



ISSN: 2447-5580

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



ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

FMEA COMO FERRAMENTA DE IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS AO TRABALHADOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Fmea as a tool for the identification of risks to civil construction worker

Ana Glécia Silva Santos¹, Gustavo Pires do Nascimento Jorge², & André Luís de Oliveira Cavaignac^{3*}

¹²³ Departamento de Engenharia, Universidade CEUMA Campus Imperatriz.

¹ anaglesia2@hotmail.com ² gupnj94@gmail.com ^{3*} andreluiscavaignac@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido em: 04/06/2019

Aprovado em: 07/06/2019

Disponibilizado em: 05/07/2019

PALAVRAS-CHAVE:

Segurança do trabalho, FMEA, construção civil.

KEYWORDS:

Work safety, FMEA, civil construction.

Copyright © 2019, Cavaignac *et al.* Esta obra está sob uma Licença Creative Commons Atribuição-Uso.

*Autor Correspondente: Cavaignac, A.L. de O.

RESUMO

O setor da construção civil é um ramo de atividade que envolve diretamente a mão de obra do colaborador, pois suas demandas são necessariamente desenvolvidas manualmente, com o uso de máquinas de pequeno porte e equipamentos necessário a execução das mesmas. O risco qual os trabalhadores da área da construção civil estão sujeitos podem comprometer a integridade física e a saúde dos operários. Contudo, na busca da prevenção de acidentes com todos envolvidos no âmbito da construção, é aplicada a Engenharia de Segurança no Trabalho a qual dispõe de recursos como check list de equipamentos, treinamento operacional e especificações adequadas a cada função, que devem ser adotadas para garantir a saúde física e mental destes trabalhadores. A engenharia de segurança é fundamental para a construção civil, assim a presente pesquisa tem por objetivo realizar a aplicação do FMEA - Failure Mode and Effects Analysis na avaliação das atividades desenvolvidas em uma obra de construção de edificação horizontal, para a

obtenção de resultados e redução de acidentes. Foi observado que, quanto aos índices de risco obtidos pelos modos de falhas, os que obtiveram maiores números foram relacionadas os processos de concretagem e utilização de andaimes. Desta forma, estes processos necessitam de maior atenção por parte da equipe técnica.

ABSTRACT

The construction sector is a branch of activity that directly involves the employee, since their demands are necessarily developed manually, with the use of small machines and equipment necessary to execute them. The risk that workers in the construction sector are subject to can compromise the physical integrity and health of the workers. However, in the pursuit of accident prevention with all involved in the construction field, it is applied the Safety Engineering in the Work which has resources such as equipment check list, operational training and specifications appropriate to each function, which should be adopted to ensure the physical and mental health of these workers. Safety engineering is fundamental for civil construction, so the present research aims to realize the application of FMEA - Failure Mode and Effects Analysis in the evaluation of the activities developed in a horizontal building construction work, in order to obtain results and reduction of accidents. It was observed that, in terms of risk indices obtained by failure modes, the ones that obtained the highest numbers were related to the processes of concreting and using scaffolds. In this way, these processes need more attention by the technical team.



1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico, social e ambiental do mundo. Mas por outro lado, se comporta, ainda, como grande geradora de impactos ambientais e sociais, quer seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem, pela geração de resíduos ou pelos numerosos registros com acidentes de trabalho (ANA, 2005).

No Brasil a construção civil se destaca como um dos setores mais problemáticos quando é associada a incidente de trabalho, em razão de utilizar excessiva mão de obra no seu processo construtivo. Um canteiro de obra é um ambiente com várias fontes de prejuízo à saúde dos trabalhadores, considerando que lá estão presentes riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e, também, perigo de acidentes (Guedes & Silveira, 2017).

No decorrer dos anos, a preocupação com a busca de melhores índices de produtividade tem acontecido em diversos setores da indústria e isso também se expandiu a área da construção civil. Nesse aspecto, o homem aparece como ferramenta principal no ambiente de trabalho, pois qualquer diminuição da sua capacidade de elaboração das tarefas poderá causar a queda na produtividade nos diversos setores de serviços. Isso pode ser verificado por meio do crescimento da quantidade de acidentes dentro da construção civil, a quantidade de colaboradores afastados do trabalho vítimas de alguma infração no canteiro de obra, estresse devido ao excesso de atividades.

De acordo com Calleri (2007), acidente de trabalho pode ser definido como qualquer redução ou a perda da capacidade laborativa de um trabalhador que tenha sido provocada por fatores associados à atividade do mesmo. Enfatiza também que para ser classificado como acidente de trabalho é necessária à existência de dois critérios que são a lesividade e a etiologia laboral, ou seja, não se caracteriza acidente de trabalho um sinistro que não tenha causado qualquer sequela na capacidade laborativa do trabalhador ou que tenha ocorrido fora do trabalho.

Segundo o artigo 19 da Lei no 8.213, de 24 de julho de 1991, um acidente de trabalho é o que acontece pelo desempenho do trabalho a serviço da empresa, resultando em lesão corporal ou perturbação funcional, seja ele temporário ou permanente. Pode resultar em um simples afastamento, a perda ou a redução da capacidade para o trabalho, até mesmo o falecimento do colaborador da obra (FAZENDA, 2017).

Neste sentido, Santana & Oliveira (2004) relatam que os operários da construção civil convivem em situações precárias de trabalho quando comparados com outros trabalhadores de outros setores. A situação dos operários da construção civil na maioria dos casos se assemelha



Citação (APA): Santos, A.G.S., Nascimento Jorge, G.P. do, & Cavaignac, A.L. de O. (2019). FMEA como ferramenta de identificação dos riscos ao trabalhador da construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 19-34.

a realidade vivida pelos os trabalhadores informais – aqueles que trabalham sem contratos assinados ou sob a regulamentação da CLT – consolidação das leis trabalhistas.

Segundo Ilda (2005), grande parte dos acidentes ocorridos na construção civil são atribuídos ao erro ou fator humano. É importante ressaltar que, quando se fala em erro humano, na maioria as vezes se refere a uma a falta de atenção ou negligência do colaborador locado em campo. Para que essa falha resulte em acidente, deve se observar as decisões que criaram condições para tal acontecimento. O erro humano resulta das interações homem-trabalho ou homem-ambiente, que não atendam a normas de segurança previstas em lei em favor dos trabalhadores de um modo geral.

De acordo com o Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho - AEAT, publicado pela Previdência Social, em 27 de setembro de 2018, em 2017 foram registrados 549.405 acidentes de trabalho em todo o país. Isso representa uma queda de 6,19% em comparação com o ano de 2016, que quantificou 585.626 registros. A queda registrada, segue a tendência de diminuição dos últimos dez anos. Entre os anos de 2008 e 2017, a taxa de incidência de acidentes de trabalho no país reduziu de 22,98 para 13,74 acidentes registrados a cada mil vínculos empregatícios (FAZENDA, 2017).

O Anuário também apresenta uma redução do número de falecimento ocasionada por acidente do trabalho. Os registros passaram de 2.288, em 2016, para 2.096 no ano seguinte. Isso representa uma queda de 8,4%. Também houve queda de 15,5% na quantidade de trabalhadores que ficaram incapacitados permanentemente em consequência de um acidente do trabalho – de 14.892, em 2016, para 12.651, em 2017 (FAZENDA, 2017).

Diante disso, é importante analisar os riscos relacionados às atividades, com a finalidade de evitar os acidentes e falhas, garantindo a qualidade, prazos, custos e segurança de todos os envolvidos no trabalho (Araújo, 2002).

A falta de um sistema eficaz de segurança acaba causando problemas de relacionamento humano, produtividade, qualidade dos produtos e/ou serviços prestados e o aumento de custos. A pseudo economia feita não se investindo no sistema de segurança mais adequado acaba ocasionando graves prejuízos pois um acidente no trabalho implica baixa na produção, investimentos perdidos em treinamentos e outros custos (Grohmann, 1997).

De Aguiar e Mello (2008) mencionam a Análise do Modo e Efeito da Falha, conhecida como FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), metodologia que teve os seus primeiros registros de utilização conceitual em 1949, onde os militares americanos desenvolveram uma ferramenta com o objetivo de determinar o efeito da ocorrência de falha e problemas em



Citação (APA): Santos, A.G.S., Nascimento Jorge, G.P. do, & Cavaignac, A.L. de O. (2019). FMEA como ferramenta de identificação dos riscos ao trabalhador da construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 19-34.

sistemas e equipamentos. A sua primeira aplicação formal se deu na década de 60, pela indústria aeroespacial dos EUA, especificamente no projeto Apollo da agência norte-americana NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). É uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e de propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo. O princípio inicial desta ferramenta é a de detectar possíveis falhas antes que se produza uma peça e/ou produto, ou seja, voltada para os processos de fabricação, com sua utilização, diminuir as chances do processo ou produto falhar. Deste modo, busca aumentar a confiabilidade e qualidade do equipamento entregue ao cliente.

O FMEA é usado para identificar e numerar os possíveis modos de falha potencial e determinar o efeito de cada uma sobre o desempenho do sistema, de modo que sua identificação seja clara e objetiva, mediante um raciocínio basicamente dedutivo (Helman, 1995). O FMEA sugere a classificação dos riscos, de forma a priorizar os modos de falha de acordo com o índice de número de prioridade de risco ou RPN. Este número é produto da multiplicação de três índices independentes - severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) – com variação entre 1 a 10, conforme a melhor ou pior realidade observada (STAMATIS, 2003).

Existem várias formas ou modelos do formulário do FMEA. A organização tem que selecionar ou projetar o formulário de acordo com a realidade da sua obra, analisando os critérios específicos a cada edificação. Entretanto os elementos básicos são basicamente os mesmos: cabeçalho, funções, efeitos, modos de falha, causas, severidade, ocorrência, controles, detecção e medidas recomendadas (Palady, 1997).

Palady (1997) esclarece que as escalas precisam ser adaptadas, a fim de se adequar a cada organização. $RPN = Severidade \times Ocorrência \times Detecção$. Medidas recomendadas são as medidas indicadas para evitar o incidente da falha antes da concepção do produto/processo. Essa é uma das principais colunas na planilha do FMEA e deve ser preenchida para assegurar que serão tomadas medidas para inibir a ocorrência da falha potencial. Essa coluna indica que houve realmente análise sobre os riscos identificados.

Cavaignac & Uchoa (2018) realizou uma pesquisa devida à dificuldade da aplicação do FMEA, principalmente em correlações dos índices (O), (S) e (D) com condições reais em campo. A partir desta tabela um processo é observado e estudado qualitativamente e relacionado um índice quantitativo, sendo sua interpretação crescente de 1 a 10, que vai da



Citação (APA): Santos, A.G.S., Nascimento Jorge, G.P. do, & Cavaignac, A.L. de O. (2019). FMEA como ferramenta de identificação dos riscos ao trabalhador da construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 19-34.

situação mais favorável para mais desfavorável. A tabela 1 a seguir contém as correlações dos índices severidade, ocorrência e detecção.

Tabela 1 – Tabela de referência de índices de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D)

Severidade (S)		Ocorrência (O)		Detecção (D)	
Índice	Natureza da severidade	Índice	Natureza da ocorrência (O)	Índice	Método de detecção
1	Sem impacto real	6	Impacto sofrido	1	Inspeção Visual
2	Trauma irrelevante	5	Queda com diferença de nível	2	
3	Trauma que requer primeiros socorros	5	Impacto contra	3	Teste tátil/teste manual
4	Incapacidade temporária sem afastamento	5	Esforço excessivo ou inadequado	4	Aplicação de checklist / sequência de testes antes da tarefa
5	Incapacidade temporária com afastamento curto	5	Prensagem ou aprisionamento	5	
6	Incapacidade temporária com afastamento longo	5	Queda em mesmo nível	6	
7	Incapacidade permanente parcial	4	Exposição ao ruído	7	
8	Incapacidade permanente total	4	Contato com substância nociva	8	Inspeção instrumental/testes mecânicos
9	Óbito de envolvidos no processo	4	Choque elétrico	9	
10	Óbito de não envolvidos no processo	3	Atrito ou abrasão	10	Falta de métodos efetivos
		3	Contato com temperatura extrema		

Fonte: Cavaignac & Uchoa (2018). Adaptado.

2 METODOLOGIA

O artigo está fundamentado em um estudo de caso em uma obra de construção civil de médio porte situada no município de Balsas no estado do Maranhão. A obra é a construção de um Instituto de Educação Ciência e Tecnologia – IEMA, com aproximadamente 900m². A obra possui 60 funcionários trabalhando. As informações que estão contidas neste artigo foram extraídas do relatório fotográfico onde ocorreu a realização de avaliações de risco e a análise de informações adquiridas para a aplicação do FMEA.

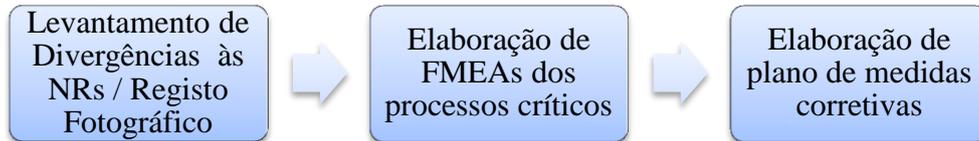
Primeiramente foi feito um relatório fotográfico *in loco* das situações contendo ou não inconformidade com as normas aplicáveis a cada situação. A partir desse relatório, foram elencados potenciais modos de falhas para as circunstâncias analisadas e iniciou-se a aplicação do FMEA. Por fim foram estabelecidas tabelas de FMEA para toda ação,



Citação (APA): Santos, A.G.S., Nascimento Jorge, G.P. do, & Cavaignac, A.L. de O. (2019). FMEA como ferramenta de identificação dos riscos ao trabalhador da construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 19-34.

qualificando um modo de falha, causas, efeitos, métodos de detecção, medidas corretivas e a construção do RPN (OxSxD). A partir desse ponto foi possível, quantificar, priorizando qual a situação que mais oferece risco e necessita de medidas corretivas urgentemente, traçando um plano com medidas corretivas.

Figura 1. Fluxograma das etapas para elaboração e implementação do FMEA.



Fonte: os autores, 2019.

3 DIVERGÊNCIAS ENCONTRADAS NO LOCAL DA OBRA

Feito o relatório fotográficos in loco, foi possível evidenciar as diversas divergências às NRs encontradas, que se repetiam em determinadas atividades, foram observadas tais divergências e registradas durante todo o estudo realizado (Figs. 02; 03; 04; 05; 06 e 07).

Figura 02 - Divergências identificadas: a) Falta de capacete de segurança, o colaborador está em local inapropriado para a permanência de pessoas; b) colaboradores em posição de risco de queda c) colaborador sem trava queda; d) os colaboradores não mantêm a distancia mínima da maquina; e) sem andaime para execução de serviço em altura



Fonte: os autores, 2019.



Citação (APA): Santos, A.G.S., Nascimento Jorge, G.P. do, & Cavaignac, A.L. de O. (2019). FMEA como ferramenta de identificação dos riscos ao trabalhador da construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 19-34.

Figura 03 – Divergências identificadas: a) colaborador em local inapropriado, sem auricular; b) colaborador sem capacete, sem protetor auricular; c) colaboradores sem trava queda, sem protetor auricular e em posição de risco a queda; d) os colaboradores não mantêm a distancia mínima da maquina; e) sem andaime para execução de serviço em altura.



Fonte: os autores, 2019.

Figura 04 – Divergências identificadas: a) colaborador sem luvas; b) colaborador sem bota apropriada para o tipo de atividade executadas; c) colaboradores sem luvas; A obra deveria possuir uma central de armação com cobertura para proteção dos armadores.



Fonte: os autores, 2019.



Citação (APA): Santos, A.G.S., Nascimento Jorge, G.P. do, & Cavaignac, A.L. de O. (2019). FMEA como ferramenta de identificação dos riscos ao trabalhador da construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 19-34.

Figura 05 – Divergências encontradas – a) colaborador utilizando furadeira sem óculos de proteção, sem protetor auricular, sem cinto de trava queda; b) colaborador sem cinto de trava queda; c) colaborador em posição insegura entre andaimes; d) andaime sem guarda corpo e rodapé; e) forração incompleta dos andaimes.



Fonte: os autores, 2019.

Figura 06 – Divergências encontradas – a) b) c) d) e) colaboradores em condição de risco, sem dispositivo de segurança contra quedas, sem guarda corpo com rodapé, a forma como o concreto está disponibilizado é inadequada para o serviço.



Fonte: os autores, 2019.



Citação (APA): Santos, A.G.S., Nascimento Jorge, G.P. do, & Cavaignac, A.L. de O. (2019). FMEA como ferramenta de identificação dos riscos ao trabalhador da construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 19-34.

Figura 07 – Divergências encontradas: os colaboradores estão sem dispositivo de segurança contra quedas, sem protetor auricular tipo abafador, o local de trabalho está sem guarda corpo com rodapé.



Fonte: os autores, 2019.

Com relação às estruturas de concreto é importante ressaltar que as fôrmas sejam elas de madeira ou metálica devem ser projetadas e montadas de modo que resistam às cargas a qual serão submetidas. Os suportes e escoras de fôrmas devem ser inspecionados antes e durante todo o processo da concretagem por um profissional habilitado. As armações para pilares, vigas entre outras estruturas verticais também precisam ser apoiadas e escoradas para evitar tombamento e desmoronamento. As peças e máquinas utilizadas no sistema transportador de concreto devem ser inspecionadas, antes do início dos trabalhos.

No local onde acontece a concretagem podemos observar através das figuras 2 e 3 serviços e divergências similares que entram em desacordo principalmente com as NRs 6,18 e 35, que podem ser identificadas na falta do uso do capacete de alguns colaboradores, sem o protetor auricular - que em longo prazo pode ser bastante prejudicial, falta de dispositivo contra queda e andaime para o serviço em altura, pois os trabalhadores tem o acesso ao pilar através da máquina (usando como escada ou andaime) em desacordo a NR-12. A mesma adverte que devemos manter uma distância mínima da máquina, contrário ao que é percebido na imagem em que a máquina esta servindo como escada também serve como transporte de concreto para concretagem dos pilares. Além disso, o que resulta o aumento no risco de acidente são as atitudes inseguras dos trabalhadores identificadas nas fotografias.



Citação (APA): Santos, A.G.S., Nascimento Jorge, G.P. do, & Cavaignac, A.L. de O. (2019). FMEA como ferramenta de identificação dos riscos ao trabalhador da construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 19-34.

A NR Nº 18 estabelece orientações de ordem administrativa, de planejamento e de organização, tem como objetivo principal a implantação de medidas de controle e sistemas preventivos no âmbito da segurança nos procedimentos realizados, nas circunstâncias e no meio ambiente de trabalho no setor da construção.

Nesta Norma Regulamentadora aborda sobre as orientações de como deveria proceder com a central de armação, serviços de dobragem e o corte do aço deve ser realizado sobre bancada ou plataforma sem risco de instabilidade, apoiadas sobre superfícies resistentes, niveladas e antiderrapantes, afastadas da área de circulação dos demais trabalhadores, deve ter cobertura resistente para proteção dos trabalhadores contra a queda de materiais e intempéries, ou seja, ao contrário do que é encontrado na figura 4. Além disso, lâmpadas para iluminação da área de execução dos serviços de armação de aço devem estar protegidas contra impactos provenientes da projeção de partículas ou de vergalhões.

Na figura 5 pode-se notar a probabilidade aumentada dos possíveis acidentes principalmente pela falta do uso de EPI's. Estes devem ser obrigatoriamente fornecidos pela empresa e a mesma deve fiscalizar o seu uso durante o desempenho do trabalho conforme a NR-6. Pode-se observar a falta do uso de luvas, óculos e protetor auricular, além da falta do guarda corpo, rodapé nos andaimes e os usuários sem a utilização de equipamentos contra queda.

Os equipamentos elétricos como vibradores de imersão e placas devem ter dupla isolamento e os cabos de ligação, devem ser protegidos contra choques mecânicos e cortes ocasionados por vergalhões, devendo ser observados antes e durante a utilização.

Na NR-18 cita a obrigatoriedade da instalação do sistema de guarda corpo e rodapé onde possuir risco de queda dos operários ou de projeção e materiais. Essa proteção é classificada como equipamento de proteção coletiva, por ter função de resguardar ou proteger mais de um colaborador de um possível acidente, o que não pode ser observado nas figuras 6 e 7 e mais uma vez podemos observar que o maquinário incorreto é usado para concretagem.

No caso de ocorrência de acidente fatal, é obrigatória a adoção de medidas como, comunicar o sinistro de imediato à autoridade policial competente para realização de perícias e ao órgão regional do Ministério do Trabalho que irá autuar a empresa responsável pela obra incluindo seu responsável técnico. O órgão fiscalizador poderá isolar o local diretamente relacionado ao acidente, mantendo sua íntegra as características do local do acidente até sua liberação pela autoridade policial competente e pelo órgão regional do Ministério do Trabalho.

A liberação do local poderá ser concedida após a investigação e perícia realizada pelo órgão regional habilitado do Ministério do Trabalho, que ocorrerá num prazo de até 72 (setenta e



Citação (APA): Santos, A.G.S., Nascimento Jorge, G.P. do, & Cavaignac, A.L. de O. (2019). FMEA como ferramenta de identificação dos riscos ao trabalhador da construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 19-34.

duas) horas, contado do protocolo de recebimento da comunicação escrita ao referido órgão, podendo, após esse prazo, serem suspensas as medidas referidas anteriormente.

4 APLICAÇÃO DO FMEA NO LOCAL DA OBRA

Um dos métodos para a determinação quantitativa da criticidade consiste no cálculo do Número de Risco de Prioridade (RPN - Risk Priority Number). Esse número é o produto dos três fatores calculados Severidade, Ocorrência e Detecção, retirados da tabela de referência proposta por Cavaignac & Uchoa, (2018) e obtido para cada um dos modos de falha potenciais. A seguir as tabelas de 2 a 4 têm informações adquiridas através da aplicação do FMEA, analisando os processos e identificando as causas da falha, natureza da ocorrência, efeitos, meio de detecção e medidas corretivas.

Tabela 2 – Aplicação do FMEA na concretagem dos pilares e lajes

Processo ou ação	Modo de falha	Causa básica da falha	Natureza da ocorrência (O)	(O)	Efeitos (S)	Meios de Detecção (D)	Índice de risco	Medidas corretivas	
Serviços de concretagem	Quedado trabalhador da estrutura do pilar	Falta de andaime /escada Falta de equipamento contra queda	Queda de diferente nível	5	Incapacidade temporária com afastamento curto	Visual	2	50 50	Utiliza andaime/escadas conforme a norma
	Impacto da máquina sobre o trabalhador	Uso improprio / distância mínima não respeitada	Impacto sofrido	6	Incapacidade temporária com afastamento longo	Visual	2	72	Uso da maquina para o serviço adequado respeitando as normas
	Queda do trabalhador da maquina	Ato inseguro	Queda de diferente nível	5	Incapacidade temporária com afastamento longo	Visual	1	30	Conscientização do ato totalmente negligente
	Queda da laje (trabalhadores)	Falta de EPC	Queda de diferente nível	5	Incapacidade permanente parcial	Visual	2	70	Aplicação da NR-18
	Queda da laje (materiais)	Falta de EPC	Impacto sofrido	6	Óbito de não envolvidos no processo	Visual	2	120	Aplicação da NR-18



Citação (APA): Santos, A.G.S., Nascimento Jorge, G.P. do, & Cavaignac, A.L. de O. (2019). FMEA como ferramenta de identificação dos riscos ao trabalhador da construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 19-34.

Falta de treinamento ou conscientização do usuário	Falta de habilidade do usuário	Queda de diferente nível	5	Incapacidade permanente parcial	7	Check list	5	175	Realizar treinamento
--	--------------------------------	--------------------------	---	---------------------------------	---	------------	---	-----	----------------------

Fonte: os autores, 2019; adaptado de CAVAIGNAC & FORTE (2018).

Tabela 3- Aplicação do FMEA para serviço de amarração de aço

Processo ou ação	Modo de falha	Causa básica da falha	Natureza da ocorrência (O)	(O)	Efeitos	(S)	Meios de Detecção	(D)	Índice de risco	Medidas corretivas
Amarrações de aço	Corte/Perfuração	Falta do uso dos EPI's	Atrito ou abrasão	3	Incapacidade temporária com afastamento curto	5	Visual	2	30	Fornecimento/Usos/Fiscalização Dos EPI's
		Local inadequado para serviço		3		5	Check list	5	75	Local apropriado para o serviço conforme a NR-18

Fonte: os autores, 2019; adaptado de Cavaignac & Forte (2018).

Tabela 4 – Aplicação do FMEA utilização de andaime

Processo ou ação	Modo de falha	Causa básica da falha	Natureza da ocorrência (O)	(O)	Efeitos	(S)	Meios de Detecção	(D)	Índice de risco	Medidas corretivas
Utilização de andaime	Queda do material do andaime	Falta de forração completa do andaime	Impacto sofrido	6	Incapacidade permanente parcial	7	Visual	2	84	
		Falta de guarda-corpo e rodapé	Queda de diferente nível	5	Incapacidade temporária com afastamento curto	5	Visual	2	50	Adequação do andaime as normas
	Queda do trabalhador do andaime	Falta de amarração e ancoragem do andaime em local fixo	Queda de diferente nível	5	Incapacidade temporária com afastamento curto	5	Visual	2	50	
		Trabalhadores sem treinamento	Queda de diferente nível	5	Incapacidade temporária com afastamento curto	5	Check list	5	125	Realizar treinamento

Fonte: os autores, 2019; adaptado de Cavaignac & Forte (2018).



Citação (APA): Santos, A.G.S., Nascimento Jorge, G.P. do, & Cavaignac, A.L. de O. (2019). FMEA como ferramenta de identificação dos riscos ao trabalhador da construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 19-34.

A tabela 2 contém serviços de concretagem de pilares, onde os trabalhadores não utilizam andaime ou escada para atingir o nível da estrutura do pilar e realizar a concretagem, fazendo uso da própria estrutura de escoramento do pilar como andaime e escada, havendo uma grande possibilidade de quebra, por que a estrutura foi projetada para escoramento e não para apoio ou piso. Diante desse cenário a natureza da ocorrência será a queda de diferente nível com índice (O) igual 5 e provavelmente o trabalhador vai adquirir uma incapacidade temporária com um afastamento curto, no qual é representado com índice de severidade (S) igual 5. Por outro lado possui uma fácil detecção, sendo apenas visual com índice (D) igual 2. Por fim, o RPN desse eventual modo de falha é 50, podendo ter FMEA em sua correção apenas o uso de andaimes e o uso de dispositivos contra queda.

Nesta tabela se estuda o uso do maquinário como transporte de concreto para concretagem que tem seu RPN igual 72. Este maquinário é inadequado para o serviço e que de acordo com as NR-12 e 18 as áreas com serviços com esse tipo de máquina devem ser sinalizadas e as pessoas precisam manter uma distância mínima onde não foi presenciada na situação. Se por ventura o operador da máquina venha fazer alguma manobra equivocada pode atingir um dos operários devido à proximidade, acarretando uma natureza de ocorrência de impacto sofrido de índice (O) igual 6 gerando uma incapacidade temporária de longo prazo, que mais uma vez tem sua detecção apenas visual com índice igual 2. É importante salientar que nesses serviços é necessário o uso do transporte adequado sempre respeitando as normas.

Vale ressaltar que na figura foram registrados atos inseguros por parte dos trabalhadores – estar sobre a máquina e sem o uso de EPI's, de forma negligente - resultando em um serie de ocorrência de queda de diferentes níveis de índice (O) igual 5. Deste modo pode causar uma incapacidade temporária longa, pois o mesmo está sem os EPI's, o que agrava a queda. Por outro lado, o meio para a detecção é o mais simples - o visual - de índice (D) igual 1, gerando um valor de RPN igual 30.

Em serviços de concretagem de laje conforme com a NR-18, é necessário à implantação dos EPC's (a partir da primeira laje), principalmente onde tive possibilidade de queda do trabalhador ou material. Diante do exposto, verificamos as divergências nos processos que na falta dos Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) deixa de prevenir a queda possível tanto do trabalhador como material, sendo a de maior gravidade a do objeto que dependendo de qual atingir o trabalhador em baixo pode ocasionar óbito do mesmo, levando em consideração a altura, em consequência disso seu índice de RPN é 120, em uma ação corretiva nessa obra devem-se adotar os EPC imediatamente. Nesse estudo o RPN mais alto foi o de 175,



Citação (APA): Santos, A.G.S., Nascimento Jorge, G.P. do, & Cavaignac, A.L. de O. (2019). FMEA como ferramenta de identificação dos riscos ao trabalhador da construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 19-34.

representado pela falta de treinamento ou conscientização do usuário, principalmente quando a muitos trabalhadores executando o serviço, têm-se a necessidade do treinamento e sua detecção só é feita por check list, que tem o índice (D) igual 5 e numa eventual falha que resultará em queda de diferentes níveis poderá proporcionar ao colaborar uma incapacidade permanente parcial, devido altura da queda.

Neste artigo o FMEA foi aplicação em amarrações do aço para os pilares, como já mencionado anteriormente esse serviço está sendo realizado de forma irregular, pois está sendo executado em bancada em desconformidade com a NR-18 e está a céu aberto. Nessa ação a principais possíveis falhas são as de corte ou perfurações, ou seja, possui sua natureza de ocorrência em atrito ou abrasão de índice (O) igual 3, o afastamento vai ser apenas temporário e curto com índice de severidade igual 5. Para o processo citado, as possíveis falhas têm duas causas verificadas a Falta de EPI's e o serviço em local impróprio, ambas têm índice iguais mencionados anteriormente e o que difere uma da outra é o meio de detecção, uma é visual e outra check list como pode ser observado na tabela 3.

O acidente ocasionado pelo andaime pode se dar através da queda do trabalhador ou material do andaime. A queda do material é causada pela forração incompleta do andaime, caindo material ou ferramenta e atingindo outro colaborador não envolvido por impacto acarretando em uma incapacidade permanente parcial de índice de severidade igual 7, porém na situação de fácil detecção com um índice igual 2, gerando um RPN igual 84, que merece atenção e medidas corretivas, ou seja, a adequação do andaime a norma. Vale ressaltar que esse cenário é bem plausível, visto que na situação estudada tem um colaborador em baixo dos andaimes em zona de perigo, aquele local deveria ser isolado e sinalizado, conforme a norma.

Em outro cenário que temos é a queda do trabalhador que pode ser causada pela falta do guarda corpo, rodapé e ancoragem do andaime em lugar imóvel, em que sua natureza de ocorrência seria a queda de diferente nível com índice (O) igual 5, acarretando em incapacidade temporária com afastamento curto com índice de severidade igual 5, ambos têm o meio de detecção visuais igual 2, RPN igual 50 e as soluções corretivas (adequação do andaime as normas).

5 CONCLUSÃO

Para desfecho desse estudo podemos perceber que em todas as tabelas a maior parte dos processos poderiam ser detectados apenas pelo visual, podemos então concluir que os funcionários possuem o desconhecimento das normas, falta fiscalização de profissionais



Citação (APA): Santos, A.G.S., Nascimento Jorge, G.P. do, & Cavaignac, A.L. de O. (2019). FMEA como ferramenta de identificação dos riscos ao trabalhador da construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 19-34.

habilitados ou as normas não são levadas a sério, assumindo os riscos de forma negligente. Quanto aos índices de risco obtidos pelos modos de falhas, os que obtiveram maiores números foram relacionadas os processos de concretagem e utilização de andaimes. A tabela 5 contém um plano de ações corretivas a partir da priorização de risco baseado nos RPNs.

Tabela 5. Plano de ações corretivas para os modos de falha com maior índice de risco.

Ordem	Processo	Modo de falha	Causa básica da falha	RPN	Ações corretivas
1º	Serviço de concretagem	Falta de treinamento ou conscientização do usuário	Falta de habilidade do usuário	175	Realizar treinamento
2º	Utilização de andaime	Queda do trabalhador andaime	Trabalhadores do sem treinamento	125	Realizar treinamento
3º	Serviço de concretagem	Queda do material da laje	Falta de EPC	120	Adequação à NR-18
4º	Utilização de andaime	Queda do material andaime	Falta de forração completa do andaime	84	Adequação do andaime às normas

Fonte: os autores, 2019.

Além disso, presume-se que falta de treinamento foi a responsável pelo os maiores índices de RPN, provando assim que a segurança no trabalho é colocada em segundo plano. Todavia podemos observar com o auxílio da ferramenta FMEA o quanto pode custar muito caro para a empresa e principalmente para o trabalhador, haja vista as possíveis falhas no estudo onde seus efeitos levariam ao óbito das pessoas não envolvidas. Por outro lado a principal contribuição dessa ferramenta é o uso do FMEA para gestão na engenharia relacionada à saúde e a segurança do trabalho. Portanto, tem-se a dimensão da importância dessa ferramenta, uma vez que no estudo apresentado foi possível elencar os riscos de forma quantitativa. Com isso, o planejamento e a gestão da trabalho segurança do trabalho, pode fazer cada vez uso da ferramenta FMEA para definir suas prioridades de ação, tornando-a mais eficiente.



Citação (APA): Santos, A.G.S., Nascimento Jorge, G.P. do, & Cavaignac, A.L. de O. (2019). FMEA como ferramenta de identificação dos riscos ao trabalhador da construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 19-34.

REFERÊNCIAS

ANA, FIESP, SindusCon-SP, SINDUSCON-SP & COMASP. (2005). *Conservação e Reúso de água em Edificações*. São Paulo: Prol Editora Gráfica.

Araújo, N.M.C. (2002). *Custos de implantação do PCMAT na ponta do lápis*. São Paulo: Fundacentro.

Calleri, C. (2007). *Auxílio-doença acidentário: reflexos no contrato de trabalho*. São Paulo: LTr.

Cavaignac, A.L. de O., & Uchoa, J.G.L. (2018). Obtaining FMEA's indices for occupational safety in civil construction: a theoretical contribution. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 15(4), 558-565.

Cavaignac, 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-BJPE*, 4(3), 132-149.

De Aguiar, D.C., & Mello, C.H.P. (2008). *FMEA de processo: uma proposta de aplicação baseada nos conceitos da ISO 9001: 2000*.

FAZENDA, M.D. (2017). *Anuário estatístico da previdência social*. Instituto Nacional do Seguro Social. Brasília, p.10.

Grohmann, M.Z. (1997). *Segurança no trabalho através do uso de EPI's: estudo de caso realizado na construção civil de Santa Maria*. Universidade Federal de Santa Maria-Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Guedes, E. de M., & Silveira, L.C. (2017). *Segurança do trabalho na construção civil: verificação das normas regulamentadoras em canteiro de obra*. Engenharia Civil-Pedra Branca.

Helman, H., & Andery, P.R.P. (1995). *Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG.

Ilda, I. (2005). *Ergonomia: projeto e produção*. São Paulo: Edgard Blücher.

Palady, P. (1997). *FMEA - análise dos modos de falha e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram*. São Paulo: IMAN.

Santana, V.S., & Oliveira, R.P. (2004). Saúde e trabalho na construção civil em uma área urbana do Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 20(3), 797-811.

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

