográficos exemplificados nas figuras 2 e 7 corroboram a possibilidade de que, durante o uso da escada apoiada incorretamente, esta possa se deslocar e assim provocar a queda do colaborador, provocando de lesões recuperáveis a permanentes. Vale pontuar que a escolha inadequada da escada e a falta de habilidade no uso da mesma também podem provocar quedas, sendo estes erros corrigidos com a troca da escada e o treinamento correto do trabalhador.

A Tabela 2 mostra o FMEA aplicado no processo de utilização de andaimes, propondo como modo de falha a queda de pessoas ou materiais.

Tabela 2 - Aplicação do FMEA na utilização de andaimes.

Processo ou ação	Modo de falha	Causa básica da falha	(O)	Efeitos	(S)	Meios de Detecção	(D)	Índice de risco	Ações corretivas
Utilização de andaimes	Queda de andaimes (trabalhadores e materiais)	Falta de forração completa dos andaimes	6	Lesão fatal; lesão permanente não fatal; lesão recuperável	7	Verificação do material	4	168	Adequação do andaime na norma
		Ausência de guarda-corpo e rodapé	6		7	Teste manual	4	168	
		Ausência de amarração do andaime em local fixo	6		7	Verificação de ordem de serviço	4	168	
		Trabalhadores sem treinamento	4	7	Verificar certificados ou passes	4	112	Realizar treinamento	

Fonte: Autores, 2018.

Das causas básicas de falha propostas, a falta de forração completa no piso dos andaimes, ausência de guarda corpo e rodapé e a ausência do andaime amarrado em local fixo precisam ser resolvida imediatamente devido ao índice de risco maior, ambos de 168. As quedas de andaimes possuem um índice de gravidade maior em relação aos acidentes causados por quedas de escadas - tabela 1, principalmente pela maior altura da atividade executada, aumentando a probabilidade de lesões mais graves. Contudo, estas causas possuem uma detecção basicamente visual, pois se trata da ausência destes itens. De acordo com a tabela 3, mostra a ação de trabalhos de execução de laje, o modo de falha escolhido para a aplicação do FMEA foi a queda de trabalhadores ou de materiais.

Tabela 3. Aplicação do FMEA na execução de laje

Processo ou ação	Modo de falha	Causa básica da falha	(O)	Efeitos	(S)	Meios de Detecção	(D)	Índice de risco	Ações corretivas
Execução da laje	Queda da laje (trabalhadores e materiais)	Ausência de periferia e a falta de EPC	5	Lesão fatal; lesão permanente e não recuperável	6	Verificação visual	3	90	Adequação da área da laje às normas, fornecimento de EPIs
		Ausência de EPI	5		6	Verificação de ordem de serviço	3	90	
		Aberturas no piso sem proteção	5		6	Verificação visual	4	120	
		Falta de habilidade do usuário	4		4	Verificar certificados ou passes	4	64	Realizar treinamento

Fonte: Autores, 2018.

As aberturas no piso precisam ser resolvidas imediatamente devido ao índice de risco de 120. Apesar de basicamente visual, as aberturas na laje possuem uma detecção mais difícil do que a ausência de guarda-corpo, rodapés e periferias (bandeijões), pois essas aberturas podem estar omitidas por materiais, caixotes, tapumes e outros, fora a possibilidade de ausência de sinalização nas mesmas.

Conforme a NRN^o18, é obrigatória a instalação de proteção coletiva onde houver risco de queda de trabalhadores ou de projeção de materiais; as aberturas no piso devem ter fechamento provisório resistente; as aberturas, em caso de serem utilizadas para o transporte vertical de materiais e equipamentos, devem ser protegidas por guarda-corpo fixo, no ponto de entrada e saída de material, e por sistema de fechamento do tipo cancela ou similar.

Tabela 4. Aplicação do FMEA na utilização do EPI.

Processo ou ação	Modo de falha	Causa básica da falha	(O)	Efeitos	(S)	Meios de Detecção	(D)	Índice de risco	Ações corretivas
Utilização do EPI	Uso incorreto ou falta de uso dos EPIs	Incômodo durante as atividades	7	Lesão fatal; lesão permanente não fatal; lesão recuperável	7	Verificação visual	3	143	Conscientizar os trabalhadores sobre o seu uso; exigir o uso; fiscalizar o uso
		Esquecimento de uso	5		7	Verificação de ordem de serviço	3	105	
		Falta de exigência	5		7	Verificação visual	3	105	
		Falta de treinamento ou conscientização do usuário	4		4	Verificar certificados ou passes	4	64	Realizar treinamento

Fonte: Autores, 2018.

A tabela 4 mostra a ação do uso de EPI. De acordo com os questionários aplicados aos colaboradores, foi observado que o incômodo durante o uso dos EPIs é majoritariamente citado, portanto a causa de falha respectiva recebe um índice de ocorrência maior que esquecimento de uso ou falta de exigência e fiscalização. Deste modo, esta causa obtém o maior índice de risco, de 147. A compra de EPIs mais ergonômicos e confortáveis é necessária para que se possa cobrar o uso com vigor, porém se faz necessário um investimento financeiro nesta solução que, na maioria das vezes, é entendido pelos empregadores como despesa supérflua. Ainda em sintonia com os relatos obtidos dos colaboradores, praticamente a totalidade deles afirmaram já ter recebido algum tipo de treinamento, obtendo o menor índice de ocorrência e tornando a falta de treinamento a causa de menor índice de risco.

Tabela 5- Aplicação do FMEA na organização do canteiro de obra

Processo ou ação	Modo de falha	Causa básica da falha	(O)	Efeitos	(S)	Meios de Detecção	(D)	Índice de risco	Ações corretivas
Organização do canteiro de obras	Canteiro de obras desorganizado	Falta de planejamento dos gestores da obra	4		4	Verificação visual	5	80	Qualificação dos gestores; conscientização dos gestores; guardar materiais em locais adequados
		Materiais espalhados pela área do canteiro	4	Lesão fatal; lesão permanente não fatal; lesão recuperável	7	Verificação de ordem de serviço	2	56	
		Falta de exigência				Verificação visual			
		Trabalhadores sem orientação de organização do canteiro	4		4	Verificar certificados ou passes	4	64	Realizar treinamento

Fonte: Autores, 2018.

A tabela 5 trata do FMEA acerca da organização no canteiro de obra, sendo o canteiro de obra desorganizado o modo de falha. Entre as causas de falha são propostas a falta de planejamento dos gestores, os materiais de construção espalhados e os trabalhadores sem orientação. O maior índice de ocorrência e o índice de mais fácil detecção correspondem aos materiais desorganizados, recorrente nos registros fotográficos. O acúmulo destes materiais é causado pela falta de orientação ou preocupação dos colaboradores sobre esse tema.

Contudo, em uma análise ampla, percebe-se que as duas últimas causas são fruto da causa primária: falta de planejamento dos gestores. Esta causa de falha obtém um índice de risco de 80, sendo o índice de detecção com maior valor que as outras falhas. A detecção da falta de planejamento dos gestores é dificultada pela falta de estrutura organizacional nas obras de pequeno porte, e principalmente pela cultura de direcionar a culpa da desorganização exclusivamente sobre os colaboradores. Contudo, a ineficiência da gestão em oferecer meios e fiscalizar a limpeza e organização do canteiro reflete como um todo na capacidade do mesmo em se manter organizado.

5. CONCLUSÃO

Em relação à segurança ocupacional, o ambiente nas obras de pequeno porte se mostra bastante arriscado aos colaboradores. Através dos relatos obtidos dos colaboradores e dos registros fotográficos foi possível identificar os riscos ocupacionais que os colaboradores estão expostos. Entre os riscos mais recorrentes, as atividades em altura, o comportamento inseguro e a ausência de EPIs são observados como os mais comuns.

A partir da identificação qualitativa dos riscos, a ferramenta FMEA (*failure mode and effects analysis*) foi utilizada para quantificar os riscos em relação a suas causas e efeitos possíveis aos trabalhadores. Para a aplicação do FMEA, foi realizada a escolha de alguns processos observados na obra estudada e então foi possível listar quantitativamente quais as causas eram mais urgentes através do índice de risco obtido. Foi observado que os processos de utilização de escadas e andaimes possuem índices de risco maiores, seguido do processo de execução de laje. Como contribuição final deste trabalho, foi elaborado um plano de ações corretivas que elenca em ordem de prioridade os modos de falha que devem ser corrigidos com urgência, e as ações corretivas sugeridas para cada um deles. A tabela 6 traz o plano de ações corretivas organizado por ordem de prioridade.

Tabela 6. Plano de ações corretivas para os modos de falha identificados, ordenando por prioridade de correção.

Ordem de prioridade	Modo de falha	RPN	Ações corretivas
1º	Quebra da escada	225	Troca por escada em bom estado; corretamente dimensionada
2º	Queda da escada	200	Realizar treinamento sobre o uso da escada
3º	Queda de andaimes (trabalhadores e materiais)	168	Adequação do andaime na norma; realização de treinamento
4º	Uso incorreto ou falta de uso dos EPIs	143	Conscientizar os trabalhadores sobre o seu uso; exigir o uso; fiscalizar o uso
5º	Queda da laje (trabalhadores e materiais)	120	Adequação da área da laje às normas; fornecimento de EPIs
6º	Canteiro de obras desorganizado	80	Qualificação dos gestores; conscientização dos gestores; guardar materiais em locais adequados

Fonte: Autores, 2018.

Além do estudo da obra em questão, a principal contribuição deste trabalho é utilizar a ferramenta FMEA – amplamente usada em áreas como gestão de manutenção e engenharia do produto – voltada para a saúde e segurança ocupacional. Percebe-se o quão poderosa é esta ferramenta, já que no estudo apresentado foi possível elencar os riscos de forma quantitativa. Deste modo, o planejamento de ações de melhoria na gestão de segurança do trabalho pode tomar os resultados do FMEA para definir prioridades de ações, tornando o processo cada vez mais eficiente.

Quanto a estudos futuros, vale pontuar a dificuldade na escolha dos índices de severidade, ocorrência e detecção. Na área de confiabilidade, as tabelas para o FMEA já são bastante consolidadas, contudo há uma dificuldade em realizar a adaptação para o uso em segurança do trabalho. Neste sentido, estudos futuros propondo uma metodologia de obtenção dos índices de severidade, ocorrência e detecção para o uso do FMEA em segurança ocupacional poderiam fornecer uma fonte unificada dos índices, facilitando o trabalho dos pesquisadores e profissionais da área e abrindo possibilidades para usos comparativos de FMEA em situações subsequentes de problema e correção dos mesmos.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à UNIVERSIDADE CEUMA pelo suporte à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, N. M. C. Custos de implantação do PCMAT na ponta do lápis. São Paulo: Fundacentro, 2002.

COSTA, J. F. S.; RISICATO, L. B.; TORRES, C. A. Metodologia Multicritério na Avaliação de Custos na Segurança do Trabalho. *Sistemas & Gestão*, Vol. 1, n. 2, 2009. 104-115.

CBIC (Confederação brasileira da indústria da construção) Banco de dados – CBIC. Documento de site, 2018. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>, acessado em: 01 de Outubro de 2018.

CRUZ, P. M. Aplicação do "Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)" na demolição, movimento de terras e execução de estruturas em edifícios. Instituto politécnico do Porto. Porto. 2012.

DAY, S. R. N.; DALTO, J. R. N.; FOX, J. R. N.; TURPIN, M. B. S.; Failure Mode and Effects Analysis as a Performance Improvement Tool in Trauma. *Journal of nursing in trauma*, Vol. 13, n. 3, jul-sep 2006. 111-117.

DeROSIER, J.; STALHANDSKE, E.; BAGIAN, J. P.; NUDELL, T.; Using Health Care Failure Mode and Effect Analysis™: The VA National Center for Patient Safety's Prospective Risk Analysis System. *The Joint Commission Journal on Quality Improvement*, Vol. 28, n. 5, 2005. 248-267.

- DUWE, B.; FUCHS, D. B.; HANSEN-FLASCHEN, J. Failure mode and effects analysis application to critical care medicine. *Critical Care*, Vol. 21, 2005. 21-30.
- FAZENDA, M. D. Anuário estatístico da previdência social. Instituto Nacional do Seguro Social. Brasília, p. 917. 2016.
- FREITAS, L. C. Manual de segurança e saúde do trabalho. 3a. ed. Lisboa: Edições Silabo, 2016. 730 p.
- GALON, T.; MARZIALE, M. H. P.; SOUZA, W. L. A legislação brasileira e as recomendações internacionais sobre a exposição ocupacional aos agentes biológicos. *Revista brasileira de enfermagem*, Brasília, Vol. 1, 2011. 160-167.
- IIDA, I. Ergonomia: projeto e produção. 2a. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.
- IRIART, J. A. B.; OLIVEIRA, R. P.; XAVIER, S. S.; COSTA, A. M. S.; ARAÚJO, G. R.; SANTANA, V. S.; Representações do trabalho informal e dos riscos à saúde entre trabalhadoras domésticas e trabalhadores da construção civil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 13, 2008. 165-174.
- LAURENTI, R.; VILLARI, B. D.; ROZENFELD, H. Problemas e melhorias do método FMEA: umarevisão sistemática da literatura. *Pesquisa & Desenvolvimento em Produção*, Itajubá, Vol. 10, n. 1, 2012. 59-70.
- LOURENÇO, E. A. S.; BERTANI, I. F. Saúde do trabalhador no SUS: desafios e perspectivas frente à precarização do trabalho. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, Vol. 115, 2007. 121-134.
- MCDERMOTT, R.; MIKULAK, R. J.; BEAUREGARD, M. The basics of FMEA. 2009. 2. ed. CRC Press, 2009.
- MELLO, L. C. B. B.; AMORIM, S. R. L. . O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. *Production Journal*, Vol. 19, 2009. 388-399.
- MILAZZO, M. F.; ANCIONE, G.; LISI, R.; VIANELLO, C.; MASCHIO, G. Risk management of terrorist attacks in the transport of hazardous materials using dynamic geo events. *Journal of loss prevention in process industries*, Vol. 22, n. 5, 2009. 625-633.
- MROSZCZYK, J. W. Improving construction safety: a team effort. *Professional Safety*, 2015. 55-68.
- PENTTI, H.; ATTE, H. Failure mode and effects analysis of software - based automation systems. STUK - Radiation and Nuclear Safety Authority. Helsinki. 2002.
- PUENTE, J. et al. A decision support system for applying failure mode and effect analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Bradford, Vol. 19, n. 2, 2002. 137-151.
- RHEE, S. J.; ISHII, K. Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability. *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 17, n. 3-4, 2003. 179-188.
- SALIBA, T. M. CURSO BÁSICO DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAL. São Paulo: LTR, 2018. 496 p.
- SALIBA, T. M.; PAGANO, S. C. R. S. LEGISLAÇÃO DE SEGURANÇA, ACIDENTE DO TRABALHO E SAÚDE DO TRABALHADOR. São Paulo: LTR, 2018.
- SANTANA, V. S. et al. Acidentes de trabalho: custos previdenciários e dias de trabalho perdidos. *Revista de saúde pública*, Vol. 40, n. 6, 2006. 1004-1012.

SANTANA, V. S.; OLIVEIRA, R. P. Saúde e trabalho na construção civil em uma área urbana do Brasil. Caderno de saúde pública, Vol. 3, 2004. 797-811.

SCIPIONI, A. et al. FMEA methodology design, implementation and integration with HACCP system in a food company. Food Control, Vol. 13, n. 8, December 2002. 495-501.

STAMATIS, D. H. Failure mode and effect analysis - FMEA: from theory to execution. 2nd ed. ed. Milwaukee: ASQ quality press, 2003.

TAKAHASHI, M. A. B. C. et al. Precarização do trabalho e risco de acidentes na construção civil: um estudo com base na análise coletiva do trabalho. Saúde e Sociedade, Vol. 21, n. 4, 2012. 976-988.

TEIXEIRA, L. P.; CARVALHO, F. M. A. A construção civil como instrumento de desenvolvimento da economia brasileira. Revista paranaense de desenvolvimento, Curitiba, n. 109, jul-dez 2005. 09-26.

ZENG, S. X.; TAM, C. M.; TAM, V. W. Y. Integrating Safety, Environmental and Quality Risks for Project Management Using a FMEA Method. Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics, Vol. 21, n. 1, 2010. 44-52.
