

CAPÍTULO 5

APLICAÇÃO DO FMEA: ESTUDO DE CASO VOLTADO PARA ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DO SISTEMA LOGÍSTICO DE TRANSPORTE EM UMA EMPRESA DE RECICLÁVEIS

Data de aceite: 01/02/2024

Danilo de Oliveira Santos Costa
UNIFACOL - PE

Allan Teixeira dos Santos
UNIFACOL - PE

Bianca Mirelle Barbosa de Santana
UNIFACOL - PE

Carla Monique dos Santos Cavalcanti
UNIFACOL - PE

Cleiton Paulo da Silva Junior
UNIFACOL - PE

Emerson José dos Prazeres Souza
UNIFACOL - PE

Ênya Rauanne da Silva Santos
UNIFACOL - PE

Fagner Rodrigues de Melo
UNIFACOL - PE

Marcos André Moura Jordão Emerenciano
UNIFACOL - PE

Marcos Antônio dos Santos Silva Filho
UNIFACOL - PE

Marcos Polo de Carvalho Silva
UNIFACOL - PE

Sérgio Augusto de Arruda Santiago
UNIFACOL - PE

RESUMO: O presente estudo tem o objetivo de analisar a confiabilidade dos transportes logísticos em uma empresa de recicláveis localizada na cidade de Gravatá, Pernambuco. A análise foi realizada através de dados obtidos do 4º trimestre do ano de 2022, no qual foi identificado falhas no processo relacionada a quilometragem, ineficiência da manutenção dos caminhões e falta de planejamento de rotas, impactando a satisfação dos consumidores. Aliando-se este fator a alta competitividade surge a necessidade da implementação de ferramentas de qualidade no setor de transportes, de modo a minimizar as ocorrência das falhas. Neste contexto, a proposta deste trabalho é aplicar a técnica FMEA (Failure Mode and Effect Analysis ou Análise de Modos de Falhas e seus Efeitos) para identificar as principais falhas e melhorar a confiabilidade do processo logístico de transporte em uma empresa de materiais recicláveis. Para está técnica se faz necessário a implementação de metodologias e estratégias como a RCM (Reliability- centered maintenance ou Manutenção Centrada na Confiabilidade), e a Manutenção Preventiva as quais são capazes de aumentar a produtividade e garantir o pleno funcionamento do

sistema logístico de transportes. Os resultados dados através da aplicação da FMEA mostram a importância da realização de manutenções planejadas e como isso pode afetar o planejamento de um setor que depende da entrega no momento certo para não deixar o cliente esperando. Portanto, as ações geradas foram executadas, e dessa forma, o setor de logística da empresa teve uma evolução satisfatória, onde foi definido e padronizado o planejamento de rotas e quilometragem, melhoria no controle das manutenções, diminuindo os custos e perdas gerados por quebras ou reparos emergenciais. Sendo assim, conseguiu elevar a confiabilidade dos transportes, garantindo alto nível de serviço logístico da empresa.

PALAVRAS-CHAVE: FMEA; RCM; Falha; Logística.

INTRODUÇÃO

O transporte é considerado um dos fatores de grande relevância na economia do Brasil. De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (2020), cerca de 65% da distribuição das cargas brasileiras é feita por meio do modal rodoviário, tornando este o principal meio das atividades logísticas. Nas indústrias, o sistema de produção depende dos transportes para a obtenção dos insumos necessários e o envio dos produtos até o consumidor final. Vale ressaltar que também segundo a Confederação Nacional de Transporte, este setor também se destaca na geração de empregos, representando 6 a 7% do Produto Interno Bruto Nacional (PIB), e melhoria da qualidade de vida das pessoas. A logística consiste no processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender às exigências dos clientes.

O sistema logístico tem a responsabilidade de disponibilizar serviços no momento desejado, portanto, é necessário a gestão e planejamento dos processos com exatidão (COELHO, 2017). Para esse tipo de controle é importante utilizar indicadores onde irá identificar e medir as possíveis falhas do processo, a fim de eliminá-las, deste modo, podendo garantir alta confiabilidade e qualidade do processo (ROSA; BENEDETI; MENDES, 2018).

O objetivo deste estudo foi analisar a confiabilidade dos transportes logísticos em uma empresa de recicláveis localizada na cidade de Gravatá, Pernambuco. A análise foi realizada através de dados obtidos do 4º trimestre do ano de 2022 de dois caminhões, sendo um de médio e outro de grande porte, com a finalidade de identificar falhas no processo relacionada à quilometragem, ineficiência da manutenção dos caminhões e falta de planejamento de rotas, impactando a satisfação dos consumidores. Aliando-se este fator a alta competitividade surge a necessidade da implementação de ferramentas de qualidade no setor de transportes, de modo a minimizar as ocorrência das falhas.

A proposta deste trabalho é aplicar a técnica FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis* ou Análise de Modos de Falhas e seus Efeitos) para identificar as principais falhas e melhorar a confiabilidade do processo logístico de transporte em uma empresa de materiais recicláveis. Para está técnica se faz necessário a implementação de metodologias

e estratégias como a RCM (*Reliability-centered maintenance* ou Manutenção Centrada na Confiabilidade), e a Manutenção Preventiva as quais são capazes de aumentar a produtividade e garantir o pleno funcionamento do sistema logístico de transportes.

REFERENCIAL TEÓRICO

Com base na proposta do estudo, buscou-se na literatura ferramentas capazes de atingir os objetivos mencionados relacionado ao tema. Os subtópicos a seguir trazem o conhecimento desses recursos dividido em FMEA e suas aplicações, RCM e Manutenção Preventiva.

FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

A FMEA é uma ferramenta preventiva que se propõe a gerenciar riscos por meio da identificação de potenciais falhas associadas a cada etapa de um processo (AFSHARI; ISSA; RADWAN, 2016), sendo também reconhecida como uma técnica de engenharia usada para definir, identificar e eliminar problemas conhecidos e potenciais do sistema, projeto, processo e serviço antes que eles cheguem ao cliente (BIN YUSOF; ABDULLAH, 2016).

De acordo com Palady (2011), a FMEA é uma técnica de baixo risco, eficiente na prevenção de problemas e identificação das soluções adequadas em relação ao custo, ela também, oferece uma abordagem estruturada que possibilita a avaliação, condução e atualização do desenvolvimento de projetos e processos em todos os setores da organização.

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). Vale ressaltar que a FMEA é considerado um documento “vivo” pois, depois de concluída a análise de um determinado processo ou produto, é necessário que sejam realizadas regularmente reuniões para revisão do documento, mesmo que não tenham ocorrido alterações no processo a qual foi aplicada a ferramenta ou no produto.

RCM (*Reliability-centered maintenance*)

Confiabilidade é a probabilidade de um mecanismo desempenhar sua função de forma adequada, em um determinado período de tempo, sem sofrer falhas. A RCM visa melhorar as ações de manutenção com o planejamento aliado a ferramentas de análise de falhas para ter a maior disponibilidade reduzindo os custos e aumentando a segurança do ambiente. O seu objetivo é preservar as funções do sistema, identificar as falhas, elencar cada falha e ajudar a definir soluções preventivas (SILVA, 2018). Também, pode relacionar técnicas de gerenciamento de riscos e ferramentas de confiabilidade, como FMEA, com o objetivo de dar suporte a decisões estratégicas na manutenção.

Manutenção Preventiva

É classificado manutenção preventiva todo o serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, ou seja, em condições operacionais ou em estado de zero defeito. Estes serviços são realizados em espaços de tempo predeterminados ou de acordo com padrões prescritos, com o objetivo de reduzir a probabilidade de problemas, tornando o andamento da produção mais tranquilo e constante. Uma das principais vantagens da manutenção preventiva é a possibilidade de gerar um sistema de confiabilidade, tendo uma maior noção da disponibilidade do equipamento (CASCAES, 2018).

Para estabelecer um plano de manutenções preventivas pode ser um pouco complexo, pois nem sempre os fabricantes fornecem dados precisos, e também, é válido pontuar que existe a influência tanto operacional quanto ambiental na expectativa de desgaste dos equipamentos. Portanto, este precisa ser bem elaborado e consolidado dentro do planejamento da empresa (ZANDAVALLI; THOMAZ, 2019).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho abrange um estudo de caso qualitativo e quantitativo no setor de transporte logístico em uma empresa de recicláveis. Para alcançar de maneira eficaz o objetivo proposto, a pesquisa foi conduzida a partir da aplicação de métodos exploratórios utilizando-se como técnica o estudo de caso. O estudo de caso consiste no conhecimento aprofundado de atividades onde é possível detalhar os problemas e em seguida criar possíveis soluções (MARTINS, MELLO e TURRIONI, 2014). O método de pesquisa adotado neste trabalho foi definido por uma pesquisa exploratória dividida em três fases.

A primeira dá-se por um levantamento de dados sistêmicos internos da organização e participação de profissionais envolvidos no setor estudado, onde será utilizado o sistema de monitoramento dos veículos para realizar a coleta dos dados, que apresenta o tempo de ignição ligada diariamente e a quilometragem para cada veículo dentro de um período, com a finalidade de extrair os principais modos de falhas da área explorada.

Na segunda, foi feito uma análise de confiabilidade dos transportes logísticos da empresa.

Na terceira fase, foi elaborada uma análise de causa e efeitos das falhas utilizando-se a ferramenta FMEA. A Figura 1 representa, simplificada, as etapas consideradas para a realização deste trabalho.

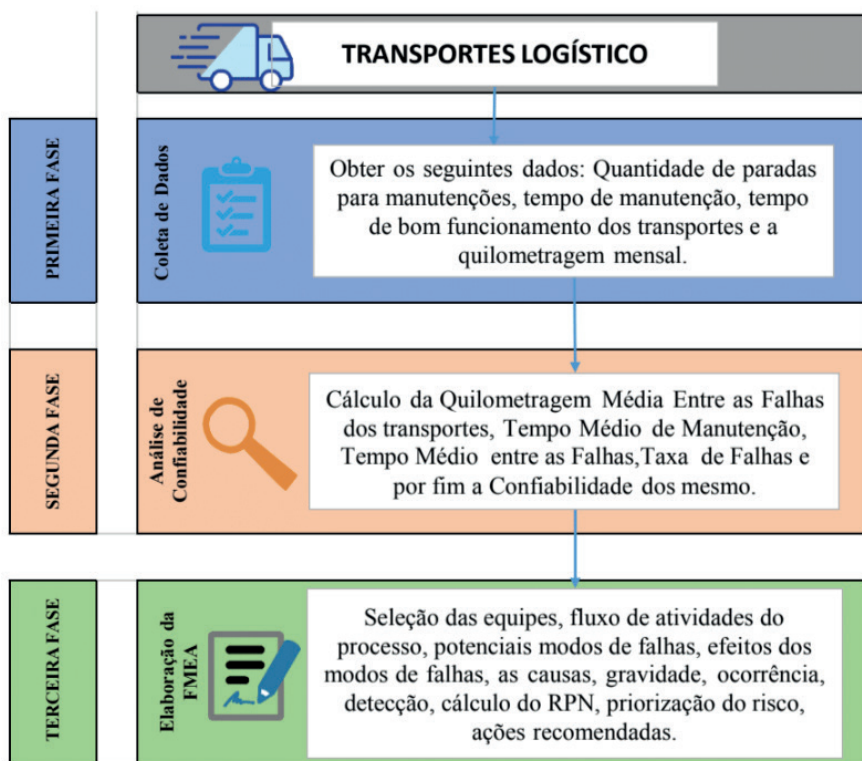


Figura 1. Fases de elaboração da pesquisa

Fonte: Autores (2023)

Coleta de dados

Com base nas fases de elaboração da pesquisa, foi elaborada uma planilha do 4º trimestre do ano de 2022 dos caminhões de médio e grande porte, a fim de obter os seguintes dados: Quantidade de paradas para manutenções, tempo de manutenção, tempo de bom funcionamento dos transportes e a quilometragem mensal. Obtendo esses

dados será possível calcular a quilometragem média entre falha dos veículos, o tempo médio de manutenção, o tempo médio entre as falhas, a taxa de falhas e a confiabilidade dos respectivos transportes da empresa estudada, através das fórmulas apresentadas no subtópico posterior.

Análise de confiabilidade

Após a realização da montagem da planilha de dados abordada no subtópico anterior, o próximo passo foi a análise de confiabilidade dos transportes mencionados. Para calcular a confiabilidade foi utilizado estimativas logarítmicas com base à trabalhos semelhantes publicado pelo o autor LIEBL, *et al* (2021), esta deve ser obtida através das seguintes fórmulas, apresentadas na Figura 2.

$\text{Quilometragem Média entre falhas} = \frac{\sum \text{Km por período}}{\text{N}^\circ \text{ de Manutenções por período}}$
$\text{Tempo Médio de Manutenção} = \frac{\sum \text{tempo de manutenção por período}}{\text{N}^\circ \text{ de Manutenções por período}}$
$\text{TMEF} = \frac{\text{Tempo em bom funcionamento}}{\text{N}^\circ \text{ de Manutenções por período}}$
$\text{Taxa de Falhas} = \frac{1}{\text{Tempo Médio Entre Falhas}}$
$\text{Confiabilidade} = e^{-\text{taxa de falhas} \cdot \text{tempo}}$

Figura 2. Fórmulas das análises de confiabilidade

Fonte: Autores (2023)

Como podemos observar na Figura 2, a primeira fórmula dá-se a Quilometragem Média Entre as Falhas dos transportes. Após este passo foi calcular o Tempo Médio de Manutenção aliado com o Tempo Médio entre as falhas. De forma complementar as duas últimas fórmulas posteriores foi usada para calcular a Taxa de Falhas e por fim a Confiabilidade dos mesmo. Sendo assim, através destes cálculos será possível analisar como está a “saúde” do processo de transporte logístico da organização em estudo e, a partir destes, realizar as possíveis medidas resolutivas.

Análise de elaboração da FMEA

Na terceira fase do desenvolvimento metodológico deste estudo para a aplicação do formulário FMEA, fundamentou-se a partir de coleta de dados durante o 4º trimestre de 2022, através de: Entrevistas com os motoristas, estudo com os colaboradores da

área de logística, time gestão e direção da empresa, análises dos históricos de dados dos caminhões e planos de manutenção documentados. Neste sentido, a partir da utilização do *software Microsoft Excel®*, foi possível registrar e gerenciar as informações relativas à gestão da manutenção, possibilitando a realização de uma análise bem fundamentada dos dados obtidos.

A Figura 3 resume as etapas seguidas para implementação da FMEA de processo, na qual as informações importantes foram capturadas para execução dos próximos passos da pesquisa.

Etapas	Descrição das etapas
1 ^a	Seleção da Equipe FMEA
2 ^a	Fluxo de atividades do Processo
3 ^a	Levantamento dos Potenciais Modos de Falhas
4 ^a	Relação dos Efeitos potenciais de cada modo de falha
5 ^a	Levantamento das Causas para cada modo de falha
6 ^a	Classificação de Gravidade para cada efeito
7 ^a	Classificação de Ocorrência para o modo de falha e efeito
8 ^a	Classificação da Detecção para o modo de falha e efeito
9 ^a	Cálculo de RPN
10 ^a	Priorização dos Modos de falhas para ação
11 ^a	Tomadas de medidas para redução/eliminação dos modos de falhas

Figura 3. Etapas para Implantação da FMEA

Fonte: (Adaptado de Mcdermott *et al.*, 2017)

Como pode-se observar na Figura 3, a primeira etapa foi realizado a seleção dos membros da equipe FMEA, no qual estes, apresentam certa familiaridade com a área em estudo. Após este passo é necessário realizar a revisão do processo/produto, sendo assim a equipe deve fazer uma análise funcional do equipamento. Em complemento as 3 etapas posteriores estão relacionadas ao levantamento de como as falhas encontradas se manifestam e suas relativas causas e efeitos. Após estas etapas, existem informações necessárias para realizar as classificações de gravidade, ocorrência e detecção, podendo assim priorizar os modos de falha que mais afetam os transportes logísticos em estudo, por meio do cálculo de RPN. Por fim, deve-se priorizar os modos de falhas para elaboração de ações e estabelecer medidas para mitigar ou eliminar as falhas presentes no processo/produto.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como foi visto no procedimento metodológico, o estudo foi dividido em 3 fases: coleta de dados, análise de confiabilidade e elaboração do formulário FMEA, com base nisso, é possível averiguar nos subtópicos posteriores as aplicações e resultados obtidos destas fases, de forma que, seja possível atingir os objetivos deste estudo.

Levantamento dos dados

Inicialmente foi montada a planilha através do *software Microsoft Excel®*, com o levantamento dos dados do 4º trimestre de 2022 citados no subtópico 3.1, nesta é possível observar a quilometragem mensal, quantidade de paradas para manutenções, tempo de manutenção e o tempo de bom funcionamento dos transportes em estudo. As figuras 4 e 5 mostram os dados do caminhão de médio e grande porte respectivamente.

Levantamento de Dados – Caminhão Médio Porte				
Mês	Quilometragem (Km)	Paradas para Manutenção (Quantidade)	Tempo de Manutenção (Horas)	Tempo de Bom Funcionamento (Horas)
Outubro	5.355	1	8	232
Novembro	5.155	1	8	232
Dezembro	4.590	3	24	216
Total	15.100	5	40	680

Figura 4. Dados do caminhão de médio porte

Fonte: Autores (2023)

De acordo com estes dados é possível observar que o caminhão de porte médio percorre em média 5.033km por mês, dessa forma, conforme mostra a Figura 4 é muito provável que seja necessário realizar algum reparo todos os meses, visto que, apresenta-se 5 paradas para manutenção com o tempo total de 40 horas. Em seguida observa-se o tempo de bom funcionamento do transporte, o qual resulta em 680 horas.

Levantamento de Dados – Caminhão Grande Porte				
Mês	Quilometragem (Km)	Paradas para Manutenção (Quantidade)	Tempo de Manutenção (Horas)	Tempo de Bom Funcionamento (Horas)
Outubro	3.370	1	12	228
Novembro	3.322	1	12	228
Dezembro	2.000	2	24	216
Total	8.692	4	48	672

Figura 5. Dados do caminhão de grande porte

Fonte: Autores (2023)

Na Figura 5, pode-se averiguar que o caminhão de grande porte percorre em média 2.897,3km por mês. Durante o 4º trimestre, foi realizada 4 paradas para manutenção, com o tempo total de 48 horas, e em conjunto o tempo de bom funcionamento, decorrente de 672 horas.

Confiabilidade

Para que possa obter a confiabilidade dos transportes foi necessário o uso das fórmulas apresentadas na Figura 2, para calcular separadamente a quilometragem média entre falhas, o tempo médio de manutenção, o tempo médio entre as falhas, a taxa de falhas e a confiabilidade dos caminhões de médio e grande porte. Para tal feito, os respectivos resultados podem ser observados através dos subtópicos 4.2.1 e 4.2.2 respectivamente.

Caminhão médio porte

A Figura 6 pode-se observar a confiabilidade do caminhão de médio porte através dos cálculos abordados no subtópico 4.2.

Confiabilidade – Caminhão Médio Porte	
Dados do 4º Trimestre 2022	Caminhão Médio Porte
Quilometragem Média Entre Falhas	3.020 KM
Tempo Médio de Manutenção	8 horas
Tempo Médio Entre Falhas	136 horas
Taxa de Falhas	0,0073529411
Confiabilidade	0,5%

Figura 6. Confiabilidade do caminhão de médio porte

Fonte: Autores (2023)

De acordo com a Figura 6 pode-se observar um valor muito baixo para a confiabilidade do caminhão no 4º trimestre do ano de 2022. Isso mostra que o planejamento para o mês tem grandes chances de não ser concluído sem que o caminhão tenha alguma falha.

Caminhão grande porte

Na Figura 7, pode-se verificar os dados de confiabilidade do veículo de grande porte da empresa estudada.

Confiabilidade – Caminhão Grande Porte	
Dados do 4º Trimestre de 2022	Caminhão Grande Porte
Quilometragem Média Entre Falhas	2.173 KM
Tempo Médio de Manutenção	12 horas
Tempo Médio Entre Falhas	168 horas
Taxa de Falhas	0,0059523809
Confiabilidade	1,38%

Figura 7. Confiabilidade do caminhão de grande porte

Fonte: Autores (2023)

A Figura 7, apesar do caminhão de grande porte mostrar uma confiabilidade maior que o de médio porte, estes dados apontam uma grande chance de existir falhas inesperadas no sistema de transporte logístico, sendo capaz de atrapalhar o planejamento mensal de entregas da organização.

Aplicação da FMEA

Conforme visto na análise de elaboração da FMEA, para criação da equipe verificou-se as áreas que seriam realmente afetadas e constatou-se a participação de 5 pessoas na equipe, responsáveis pelas áreas afetadas pela FMEA, sendo elas: supervisão, PCM (Planejamento de Controle e Manutenção), logística, engenharia/manutenção e operação.

Em conformidade ao que se abrange na 2ª etapa de implantação da FMEA, a equipe realizou uma análise de funcionamento do sistema logístico, determinando as atividades do processo com o objetivo de conhecer o fluxo dos transportes que foi realizado no estudo. É possível analisar o fluxo de atividades do processo logístico na Figura 8.

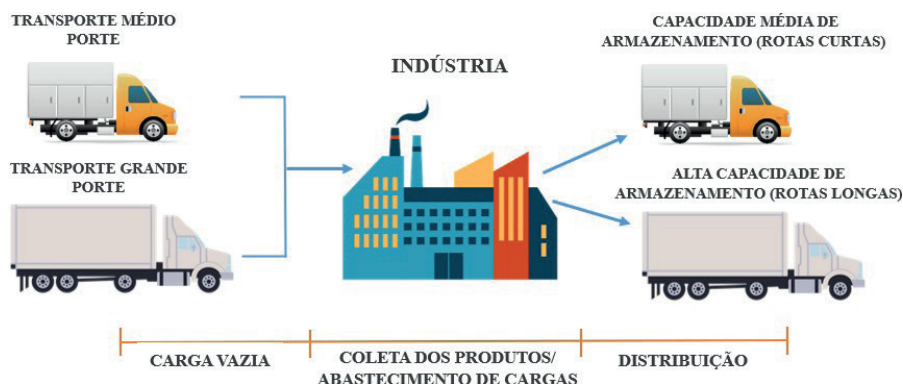


Figura 8. Fluxo de atividades do processo logístico

Fonte: Autores (2023)

Conforme a Figura 8 ilustra, o fluxo das atividades do processo logístico da empresa estudada, dar-se pela chegada dos caminhões com cargas vazias até o centro logístico de armazenamento dos produtos acabados, em seguida é realizado o abastecimento de cargas de acordo com o pedido, para demandas altas e rotas mais longas é utilizado o caminhão de grande porte, em casos de pequenas demandas e rotas curtas é utilizado o veículo de médio porte. Por fim o transporte é destinado para distribuição dos produtos até os clientes.

Através das informações inseridas no sistema logístico, um banco de dados foi criado, facilitando a percepção das eventuais falhas predominantes, utilizando as informações coletadas durante um período de 6 meses, considerando que o estudo foi baseado na quantidade de solicitações corretivas abertas pelos operadores. A Figura 9 mostra o número de modos de falhas e suas causas com as frequências e efeitos.

Lista de Modos de Falhas	Causa	Função Comprometida	Quantidade (Ocorrência)	% Acumulativa (Ocorrência)	Efeitos
Atrasos de Entregas dos Produtos	Caminhão Quebrado	Entrega dos Produtos	31	42,47	Atraso na Entrega dos Produtos/Insatisfação do Cliente
	Trânsito Intenso		22	30,14	
	Endereço Não Localizado		12	16,44	
Baixa Qualidade do Produto	Mercadorias Faltando	Satisfação do Cliente	5	6,85	Insatisfação do Cliente
	Produto com Avarias		3	4,11	
Total			73	100	

Figura 9. Lista de Modos de Falhas e suas Causas com as frequências e efeitos

Fonte: Autores (2023)

Analisando a quantidade de modos de falhas identificados, pode-se observar que a falha de maior ocorrência é a do caminhão quebrado, com 31 ocorrências, seguida pela falha de trânsito intenso com 22, e do endereço não localizado com 12. 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.

Através dos modos de falhas e seus potenciais efeitos listados na Figura 9, 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 sistema dos transportes deste estudo, desde a classificação 10 (muito alto) até 1 (muito baixo) como classifica Mcdermott *et al.* (2017). Dessa maneira, a classificação de frequência de ocorrência, gravidade e índice de detecção por potencial modo de falha é apresentada na Figura 10.

Com a percepção realizada pelo time de engenharia da empresa e os operadores que foram os principais responsáveis pelas identificações das falhas, foi possível determinar os índices de detecção relacionados aos modos de falhas do processo logístico, conforme a Figura 10, 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 Mcdermott *et al.*(2017).

Causas dos Modos de Falha	Ocorrência	Gravidade	Deteção
Caminhão Quebrado	10	9	6
Trânsito Intenso	10	8	4
Endereção Não Localizado	8	5	2
Mercadorias Faltando	5	7	6
Produto Com Avarias	5	7	6

Figura 10. Classificação de Frequência de Ocorrência, Gravidade e Deteção por potencial Modos de Falhas

Fonte: Autores (2023)

A partir dos índices de Gravidade, Ocorrência e Deteção, estabelecidos na Figura 10, foi calculado os RPN de cada modo de falha através da equação definida abaixo e os resultados são demonstrados na Figura 11. Vale ressaltar que foi adotado as cores vermelhas para valores acima de 300 RPN, amarelo de acima de 200 RPN, e verde abaixo de 100 RPN.

Equação do RPN = Gravidade x Ocorrência x Deteção.

Causa dos Modos de Falha	Ocorrência	Gravidade	Deteção	RPN
Caminhão Quebrado	10	9	6	540
Trânsito Intenso	10	8	4	320
Endereção Não Localizado	8	5	2	80
Mercadorias Faltando	5	7	6	210
Produto Com Avarias	5	7	6	210

Figura 11. RPN por Potencial Modo de Falha

Fonte: Autores (2023)

Levando em consideração o índice de ocorrência, de fato os dois principais modos de falhas, ou seja, as que possuem maiores RPN, aqueles que ocorreram acima de 10 vezes, resultaram em aproximadamente 72,6% das falhas. Foi definido então pela equipe de Engenharia da empresa que seriam definidas soluções e ações a serem tomadas nos 5 potenciais modos de falha listados nas Figuras 9 e 10, com priorização nas 2 falhas de maior RPN, na tentativa de eliminar ou reduzir os potenciais modos de falhas, conforme metodologia apresentada por Murphy *et al.*(2011).

A Figura 12 mostra as ações recomendadas para os principais modos de falhas que foram analisadas no estudo.

Modos de Falhas	Ações Recomendadas
Caminhão quebrado	1 - Implementar plano de inspeção dos transportes logísticos
	2 - Elaborar cronograma para manutenção preventiva
	3 - Treinar os colaboradores sobre a importância da inspeção
Trânsito intenso	1 - Realizar mapeamento de rotas
	2 - Utilizar aplicativos que traçam rotas mais rápidas (Ex: Waze)
	3 - Determinar os horários de picos
Endereço não localizado	1 - Criar bloqueio no sistema onde o atendente não permita que o usuário finalize o processo sem que o mesmo esteja completo
	2 - Implementar sistema de localização digital
Mercadorias faltando	1 - Realizar conferência das saídas dos produtos
	2 - Realizar separação dos pedidos antes de ser movimentado para os caminhões
Produto com avarias	1 - Realizar inspeção dos produtos antes de ser liberado para o CD
	2 - Verificar causa do defeito
	3 - Verificar qualidade do produto

Figura 12. Ações Recomendadas para Melhoria por Modo de Falha

Fonte: Autores (2023)

De acordo com os 5 potenciais modos de falhas, é notório que os de maiores RPN está relacionado a ineficiência da manutenção no sistema de transportes, e também é valido afirmar que existe problemas de rotas dentro deste processo estudado. Dessa forma, através das ações recomendadas dos respectivos modos de falhas prioritários, será possível mitigar ou eliminar os modos de falhas existentes no setor logístico, e consequentemente alavancando os resultados da organização, tornando o seu nível de serviço eficiente.

CONCLUSÃO

Considerando as fases mencionadas no procedimento metodológico, conclui-se que, a partir da necessidade da empresa em possuir ferramentas para analisar as falhas e a confiabilidade dos seus transportes, a técnica FMEA foi estudada para ser implementada no setor logístico, no qual através de sua aplicação foi identificado os modos de falhas e seus efeitos, e através disso, foi realizada a priorização dos mesmos. Aliado a isto, foi realizada a medição da confiabilidade dos transportes estudados, a fim de verificar a “saúde” dos transportes estudados. Sendo assim, foram estabelecidas ações voltadas para manutenções preventivas dos transportes e de melhorias que estão alinhadas ao propósito da empresa em tornar os seus serviços confiáveis e eficientes, a fim de desenvolver formas de impedir que as falhas venham gerar insatisfação aos clientes.

REFERÊNCIAS

A dependência do transporte rodoviário no Brasil. Estadão summit mobilidade, 2021. Disponível em: <https://summitmobilidade.estadao.com.br/guia-do-transporte-urbano/a-dependencia-do-transporte-rodoviario-no-brasil/>. Acesso em: 18 de maio de 2023.

AFSHARI, H.; ISSA, M. H.; RADWAN, A. **Using failure mode and effects analysis to evaluate barriers to the greening of existing buildings using the leadership in energy and environmental design rating system.** Journal of Cleaner Production, Oxford, v. 127, p. 195-203, 2016.

BIN YUSOF, M. A.; ABDULLAH, N. H. BT. **Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) of butterfly valve in oil and gas industry.** Journal of Engineering Science and Technology, Selangor, Special edition, p. 9-19, 2016.

BUCH, E. **Implantação de um programa de manutenção centrada em confiabilidade para veículos pesados.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2019.

CASCAES, C. M. **Gestão da manutenção preventiva em uma cervejaria de Médio porte.** Universidade Estadual do Amazonas. 2018.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**, 2a ed. Atlas, 2012.

CARVALHO, Marly Monteiro de PALADINI, Edson Paladini (Coord.) **Gestão da Qualidade-Teoria e Casos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

COELHO, L. W. **A gestão logística com indicadores de desempenho: proposição de melhorias em uma transportadora.** Universidade Federal de Santa Catarina. 2017.

LIELB, Gustavo *et al.* **Análise da confiabilidade em uma frota de caminhões de transporte de resíduo.** V Congresso Nacional de Inovação e Tecnologias. Universidade do Estado de Santa Catarina. 2021.

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica.** 3. ed. rev. e. ampl. Rio de Janeiro: Qualitymark, Petrobras, 2009.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade.** 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2008.

MARTINS, Roberto Antônio; MELLO, Carlos Henrique Pereira; TURRIONI, João Batista. **Guia para Elaboração de Monografia e TCC em Engenharia de Produção São Paulo:** Atlas, 2014.

MCDERMOTT, R. E.; Mikulaki, R. J.; Beauregard, M. R., 2017. **The Basics of FMEA.** CRC Press.

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.

PALADY, P., 2004. **FMEA análise dos modos de falhas e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram.** IMAN, São Paulo.

ROSA, K. R.; BENEDETI, P. H.; MENDES, O. L. **Utilização de indicadores de desempenho no desenvolvimento estratégico logístico em empresas de transporte rodoviário terceirizado.** Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 148-158, 2018. DOI: 10.31510/infra.v15i1.370.

SILVA, M. M.; ALMEIDA, M. V.; LEMES, D. A. S.; CAMPAROTTI, C. E. S. **Proposta de planejamento da manutenção em uma indústria de rações baseada na manutenção centrada na confiabilidade.** Simpósio Nacional de Engenharia de Produção, 2018.

STAMATIS, D. H., 2003. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution.** ASQ Quality Press, Milwaukee.

ZANDAVALLI, A. G.; THOMAZ, M. R. **Proposta de redução de custos com óleo Lubrificante na manutenção preventiva de bombas de vácuo de uma Agroindústria.** Anais da Engenharia Mecânica / ISSN 2594-4649, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 167 - 185, apr. 2019. ISSN 2594-4649.