



PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA (FMEA) EM UMA MÁQUINA LAVADORA DE GARRAFAS EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS ALCOÓLICAS

Gilson João Ferreira do Nascimento, gnascimento4@hotmail.com¹

Diego Rufino Costa e Silva, diegocosta@belzseguros.com.br¹

Eduardo José Silva, eduardo.jose184@gmail.com²

Elcio de Almeida Silva, elcioalmeida2005@gmail.com³

Erika da Silva Braga, erika.braga@hotmail.com.br³

Inaldo Amorim da Silva, inaldoamorim@hotmail.com⁴

Marcio Rolemberg Freire, rollebergfreire@hotmail.com³

Max Breno Bezerra Muniz, breno.bmuniz@gmail.com¹

Moisés Euclides da Silva Junior, juniormoisés7@hotmail.com¹

¹ Centro Universitário Estácio do Recife, Av. Gen. San Martin, 1449, Jiquiá, Recife – PE, 50761-650,

² Centro Universitário Maurício de Nassau, R. Guilherme Pinto, 114, Graças, Recife – PE, 52011-210

³ Universidade Federal de Pernambuco, R. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, Recife – PE, 50740-530,

⁴ Instituto Federal de Pernambuco, Av. Prof. Luís Freire, 500 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-545.

Resumo. Este trabalho é um estudo de caso da aplicação da FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) em uma lavadora de garrafas de uma indústria de bebidas alcoólicas localizada em Itapissuma/PE. Esta técnica tem o objetivo de identificar as principais falhas do processo e descreve exatamente qual a etapa em que ocorre o maior número de falhas. Mensura ainda as indisponibilidades de manutenção que causam impactos na produtividade, além de observar quais são as falhas mais recorrentes priorizando a aplicação do FMEA nas falhas mais críticas e direcionando todos os esforços necessários sobre as falhas mais impactantes. A redução das indisponibilidades de manutenção e do número de falhas em horas foram alguns dos resultados obtidos com a implantação da ferramenta, assim como a criação de um elo entre as áreas participantes e estudos acerca dos principais potenciais modos de falha permitiu o conhecimento acerca dos efeitos e causas que as ocasionaram. A Comprovação dos resultados reforçou a certeza de que a aplicação da FMEA no processo estudado é de grande importância para a sua melhoria contínua e a compreensão acerca dos potenciais modos de falhas além de direcionar esforços gerenciais e operacionais para aumentar a disponibilidade do equipamento para a produção.

Palavras chave: FMEA, Lavadora de Garrafas, Indústria de Bebidas Alcoólicas.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de bebidas brasileira constitui um grande setor na indústria de transformação, em 2016 faturou R\$ 117,0 bilhões, equivalente a 1,9% do PIB brasileiro projetado de 2016 e 4,8% do valor bruto da produção da indústria de transformação. Impulsionado por uma série de fatores, tais como, o aumento de renda e o crescimento urbano, o mercado global de bebidas alcoólicas testemunhou um bom crescimento nos dois últimos anos (VIANA, 2018).

Para se destacarem no mercado cada vez mais globalizado as empresas procuram produzir produtos de qualidade e a baixo custo gerando sempre lucros para os seus acionistas (SOUSA et al 2013).

Por outro lado, a cessante busca por novas metodologias que tornem mais confiáveis é um grande diferencial para empresas que procuram sobreviver nesse mercado cada vez mais competitivo, com clientes exigentes que procuram produtos confiáveis e de boa qualidade satisfazendo assim as suas necessidades (TRINDADE; LIMA 2017).

Entretanto os profissionais de manutenção necessitam de ferramentas de qualidade que os auxiliem na análise, interpretação de dados para tomada de decisão, gerando maior disponibilidade dos equipamentos industriais e maiores produções (MOREIRA; PEREIRA, 2017).

Para reduzir indisponibilidades é necessário o uso de uma ferramenta que permita aos profissionais de manutenção a inserção num universo de modos potenciais de falhas permitindo seu entendimento com contramedidas que reduzam tais efeitos dos modos de falha.

O FMEA, Análise dos Modos e Efeitos de Falhas, é uma ferramenta de confiabilidade que permite identificar os riscos críticos do processo propondo ações que produzirão resultados de redução ou eliminação dos modos e efeitos de falhas (FLOGLIATTO; RIBEIRO, 2011).

Uma vez que estas ações foram mapeadas e documentadas elas servirão de base de dados para elaboração de um conjunto de ações que vão agir de forma preventiva a fim de reduzir ou eliminar tais modos e efeitos de falha (SILVA, 2016)

Este trabalho é um estudo de caso cuja finalidade é avaliar a efetividade da aplicação da ferramenta FMEA com a redução indisponibilidades de manutenção de uma máquina Lavadora de Garrafas de uma linha de produção de bebida alcoólicas, de uma indústria de bebidas localizada no Município do Itapissuma. Para tanto, possui como objetivos específicos analisar os riscos existentes no processo; comprovar efetividade da aplicação da ferramenta FMEA com a redução de indisponibilidade de manutenção; determinar potenciais modos de falhas; propor ações de redução dos potenciais modos de falhas e evidenciar redução percentual (%); avaliar os resultados após a implantação do FMEA.

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Este trabalho foi realizado no setor de manutenção que tem como objetivo realizar um diagnóstico de uma máquina em uma indústria de bebidas em Pernambuco, com a aplicação da metodologia RCM, utilizando a FMEA como ferramenta de análise e estruturação dos planos de manutenção preventiva para uma lavadora de garrafas de uma linha de produção de bebidas alcoólicas.

Este trabalho de origem quantitativa utilizou dados retirados do *Software* de controle de produção e do sistema de gerenciamento da manutenção SAP (do alemão *Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung*). Estes *softwares* são utilizados na indústria estudada para controle da produção e são de extrema importância, pois armazenam históricos de produção e registros de produção e indisponibilidades.

Para a coleta de dados foi realizada análise de dados extraídos do *software* de controle de produção utilizado na indústria e catálogos e documentos internos da empresa. Foram analisados, ainda, tabelas, fotos e gráficos, entre outros documentos pertinentes ao estudo executado.

Após a coleta dos dados foi realizada uma análise preliminar observando através do gráfico de Pareto, que é uma ferramenta da qualidade que utiliza o impacto gráfico visual, a visualização de elementos críticos responsáveis pela maior parte dos problemas que afetam a lavadora de garrafas.

Esta análise apresentou a todos um comportamento instável em comparação aos dados de desempenho de outros equipamentos da mesma linha de produção.

De acordo com Silva (2016), a Tabela 1 foi adaptada para o processo de implementação do FMEA, e será aplicada em 9 etapas.

Tabela 1: Etapas de implantação do FMEA (Adaptado de Silva, 2016)

Etapas	Descrição
1	Fluxograma do processo e criação do diagrama de blocos
2	Levantamento dos potenciais modos de falha.
3	Listar os potenciais efeitos para cada modo de falha.
4	Identificar causas e atribuições.
5	Atribuição dos índices – Gravidade, Ocorrência e Detecção.
6	Calcular o Grau de Prioridade de Risco para cada modo de falha.
7	Priorizar os modos de falha para ação.
8	Tomar ações para eliminar ou reduzir os modos de falha de risco maior

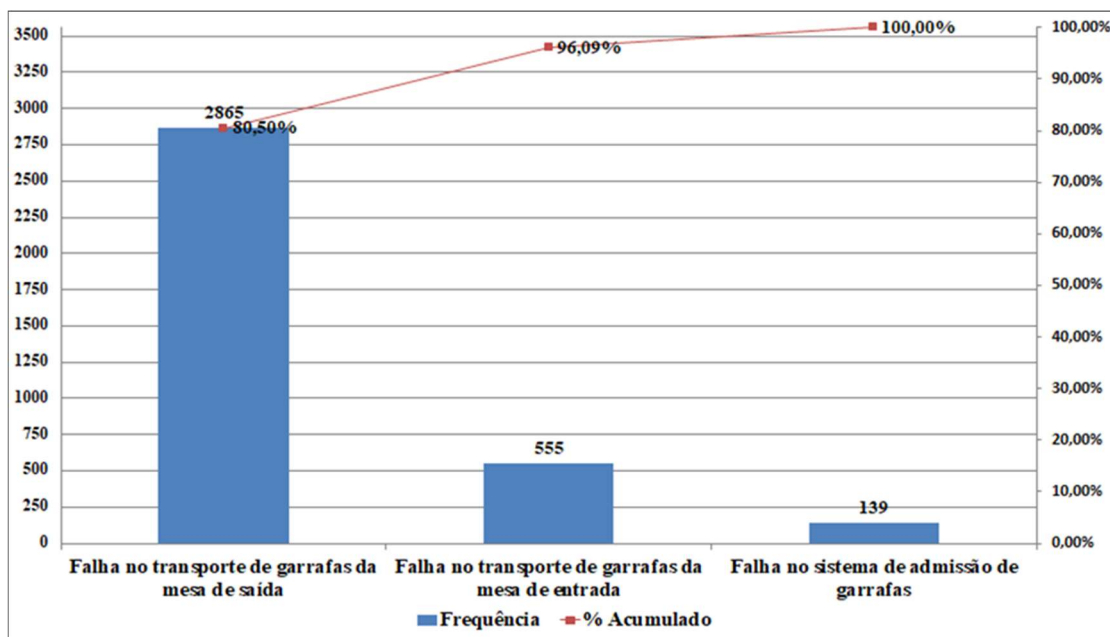
Com a aplicação da técnica foram encontrados inicialmente 12 potenciais modos falhas, para aplicação do FMEA, dentre os quais serão abordados os pontos mais críticos, permitindo ter uma noção da quantidade modos de falhas existentes nesta máquina e listados na Tabela 2.

Tabela 2: Lista com principais modos de falhas (Autor, 2019)

Subsistemas	Modo de falha potencial	Frequência	%
Zona de Saída	Falha no transporte de garrafas da mesa de saída	2865	74,69%
Zona de Entrada	Falha no transporte de garrafas da mesa de entrada	555	14,47%
Admissão	Falha no sistema de admissão de garrafas	139	3,62%
Sistema de pós tratamento	Excesso de resíduo de soda cáustica na mesa de saída	54	1,41%
Sistema de pós tratamento	Falha no sensor de célula danificada	40	1,04%
Transporte de garrafas interior zona de entrada	Sobrecarga nos redutores de acionamento do correntão da máquina	40	1,04%
Transporte de garrafas interior zona de entrada	Entrada da lavadora fora de sincronismo	39	1,02%
Transporte de garrafas interior zona de saída	Desempeno das bengalas dos pentes da lavadora	31	0,81%
Transporte de garrafas interior zona de saída	Mecanismo de saída da lavadora fora de sincronismo	27	0,70%
sistema de tratamento	Falha no extrator de rótulos da lavadora	20	0,52%
Sistema de pós tratamento	Estrelas dos esguichos de saída empenadas	15	0,39%
Outros	Análise laboratorial	11	0,29%
Total		3836	100%

Em seguida foi criado um Diagrama de Pareto, que é um gráfico de colunas que ordena as frequências das ocorrências do maior para o menor ajudando a equipe a potencializar todo o trabalho de desenvolvimento do FMEA nos potenciais modos de falhas mais críticos para o processo. Neste trabalho foi abordado apenas os três maiores modos de falhas que podem ser observados no gráfico mostrado na Figura 1.

Figura 1: Gráfico com Diagrama de Pareto dos potenciais modos de falhas (Autor, 2019)



Na Tabela 3 são informados quais os subsistemas que estão gerando mais falhas durante o processo, ou seja, 96,09% dos modos de falhas estão nas zonas de entrada e saída e 3,91% estão no sistema de admissão da lavadora de garrafas.

Tabela 3: Frequência de falhas por subsistemas (Autor, 2019)

Subsistemas	Frequência	%
Zona de saída	2865	80,50%
Zona de entrada	555	15,59%
Admissão	139	3,91%
TOTAL	3559	100%

Ainda segundo Silva (2016), todos os integrantes da equipe devem atribuir os índices de severidade, ocorrência e detecção em comum acordo com consistência para cada modo de falha.

O Número de Prioridade do Risco NPR (do inglês *Risk Priority Number*) é calculado a fim de priorizar ações de correção e melhoria de um processo ou projeto levando em conta a ocorrência, severidade e detecção, utilizando a fórmula geral do risco definida como o produto dos índices de severidade, ocorrência e detecção (SILVA 2016).

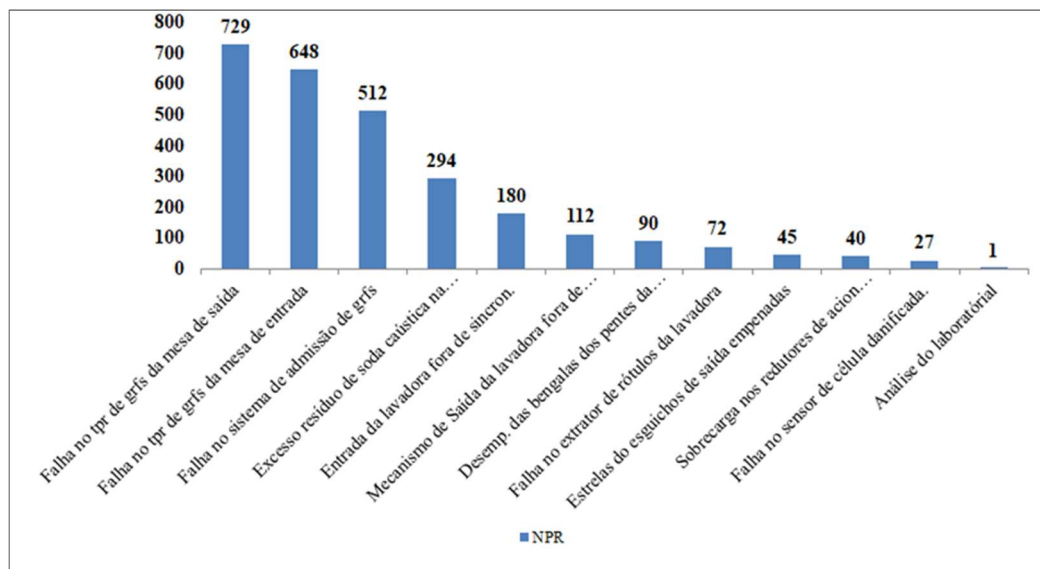
A Tabela 4 mostra os valores atribuídos aos índices de ocorrência, severidade e detecção bem como o cálculo do respectivo NPR para esses modos de falhas.

Tabela 4: Cálculo de NPR para os modos de falhas (Autor, 2019)

Modo de falha potencial	IS	IO	ID	NPR
Falha no transporte de garrafas da mesa de saída	9	9	9	729
Falha no transporte de garrafas da mesa de entrada	9	8	9	648
Falha no sistema de admissão de garrafas	8	8	8	512
Excesso de resíduo de soda caustica mesa saída	7	6	7	294
Falha no sensor de célula danificada	5	6	6	180
Sobrecarga nos redutores de acionamento do correntão da máquina	4	7	4	112
Entrada da lavadora fora de sincronismo	5	3	6	90
Desempeno das bengalas dos pentes da lavadora	4	3	6	72
Mecanismo de saída da lavadora fora de sincronismo	3	5	3	45
Falha no extrator de rótulos da lavadora	4	2	5	40
Estrelas de saída dos esguichos empenadas	3	3	3	27
Outros	1	1	1	1

Para facilitar a interpretação foi plotado um gráfico (Figura 2) com os dados obtidos da Tabela facilitando assim o entendimento do cálculo NPR e direcionando ao grupo qual o modo de falha com um grau de risco elevado e quais as ações que deverão ser tomadas para reduzi-la ou eliminá-la.

Figura 2: Gráfico com Cálculo de NPR para o grau de risco do modo de falha (Autor, 2019)



Após a conclusão dessa etapa a equipe multifuncional devem criar ações para reduzir os modos de falhas mais impactantes do processo de lavagem de garrafas devendo concentrar todo seu trabalho nos NPR's mais altos para reduzir os índices já calculados e nos índices de gravidade do efeito da falha (SILVA 2016).

A tomada de ação para eliminação ou redução dos NPR's mais altos. Essa é uma das etapas mais importante de todo o processo é nesta que será definido quais ações propostas para reduzir os maiores riscos e ou eliminar os índices de severidade, ocorrência e detecção que vão reduzir os NPR's.

Esta indústria de bebidas utiliza um processo para criar de ações depois que o grau de prioridade NPR foi definido pelo do FMEA.

Este método utiliza um algoritmo de decisão como um fluxograma na qual vai direcionar ações específica para os NPR's mais altos este algoritmo ajuda bastante na hora de definir qual a melhor estratégia de manutenção para aquele subsistema que se deseja reduzir ou eliminar os efeitos e modos de falhas.

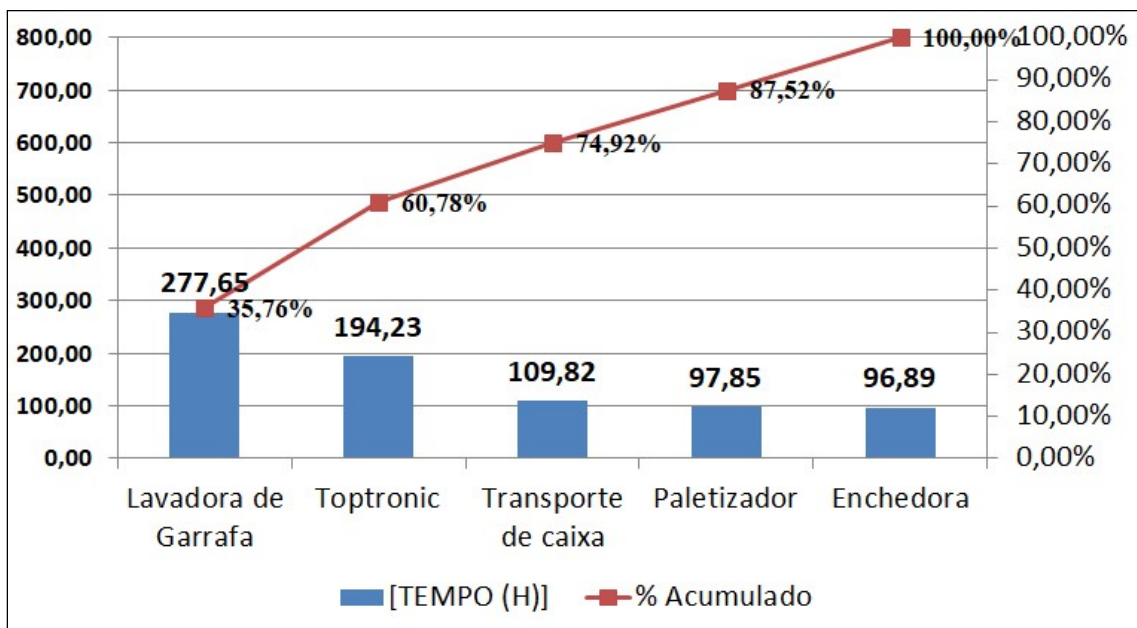
Este algoritmo ajuda a traçar um caminho lógico gerando inputs que serão incluídos na planilha de decisão determinando o melhor tipo de manutenção para cada modo de falha facilitando a tomada de decisão.

2.1 Resultados e discussão

A implantação do FMEA envolveu os gestores de manutenção e operação, técnicos de manutenção, instrumentação, automação e operadores, e permitiu, através de ferramentas apresentadas neste estudo de caso, a compreensão dos modos de falhas causas e efeitos, possibilitando a este corpo total autonomia na implantação de estratégias de manutenção que possibilitaram a redução do número de falhas.

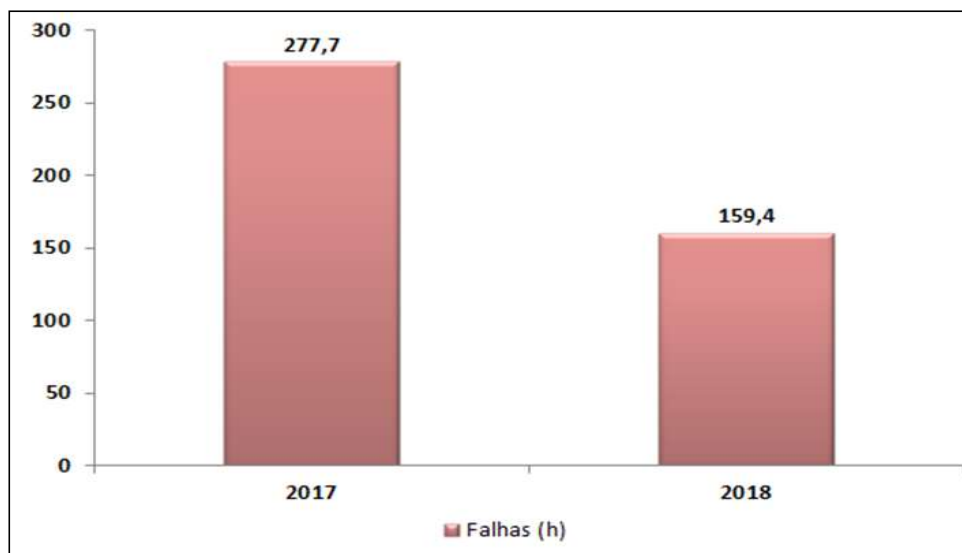
A lavadora apresentou o primeiro pior resultado com, 277 horas entre falhas mecânicas e elétricas no ano de 2017, como pode ser observado no gráfico mostrado na Figura 3.

Figura 3: Gráfico das Falhas mecânicas e elétricas no ano de 2017 (Autor, 2019)



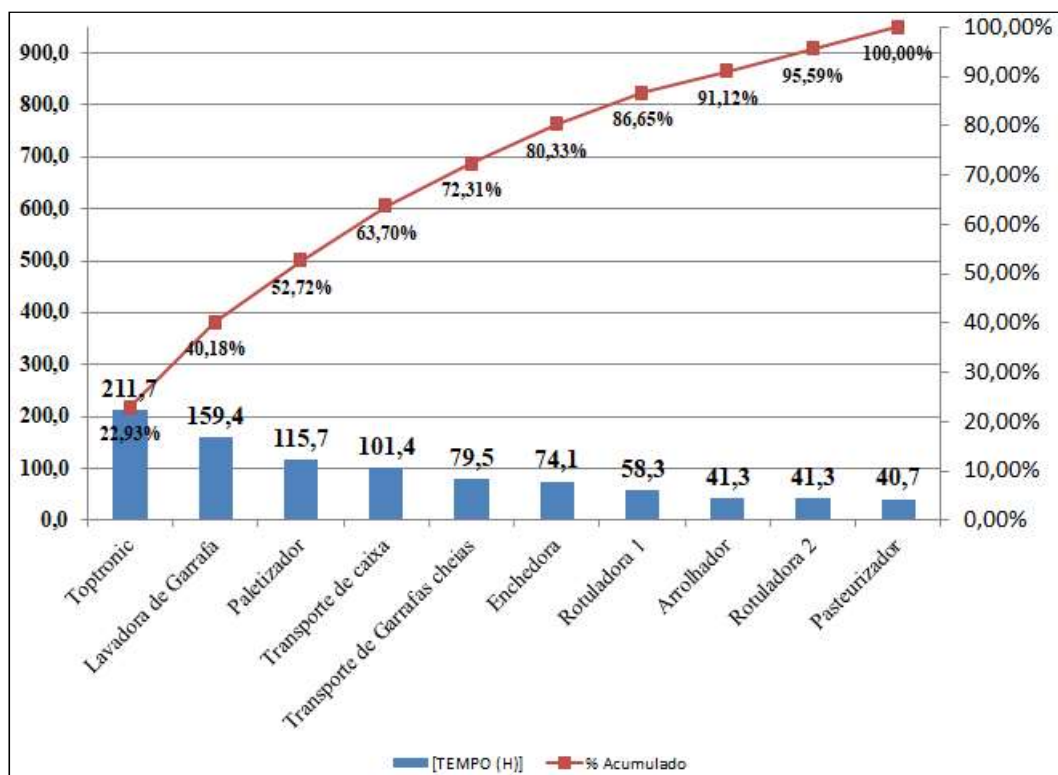
A Figura 4 apresenta o gráfico que mostra uma redução em horas (h) de 277 horas em 2017 para 159 horas em 2018 uma redução percentual de 57,40% em horas de falhas.

Figura 4: Gráfico com Redução de falhas em horas (h) (Autor, 2019)



Foi criado um novo Diagrama de Pareto (Figura 5) desta vez com os dados do ano de 2018 evidenciando assim uma queda expressiva no número de falhas da lavadora de garrafas.

Figura 5: Gráfico com Falhas mecânicas e elétricas no ano de 2017 (Autor, 2019)



A maior contribuição de todo este processo se deu quando a Tabela 5 que evidenciou os modos de falhas mais impactantes em todo o processo de lavagem de garrafas a equipe de trabalho do FMEA houve um foco maior 3 primeiros NPR's que mais falharam durante todo o processo de lavagem de garrafas.

Tabela 5: Cálculo de NPR para os modos de falhas (Autor, 2019)

Modo de falha potencial	IS	IO	ID	NPR
Falha no transporte de garrafas da mesa de saída	9	9	9	729
Falha no transporte de garrafas da mesa de entrada	9	8	9	648
Falha no sistema de admissão de garrafas	8	8	8	512
Excesso de resíduo de soda caustica mesa saída	7	6	7	294
Falha no sensor de célula danificada	5	6	6	180
Sobrecarga nos redutores de acionamento do correntão da máquina	4	7	4	112
Entrada da lavadora fora de sincronismo	5	3	6	90
Desempeno das bengalas dos pentes da lavadora	4	3	6	72
Mecanismo de saída da lavadora fora de sincronismo	3	5	3	45
Falha no extrator de rótulos da lavadora	4	2	5	40
Estrelas de saída dos esguichos empenadas	3	3	3	27
Outros	1	1	1	1

As ações que foram propostas para reduzir os NPR's dos potenciais modos de falhas foram assertivas, pois houve uma real redução no número de falhas desta lavadora de garrafas gerando maior disponibilidade do equipamento à linha de produção de bebidas.

3. CONCLUSÕES

A equipe multifuncional que participou implantação da técnica do FMEA para os processos de uma lavadora de garrafas de uma linha de produção de bebidas concluiu que este trabalho conseguiu alcançar com êxito os seus objetivos gerais e específicos.

Foi comprovada a efetividade da aplicação da ferramenta FMEA através da redução do número total em horas de falhas mecânica e elétricas de 277,7 horas para 159,4 horas.

A aplicação desta ferramenta permitiu a toda equipe operacional e de manutenção o conhecimento dos potenciais modos de falhas e os riscos que envolvem todo o processo de lavagem de garrafas permitindo e ampliando os horizontes de conhecimentos entre as equipes.

As ações que foram criadas para redução ou eliminação dos principais modos de falhas foram assertivas, pois viabilizaram a redução de 57,40% de todos os modos de falha aumentando a confiabilidade e a disponibilidade da máquina em produção. Este resultado poderia ter sido bem melhor se a equipe atuasse em todos os 12 modos de falhas gerados através da tabela 5, este fato foi relatado por todos os integrantes da equipe que ficaram motivados em participar deste trabalho.

Este trabalho permitiu criar um cronograma de aplicação desta técnica para os demais equipamentos desta linha de produção de bebidas alcoólicas visando atingir os mesmos resultados deste estudo.

Todo processo de qualidade procura sempre constantes melhorias, na medida em que as ações propostas para redução ou eliminação dos potenciais modos de falhas reduziram os modos de falhas, novos efeitos que não foram estudados surgiram evidenciando a importância de revisar e manter todo o processo de implementação arquivado para futuras consultas.

4. REFERÊNCIAS

- FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. Confiabilidade e Manutenção Industrial. Rio de Janeiro, 2011, Elsevier.
- MOREIRA, J. P. S.; PEREIRA, J. A.; Aplicação da curva ABC para controle e gerenciamento da demanda: um estudo de caso de uma indústria do setor metalúrgico. Ano 2017.
- SILVA, M. E. Aplicação da técnica de análise de efeitos dos modos de falhas em processos (PFMEA) aos processos de fabricação e montagem de tubulação naval. 2016. 64f.
- SOUZA, S. S.; LIMA, C. R. C. Manutenção Centrada em Confiabilidade como Ferramenta Estratégica. In: XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção, 2003, Ouro Preto – MG.
- TRINDADE, G. P.; BERNARDO, N. M.; RODRIGUES, E. C. C.; SILVA, R. B. Gestão de operação em serviços de manutenção de equipamentos de uma universidade Federal. Ano 2017.
- VIANA, F. L. E. Indústria de bebidas alcoólicas. BNB, Banco do Nordeste. Caderno Setorial ETENE. ano 3, nº 32, maio, 2018.

5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste trabalho.