

## APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS (FMEA) À MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE DO EQUIPAMENTO PORTUÁRIO REACHSTACKER

Stevenson Homcy Filho, [stevenson\\_homcy@hotmail.com](mailto:stevenson_homcy@hotmail.com)<sup>1</sup>

Helen Rodrigues Araújo, [helen.2705@gmail.com](mailto:helen.2705@gmail.com)<sup>2</sup>

Inaldo Amorim da Silva, [inaldoamorim@hotmail.com](mailto:inaldoamorim@hotmail.com)<sup>3</sup>

Josean da Silva Lima Junior, [joseanjuniorsume@gmail.com](mailto:joseanjuniorsume@gmail.com)<sup>2</sup>

Luiz Pereira da Costa Neto, [luizpereiradacosta@gmail.com](mailto:luizpereiradacosta@gmail.com)<sup>2</sup>

Marcio Rolemberg Freire, [rollebergfreire@hotmail.com](mailto:rollebergfreire@hotmail.com)<sup>1</sup>

Wander Garrido Silva, [wander.garrido@hotmail.com](mailto:wander.garrido@hotmail.com)<sup>1</sup>

Moisés Euclides da Silva Junior, [juniormoisés7@hotmail.com](mailto:juniormoisés7@hotmail.com)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário Estácio do Recife, Av. Eng. Abdias de Carvalho, 1678 - Madalena, Recife - PE, 50720-635,

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pernambuco, R. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, Recife – PE, 50740-530,

<sup>3</sup>Instituto Federal de Pernambuco, Av. Prof. Luís Freire, 500 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-545.

**Resumo.** A confiabilidade e disponibilidade dos ativos têm função fundamental no desempenho e funcionamento das operações do ramo portuário. O objetivo deste trabalho foi implantar a ferramenta de análise de modos de falhas e seus efeitos (FMEA), na ReachStacker (Empilhador retrátil), equipamento de grande porte de uma empresa do segmento portuário do estado de Pernambuco. Iniciou-se o estudo com uma pesquisa mais técnica do ativo, descobrindo quais eram os sistemas principais da máquina a fim de definir a criticidade ao processo dos mesmos. Logo após foi realizada a implantação da ferramenta FMEA, através do levantamento de dados facilitados por ferramentas auxiliares e técnicas de qualidade como o ENGEMAN e o Brainstorming. Foi visto na prática que a aplicação da ferramenta influenciou diretamente na melhoria de operação da ReachStacker, devido ao maior conhecimento adquirido dos potenciais modos de falhas e definição de ações para redução ou eliminação dos riscos, aumentando a confiabilidade e disponibilidade do equipamento e contribuindo enormemente para o processo de movimentação de contêineres, provado, por fim, que esta metodologia é extensiva aos demais ativos da corporação.

**Palavras chave:** FMEA. Confiabilidade. Aquaviário. ReachStacker.

**Abstract.** The reliability and availability of assets play a fundamental role in the performance and operation of port operations. The objective of this work was to implement the failure mode and its effects analysis tool (FMEA), in ReachStacker, a large equipment of a company in the port segment of the state of Pernambuco. The study started with a technical search of the asset, discovering which were the main systems of the machine in order to define the criticality to their process. Soon after the implementation of the FMEA tool was carried out, through the collection of data facilitated by auxiliary tools and quality techniques such as ENGEMAN and Brainstorming. It was seen in practice that the application of the tool directly influenced the improvement of ReachStacker's operation, due to the greater knowledge acquired of potential failure modes and definition of actions to reduce or eliminate risks, increasing the reliability and availability of the equipment and contributing enormously to the container handling process, finally proving that this methodology is extended to the other assets of the corporation.

**Keywords:** FMEA. Reliability. Waterway. ReachStacker.

### 1. INTRODUÇÃO

O setor portuário tem uma relação direta com o transporte de mercadorias, representando um segmento importante em países com um forte grau de desenvolvimento econômico. Este setor, no Brasil, ao longo da costa de 8,5 mil quilômetros navegáveis, movimenta cerca de 700 milhões de toneladas de diversas mercadorias anualmente, resultando num segmento que dificilmente é prejudicado por uma crise, mostrando que o ramo portuário só tende a crescer conferindo um alto investimento e um crescimento de mais de 5% ao ano (O PETRÓLEO, 2016).

O porto de Suape, localizado no estado de Pernambuco, onde a ferramenta foi implantada possui uma área de 400 mil m<sup>2</sup> e capacidade atual para movimentar anualmente cerca de 721,5 mil TEUs, que é a unidade padrão para contêineres de 20', com potencial para atingir uma movimentação de até 1,2 milhão de TEUs por ano (TECONSUAPE, 2018).

Buscando suprir a demanda que só tende a aumentar, é importante possuir novas ferramentas e estratégias de operação, que se torna-se possível com o aumento da eficiência produtiva alcançada através de duas vertentes: aumento da produtividade e/ou redução de custos de operação. Sendo assim a ocorrência de retrabalhos nesse ramo de atividade causa para a empresa não somente improdutividade no processo de operação, como pode também efetivamente comprometer a capacidade competitiva da organização no mercado.

Portanto, os profissionais de manutenção envolvidos nestas atividades necessitam de ferramentas de qualidade que os auxiliem na análise e interpretação de dados para a tomada de decisão (MOREIRA e PEREIRA, 2017). Neste sentido, são aplicadas ferramentas como o FMEA para mensurar as falhas em um processo por grau de importância para, em seguida, indicar onde e qual a ação deve ser tomada para evitar as falhas e conseqüentemente o retrabalho. O FMEA, é uma ferramenta de confiabilidade que permite identificar os riscos críticos do processo propondo ações que resultarão na redução ou eliminação dos modos e efeitos de falhas (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009). Uma vez que estas ações são mapeadas e documentadas elas servirão de base de dados para a elaboração de um conjunto de ações preventivas a fim de reduzir ou eliminar tais modos de falha (SILVA JÚNIOR, 2016).

O presente trabalho tem o objetivo de implantar a metodologia FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) no setor de manutenção de empresa do segmento portuário localizada no estado de Pernambuco. De maneira específica, espera-se que este estudo aumente a disponibilidade dos equipamentos ReachStacker (Empilhador retrátil) para a operação, a satisfação dos clientes e a capacidade de movimentação de carga para empresa, resultando em um aumento de produtividade e conseqüentemente numa maior lucratividade.

### 1.1. Análise dos Modos de Efeito de Falhas (FMEA)

Conforme Palady (2004) o FMEA é “uma ferramenta para prognóstico de problemas” é, também, “um procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços, novos ou revisados”, além de ser considerado “o diário do projeto, processo ou serviço”. O autor acrescenta que é uma das técnicas de baixo risco mais eficiente para identificação das soluções para prevenir problemas e mais eficaz em termos de custos.

Stamatis (2003) enfatiza que esta ferramenta é objetiva e tem o propósito de identificar ações corretivas para prevenir eventuais problemas de processo e produto antes que eles venham a ocorrer, impedindo que estas cheguem ao cliente, aumentando a confiabilidade, qualidade e durabilidade dos processos e produtos. Tendo uma utilização de forma correta, bem definida e organizada, é possível reduzir consideravelmente os custos, identificando melhorias de produto e processo no início do desenvolvimento onde as mudanças são relativamente simples e de baixo custo para implementação.

Conforme explica Stamatis (2003), existem quatro tipos de FMEA que são detalhados a seguir:

- FMEA de sistema – utilizado para verificar e analisar sistemas e subsistemas, logo no início do desenvolvimento do projeto. Nesse tipo foca-se em modos de falhas potenciais e nas comunicações entre os elementos do sistema, provenientes de deficiências ou funções do processo;
- FMEA de projeto ou produto – utilizado para analisar produtos, em seus componentes, sistemas etc., antes do seu processo de fabricação. Foca em modos de falha causados por deficiência do projeto;
- FMEA de processos – usado para analisar processos de fabricação e montagem. Focando nos modos de falhas potenciais causados por deficiências de processos durante estas etapas;
- FMEA de serviço – utilizados para verificação de serviços antecedendo a sua chegada ao consumidor. Foca em modos de falha causados por enganos e erros em tarefas do sistema ou do processo.

Portanto é de fundamental importância saber qual tipo de metodologia FMEA utilizar, pois nem sempre a aplicação dessa ferramenta leva a conhecer as causas raízes das falhas no produto ou processo de que se trata, resultando em várias perdas para uma empresa ou equipe de implantação como tempo, custos, entre outros (MCDERMOTT *et al.*, 2017).

No que se refere ao índice de prioridade de risco, Dalosto (2015) explica que são parâmetros que permitem classificar os modos de falha e priorizá-los. São fatores que regem o FMEA independentemente do tipo que se está realizando (processo, sistema etc.), da empresa, setor ou equipe. Esses parâmetros que são devidamente utilizados são: ocorrência, severidade e detecção. A ocorrência nos mostra a frequência com que as falhas venham a ocorrer, a severidade é o grau de gravidade do efeito da falha, e a detecção específica a dificuldade que se tem de detectar a possível falha. Tendo como referência esses índices são possíveis determinar o RPN (*Risk Priority Number*) que é a representação do risco de cada falha e define a prioridade da falha ao sistema.

### 1.2. Equipamento

O equipamento utilizado no estudo é a Reachstacker (Empilhador retrátil), usado nas atividades portuárias com o intuito de facilitar a movimentação de contêineres em terminais com verdadeira eficiência, combinando desempenho, conforto e confiabilidade tendo esse modelo (Kalmar DRT 450) a capacidade de elevação de 45 toneladas, sendo capaz

de movimentar os contêineres de forma rápida e eficiente em espaços estreitos, oferecendo uma movimentação segura e com alto nível de produtividade.

## 2. METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho para aplicação do formulário FMEA, fundamentou-se a partir da coleta de dados, durante um período de 3 meses, através de: entrevistas com operadores, estudos com os funcionários da manutenção, observações no pátio, bancos de dados de histórico de falhas, planos de manutenção documentados e informações sobre os componentes cadastrados no *software* Engeman®. Neste sentido, a partir da utilização do referido *software*, foi possível registrar e gerenciar as informações relativas à gestão da manutenção, possibilitando a realização de uma análise bem fundamentada dos dados obtidos.

A Tabela 1 resume as etapas seguidas para a implementação do FMEA de produto ou processo, na qual as informações importantes foram capturadas, exercendo uma excelente ferramenta de comunicação, fundamental para execução dos próximos passos da pesquisa.

Tabela 1. Etapas para Implantação do FMEA (Adaptado de Mcdermott *et al.*, 2017).

<b>Etapas</b>	<b>Descrição</b>
1 <sup>a</sup>	Seleção da Equipe FMEA
2 <sup>a</sup>	Revisão do Processo ou Produto
3 <sup>a</sup>	Levantamento dos Potenciais Modos de Falha
4 <sup>a</sup>	Relação dos efeitos potenciais para cada Modo de Falha
5 <sup>a</sup>	Levantamento das Causas para cada Modo de falha
6 <sup>a</sup>	Classificação de Gravidade para cada efeito
7 <sup>a</sup>	Classificação de Ocorrência para o modo de falha e efeito
8 <sup>a</sup>	Classificação para Detecção para o modo de falha e efeito
9 <sup>a</sup>	Cálculo de RPN
10 <sup>a</sup>	Priorizar os Modos de Falhas para ação
11 <sup>a</sup>	Tomadas de medidas para redução/eliminação dos modos de falha

Como podemos observar na Tabela 1, a primeira etapa é a seleção da seleção da equipe FMEA, devendo estes apresentarem certa familiaridade com a área em estudo. Após este passo deve-se realizar a revisão do processo/produto, sendo assim a equipe deve realizar uma análise funcional do equipamento.

De maneira complementar, as 3 etapas posteriores estão relacionadas ao levantamento de como as falhas encontradas se manifestam e suas relativas causas e efeitos. Após estas fases, existem informações suficientes para realizar classificações com relação a gravidade, ocorrência e detecção, podendo assim priorizar os modos de falha que mais afetam o equipamento em estudo, por meio do cálculo de RPN. Por fim, deve-se priorizar os modos de falhas para ação e estipular medidas para mitigar ou até eliminar os modos de falha presentes.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme visto na metodologia para criação da equipe, verificou-se as áreas que seriam realmente afetadas e constatou-se a participação de 8 pessoas na equipe, responsáveis pelas áreas afetadas pelo FMEA, sendo elas: supervisão, PCM (Planejamento de Controle e Manutenção), almoxarifado, engenharia/manutenção, operação, planejamento portuário.

Em conformidade ao que se abrange na 2<sup>a</sup> etapa de implantação do FMEA, a equipe realizou uma análise de funcionamento do equipamento, determinando e validando as funções de serviço com o objetivo de conhecer de forma exaustiva o meio físico do equipamento no qual foi realizado o estudo, analisando e conhecendo as funções de serviço e as relações diretas entre os diferentes sistemas, sendo exibido na Fig. 1.

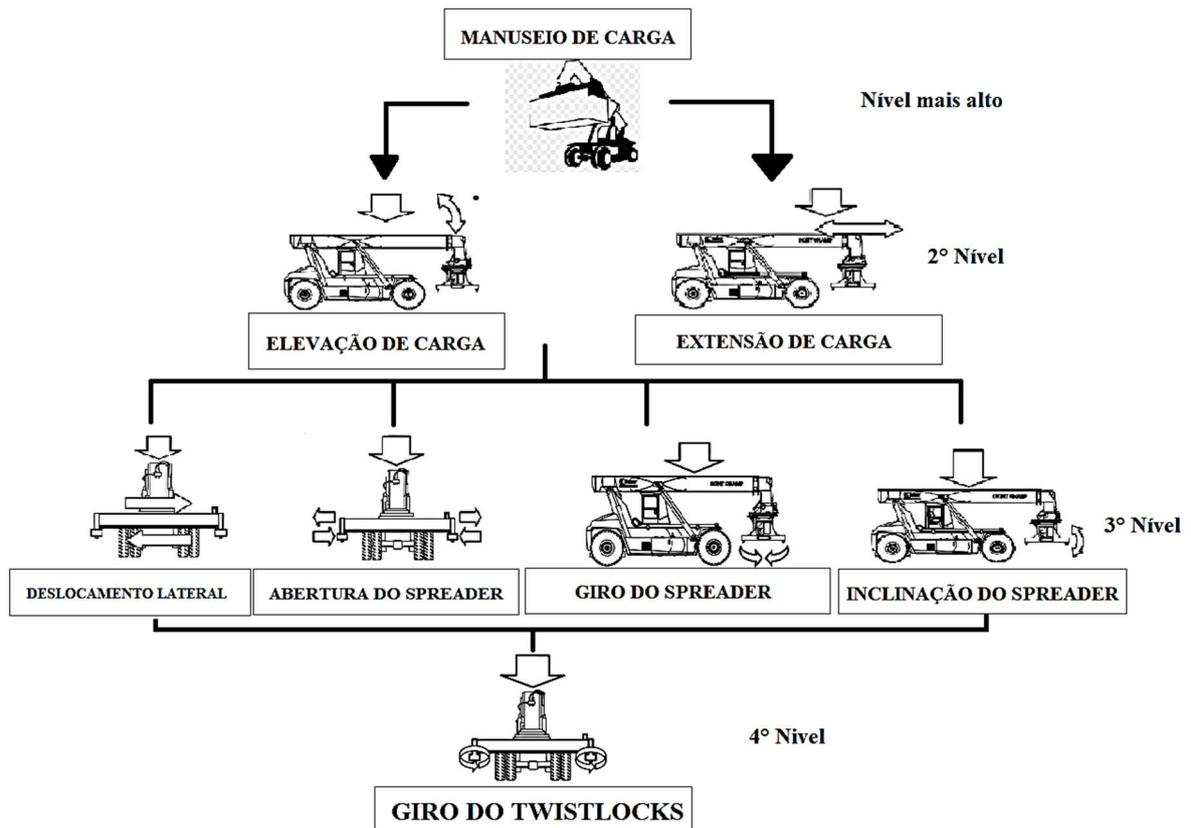


Figura 1. Funções do Equipamento (Autoria própria, 2020).

Além das funções foram verificadas e analisadas quais eram os principais componentes do equipamento, essenciais para o funcionamento adequado da máquina, identificando aqueles que devem ser priorizados em relação aos potenciais modos de falhas encontrados nesses componentes, sejam elétricos, mecânicos, deficiências naturais, falhas de calibração entre outras falhas quaisquer. A Figura 2 exhibe as principais partes do equipamento sob estudo.

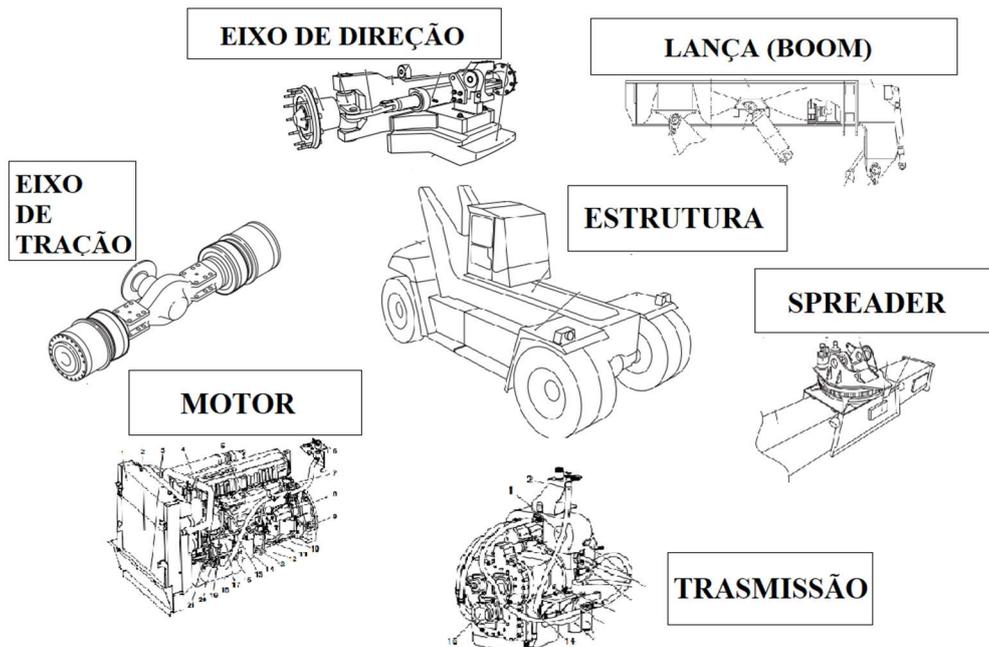


Figura 2. Principais componentes do Equipamento (Autoria própria, 2020).

Através das informações inseridas no sistema, um banco de dados foi criado, facilitando a percepção das eventuais falhas predominantes, utilizando as informações coletadas durante um período de 3 meses, considerando que o estudo foi baseado na quantidade de solicitações corretivas abertas pelos operadores. O número de ocorrências solicitadas pelos operadores e a causa da solicitação é demonstrada na Tab. 2.

Tabela 2. Lista de Modos de Falhas com suas frequências e efeitos (Autoria própria, 2020).

Lista de Modos de Falhas	Função Comprometida	Quantidade	%	Efeitos
Tombamento	Spreader	47	12,74%	Perca Total das Funções do Spreader e Lança
Vazamento de Óleo	Sist. Hidráulico	46	12,47%	Diminuição do nível de óleo e perca parcial da Função
Aquecendo	Motor	35	9,49%	Máquina se desliga, totalmente inoperante
Não liga	Motor	32	8,67%	Motor de Partida não é acionado
Sem ar-condicionado	Ar-condicionado	25	6,78%	Calor excessivo na cabine do operador
Falha no Spreader	Spreader	20	5,42%	Perca Total das Funções do Spreader
Corrente do Spreader folgada	Spreader	19	5,15%	Dificuldade de Abertura e Fechamento do Spreader
Líquido de Arrefecimento Baixo	Motor	19	5,15%	Máquina se desligando
Falha de Transmissão	Transmissão	15	4,07%	Máquina não se movimenta
Óleo de Freio Baixo	Freio	12	3,25%	Comprometimento do Freio
Desligando	Motor	11	2,98%	Indisponibilidade Total
Falha no Lock	Spreader	10	2,71%	Impossibilidade de Travar o Contêiner
Outros		78	21,14%	Outros
<b>Total</b>		<b>369</b>	<b>100,00%</b>	

Analisando o número de corretivas atendidas neste período, pode-se observar que a falha de maior ocorrência é elétrica, mais especificamente a falha de tombamento com 47 corretivas abertas, seguida pela falha de vazamento de óleo hidráulico com 46 chamados, a qual necessita maior atenção, devido a empresa se encontrar numa área portuária, ou seja, qualquer derramamento de óleo pode contaminar a fauna aquática da região. Foram correlacionados os efeitos para os principais modos de falhas listados, priorizando os que mais tiveram ocorrência, ou seja, aqueles que aconteceram mais de 10 vezes no período estudado. Tendo em vista que alguns problemas são bem mais severos e complexos que outros, através da observação da frequência e dos efeitos das falhas apresentadas, foi realizada uma análise para definição da ordem de prioridade para tratativa de cada modo de falha.

Com os modos de falhas e seus potenciais efeitos listados na Tab. 2, foi realizada pela equipe uma avaliação para a atribuição da gravidade e criticidade, considerando a classificação de 1 (sem efeito) a 10 (Perigoso) apresentada por Stamatis (2003).

Além disto, também foram determinados valores de ocorrência das falhas no equipamento objeto deste estudo, desde a classificação 10 (muito alto) até 1 (muito baixo) como classifica Mcdermott *et al.* (2017), atribuindo o índice de maior valor e a ocorrência de causas medida pelo número de aparições de cada falha dividido pelo número total das falhas. Dessa maneira, a classificação de frequência de ocorrência, gravidade e índice de detecção por potencial modo de falha é apresentada na Tab. 3.

Tabela 3. Classificação de Frequência de Ocorrência, Gravidade e Índice de Detecção por potencial Modo de Falha (Autoria própria, 2020).

Modos de Falhas	Ocorrência	Gravidade	Detecção
Tombamento	10	8	1
Vazamento de Óleo	10	7	4
Aquecendo	10	10	3
Não liga	9	8	1
Sem ar-condicionado	9	5	1
Falha no Spreader	9	8	4
Corrente do Spreader folgada	9	5	3
Líquido de Arrefecimento Baixo	9	7	4
Falha de Transmissão	8	6	3
Óleo de Freio Baixo	8	6	1
Desligando	8	8	1
Falha no Lock	8	7	3

Com a percepção realizada pela equipe de engenharia da empresa e os clientes (operadores) que foram os principais responsáveis pelas identificações das falhas foi possível determinar os índices de detecção relacionados aos modos de falhas nos equipamentos ReachStacker, conforme Tab. 3, preenchida de forma concisa e criteriosa pela equipe de acordo com os critérios de probabilidade de detecção de 10 (quase impossível) até 1 (quase certo) conforme classifica Modermott *et al.*(2017).

A partir dos índices de Gravidade, Ocorrência e Detecção, estabelecidos na Tab. 3, foi calculado os RPN de cada modo de falha através da Equação (1) e os resultados são demonstrados na Fig. 3.

$$\text{RPN} = \text{Gravidade} \times \text{Ocorrência} \times \text{Detecção} \quad (1)$$

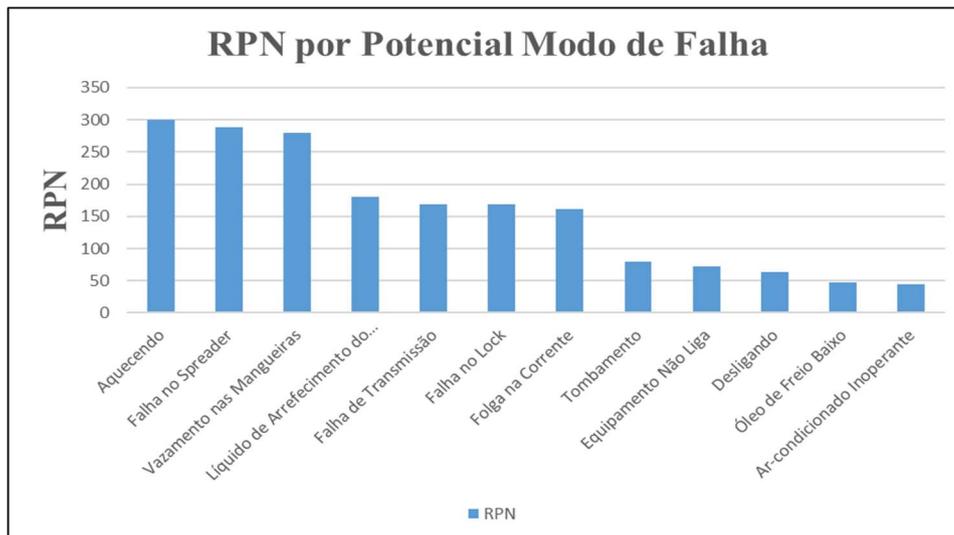


Figura 3. RPN por Potencial Modo de Falha (Autoria própria, 2020).

Levando em consideração o índice de ocorrência, de fato os três principais modos de falhas, ou seja, as que possuem maiores RPN, aqueles que ocorreram 101 vezes, das 369 falhas atendidas pela equipe da manutenção, resultando em aproximadamente 27,4% das falhas. Foi definido então pela equipe de Engenharia da empresa que seriam definidas soluções e ações a serem tomadas nos 12 potenciais modos de falha listados nas Tabelas 2 e 3, com priorização nas 3 falhas de maior RPN, na tentativa de eliminar ou reduzir os potenciais modos de falhas, conforme metodologia apresentada por Murphy *et al.*(2011).

A Tabela 4 apresenta uma série de ações recomendadas para os principais potenciais modos de falhas que foram analisadas no estudo.

Tabela 4. Ações Recomendadas para Melhoria por Modo de Falha (Autoria própria, 2020).

Modo de Falha	Ação Recomendada
1. Aquecimento	1 – Verificação do Plano preventivo do motor;
	2 – Implantação de uma análise de inspeção (END) estrutura do reservatório.
	3 – Teste mais criterioso nos sensores e calibração.
	4 – Treinamento para a equipe com pouca experiência.
2. Falha no Spreader	1 – Reformulação do Plano preventivo.
	2 – Inspeção preditiva
	3 – Curso/treinamento fornecido pelo consultor do fabricante.
3. Vazamento de Óleo Hidráulico	1 – Suprimento em estoque de anéis o-ring corretos e específicos.
	2 – Suprimento de mangueiras e conexões no almoxarifado.
	3 – Plano de Revisão – aprovação pelo supervisor, após instalação.
	4 – Máquina de prensagem de mangueiras mais tecnológica.
	5 – Treinamento para os colaboradores do fabricante.
4. Líquido de Arrefecimento do motor baixo	1 – Treinamento para utilização da ferramenta de diagnóstico INSITE, permitindo acesso rápido a informações, tais como vazamentos.
	2 - Melhoria do plano preventivo.
	3 – Plano de Revisão – aprovação, após atividade executada.
	4 – Utilização de componentes de montagens originais.
5. Falha de Transmissão	1 – Treinamento para equipe.
	2 – Plano de revisão – aprovação pelo supervisor.
6. Falha no Lock	1 – Implantação de inspeções detectivas no conjunto Twistlock.
	2 – Ensaios Funcionais.
7. Folga na Corrente	1 – Fabricação de ferramenta apropriada para perfeito torque na porca.
	2 – Plano de revisão – aprovação pelo supervisor.
	3 – Verificar Ajustes detalhadamente antes da liberação.
8. Tombamento	1 – Treinamento para a equipe.
	2 – Utilização de peças originais (sensores, chicotes, conectores).
	3 – Calibração correta.
	4 – Reformulação do plano preventivo.
9. Equipamento Não Liga	1 – Treinamento para utilização da ferramenta de diagnóstico INSITE.
	2 – Teste de baterias e motor de partida antes da liberação do almoxarifado.
10. Desligando	1 – Treinamento para utilização da ferramenta de diagnóstico INSITE.
	2 – Instalação de sensores originais recomendado pelo fabricante.
	3 – Inspeção preditiva.
11. Óleo de Freio Baixo	1 – Diminuição do Tempo de Preventiva.
	2 – Utilizar retentores originais do fabricante.
	3 – Treinamento para equipe menos experiente de montagem.
12. Ar-condicionado Inoperante	1 – Redução do tempo de preventiva.
	2 – Reativação do sistema de proteções (pressostato e termostato)
	3 – Treinamento para a equipe.

Dos 12 potenciais modos de falhas, 4 referem-se a problemas situados no motor, considerada a parte mais importante do equipamento, por fornecer energia necessária para a operação do equipamento. Entretanto, foi observado que grande parte da equipe, necessita de treinamentos na utilização da ferramenta de diagnóstico dos motores *Insite Cummins*, a qual permite acesso rápido a todo tipo de informação no que se refere ao motor, tais como códigos de falha, histórico de viagem, monitoramento de sensores e atuadores, testes de desempenho e vazamentos, calibração e ajustes de características.

Por fim, observando os 12 potenciais modos de falhas, em ordem de priorização, não foi detectada nenhuma falha que com elevado potencial de prejudicar a saúde do operador, sendo ele na grande parte das vezes, independente do grau de risco das falhas sempre preservado, o que resulta numa qualidade digna da empresa e da manutenção, que busca incessantemente preservar a vida dos seus colaboradores.

#### 4. CONCLUSÕES

A partir da necessidade da empresa em possuir uma ferramenta de análise de falha em seus equipamentos do ramo portuário, a técnica FMEA foi estudada para ser implantada na manutenção da ReachStacker, conseguindo este trabalho

a possibilidade de aumentar a confiabilidade e produtividade destes, oriundo de especificações e estratégias desta ferramenta que impacta diretamente nos resultados de custos e desempenho.

Além disto, a equipe do FMEA adquiriu ainda mais experiência em relação à operação e manutenção destes equipamentos, interpretando com exatidão cada potencial modo de falha, delegando atividades coerentes e direcionando esforços para a eliminação e diminuição dos riscos potenciais, resultando para a operação portuária, o principal cliente da manutenção, uma maior disponibilidade física e confiável dos equipamentos, proporcionando uma operação mais produtiva, rápida e segura.

Portanto, o estudo foi bem sucedido aumentando a disponibilidade dos equipamentos para os clientes e minimizando os riscos encontrados na empresa. De maneira complementar, esta proposta pode ser expandida para outros equipamentos através da criação de cronograma e treinamentos de novos colaboradores, atentando-se ao preenchimento correto dos formulários, pois são ferramentas de registros que podem evitar novas ocorrências de falhas potenciais, garantindo maior confiabilidade e uma operação sem imprevistos.

## 5. REFERÊNCIAS

- Dalosto, D. N., 2015. *Análise da consistência do FMEA: Uma abordagem quantitativa à uma ferramenta qualitativa*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.
- Fogliatto, F. S.; Ribeiro, J. L. D., 2009. *Confiabilidade e Manutenção Industrial*. Elsevier, Rio de Janeiro.
- Mcdermott, R. E.; Mikulaki, R. J.; Beauregard, M. R., 2017. *The Basics of FMEA*. CRC Press.
- Moreira, J. P. S.; Pereira, J. A., 2017. "Aplicação da curva ABC para o controle e gerenciamento da demanda: um estudo de caso em uma indústria do setor metalúrgico". In: Ahrens, R. B. *Coletânea nacional sobre engenharia de produção 3: gestão da produção*. Atena, Curitiba, p. 644.
- Murphy, M.; Heaney, G.; Perera, S., 2011. "A methodology for evaluating construction innovation constraints through project stakeholder competencies and FMEA". *Construction Innovation: Information, Process, Management*, v. 11, p. 416–440.
- O Petróleo., 2016. "O que é setor portuário?" 29 ago. 2020 <<https://opetroleo.com.br/o-que-e-setor-portuario/>>.
- Palady, P., 2004. *FMEA análise dos modos de falhas e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram*. IMAN, São Paulo.
- Silva Júnior, M. E., 2016. *Aplicação da Técnica de Análise de Efeitos dos Modos de Falhas em Processos (PMEA) aos Processos de Fabricação e Montagem de Tubulação Naval*. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade Estácio do Recife, Recife.
- Stamatis, D. H., 2003. *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*. ASQ Quality Press, Milwaukee.
- Teconsuape., 2020. "Instalações" 29 ago. 2020 <<http://pixelvivo.com.br/tecon/empresa#instalacoes>>.

## 6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.