



ConBRepro

XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



ESG nas Engenharias

30 a 02
de dezembro 2022

Aplicação de sistema de trilho rígido para linha de vida na prevenção ao risco de queda em altura

Pâmela Aléssio Coiro

Engenharia de Produção – Faculdade CNEC Gravataí

Emerson dos Santos Passari

Engenharia de Produção – Faculdade CNEC Gravataí

Cainã Lima Costa

Engenharia de Produção – Faculdade CNEC Gravataí

Resumo: A segurança do operador em uma planta industrial é altamente relevante, principalmente em trabalho em altura onde os acidentes potenciais possuem elevada gravidade. Neste aspecto, uma empresa de não-tecidos, analisando as atividades desenvolvida em sua planta e aplicando a ferramenta FMEA detectou a necessidade de implementação de dispositivo de linha de vida para a manutenção em máquinas que necessitavam de adequação a NR35. Com isso, o presente trabalho a metodologia de implementação do sistema e motivação pela escolha do sistema de trilho rígido em relação ao cabo de aço convencional. Como resultado obteve-se um sistema de linha de vida confiável, representando maior segurança aos trabalhadores, seguido do correto treinamento dos colaboradores quanto a utilização adequada.

Palavras-chave: NR35, Linha de Vida, FMEA.

Application of rigid rail system for Lifeline in the prevention of fall from height risk

Abstract: Operator safety in an industrial plant is highly relevant, especially when working at heights where potential accidents are very serious. In this aspect, a non-woven company, analyzing the activities developed in its plant and applying the FMEA tool, detected the need to implement a lifeline device for maintenance on machines that needed to be adapted to NR35. With that, the present work the methodology of implementation of the system and motivation for the choice of the rigid rail system in relation to the conventional steel cable. As a result, a reliable lifeline system was obtained, representing greater safety for workers, followed by the correct training of employees regarding proper use..

Keywords: NR35, Lifeline, FMEA.

1. Introdução

Em uma empresa de não-tecidos, a segurança dos trabalhadores faz parte basilar de seus princípios, que busca continuamente manter a saúde e a integridade de seus empregados em suas operações. Com base nessa premissa, a unidade de Gravataí, localizada no

estado do Rio Grande do Sul, analisou todas as atividades desenvolvidas dentro de sua planta para o reconhecimento dos principais riscos ocupacionais e, conseqüentemente, trabalhar na eliminação ou redução desses potenciais.

Utilizando a ferramenta FMEA, realizou-se diversas análises qualitativas das atividades operacionais dentro de todos os processos produtivos utilizando pontuações específicas de acordo com modos de falhas potenciais avaliados com base nos critérios: frequência, consequência e severidade, os quais recebem pontuações a partir de escalas numéricas que variam de 1 a 10. O produto matemático obtido com as três pontuações dos critérios para cada um dos modos de falhas, determina o número de prioridade de risco (Risk Priority Number, RPN), indicando o nível de risco associado à falha. Os modos de falhas com o número de risco (RPN) mais elevado devem receber maior atenção e tratamento prioritário e sua adequação realizadas de acordo com os procedimentos internos da empresa (Ouyang *et al.*, 2022). Após a implementação do FMEA, destacou-se a necessidade de atuação com medidas de engenharia para a redução de um risco muito presente nas atividades: o risco de queda para atividades em altura.

Uma das principais causas de acidentes de trabalho graves e fatais se deve a eventos envolvendo quedas de trabalhadores de diferentes níveis (Gonçalves filho *et al.*, 2018). Os riscos de queda em altura existem em vários ramos de atividades e em diversos tipos de tarefas, inclusive em algumas atividades em área produtiva na empresa. Segundo a NR 35 (Brasil, 2016), considera-se trabalho em altura toda e qualquer atividade executada em desnível acima de 2,00 m do nível inferior, onde haja risco de queda. Portanto, para a redução da exposição ao risco de queda, desenvolveu-se o projeto na fábrica em parceria com a instituição de ensino com o objetivo reduzir o risco de queda para algumas atividades desenvolvidas acima de 2,00 m para máquinas específicas da produção, atendendo assim, o proposto na NR35 e apresentando a importância da implementação desse projeto no impacto de redução de acidentes com potencial de risco grave e iminente à vida. O projeto de desenvolvimento e montagem do sistema de trilho rígido para linha de vida na prevenção ao risco de queda foi planejando, desenvolvido, apresentado internamente e implementado na empresa. Acrescenta-se que, foi possível identificar os fatores que propiciaram a obtenção de soluções, reduzindo em grande proporção a possibilidade de acontecer um acidente de potencial grave a vida do trabalhador ou até mesmo fatal, executando o projeto em menor tempo e custo possível, com materiais de qualidade e em cumprimento aos requisitos técnicos da NR35.

Durante o estudo foram utilizados cálculos para o desenvolvimento da estrutura de acordo com: os principais movimentos do trabalhador, fator de queda e implementação de materiais mais adequados. Desta forma, o objetivo do presente trabalho é apresentar o desenvolvimento do Sistema de Trilho Rígido para Linha de Vida, visando reduzir riscos de queda em atividades desenvolvidas acima de 2,00 m em máquinas da produção, atendendo assim, o proposto na NR35.

Este artigo está dividido em 5 seções. A primeira, contextualiza o tema geral do trabalho, descrevendo sobre o problema do trabalho em altura e apontando o objetivo de realização do projeto. Na segunda seção é abordada a metodologia e desenvolvimento geral do projeto. A terceira seção traz uma revisão teórica sobre o cálculo linha de vida e queda, bem como a seleção de materiais. Na quarta seção apresenta-se a pesquisa de campo e aplicação do projeto. Por fim, na quinta seção são apresentadas as conclusões, determinando a importância da aplicação do trilho rígido como solução para o problema.

2. Materiais e Métodos

Levando em consideração que o objetivo principal do projeto é a promoção de meios que garantam a segurança dos trabalhadores nas atividades com riscos de queda em altura, é fundamental que a execução das tarefas previstas no processo construtivo esteja em

conformidade com as exigências da legislação de segurança do trabalho vigente, esta última cada vez mais restritiva, para garantir que todo trabalho em altura seja realizado de maneira segura.

Um dos princípios fundamentais da prevenção de riscos é eliminá-los na sua origem. Na situação apresentada não foi possível eliminar. Desta forma, o desafio do estudo foi o desenvolvimento de um caminho de acesso seguro, trabalhando na aplicação dos conceitos de mecânica aplicada, tecnologia de materiais e desenvolvimento de projetos.

A NR35 (Brasil, 2019) estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução, de modo a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com essa atividade. Considerando que trabalhar em altura seja toda atividade executada acima de 2,00m do nível inferior, onde haja risco de queda e, contudo, o item 35.4 – Planejamento, Organização e Execução, subitem 35.4.2, obriga a utilização de uma hierarquia de controle para a proteção contra a queda de altura quando do planejamento do trabalho, da seguinte forma:

- Medidas para evitar o trabalho em altura, sempre que existir meio alternativo de execução;
- Medidas que eliminem o risco de queda dos trabalhadores, na impossibilidade de execução do trabalho de outra forma;
- Medidas que minimizem as consequências da queda, quando o risco de queda não puder ser eliminado.

A hierarquia é dividida em três partes: eliminar, prevenir e mitigar os riscos de queda. Sendo que, os dois primeiros eliminam o risco de queda (Figura 1). Considerando então que, a eliminação total do risco de queda devido ao trabalho em altura não foi possível, durante o período do estágio foram desenvolvidos o projeto e a montagem de um sistema de trilho rígido para linha de vida.

Figura 1 – Hierarquia de controle proposta para trabalho em altura



Fonte: Autores (2022)

Entende-se como linha de vida, a estrutura onde é conectada o elemento de ligação, que pode ser o talabarte, trava quedas ou corda, no cinto de segurança do trabalhador. É considerado um Equipamento de Proteção Coletiva (EPC), uma vez que suporta mais de um colaborador simultaneamente, na maioria dos sistemas (Mendes, 2013).

O sistema foi projetado com carro *trolley* manual acoplado nas vigas de acordo com a estrutura física da máquina para a fixação do dispositivo trava quedas. O profissional que usufruirá do sistema deverá utilizar seu cinto de segurança no trava queda que fixado ao *trolley* está ligado a estrutura da viga de sustentação e assim, irá trabalhar nas linhas estacionadas nas vigas. O trilho rígido é considerado um dispositivo de ancoragem e é empregado em linha de vida rígida horizontal permanente, com desvio de até 15° do plano horizontal em qualquer ponto de sua trajetória. O *trolley* percorre toda sua extensão e serve

como ponto de ancoragem para fixação de trava queda retrátil. Esse sistema proporciona maior segurança ao trabalhador, pois, permite que este fique conectado à linha de vida ininterruptamente durante a execução do trabalho em um fator de queda próximo a zero.

3. Referencial Teórico

3.1 Zona livre de queda e fator de queda

Zona livre de queda é o primeiro estudo a ser analisado antes de iniciar o projeto de instalação de linha de vida. Segundo a revista publicada pela SESI Departamento Nacional – Guia prático de Linha de Vida (2017), a zona livre de queda é a região compreendida entre o ponto de ancoragem e o obstáculo inferior mais próximo contra o qual o trabalhador possa colidir em caso de queda, tal como o nível do chão ou o piso inferior. Dependendo da altura disponível para queda não é possível a instalação da linha de vida flexível. Segundo a NR 35 (Brasil, 2019), o fator de queda trata-se da relação entre altura de queda e o comprimento da corda disponível para suportar a força choque da queda, equação 1.

Baseado no resultado,

- Fator de Queda < 1: Nesse caso o deslocamento de queda será inferior ao tamanho do talabarte;
- Fator de Queda = 1: A queda corresponde ao tamanho total do talabarte;
- Fator de Queda = 2: O deslocamento de queda será o dobro do tamanho do talabarte.

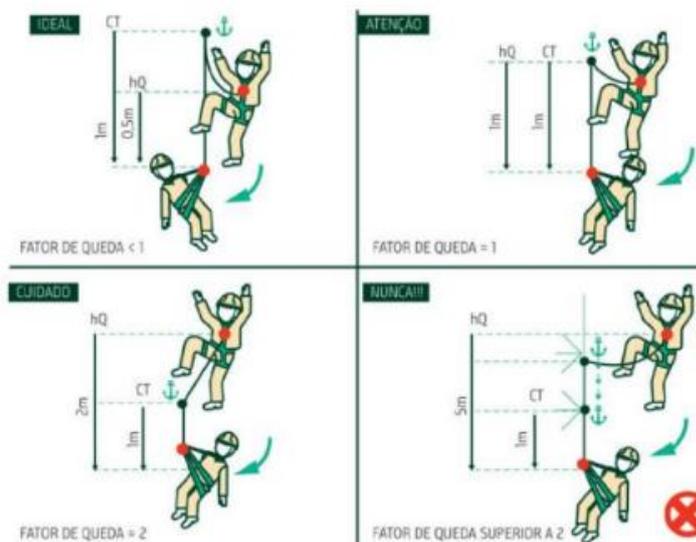
Equação 1 – Fator de queda

$$\text{Fator de queda} = \frac{\text{Altura da queda disponível}}{\text{Comprimento da corda do sistema}}$$

Fonte: SESI - Guia Prático para Cálculo de Linha de Vida (2017)

Logo, quanto mais baixo estiver a ancoragem em relação ao corpo do trabalhador, maior será a distância de queda livre e conseqüentemente maior será o fator de queda. A Figura 2, apresenta exemplos de instalação do ponto de ancoragem e conseqüências.

Figura 2 – Fatores de Queda



Fonte: SESI - Guia Prático para Cálculo de Linha de Vida (2017)

3.2 Resistência estrutural dos materiais

O estudo referente à resistência dos materiais compreende o entendimento do comportamento de materiais sólidos submetidos a diferentes forças, levando em considerações o efeito que tais forças externas produzem no interior do material. É importante ressaltar que o comportamento de um sólido submetido a forças externas não depende somente de tais forças, mas também de características intrínsecas do próprio material ou de seus componentes (Bento, 2003).

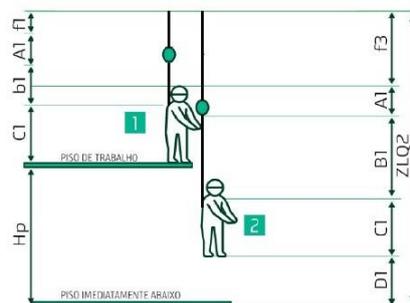
De acordo com Bernardi (2007), os materiais são estudados de modo a atender dois aspectos no que concerne à resistência dos materiais: dimensionamento (ou seja, a determinação dos esforços que irão atuar no material, fixando as dimensões mínimas necessárias da peça para que esta resista ao esforço à que será submetida); e verificação (verificar o exposto no item anterior, se a peça ou material já fabricado é capaz de suportar os esforços para os quais foi dimensionado). Ainda conforme o autor, três fatores devem ser levados em consideração para garantir tais aspectos: segurança à ruptura (preservação da integridade física do material); deformabilidade (pequenas deformações nos materiais ao longo do tempo são inevitáveis, mas é possível controlá-las); e economia (caso as peças sejam dimensionadas de modo a evitar rupturas e deformidades, seu custo será mais elevado).

No desenvolvimento de projetos de produtos, fatores como segurança e durabilidade estão intimamente ligados a seleção dos materiais (Baxter, 2007). Com isso, na concepção de um sistema de linha de vida, essencial para a vida do operador, tais aspectos devem ser considerados na seleção do projeto.

3.3 Cálculo da zona livre de queda (ZLQ)

Um dos primeiros cálculos que se deve fazer para o projeto de linha de vida é o da zona livre de queda (ZLQ), com o intuito de saber se prossegue com o projeto ou não, visto quemuitas vezes com a altura disponível na obra não é possível a instalação de uma linha de vida flexível. Parte-se então para a linha rígida ou pontos de ancoragem individual ou utilização de trava-quadras retrátil. A zona livre de queda é a região compreendida entre o ponto de ancoragem e o obstáculo inferior mais próximo contra o qual o trabalhador possa colidir em caso de queda, tal como o nível do chão ou o piso inferior (Branchtein, 2018). Para o projeto, foi utilizado o trava-quadras retrátil diretamente acoplado ao anel D do cinturão de segurança tipo paraquedista.

Figura 3 – Exemplo De Cálculo Da Zlq Em Um Spiq Com Trava Quadras Retrátil



Fonte: Adaptado De Branchtein *et al.* (2015)

4. Pesquisa de Campo e Resultados

Segundo De Paula, (2022) a ferramenta 5W2H é um checklist administrativo de atividades, prazos e responsabilidades que devem ser desenvolvidas com clareza e eficiência por todos os envolvidos em um projeto. Tem como função definir o que será feito, porque, onde,

quem irá fazer, quando será feito, como e quanto custará. A ferramenta 5W2H foi escolhida devido a sua construção ser bastante eficiente para montar o plano de ação, assim como no acompanhamento de cada tarefa. Sendo assim, esse mecanismo permite a visualização rápida das necessidades, atividades a serem realizadas, responsáveis e o tempo para concluir o projeto. As etapas foram definidas:

- Planejamento das áreas para a realização das análises através de cronograma;
- Realizar levantamento técnico de risco das atividades operacionais (FMEA) do site de Gravataí;
- Desenvolvimento do projeto para redução da exposição ao risco de queda;
- Apresentação interna e aprovação do projeto;
- Planejamento para execução do projeto;
- Execução do projeto;
- Apresentação do projeto concluído e treinamento operacional aos envolvidos;

O levantamento técnico dos riscos através do FMEA, apontou os principais riscos a serem abordados (Figura 4). Com RPN de 160, considerado um risco não tolerável pelas diretrizes estipuladas, a atividade de manutenção elétrica, mecânica ou de limpeza na parte superior da máquina apresentou elevado risco a integridade do colaborador, principalmente considerando as graves consequências uma vez que o método protetivo não estava adequado.

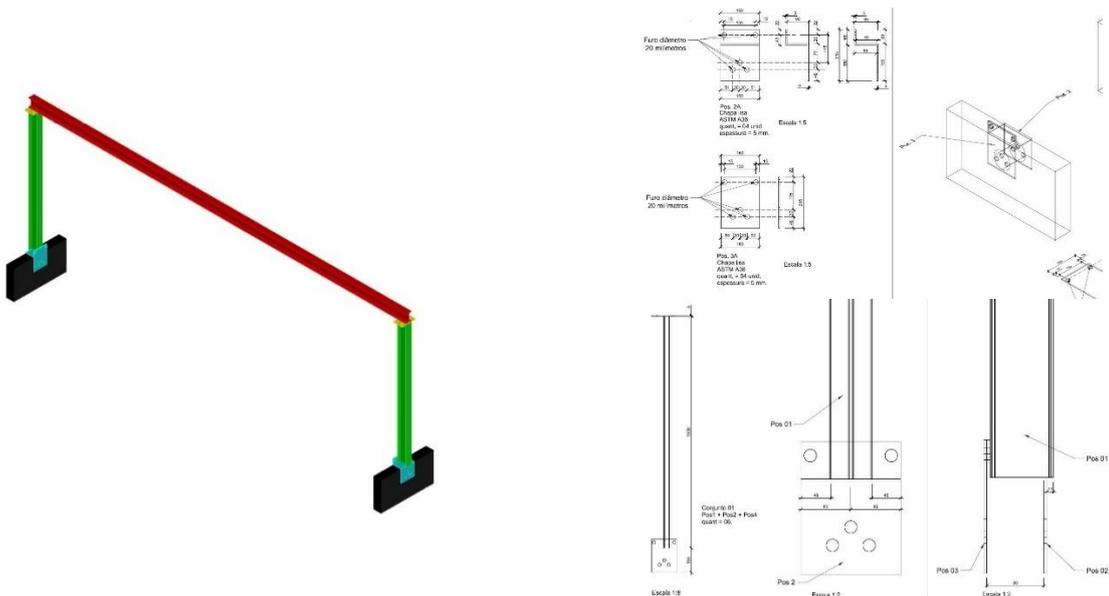
Figura 4 – Principais riscos FMEA

Fábrica	Área	Atividade	Frequência	Risco	Consequência	Probabilidade	Fatores de Contribuição	Fonte	Proteção Atual	RPN
RS8, RS7, RS6 e NT	Corte	Realização de manutenção elétrica, mecânica e limpeza técnica na área superior do corte.	10	Quedas, escorregões e tropeços	3D	2	Acesso por escadas. Deslocamento entre as atividades.	Escadas. Atividade.	Cintos de segurança, talabarte. Olhos e mente na tarefa. Uso de corrimão (Reforço através de DS e IPS). Sapato de segurança adequado. Treinamento sobre riscos (BBS). (Obs.: Ausência de ponto de ancoragem adequado).	160
			4	Bater contra	4	2	Estruturas da máquina. Deslocamento durante a atividade.	Estrutura de conexão das mangueiras. Atividade.	Olhos e mente na tarefa. Treinamento sobre riscos (BBS). Boné de segurança em paradas.	64
			4	Atingido por objeto	4	2	Movimentação do rolo cavaleiro	Máquina.	Bloqueio elétrico e pneumático. Uso do cadeado e TAG. Procedimento de LOTO. Treinamento sobre Energias Perigosas. Treinamento sobre riscos (BBS).	96
			4	Preso entre, prensamento ou esmagamento.	4	2	Movimentação do rolo cavaleiro	Máquina.	Bloqueio elétrico e pneumático. Uso do cadeado e TAG. Procedimento de LOTO. Treinamento sobre Energias Perigosas. Treinamento sobre riscos (BBS).	128
			4	Contato com partes móveis ou rotativas	4	2	Para a retirada do embuchamento, acesso às lâminas. Limpeza ao interior da janela com ar comprimido	Lâminas do moinho. Poeira.	Bloqueio elétrico e pneumático. Uso do cadeado e TAG. Procedimento de LOTO. Treinamento sobre Energias Perigosas. Treinamento sobre riscos (BBS).	128
			4	Piso irregular ou escorregadio.	4	2	Acesso por escadas. Deslocamento entre as atividades.	Escadas. Atividade.	Olhos e mente na tarefa. Uso de corrimão (Reforço através de DS e IPS). Sapato de segurança adequado.	64
			4	Risco para terceiros	4	2	Acesso às lâminas e a máquina aberta.	Máquina. Lâminas.	Realizar o isolamento. Na presença de prestadores de serviços, os mesmos deverão realizar suas atividades através de APR ou PT (quando aplicável). Utilização de LOTO e realização de integração de segurança.	128

Fonte: Autores (2022)

Desta forma, projetou-se um sistema para redução das consequências em caso de quedas, substituindo os simples cintos de segurança utilizados (EPIs) por um sistema com ponto de ancoragem adequado, implementando o sistema de trilho rígido (EPC) que permite maior segurança a todos os operadores. A Figura 5 apresenta o desenho do projeto de trilho rígido implementado como linha de vida.

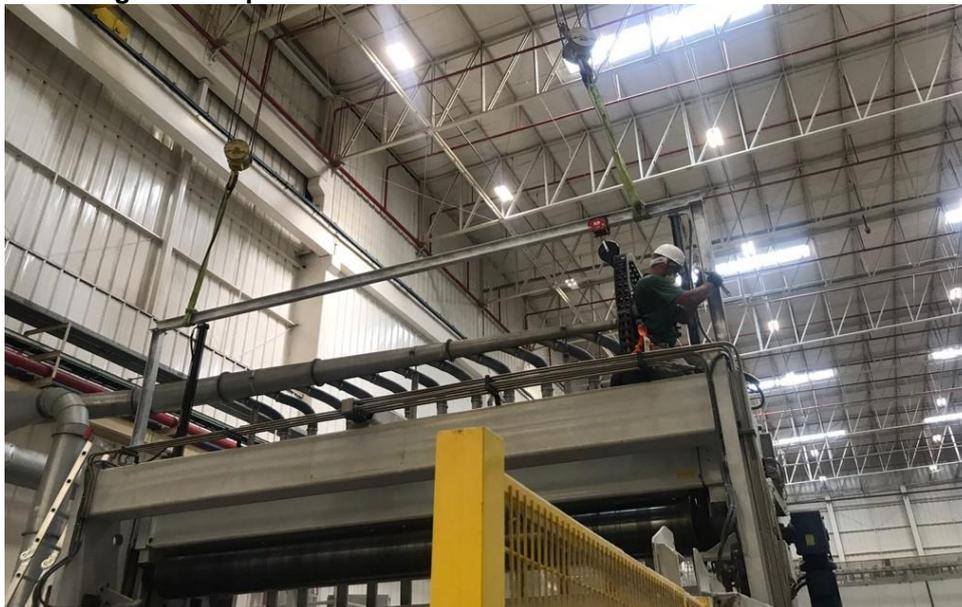
Figura 5 – Projeto da Linha de Vida



Fonte: Autores (2022)

Construída o sistema de trilho rígido e devidamente instalado na planta da fábrica (Figura 6), realizou-se por fim o treinamento para correta utilização do sistema, entendendo que não apenas a implementação de equipamento de segurança são relevantes como também a devida instrução sobre a sua correta utilização (Gonçalves Filho *et al.*, 2018).

Figura 6 – Operador utilizando o novo sistema de linha de vida



Fonte: Autores (2022)

4.1 Definição do sistema de trilho rígido versus sistema de cabo de aço

Para o desenvolvimento da linha de vida, o sistema de trilho de rígido neste caso poderia ter sido substituído pela aplicação do sistema de cabo de aço, que pela norma atende as especificações necessárias para o trabalho. Contudo, fazendo a análise comparativa para a escolha do sistema mais adequado, elaborou-se um levantamento das principais características de cada sistema, apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparativos entre trilho rígido e cabo de aço – Impacto de Queda

Sistema de cabo de aço	Sistema de trilho rígido
A queda resulta na deformação nos pontos de fixação da linha e gera forças de impacto de em torno de 6 kN ao dispositivo de ancoragem e provoca uma flecha vertical.	Em caso de queda durante a utilização do sistema de trilho rígido, a força exercida é vertical e se dissipa ao longo do trilho.
No sistema de linha de vida de cabo de aço, quando acontece uma queda as forças repassadas para às extremidades são pelo menos 300% maiores, dependendo da tensão do cabo. Ou seja, cada extremidade é submetida à uma força de pelo menos 18 kN.	A estrutura onde o trilho está fixado não sofrerá danos.
Se a tensão do cabo não for adequada, as forças de impacto geradas podem ser ainda superiores.	O trilho deverá ser retirado de uso e inspecionado por profissional habilitado. Mas, diferente do sistema de cabo de aço, ele poderá ser liberado para utilização caso o profissional assim determine, sem que seja necessária sua substituição.
Nas linhas instaladas o estrago pode ser maior. Ele e todos os componentes da linha deverão ser removidos de serviço e substituídos.	Neste caso, apenas o trava queda deverá ser substituído.
Estas não foram projetadas para receber as forças horizontais da queda. O cabo de aço é esmagado e esforçado ao limite. Além disso, se o sistema de cabo de aço for utilizado por mais de uma pessoa simultaneamente e uma delas sofre uma queda, a outra sofrerá um impacto decorrente desta.	No sistema de trilho rígido, o outro colaborador não será afetado pela queda.

Fonte: Autores (2022)

5. Conclusões

O presente trabalho explicita a metodologia de implementação do projeto de Sistema de Trilho Rígido para Linha de Vida, com o objetivo reduzir o risco de queda para atividades desenvolvidas acima de 2,00 m em algumas máquinas de produção, atendendo o proposto na NR35 e apresentando a importância da implementação desse projeto no impacto de redução de acidentes com potencial de risco grave e eminente a vida dos trabalhadores.

Após a análise de RPN via FMEA destacou-se a necessidade de atuação com medidas para a redução do risco de queda para atividades em altura, muito presente nas atividades da empresa. A partir desta análise, elaborou-se o projeto de um Equipamento de Proteção Coletiva (EPC), visando proporcionar maior segurança ao operador. Realizando os cálculos e análise de materiais para implementação, optou-se pela concepção do sistema de trilho rígido.

Sabe-se que a dificuldade em executar os trabalhos em altura faz com que o colaborador use o sistema da maneira incorreta ou até mesmo não o utilize. Em adicional, observa-se que o sistema de cabo de aço está se tornando cada vez mais obsoleto, devido às vantagens que o sistema de trilho rígido proporciona.

No comparativo puramente financeiro o sistema de trilho rígido é considerado mais custoso que o sistema de cabo de aço, contudo a longo prazo, quando analisada a durabilidade destes sistemas, o trilho rígido oferece maior vantagem econômica, uma vez que comparado ao sistema de cabo de aço:

- Possui vida útil maior;
- Não precisa ser trocado após uma queda;

- E principalmente, garante ao trabalhador melhor usabilidade, mais segurança e ganho em produtividade.

Ao final do projeto, realizou-se o devido treinamento dos colaboradores para o correto uso do equipamento. Com a medida, reduziu-se a severidade das implicações dos acidentes no caso de quedas, contribuindo para uma maior segurança dos operadores na fábrica.

Apesar das limitações da pesquisa, em não haver tempo suficiente a partir desta implementação para analisar os ganhos reais na redução de acidentes e suas severidades, espera-se que a metodologia adotada sirva como referência para a contínua análise de causas de acidentes em potencial e melhoria das condições de segurança, principalmente no trabalho em altura. Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se uma nova análise de RPN para identificação do impacto das ações no FMEA da empresa.

Referências

BAXTER, M. **Projeto De Produto. Guia Prático Para O Design De Novos Produtos.** Edgard Blucher; 2ª, Revista edição, São Paulo, 2007.

BENTO, D. A. **Fundamentos de resistência dos materiais.** Curso Técnico de Mecânica, GEMM, CEFETSC, Florianópolis, 2003.

BERNARDI, R. **Investigação numérica de flambagem em elementos esbeltos de perfis metálicos.** Ijuí, 80 p., 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

BRANCHTEIN, M. C. Análise de riscos do uso de um sistema de proteção contra quedas com linha de vida horizontal como proteção de periferia na Construção Civil brasileira. **Laborare**, Bahia, v.1, n.1, p. 151-179, 2018.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. NR 35 – Trabalho em Altura. Redação da Portaria SIT 313, de 23-03-2012, e alterações posteriores, até a Portaria SEPRT 915, de 30-07-2019. 2019.

DE PAULA, G. B. O que é 5W2H: reduza incertezas, ganhe produtividade e aprenda como fazer um plano de ação. Disponível em: < <https://www.treasy.com.br/blog/5w2h/>> Acesso em: 08 out. 2022.

GONÇALVES FILHO, A. P.; BARBOSA, A.S.; FERREIRA, B. N. O papel do fator humano nos acidentes envolvendo queda no Brasil no período de 2009 a 2014. In: XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, **Anais...** Maceió, Alagoas, Brasil: Enegep. 16 a 19 de outubro de 2018.

MENDES, M. R. A. **Prevenção de acidentes nos trabalhos em altura.** Juiz de Fora, 61 p., 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Juiz de Fora.

OUYANG, L.; CHE, Y., YAN, L.; PARK, C. Multiple perspectives on analyzing risk factors in FMEA. **Computers in Industry**, v.141, 103712, 2022.

SESI DEPARTAMENTO NACIONAL. Guia Prático para Cálculo de Linha de Vida e Restrição para Indústria da Construção. Serviço Social da Indústria, [s. l.], 2017.