

## ANÁLISE DOS EFEITOS DE FALHAS NA ROTINA DO PROCESSO DE ENVASE DE UMA CERVEJARIA DE GRANDE PORTE, TENDO COMO TÉCNICA A FERRAMENTA *FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS*

Marcelo S. Favoreto (FASF) [msfavoreto@gmail.com](mailto:msfavoreto@gmail.com)

Adriano Mesquita Soares (FASF/UTFPR) [royalsistemas@bol.com.br](mailto:royalsistemas@bol.com.br)

Luiz Henrique Domingues (SECAL/UTFPR) [luizhenriquedomingues3@gmail.com](mailto:luizhenriquedomingues3@gmail.com)

João Luiz Kovaleski (UTFPR/PG) [kovaleski@utfpr.edu.br](mailto:kovaleski@utfpr.edu.br)

Monique Goto Holetz (UTFPR-PG) [monique-gh@hotmail.com](mailto:monique-gh@hotmail.com)

### Resumo:

Esta pesquisa tem como objetivo analisar os efeitos de falhas na rotina do processo de produção de uma cervejaria de grande porte, tendo como técnica, a ferramenta *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Através de uma pesquisa aplicada, quantitativa, de caráter exploratório se realizou o mapeamento de falhas em uma linha de envase de cerveja. Este mapeamento foi aplicado através de formulário e por equipamentos de acordo com *layout* da linha de produção. Conforme a aplicação na matriz FMEA, foi obtido o RPN (número de prioridade de risco - *Risk Priority Number*) de tal forma que a organização pode mensurar e classificar as prioridades de cada equipamento de acordo com severidade, ocorrência e detecção. Na busca pela eficiência na rotina de envase de cerveja em lata, e principalmente atingir sua metas de produção com qualidade e segurança, assim mantendo a organização competitiva no mercado, foi a implantação da metodologia FMEA onde se obteve resultados significativos na eliminação de alguns modos de falha do processo. Em outras falhas foram obtidas melhorias consideráveis, uma vez que o grau de severidade contou com uma tratativa preventiva dos problemas.

**Palavras chave:** FMEA. Efeitos de falhas. Processo de produção.

## ANALYSIS OF FAULT EFFECTS IN THE ROUTINE OF A LARGE BREWERY CONTAINER PROCESS, WITH THE TECHNIQUE TO FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS TOOL

### Abstract

This research has like subject analyze the effects of failures in the routine of production's process of a large brewery having as technic, the appliance " Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)." From an applied research, quantitative, with exploratory purpose, was made the failures' mapping in a line of beer filling. This mapping was applied through the form and by equipments according with layout from line production . According the application in the 'FMEA matrix' was obtained the RPN (Risk Priority Number) such that the organization could measure and classify the priorities of each equipment according to severity, occurrence and detection. In the search by efficiency in routine of canned beer filling and principally achieve its production goals with quality and safety, this way keeping the competitive organization in the market. Was with the implementation FMEA methodology that was obtained significant results on elimination on some failure modes of the process. In other failures was obtained considerable improvements once that the severity degree had a preventive dealings of problems.

**Key-words:** FMEA. Fault Effects. Production process.

## 1. Introdução

Com a globalização da economia e a disputa cada vez mais acirrada pelo mercado, há uma corrida das Organizações em busca de uma reestruturação que as mantenha competitivas. Uma reestruturação que visa adequá-las às novas regras e exigências impostas pela atual conjuntura: redução de custos e aumento da qualidade dos produtos ou serviços oferecidos aos consumidores.

A globalização da economia gerou uma competição pelos mercados consumidores. Para atender padrões cada vez mais elevados de qualidade, com preços competitivos, as empresas precisam aperfeiçoar seus processos produtivos (FALCONI, 2014).

Desta forma, em plena era da informação, as organizações demandam agilidade, mobilidade, inovação e mudanças necessárias para enfrentar as novas ameaças e oportunidades em um ambiente de intensa mudança e turbulência (CHIAVENATO, 1999)

Sendo assim, este estudo apresenta a seguinte problemática de pesquisa: **Quais os efeitos de falhas na rotina do processo de produção de uma cervejaria de grande porte?**

Este trabalho tem como objetivo central, analisar os efeitos de falhas na rotina do processo de produção de uma cervejaria de grande porte, tendo como técnica a ferramenta *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). E, para complementar este pressuposto, os objetivos específicos compreendem as seguintes fases: descrever o processo produtivo; mapear as não conformidades do processo; e, elaborar a matriz FMEA.

A pertinência deste estudo dá-se, a partir da busca por ferramentas de qualidade com o intuito de instaurar a melhoria contínua de produtos e processos, envolvendo algumas fases como: identificação dos problemas prioritários, observação e coleta de dados, análise e busca das causas, verificação dos resultados para um planejamento e implementação de ações.

A empresa estudada está localizada na região de Ponta Grossa-PR, do ramo alimentício voltada, especificamente, para a produção de bebidas (cerveja). Suas atividades são desenvolvidas em três turnos de produção, tendo como meta produzir um milhão de latas por turno, fechando com três milhões de latas de cerveja envazadas por dia.

## 2 Referencial teórico

### 2.1 A gestão da produção

A competitividade entre as empresas existe e se deve às inovações constantes entre seus concorrentes, seja nos preços não competitivos e pela aquisição de equipamentos que tornam a produção ineficaz ou ultrapassada, dentre outras causas, mas todas impactam e comprometem a produção e os resultados (CARPINETTI, 2012).

Mediante estas transformações, existe a necessidade de uma administração que execute uma gestão voltada para a obtenção da qualidade total, com foco em tudo que envolva o processo, de maneira a identificar melhorias quando necessárias, avaliando investimentos para estas aplicações. É um processo contínuo, um controle de qualidade total (CARPINETTI, 2012).

Para Falconi (2014) a qualidade pode ser definida como um produto ou serviço de qualidade que atende perfeitamente, de forma confiável, acessível, de forma segura e no tempo certo as necessidades do cliente.

Segundo Falconi (2014), para o gerenciamento de um processo, são estabelecidos itens de

controle que são índices numéricos estabelecidos sobre os efeitos de cada processo para medir a sua qualidade total. Em geral medem a qualidade, custo, entrega, moral e segurança, bem como o funcionamento de equipamentos, controle de tempos pré-estabelecidos de operação da linha de produção, alcance dos resultados e monitoramento na ocorrência de falhas.

O Gerenciamento de falhas nas organizações está diretamente ligado à melhoria do processo de produção e, conseqüentemente, ao aumento da produtividade, permitindo a melhor adequação no trabalho executado, podendo, desta forma, melhorar de forma considerável a qualidade dos produtos (GANIM, 2003).

## 2.2 Ferramentas da qualidade

São várias as ferramentas da qualidade que podem ser implementadas em uma empresa, cada qual com sua particularidade. Sendo assim, não há apenas uma indicação adequada para todas as empresas, depende muito do problema envolvido, das informações adquiridas, dos dados históricos disponíveis e do conhecimento do processo em questão (CARPINETTI, 2012).

As ferramentas da qualidade podem ser divididas em três grandes grupos: as ferramentas básicas da qualidade, as ferramentas gerenciais e as ferramentas avançadas. (FALCONI, 2014)

As ferramentas básicas abrangem: Folha de Coleta de Dados, Diagrama de Pareto, Estratificação, Diagrama de Causa-Efeito, Histograma, Diagrama de Dispersão, Gráfico de Controle. As ferramentas gerenciais abordam: Diagrama de Afinidades, Diagrama de Relações, Diagrama de Árvore ou Sistemático, Diagrama de Matriz, Análise de Dados da Matriz, Análise PDPC (*Process Decision Programme Chart*) Diagrama do Processo Decisório e diagrama de setas. E as ferramentas avançadas são: FMEA, *Brainstorming* (Tempestade de ideias), *Benchmarking* (Referência de Excelência), 5S's, 5W2H, *Empowerment* (Descentralização de Poderes), Matriz GUT, Kaizen, TPM – Gestão Produtiva Total e 6 Sigma (CAETANO, 2015).

As ferramentas podem ser utilizadas isoladamente ou em conjunto, o importante é ter dados suficientes para a solução dos problemas detectados. Nesse contexto, surge a ideia da melhoria contínua, que trata de melhoria de desempenho de produtos e processos. Caracteriza-se por ser um processo de aperfeiçoamento constante, através da avaliação em um determinado objeto de estudo, propõem-se ações constantes de melhoria criando um círculo virtuoso (FALCONI, 2014).

### 2.2.1 Análise de modos e efeitos de falhas – FMEA

A Análise dos Modos e Efeitos de Falha - FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) é uma técnica auxiliar no projeto de sistemas, produtos e serviços.

O FMEA é aplicado em uma variedade de outras áreas, tais como: área médica, química e petroquímica, de alimentos, desenvolvimento de *software* e áreas administrativas.

Trata-se de um método qualitativo que consiste em detectar falhas e propor ações corretivas. O modo de falha caracteriza o processo e o mecanismo de falha que podem ocorrer nos itens, o efeito é a maneira pela qual os mesmos podem se manifestar (SAKURADA, 2001).

Para Franka (2014), esta técnica permite definir, identificar e eliminar as falhas ou problemas conhecidos ou não no processo e evitar que ocorram. Permite obter informações auxiliares para redução e prevenção do risco operacional com a inserção de ações de melhoria contínua. As informações são obtidas com base em histórico de dados, através da inferência de estatísticas, simulações e estudos de confiabilidade do sistema. As falhas podem ser analisadas do ponto de vista quanto a seus efeitos, gravidade, frequência de ocorrência e facilidade de detecção.

Deve existir uma equipe específica para conduzir o gerenciamento, controle e monitoramento

adequado da ferramenta de qualidade. Geralmente, quando apenas um indivíduo conduz o processo é possível que este venha a obter informações incompletas e avaliações tendenciosas, comprometendo os resultados.

A causa potencial de falha é definida como uma indicação de como a falha poderia ocorrer, vem a ser como algo que possa ser corrigido ou controlado, e pode indicar uma fragilidade no processo, cuja consequência é o Modo de Falha. As causas de Falhas são eventos que geram o seu aparecimento, e devem ser descritas de tal forma que possam ser propostas ações preventivas ou corretivas (HELMAN e ANDERY, 1995).

O índice de severidade deve refletir a gravidade do efeito da falha e a atribuição do índice de gravidade deve ser feita avaliando o seu efeito, e avaliando o quanto pode ser prejudicial ao processo. Uma falha poderá ter tantos índices de gravidade quantos forem os seus efeitos (HELMAN e ANDERY, 1995).

O Índice de Ocorrência é uma estimativa das probabilidades combinadas de ocorrência de uma causa de falha, e dela resultarem o tipo de falha no produto ou processo. A atribuição de um índice de ocorrência dependerá do momento em que se está conduzindo a FMEA. A análise pode se basear em dados estatísticos ou relatórios de falhas de componentes ou processos similares; dados obtidos de fornecedores; dados da literatura técnica (HELMAN e ANDERY, 1995).

O Índice de Detecção deve ser atribuído, olhando-se para o conjunto “modo de falha – efeito” e para os controles atuais exercidos. Para se atingir uma classificação mais baixa, geralmente o controle de detecção planejado deve ser aprimorado. Quando mais de um controle for identificado, é recomendado que a classificação de detecção de cada controle seja incluída como parte da detecção do controle, registrando o menor valor de classificação na coluna Detecção (HELMAN e ANDERY, 1995).

Os controles de Processo (prevenção/detecção) são descrições dos controles que podem evitar a ocorrência da causa de falha, ou detectar o modo de falha ou causa da falha. Existem dois tipos de controles de processo: a prevenção que elimina e/ou previne a ocorrência da causa da falha, ou o modo de falha, que reduz sua taxa de ocorrência e a detecção que identifica a causa da falha ou o modo de falha, conduzindo ao desenvolvimento de ações corretivas ou contramedidas associadas (MOURA, 2000).

O número de Prioridade de Risco (NPR) chamado por Helman e Andery de Índice de Risco, registra o produto dos Índices de Severidade (Gravidade), Ocorrência e Detecção (MOURA, 2000).

Número de Prioridade de Risco é uma abordagem para auxiliar na priorização de ações. Dentro do escopo da FMEA individual, este valor pode variar entre 1 e 1000. A aplicação de limites assume que NPRs sejam uma medida de risco relativo e que uma melhoria contínua não seja requerida. (MOURA, 2000).

### 3 Metodologia

De acordo com Cervo e Bervian (2002), GIL (1999 e 2008), ROESCH (1996), Santos (1991) e Sampieri *et al.* (1991), as pesquisas científicas podem ser classificadas pela sua natureza, sua forma de abordagem, pelo caráter dos objetivos e dos procedimentos técnicos adotados.

Neste caso o presente estudo pode ser classificado com a seguinte taxonomia:

- Quanto à natureza: **aplicada**
- Quanto à forma de abordagem do problema: **qualitativa**

- Quanto aos objetivos: **descritivo**
- Quanto aos procedimentos técnicos: **estudo de campo**

A pesquisa aplicada objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais. (GIL, 1999).

Barros e Lehfeld (2003) afirmam que a pesquisa científica é a exploração, a inquirição e o procedimento sistemático e intensivo que têm por objetivo descobrir, explicar e compreender os fatos que estão inseridos ou que compõem uma determinada realidade. Ou seja, o pesquisador necessita debruçar-se sobre o seu campo de investigação e interpretar os dados que serão construídos a partir de sua interação com os demais personagens da pesquisa científica, e especificamente aqui, no caso da pesquisa qualitativa.

Segundo Silva & Menezes (2000), “a pesquisa descritiva visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionário e observação sistemática. Assume, em geral, a forma de levantamento”.

Gil (2008) define estudo de campo, como sendo a procura e o aprofundamento de uma realidade específica. É basicamente realizada por meio da observação direta das atividades do grupo estudado e de entrevistas com informantes para captar as explicações e interpretações do que ocorre naquela realidade.

O objetivo essencial do FMEA é detectar as falhas antes que as mesmas possam ocorrer nos processos. Sendo assim, neste trabalho, a implantação acabaria por apontar as falhas que já são previstas e de maior ocorrência, como também pode propor algumas ações, a fim de que seja possível constatar algumas causas em potencial e que possivelmente sejam primárias. As falhas de maior gravidade podem ser amenizadas se constatado que possam existir outras causas menores que antecedem e acabam sendo potencializadas e somente medidas quanto à gravidade. Visando assim que à medida que as causas das falhas são eliminadas pela utilização de FMEA, a melhoria do processo pode aumentar consideravelmente.

Mediante os achados e a avaliação da prevenção de falhas utilizando métodos de tomada de decisão, através de algumas questões que incluem - como seria a consequência da falha, se existe grande probabilidade dela ocorrer e como ela afeta o processo de um modo geral - para então relacionar a severidade do modo de falha, a frequência na qual a falha pode ocorrer e a probabilidade de detecção da falha, o FMEA de processo tem como meta ou objetivo definir, demonstrar e maximizar soluções de engenharia em resposta à qualidade, confiabilidade, manutenibilidade, custos e produtividade.

### 3.1 População e amostra

A pesquisa contou com dezoito colaboradores da organização estudada, envolvidos direta e indiretamente nos grupos criados para o desenvolvimento da matriz FMEA e para o mapeamento das falhas. Existem colaboradores representantes dos três turnos de produção e de todas as áreas do processo em questão.

Quadro 1: Modelo Matriz FMEA

Cargo ou função	Área	Número de envolvidos = 18
Gerência	Packaging (envase)	1
Supervisão	Operação e qualidade	4
GPA Mecânico e Elétrico	Manutenção	6

Qualidade	Controle de qualidade	3
Técnico de operação	<i>Packaging</i>	1
Operadores	<i>Packaging</i>	3

Fonte: Da pesquisa (2016)

### 3.2 Coleta de dados

Para realização da coleta de dados utilizou-se os seguintes passos: Observação Sistemática gerando dados mais precisos, que poderiam seguir os procedimentos da organização de alimentar o sistema de coleta de dados (*Gepack*) gerenciamento da produtividade e, posteriormente, o MES (*Manufacturing Execution System*), onde são inseridas todas as paradas referentes a este artigo em questão, levando à criação do Quadro 3, servindo de base de dados para criação da Matriz FMEA.

### 3.3 Procedimentos para análise dos dados

#### 3.3.1 Etapas para análise dos dados

A metodologia empregada, segundo preconizada no conceito de busca de falhas mecânicas e operacionais no sistema de produção, foi realizada de maneira quantitativa com base nos registros realizados na montagem da matriz FMEA.

Objetiva identificar as falhas mecânicas e operacionais decorrentes do processo, mensurando as mesmas quanto à gravidade, seguindo valores descritos nos moldes da ferramenta FMEA.

Os procedimentos técnicos adotados incluem uma pesquisa de campo de caráter exploratório, realizada em uma indústria do ramo cervejeiro no período compreendido de 07/02/2016 a 28/02/2016, na área de envase de cerveja em lata. Esta pesquisa foi realizada através da ferramenta de qualidade FMEA análise do tipo e efeito das falhas do processo, tendo por finalidade aperfeiçoar o mesmo e propor ações de melhoria mapeando falhas ocorridas ou que possam vir a ocorrer, além de encontrar e mapear falhas no processo produtivo, assim podendo obter melhorias nos sistemas de produção levando em conta todas as etapas do processo.

##### 3.3.1.1 Como implantar a FMEA

Para a elaboração de uma análise via FMEA, sugerido por Helman e Andery, (1995) são os seguintes passos:

- a) Definir a Equipe Responsável pela Execução;
- b) Definir os Itens do Sistema que serão considerados;
- c) Preparação Prévia e Coleta de Dados;
- d) Análise Preliminar dos Itens Considerados;
- e) Identificação dos Modos de Falha e seus Efeitos;
- f) Identificação das Causas das Falhas;
- g) Identificação dos Controles Atuais de Detecção das Falhas;
- h) Determinação dos Índices de criticidade (**Q**corrência, **G**ravidade, **D**etecção e **R**isco);
- i) Análise das Recomendações;
- j) Revisão dos Procedimentos;
- k) Preenchimento dos Formulários de FMEA, a partir das Listas de Verificação;

1) Reflexão sobre o Processo.

Observa-se que, uma vez que realizada uma análise FMEA para produto ou processo desta, deve ser sempre realizada quando ocorrerem ou não alterações nesse produto ou processo afim.

#### 4 Resultados e discussões

##### 4.1 Descrição do processo produtivo

Um dos maiores problemas enfrentados no processo de fabricação são as paradas não programadas em uma linha de produção de cervejas em lata que trabalha em rotina de três turnos, ou seja, 24 horas por dia e necessita de agilidade para cumprir suas metas.

As atividades se iniciam obedecendo a uma programação já elaborada com antecedência pela área de vendas, onde estipula o volume de produto a ser envasado na produção. Após esta confirmação, o departamento de logística inicia a distribuição dos insumos da marca a ser fabricada.

É realizada uma vistoria pela supervisão de produção avaliando se tudo está de acordo com o programado e, então, nesta fase específica do processo, é iniciado o envase de cerveja, primeiramente pela despaletizadora – DPL, equipamento responsável por desagregar os paletes de lata agrupados em 21 camadas, contendo em cada camada 386 latas aproximadamente, totalizando aproximadamente 8.169 latas de uma determinada marca de cerveja (350 ml). Este processo de despaletização é automático, as latas seguem transportadas, camada a camada, para a etapa de rinsagem, que é um processo de lavagem, que acontece a aproximadamente 80°C e a uma pressão de água de 1 bar.

Em seguida, as latas são transportadas para a enchedora, equipamento responsável pelo envase do produto. A cerveja é envasada a uma temperatura de 3°C aproximadamente, seguindo para a recravadora responsável por tampar as latas. Após esta etapa o produto é transportado por uma esteira e levado até o pasteurizador onde permanece por um tempo pré-determinado de 40 minutos a uma temperatura que se aproxima dos 60°C.

Assim, o produto segue até um inspetor eletrônico responsável por rejeitar as latas que apresentam volume de enchimento baixo (este volume é determinado pelo INMETRO), seguindo até o datador responsável por realizar também, de forma automática, mas pré-ajustada, de forma a identificar a data de validade do produto. Em seguida, à embaladora, onde o produto é envolto de acordo com as especificações de venda do mercado.

A Paletizadora – PL é responsável pela montagem dos produtos prontos em camadas pré-estabelecidas de acordo com a especificação para cada tipo de produto. Na envolvedora, os mesmos são revestidos de um material plástico designado para esta função e, posteriormente, são enviados ao setor de logística, finalizando com o seu acondicionamento em caminhões, com vistas à entrega do produto aos estabelecimentos para revenda.

##### 4.2 Mapeamento das não conformidades do processo

Para realização de coleta de dados, utilizou-se o ERP da empresa (MES: *Manufacturing Execution System*) onde são inseridas todas as paradas referentes este artigo em questão.

O surgimento do MES (*Manufacturing Execution System*), ferramenta que tem a função de controlar as informações de chão de fábrica, veio de encontro a suprir a necessidade dos sistemas das empresas na identificação e planejamento (FAVARETTO, 2001).

Quadro 3: Descrição das falhas

Equipamento	Descrição da não conformidade	Total parada
Despaletizadora	Falha no sincronismo de garra	10
	Falha na ponte de vácuo	8
	Falha operacional	7
	Falha no sensor de portinhola	5
<b>Total de falhas - Despaletizadora</b>		<b>30</b>
Enchedora	Crash na entrada de latas	10
	Falha no inspetor de latas na saída de enchedora	8
	Falhas operacionais	12
<b>Total de falhas - Enchedora</b>		<b>30</b>
Pasteurizador	Falha na pressão da água	8
	Falhas de temperatura	7
<b>Total de falhas - Pasteurizador</b>		<b>15</b>
Empacotadora	Esteira transporte de pacotes travada	6
	Check matt desregulado	11
	Queda de energia	4
	Faca de corte de embalagem desregulada	2
	Falha no datador de latas	7
<b>Total de falhas - Empacotadora</b>		<b>30</b>
Paletizadora	Falha de agrupamento	14
	Falha no ramal de paletes	4
	Falha na transporte de montagem de camadas	6
	Quebra de esteira de transporte de pacotes	6
<b>Total de falhas - Paletizadora</b>		<b>30</b>
Envolvedora	Falha de encoder	2
	Quebra filme de envolvimento	8
	Qualidade do filme	2
<b>Total de falhas - Envolvedora</b>		<b>12</b>
<b>Total de falhas - Geral</b>		<b>147</b>

Fonte: Da pesquisa (2016)

#### 4.3 Elaboração da matriz FMEA

As informações obtidas durante o monitoramento nas etapas de despaletização, enchedora, pasteurização, empacotamento, paletização e a envolvedora foram registradas na planilha proposta para a ferramenta de qualidade FMEA, de acordo com o modelo com o Quadro 2.

Quadro 4: Monitoramento processos – Matriz FMEA

Passos Críticos	Falhas possíveis			Controles atuais	Índices				Ação corretiva e/ou preventiva
	Modo de Falha	Efeito	Causa		O	D	S	RPN	
Despaletização: Processo de colocação de latas em um transporte que as conduz até o envase	Falha na ponte de vácuo	Interrompe o fornecimento de latas para próxima etapa de produção ocasionando parada total de produção.	Falha no dispositivo de vácuo	inexistentes	5	2	7	70	Evitar latas tombadas no transporte
	Falha no sincronismo de garra		Garra que retira folhas separadas sem sincronismo	inexistentes	4	2	7	56	Ajustar sincronia da garra de forma manual
	Falha no sensor de portinhola		Mecanismo de retirada de camadas em falha	inexistentes	2	10	10	200	Ainda não foi encontrada solução
	Falha operacional		Falta de latas no transporte aéreo	inexistentes	3	4	6	72	Novo treinamento aos envolvidos
Enchedora: Processo de envase de las latas com produto	Crash na entrada de latas	Interrompe o fornecimento de latas já envasadas para próxima etapa de produção ocasionando parada total de produção.	Latas fora do padrão	inexistentes	7	6	4	168	Inspeção prévia das latas
	Chash na entrada de latas		Falha na sincronização	inexistentes	7	6	4	168	Ajuste de sincronia
	Falha no inspetor de latas na saída de enchedora		Perdeu a referência de padrão de latas	inexistentes	2	10	4	80	Ajuste e referenciamento com lata padrão
	Falhas operacionais		Falta de atenção	inexistentes	3	8	6	144	Orientação e treinamento
Pasteurização: Processo onde o produto é pasteurizado por tempo pré-estabelecido pela companhia	Falhas de temperatura	Interrompe o fornecimento de latas com produto acabado para próxima etapa de produção ocasionando parada total de produção.	Falha no funcionamento de equipamento de temperatura	inexistentes	2	4	10	80	Inspeção a cada 30 minutos
	Falha na Pressão da água		Falha no funcionamento de equipamento de temperatura	inexistentes	2	4	10	80	Inspeção e Limpeza regular
Empacotadora: Processo onde o produto é embalado, conforme especificação do mercado	Esteira de transporte de Pacotes Travada	Interrompe o fornecimento de pacotes com produto acabado para próxima etapa de produção ocasionando parada total de produção.	Quebra de elos que prendem na esteira ou engrenagens	inexistentes	3	3	4	36	Inspeção diária
	Falha no datador de latas		Travamento da função	inspeção regular	5	3	10	150	Inspeção a cada 15 minutos
	Check Matt desregulado		Mecanismo sem referência de latas cheias	inexistentes	4	3	10	120	Referenciar equipamento
Paletização: Processo onde o produto é embalado em paletes, conforme especificação do mercado	Quebra de esteira de transporte de pacotes	Interrompe o fornecimento por acúmulo de produto na linha de produção, ocasionando parada total de produção.	Quebra de elos que prendem na esteira ou engrenagens	inexistentes	3	3	4	36	Inspeção diária
	Falha no transporte de montagem de camadas		Sincronia de pacotes	Visual	5	1	5	25	Ajustes de esteira e sincronia
	Falha de Agrupamento		Engrenagem desalinhada	inexistentes	4	1	10	40	Modificação de atuação de engrenagens
	Falha no ramal de paletes		Falta de inspeção de paletes	inexistentes	8	4	4	128	Inspeccionar paletes 100%
Envolvedora/Embalagem em final de paletes	Falha de encoder	Interrompe o funcionamento por acúmulo de produto na linha de produção, ocasionando parada total de produção.	Falha na alimentação elétrica	inexistentes	2	1	4	8	Em análise
	Quebra filme de envolvimento		Qualidade ou ajuste	Visual	8	4	5	160	Troca do filme
<b>Ocorrências (O)</b>			<b>Deteção (D)</b>		<b>Severidade (S)</b>				
Improvável	1		Alta	1	Apenas perceptível			1	
Muito pequena	2 a 3		Moderada	2 a 3	Pouca importância			2 a 3	
Moderada	4 a 6		Pequena	4 a 6	Moderada			4 a 6	
Alta	7 a 8		Muito pequena	7 a 8	Grave			7 a 8	
Alarmante	9 a 10		Improvável	9 a 10	Gravíssima			9 a 10	
<b>Graus de prioridade de risco</b>			<b>Baixo - 1 a 100</b>		<b>Moderado - 101 a 300</b>			<b>Alto - 301 a 1000</b>	

Fonte: Da pesquisa (2016)

#### 4.4 Análise dos efeitos de falhas na rotina do processo de produção de cerveja

Conforme os resultados da pesquisa realizada, serão feitas observações sobre cada etapa do processo. Após a compilação dos dados incentivou-se a criação de um Planejamento Operacional onde, de forma conjunta, os envolvidos busquem solucionar os problemas apontados. Segue uma tratativa em ordem de criticidade de acordo com o perigo ou danos que a falha poderá ser para uma pessoa ou equipamento (Índice de Severidade – “S”); a probabilidade de a falha acontecer (Índice de Ocorrência- “O”); a probabilidade de se detectar a falha (Índice de Detecção – “D”); RPN (número de prioridade de risco - *Risk Priority Number*). Chega-se no RPN pela multiplicação dos índices de Severidade, Ocorrência e Detecção.

##### 4.4.1 Análise dos efeitos de falhas na rotina do processo de produção

O primeiro processo a ser analisado é o de despaletização, processo de colocação de latas em um transportador que as conduz até o envase.

O segundo processo analisado foi o da enchedora, processo de envase das latas com produto.

O terceiro processo analisado foi o de pasteurização: processo onde o produto é pasteurizado por tempo pré-estabelecido pela companhia. As falhas no equipamento de pasteurização tiveram nota 80 no que diz respeito ao RPN (número de prioridade de risco) valor considerado pela ferramenta como baixo e receberam o seguinte tratamento.

A empacotadora foi o quarto processo a ser analisado, onde o produto é embalado conforme especificação do mercado.

O quinto processo analisado foi o de paletização: processo onde o produto é embalado em paletes, conforme especificação do mercado.

O sexto e último processo analisado foi da envolvente: Embalagem final de paletes.

Conforme descrição a partir da análise realizada com a FMEA, foram gerados planos de ação para melhorias, incluindo, treinamentos e melhorias no processo de conhecimento em algumas etapas de fabricação, ações em manutenção de máquinas, troca de partes dos equipamentos e até alteração na estratégia de fabricação.

O FMEA é um método direcionado para quantificação dos efeitos das possíveis falhas, permitindo à empresa estabelecer prioridades para agir. No caso em questão não somente em prevenir, mas também, mensurar as falhas já existentes e dar ênfase à priorização de falhas.

Dentre algumas vantagens da utilização do FMEA na organização, pode-se observar: a identificação dos modos/causas de falhas potenciais relacionadas às etapas do processo, a identificação das variáveis que deverão ser controladas para redução da ocorrência ou melhoria da eficácia na detecção das falhas, a classificação dos modos de falhas potenciais, estabelecendo assim, um sistema de padronização para a priorização das ações corretivo/preventivas.

## 5 Considerações finais

Para que se mantenham competitivas no mercado, garantindo que seus produtos sejam bem aceitos pelos consumidores e clientes, uma empresa deve assegurar a qualidade de seus processos ou serviços prestados. Um sistema de gestão da qualidade sólido, preocupado com a atualização de sua metodologia de controle de qualidade é fundamental para que a empresa permaneça em vantagem frente aos seus concorrentes.

Metodologias como a FMEA asseguram que falhas no decorrer do processo de fabricação sejam detectadas, impedindo possíveis erros antes não previstos na fase de desenvolvimento do

processo, pelo fato de técnicas como esta não serem empregadas, deixando tais erros passarem despercebidos. Utilizada como ferramenta da qualidade para detectar modos de falha potenciais em processos produtivos, a FMEA pode proporcionar confiabilidade ao processo, atuando na prevenção e eliminação de erros, motivo pelo qual seu estudo e aplicação nas empresas devem ser cada vez mais enfatizados.

Por meio da pesquisa realizada, utilizando a FMEA, e analisando os resultados obtidos, foi possível constatar que as falhas encontradas no processo de envase de cerveja causam grande impacto no processo. É de suma importância aliar ações imediatas e preventivas, a fim de otimizar os resultados e alcançar as metas propostas pela empresa. Durante reuniões diárias com os supervisores e colaboradores para que algumas falhas tenham soluções rápidas e efetivas, foi possível concluir que os métodos empregados pelo estabelecimento em questão, ainda não alcançaram êxito na prevenção de suas ocorrências. Esses acontecimentos geram grandes problemas durante a produção e nos resultados, fato que deve considerar a recente implantação da empresa em questão e a adaptação dos colaboradores com os equipamentos.

Após a implantação da metodologia FMEA, alguns modos de falha foram eliminados do processo; outros obtiveram sensível melhoria solucionando preventivamente problemas que iriam tornar-se não conformidades durante a produção do produto, diminuindo automaticamente possíveis custos com retrabalhos, sucateamento de materiais e atrasos na produção.

Respondendo ao objetivo geral de analisar os efeitos de falhas na rotina do processo produção de uma cervejaria de grande porte, tendo como técnica a ferramenta *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), foi observado que sua utilização correta vem a diminuir: a ocorrência de falhas no processo, a probabilidade de falhas potenciais e que ainda não tenham ocorrido, o aumento da confiabilidade do processo por meio da análise das falhas existentes e, também, para diminuir os riscos de erros aumentando a qualidade dos procedimentos.

Em resposta ao primeiro objetivo específico (Descrição do processo produtivo), foi possível, através de um Fluxograma de uma descrição detalhada de processo, se obter uma ideia de como está disposto o arranjo físico da linha de produção de cerveja em lata da organização estudada. Desta forma, foi possível identificar o mapeamento dos equipamentos para realização da matriz. Quanto ao segundo objetivo específico, Mapeamento das não conformidades, o primeiro passo para o cumprimento deste objetivo foi através do fluxograma das etapas, iniciar a identificação dos problemas (falhas) e, posteriormente, a coleta de dados de falhas nas etapas da produção que possibilitou gerar um quadro com todas as ocorrências de falhas. Terceiro objetivo específico, Elaboração da matriz FMEA, esta etapa foi realizada com sucesso devido ao grande empenho dos envolvidos que conseguiram coletar todos os dados necessários para elaboração da matriz FMEA. Na sequência, foram apresentadas as notas referentes à avaliação de cada etapa. Cada formulário de FMEA obteve uma distribuição bem particular das irregularidades, de acordo com a prioridade relativa determinada pela ferramenta.

Entretanto, vale ressaltar que os resultados apresentados através da aplicação da ferramenta FMEA não têm pretensão de serem conclusivos, mas sim, incentivar pesquisas futuras em ferramentas de qualidade que venham a contribuir na melhoria contínua das organizações.

## Referências

- BERTSCHE, B.** Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability. Berlin: Springer. 2008.
- BARROS, A. J. P.; LEHFELD, N. A. S.** Projeto de pesquisa: propostas metodológicas. Petrópolis: Vozes, 2003.
- CAETANO, L.C.; LOBOSCO, A.; ARCARI, C.V.** Implantação da Ferramenta da Qualidade FMEA (Análise de modos e efeitos da falha) no processo de fabricação de medicamentos orais sólidos em uma indústria

farmacêutica veterinária. Anais do IV SINGEP – Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade. São Paulo, 2015.

**CARPINETTI, L. C. R.** Gestão da Qualidade – Conceitos e Técnicas. Editora Atlas. 2ª ed. Editora Atlas. São Paulo, 2012.

**CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.** Metodologia científica. 5ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 242 p.

**CHIAVENATO, Idalberto.** Gestão de Pessoas. 1ª ed., Rio de Janeiro: Editora Campus, 1999.

**CLARKE, C.** Automotive Production Systems and Standardisation: From Ford to the Case of Mercedes-Benz: Physica-Verlag Heidelberg. 2005.

**FALCONI, V.** TCQ Controle da Qualidade Total (no estilo Japonês). 9ª ed. Nova Lima, Editora Falconi, Minas Gerais, 2014.

**FAVARETTO, F.** Uma Contribuição ao Processo de Gestão da Produção pelo uso da Coleta Automática de Dados de Chão de Fábrica, Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, SP, 2001.

**FRANKA, A. G.; PEDRINIB, D. C.; ECHEVESTEC, M. E.; RIBEIRO, J. D.** Integração do QFD e da FMEA por meio de uma sistemática para tomada de decisões no processo de desenvolvimento de produtos. Production, v. 24, nº 2, p. 295-310, 2014.

**GANIM, A.** Setor Elétrico Brasileiro Aspectos regulamentares e tributários. Editora Canalenergia, 2003.

**GIL, A. C.** Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 1999.

**HAIR JR., J. F. et al.** Fundamentos e métodos de pesquisa em administração. Porto Alegre: Bookman, 2005.

**HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P.** Análise de falhas (Aplicação dos métodos de FMEA e FTA). Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 156 p. (Ferramentas da Qualidade, v. 11).

**JOHNSON, K.G.; KHAN, M.K.** A study into the use of the process failure mode and effects analysis (PFMEA) in the automotive industry in the UK. Journal of Materials Processing Technology, v.139, nº1-3, p.348-356. 2003.

**MCDERMOTT, R.E.; MIKULAK, R.J.; BEAUREGARD, M.R.** The Basics of FMEA, 2nd Edition. New York: Productivity Press. 2009.

**MOURA, C.** ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA) - MANUAL DE REFERÊNCIA. Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation, Fev. /2000.

**PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P.; FUENTE, D.D.L.** A decision support system for applying failure mode and effects analysis. International Journal of Quality and Reliability Management, v.19, nº 2, p.137-150. 2002.

**SAKURADA, E. Y.** As técnicas de Análise do Modo de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos. Dissertação de Mestrado. Engenharia Mecânica. Florianópolis, 2001.

**SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat.** Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 3 ed. Rev. Atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2001.

**STAMATIS, D.H.** Failure Mode and Effect Analysis, FMEA from Theory to Execution. ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, USA, First Edition, 1995.