



Produto & Produção, vol. 21, n.1, p.01-26. 2020

RECEBIDO EM 23/03/2019. ACEITO EM 14/10/2019.

Vander Luiz da Silva

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Brasil

vander-luiz@hotmail.com

Jordana Dorca dos Santos

Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR), Colegiado de Engenharia de Produção, Brasil

jordanadorca@gmail.com

Fernando Henrique Lermen

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Brasil

fernando-lermen@hotmail.com

**Aplicação da metodologia FMEA para redução de falhas em um equipamento alisador de cabelos:
Um estudo de caso**

Application of the FMEA methodology for failure reduction in hair straightener equipment: A case study

Resumo

O presente estudo teve por objetivo aplicar a FMEA para redução de falhas em um equipamento alisador de cabelos de uma empresa do setor de beleza. O produto selecionado apresentou índices significativos de falhas, comprometendo sua qualidade. A FMEA foi constituída por nove etapas e permitiu identificar falhas apresentadas por componentes técnicos do produto. Constatou-se que entre todos os componentes, o circuito, a resistência elétrica e o suporte do cabo de alimentação merecem maior atenção por parte da empresa, devido à severidade dos efeitos apresentados, elevado número de ocorrências registradas no período e dificuldades para detecção das falhas.

Palavras-Chave: Gestão da qualidade; Falha; Produto.

Abstract

This study aimed to apply the FMEA for failure reduction in hair straightener equipment of a company in the beauty industry. The selected product presented significant failure indexes, compromising its quality. The FMEA was constituted by nine steps and allowed to identify

admitted failures in each of the selected product components. It was verified that among all the components of the selected product, the circuit, the electrical resistance and the support of the power cable deserve greater attention by the company, due to the severity of effects presented, a high number of recorded occurrences and difficulties in detecting failures.

Key words: *Quality management; Failure; Product.*

1. Introdução.

Nas empresas, de maneira geral, com a crescente mudança no mercado e a busca por competitividade, a qualidade nos produtos tem se tornado uma necessidade. De acordo com Toledo et al. (2013), uma das alternativas que pode ser adotada pelas empresas para a melhoria da qualidade dos produtos é a aplicação de ferramentas e/ou metodologias da qualidade.

Enquanto que as ferramentas da qualidade auxiliam profissionais nos processos de coleta, organização e análise de dados, apresentação de resultados e tomada de decisões (CARPINETTI, 2010), as metodologias da qualidade são mais complexas e apresentam uma série de etapas padronizadas para redução de perdas no geral (SLACK et al., 1996).

Uma importante metodologia da qualidade é a metodologia de Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA), cuja sua finalidade é reduzir ou prevenir as falhas nos produtos, processos ou projetos (SLACK et al., 1996 & TOLEDO et al., 2013). A FMEA apresenta ampla aplicação nas empresas e demonstrou-se como uma importante metodologia de melhoria da qualidade dos produtos e/ou dos processos, conforme observado nos estudos de Leal, Pinho & Almeida (2006), Matos & Milan (2009), Oliveira, Paiva & Almeida (2009), Sant'Anna & Pinto Júnior (2010), Thornton et al. (2010), Costa et al. (2011), Souza (2012), Akim, Mergulhão & Borrás (2013), Braile & Andrade (2013) & Leão & Andrade (2015).

Diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo aplicar a metodologia FMEA para análise e redução de falhas em um equipamento alisador de cabelos de uma empresa do setor de beleza. A escolha do equipamento se justifica pelo fato deste ter apresentado um maior número de ocorrências de clientes pelas não conformidades, no período avaliado, entre todos os produtos da empresa.

O estudo está estruturado em seis seções. Primeiramente, a pesquisa é contextualizada e o seu objetivo, apresentado. Em seguida, na segunda seção, o referencial teórico é descrito que trata da gestão da qualidade, e na terceira seção, a revisão de literatura é apresentada. Posteriormente, na quarta e quinta seção, a metodologia de pesquisa e os resultados e discussão são apresentados, respectivamente. Por fim, encontram-se as considerações finais.

2. Gestão da qualidade.

A qualidade é muito subjetiva, pois é percebida e definida de forma diferenciada por grupos distintos de indivíduos, em função da variedade de necessidades, desejos, experiências e expectativas (OLIVEIRA, 2003). De acordo com Martins & Laugeni (2006), a qualidade deve atender as especificações estabelecidas ao produto e fornecer subsídios para eliminar desperdícios nas empresas, podendo ser determinada por meio da utilização de ferramentas e metodologias adequadas.

2.1. Ferramentas da qualidade.

As ferramentas da qualidade visam medir, analisar e propor soluções para as disfunções de uma empresa (RODRIGUES LEITE, 2013), classificadas em ferramentas tradicionais e ferramentas organizacionais (CARPINETTI, 2010).

As ferramentas tradicionais da qualidade fornecem suporte para a coleta e análise de dados e apresentação de resultados (CARPINETTI, 2010). De acordo com Toledo et al. (2013), entre essas ferramentas estão a estratificação, folha de verificação, Princípio de Pareto, gráficos de controle, histograma, diagrama de Ishikawa e diagrama de dispersão (Quadro 1).

| Ferramenta | Descrição |
|-----------------------|--|
| Estratificação | Permite a divisão de um conjunto de dados em grupos significativos (TOLEDO et al., 2013), por exemplo, para a avaliação dos turnos de trabalho, torna-se possível estratificar os dados e verificar em qual turno está concentrado um determinado problema (TRIVELATTO, 2010). |
| Folha de verificação | É um formulário impresso ou digital utilizado para registrar dados, facilitando o processo de análise dos mesmos (TOLEDO et al., 2013). |
| Princípio de Pareto | No contexto organizacional, o Princípio de Pareto afirma que a maior parcela dos problemas de qualidade (80%) é provocada por poucas causas (20%) (ALVAREZ, 2001). |
| Gráficos de controle | São empregados no monitoramento de certo processo produtivo e são classificados em dois tipos, os gráficos de controle por variáveis (análise quantitativa) e os gráficos de controle por atributos (análise qualitativa) (SIQUEIRA PRIMO, 1997). |
| Histograma | Essa ferramenta é semelhante ao Princípio de Pareto, porém, apresenta a distribuição de dados conforme a frequência que esses aparecem e não por prioridade (BEHR & MORO & ESTABEL, 2008). |
| Diagrama de Ishikawa | O Diagrama de Ishikawa é utilizado para apresentar a relação existente entre uma ou mais causas de um problema e os fatores que possam afetá-las (BARBOSA et al., 2011). |
| Diagrama de dispersão | É uma ferramenta gráfica que permite demonstrar a relação entre duas variáveis de um problema, de modo a identificar se as mesmas estão correlacionadas (TOLEDO et al., 2013). |

Quadro 1. Ferramentas tradicionais da qualidade.

Já as ferramentas organizacionais foram desenvolvidas com o intuito de auxiliar empresas e profissionais no processo de tomada de decisões (CARPINETTI, 2010). Entre as ferramentas, merecem destaque o *Brainstorming* e 5W2H (Quadro 2).

| Ferramenta | Descrição |
|----------------------|--|
| <i>Brainstorming</i> | É também conhecida como tempestade de ideias e visa a geração de novas ideias para identificar e propor soluções aos problemas da empresa (RODRIGUES LEITE, 2013). |
| 5W2H | Visa apresentar um conjunto de ações para resolução de problemas, constituído pelas questões: i) <i>What?</i> (O quê?); ii) <i>Where?</i> (Onde?); iii) <i>When?</i> (Quando?); iv) <i>Who?</i> (Quem?); v) <i>Why?</i> (Por quê?); vi) <i>How?</i> (Como?), e; <i>How Much</i> (Quanto custa?) (BORBA, 2013). |

Quadro 2. Ferramentas organizacionais da qualidade.

2.2. Metodologias da qualidade.

Com a busca das empresas pela melhoria contínua de processos, surgem na década de 50 as primeiras metodologias da qualidade (GONÇALVES et al., 2012). Entre essas metodologias estão: i) Ciclo PDCA: Engloba as etapas de Planejamento (*Plan*), Execução (*Do*), Verificação (*Check*) e Ação (*Act*) (UGLIARA, 2013); ii) FMEA: Engloba uma série de etapas que visam a prevenção ou redução de falhas nos produtos (TOLEDO et al., 2013), e; iii) Outras metodologias.

As metodologias da qualidade envolvem uma série de etapas padronizadas, direcionadas ao alcance de melhorias na qualidade dos produtos, projetos ou processos, como é o caso da metodologia FMEA (SLACK et al., 1996 & TOLEDO et al., 2013).

2.2.1. FMEA.

Para a compreensão de conceitos da metodologia FMEA é necessário definir o termo falha. De acordo com Viali (2010), uma falha refere-se à interrupção ou comprometimento das funções projetadas e esperadas para um produto.

A metodologia de Análise de Modos de Falha e Efeitos - FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) tem por objetivo reduzir ou prevenir, por meio da análise de falhas e proposta de melhorias, o surgimento de falhas nos produtos (TOLEDO et al., 2013). Segundo Bonanomi et al. (2010), a FMEA consiste na análise de possíveis situações que um produto ou processo está mais susceptível às falhas, apresentando uma série de etapas padronizadas (Quadro 3).

| Etapas da FMEA |
|--|
| i) Planejar as ações para a aplicação da FMEA; ii) Identificar os sistemas e os componentes dos produtos; iii) Listar as situações que os produtos poderão falhar; iv) Identificar os possíveis efeitos das falhas; v) Identificar as causas prováveis das falhas; vi) Avaliar a probabilidade da falha; a severidade dos efeitos da falha e a probabilidade de detecção da falha, bem como determinar o Número de Prioridade do Risco, e; vii) Elaborar plano de melhorias para minimizar as falhas identificadas. viii) Elaborar um formulário de representação da FMEA, e; ix) Revisar o formulário típico da FMEA. |

Quadro 3. Etapas de aplicação da FMEA. Fonte: Adaptado de Slack et al. (1996), Corrêa & Corrêa (2009) & Toledo et al., (2013).

Uma etapa comum da FMEA é a determinação do Número de Prioridade do Risco (NPR), expresso pela Equação 1, conforme descreve Toledo et al., (2013).

$$NPR = S * O * D \quad (1)$$

Onde: S = Severidade dos efeitos da falha; O = Probabilidade de ocorrência da falha, e; D = Probabilidade de detecção da falha.

Os índices de severidade dos efeitos da falha (S), probabilidade de ocorrência da falha (O) e probabilidade de detecção da falha (D) são determinados por meio da atribuição de parâmetros, apresentados nos Quadros 4, 5 e 6, respectivamente.

| Índice | Severidade | Critério |
|--------|------------|---|
| 1 | Mínima | O cliente mal percebe que a falha ocorreu. |
| 2 | Pequena | Ligeiramente deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente. |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | Moderada | Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente. |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | Alta | Sistema deixa de funcionar com grande descontentamento do cliente. |
| 9 | Muito alta | Idem ao anterior, porém afeta a segurança do cliente. |
| 10 | | |

Quadro 4. Parâmetros correspondentes à severidade dos efeitos das falhas (S). Fonte: Toledo et al. (2013).

| Índice | Ocorrência | Proporção |
|--------|------------|--------------|
| 1 | Remota | 1: 1.000.000 |
| 2 | Pequena | 1: 20.000 |
| 3 | | 1:4.000 |
| 4 | | 1:1.000 |
| 5 | Moderada | 1:400 |
| 6 | | 1:80 |
| 7 | | 1:40 |
| 8 | Alta | 1:20 |
| 9 | Muito alta | 1:8 |
| 10 | | 1:2 |

Quadro 5. Parâmetros correspondentes à probabilidade de ocorrência das falhas (O). Fonte: Toledo et al. (2013).

| Índice | Deteção | Proporção |
|--------|---------------|---------------------------------------|
| 1 | Muito grande | Certamente será detectado |
| 2 | | |
| 3 | Grande | Grande probabilidade de ser detectado |
| 4 | | |
| 5 | Moderada | Provavelmente será detectado |
| 6 | | |
| 7 | Pequena | Provavelmente não será detectado |
| 8 | | |
| 9 | Muito pequena | Certamente não será detectado |
| 10 | | |

Quadro 6. Parâmetros correspondentes à probabilidade de deteção das falhas (D). Fonte: Toledo et al. (2013).

A avaliação dos fatores de criticidade S, O e D é importante e deve ser realizada adequadamente, pois esses fatores atuam diretamente nos resultados dos NPRs, permitindo a identificação e priorização de modos falhas críticos no sistema (Souza & Álvares, 2008).

3. Revisão de literatura.

A revisão de literatura focou-se na análise de trabalhos aplicados que visam apresentar resultados de aplicação da metodologia FMEA em processos, produtos ou projetos distintos. Para tal foram realizadas buscas nos portais Capes, buscador *Google* e *SciELO*, sendo utilizadas as palavras chaves: Análise de falhas; FMEA; Aplicação da FMEA; Confiabilidade; entre outras.

Posteriormente, realizou-se uma análise bibliométrica e uma revisão sistêmica dos trabalhos selecionados, que permitiu identificar a relevância desses trabalhos no meio acadêmico e científico.

No total foram selecionados 34 trabalhos (10 artigos científicos de congressos, 17 artigos de periódicos, 4 dissertações e 3 monografias). Na Figura 1 é apresentada a distribuição dos principais trabalhos, conforme o reconhecimento científico, mediante a identificação do número de vezes que o trabalho foi citado na literatura, utilizando o buscador *Google Acadêmico*.

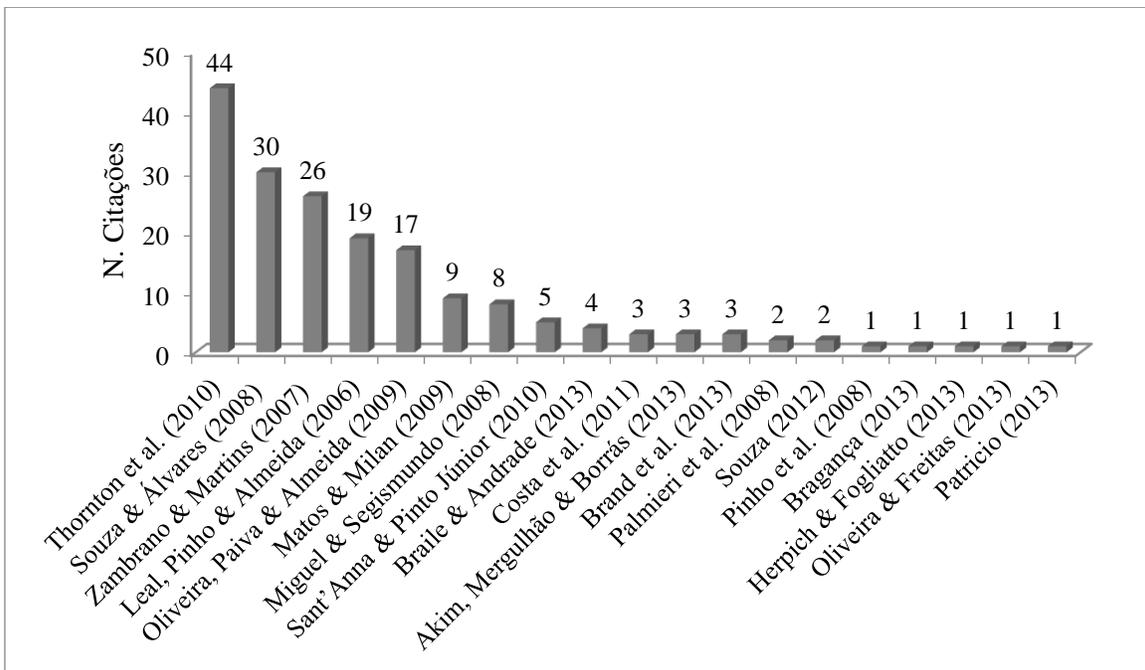


Figura 1. Grau de reconhecimento científico dos trabalhos selecionados.

Observa-se que o estudo de Thornton et al. (2010), intitulado de “*Application of Failure Mode and Effect Analysis in a Radiology Department*”, apresentou o maior número de citações, ou seja, foi citado 44 vezes por outros trabalhos, sucedendo o trabalho de Souza & Álvares (2008), intitulado de “*FMEA and FTA analysis for application of the reliabilitycentered maintenance methodology: case study on hydraulic turbines*”, apresentando 30 citações em outros trabalhos, e o trabalho de Zambrano & Martins (2007), intitulado de “*Utilização do método FMEA para avaliação do risco ambiental*”, apresentando 26 citações em outros trabalhos. O reconhecimento científico de cada trabalho foi decorrente da consistência do referencial teórico, do procedimento metodológico e da utilização de outros métodos em conjunto com a FMEA para análise de falhas.

Conforme a Figura 1, outros trabalhos também apresentaram reconhecimentos científicos, mediante o número de vezes que foram citados por outros trabalhos, elaborados pelos autores: Leal, Pinho & Almeida (2006), com 19 citações; Oliveira, Paiva & Almeida (2009), com 17 citações; Matos & Milan (2009), com 9 citações; Miguel & Segismundo (2008), com 8 citações; Sant'Anna & Pinto Júnior (2010), com 5 citações; Braile & Andrade (2013), com 4 citações, entre outros trabalhos.

Com relação às principais palavras-chave, entre o total de 34 trabalhos selecionados, a FMEA foi utilizada como palavra-chave por 24 trabalhos, sucedendo a qualidade, citada por 6 trabalhos, a análise de falhas, citada por 4 trabalhos, e a confiabilidade, citada por 4 trabalhos.

Conforme mencionado por Slack et al. (1996), a metodologia FMEA pode ser aplicada em produtos, processos ou projetos. Analisando os 34 trabalhos selecionados, constatou-se que 67,65% dos trabalhos aplicaram a FMEA em processos de produção, 29,41% dos trabalhos realizaram a Análise de Modos de Falha e Efeitos em produtos, e 2,94% dos trabalhos aplicaram a FMEA no projeto de desenvolvimento de produtos.

De maneira geral, os trabalhos selecionados apresentaram objetivos semelhantes, no entanto, foram desenvolvidos em setores industriais distintos, como apresentado na Figura 2.

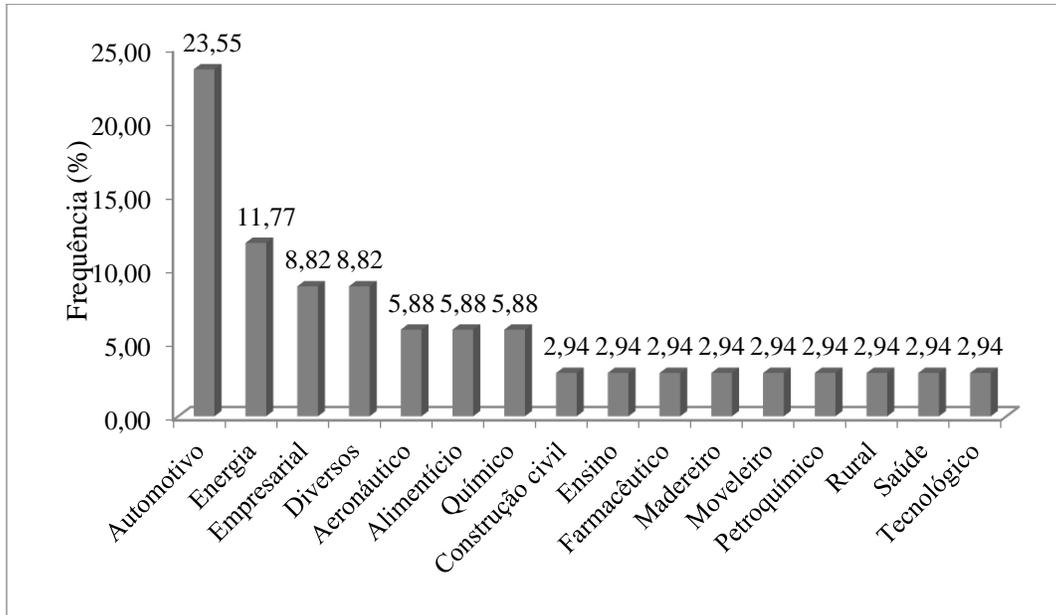


Figura 2. Setores de aplicação da FMEA.

É notório que o setor automotivo foi o foco da maior parcela de estudos (23,55%), envolvendo a aplicação da FMEA em processos de montagem e prestação de serviços automotivos ou produtos relevantes, seguido do setor de energia (11,77%), onde a FMEA foi aplicada para análise de modos de falha em turbo geradores, aerogeradores e redes de distribuição de energia. Não foram encontrados trabalhos aplicados no setor de beleza.

O Quadro 7 descreve o objetivo, o procedimento metodológico e os principais resultados obtidos para alguns dos trabalhos avaliados.

| Autores | Objetivo do trabalho | Procedimento metodológico | Resultado |
|------------------------------|---|--|--|
| Leal, Pinho & Almeida (2006) | Empregar a metodologia FMEA em conjunto com a teoria Grey para análise de falhas no processo de distribuição de energia elétrica. | Foram identificadas as cinco causas de falhas no processo de distribuição de energia e, posteriormente, avaliados o índice severidade (S), probabilidade de ocorrência (O) e probabilidade de detecção de falhas (D) para cada causa. Com base nos valores de S, O e D, utilizando conceitos da teoria de Grey, as | A queima de elo de fusível foi a causa de maior prioridade, conforme o cálculo determinado pelo uso da teoria Grey, seguido do rompimento de cabo. |

| | | | |
|----------------------------------|---|---|---|
| | | causas de falhas foram priorizadas. | |
| Zambrano & Martins (2007) | Apresentar a utilização do método FMEA para avaliação do risco ambiental em empresas de pequeno porte. | Foram selecionadas seis pequenas empresas de setores distintos, como alimentício, têxtil, metal mecânico, entre outros setores. Em cada uma das empresas foram identificados os impactos ambientais gerados pelos processos produtivos, e priorizados esses impactos, utilizando a FMEA, a partir da determinação dos NPRs. | Em todas as empresas, independente do processo produtivo, os principais impactos apresentaram relação ao consumo elevado de energia e à geração de resíduos contaminantes. |
| Oliveira, Paiva & Almeida (2009) | Propor um método integrativo para minimizar falhas em uma empresa prestadora de serviços administrativos. | Foi realizado um mapeamento do processo de lavratura de escrituras, seguida da identificação e representação de causas de falhas utilizando uma árvore de falhas (método FTA), bem como elaborado um formulário FMEA com recomendações para redução das falhas. | Por meio do mapeamento de processos, os autores identificaram as etapas mais críticas do processo de lavratura de escrituras. Já o método FTA permitiu representar as falhas, enquanto que a FMEA demonstrou pelos cálculos dos NPRs que o lançamento incorreto de informações nas escrituras e conferências imprecisas foram importantes causas de falhas. |

Quadro 7. Descrição de objetivos, procedimentos e resultados de trabalhos.

A revisão de literatura contribuiu com o desenvolvimento deste estudo, pois apresentou trabalhos voltados à aplicação da FMEA em setores distintos e com diferentes problemáticas.

4. Metodologia de pesquisa.

Para a realização do estudo foram analisados os registros mensais de ocorrências de clientes, fornecidos pela empresa por meio do Sistema eletrônico *online* de Atendimento ao Consumidor (SAC), correspondentes ao período de outubro de 2015 a agosto de 2016.

A partir dos dados fornecidos pelo SAC, foi aplicada a ferramenta Princípio de Pareto, de modo a priorizar os produtos responsáveis pelos maiores índices de ocorrências de clientes pelas não conformidades nesses.

Posteriormente, para o produto que implicou no maior percentual de ocorrências de clientes no SAC, foi aplicada a metodologia FMEA. Define-se uma ocorrência o registro formal de reclamações de clientes em um sistema eletrônico.

A metodologia FMEA utilizada no estudo apresentou nove etapas e a descrição do procedimento metodológico utilizado em cada uma dessas está detalhada no Quadro 8.

| Etapa da FMEA | Procedimento metodológico |
|--|---|
| i) Planejamento de ações para a aplicação da FMEA | Foi definido o objetivo de aplicação da metodologia FMEA, bem como definida uma equipe multidisciplinar, envolvendo um representante de cada departamento (Assistência Técnica, Desenvolvimento de produto, Qualidade, Sistema de Atendimento ao Consumidor e Produção). |
| ii) Identificação dos sistemas e componentes do produto | Foram detalhadas as etapas do processo de produção, e os respectivos componentes do produto selecionado e suas funções, por meio de observações intensivas no departamento de Produção e <i>brainstorming</i> com os gerentes dos departamentos de Desenvolvimento de produto e Produção. |
| iii) Lista de situações que favorecem as falhas | Foram identificadas as situações que podem favorecer as falhas no produto estudado. Além disso, foram classificadas as falhas admitidas por cada um dos componentes do produto. |
| iv) Identificação dos efeitos das falhas | Os efeitos das prováveis causas das falhas para cada um dos componentes do produto foram identificados e descritos. |
| v) Identificação das causas das falhas | Foram identificadas e detalhadas as prováveis causas das falhas para cada um dos componentes do produto em questão. |
| vi) Avaliação da severidade dos efeitos (S), probabilidade de ocorrência (O) e probabilidade de detecção da falha (D), e determinação dos NPRs | Foram atribuídos valores aos fatores S, O e D, respectivamente, para cada modo de falha dos componentes, considerando os parâmetros descritos por Toledo et al. (2013) (Quadros 4, 5 e 6), em conjunto com as informações técnicas fornecidas pela equipe multidisciplinar. Já o NPR para cada modo falha foi determinado utilizando a Equação 1. |
| vii) Elaboração do plano de melhorias | O plano de melhorias foi elaborado utilizando os conceitos básicos da ferramenta da qualidade 5W1H. |
| viii) Elaboração do formulário FMEA | Os resultados obtidos nas etapas anteriores foram agrupados em um formulário típico da FMEA, apresentado por Toledo et al. (2013). |
| ix) Revisão do formulário FMEA | Em uma reunião informal, o formulário FMEA foi revisado, para que posteriormente, ocorra a validação deste formulário na empresa. |

Quadro 8. Procedimento metodológico de aplicação da FMEA.

O método de abordagem empregado na identificação dos produtos com maiores índices de ocorrências registradas no SAC foi o quantitativo, pois foram aplicados conceitos básicos da estatística, como a análise de frequência dos dados, enquanto que na aplicação da metodologia FMEA foi utilizado o método qualitativo para a descrição de componentes e suas respectivas funções, tipos de falhas, efeitos das falhas, causas das falhas e para a elaboração do plano de melhorias, além do método quantitativo para a análise de criticidade das falhas (S, O e D) e determinação do Número de Prioridade do Risco (NPR) para cada modo falha dos componentes.

Quanto aos fins, a pesquisa classifica-se como Descritiva, Exploratória e Aplicada. É Descritiva, pois as etapas de aplicação da metodologia FMEA são devidamente detalhadas e os resultados obtidos são discorridos; Exploratória, pois as falhas nos componentes do produto são investigadas e apresentadas, e; Aplicada, pois as etapas conceituais da metodologia FMEA são aplicadas em um dos produtos da empresa.

Já quanto aos meios, a pesquisa classifica-se como Bibliográfica, Documental, Pesquisa de Campo e Estudo de Caso. Classifica-se como Bibliográfica, pois foram consultados livros e trabalhos que tratam das metodologias da qualidade e suas aplicações; Documental, pois foram consultados os registros de ocorrências de clientes gerados pelo SAC da empresa; Pesquisa de Campo, pois para a aplicação da metodologia FMEA foram coletados dados e informações *in loco* na empresa, e; Estudo de Caso, pois uma abordagem teórica foi aplicada em um contexto real.

5. Resultados e discussão.

O presente estudo foi desenvolvido em uma empresa do setor de beleza, que produz alisadores de cabelos, secadores e máquinas de corte de cabelos, escovas, entre outros produtos.

No período de agosto de 2015 a outubro de 2016 foram registradas 6.482 ocorrências de clientes em 82 produtos (alisadores de cabelos, secadores e máquinas de corte de cabelos, entre outros produtos). Essas ocorrências estavam relacionadas principalmente às falhas nos produtos, apesar de haverem registros no SAC relacionados às dúvidas e sugestões de clientes. No estudo foram consideradas somente as ocorrências decorrentes de falhas em produtos.

Empregando a ferramenta Princípio de Pareto identificou-se que 76,87% das ocorrências de clientes foram originadas por falhas em 20% dos produtos, conforme apresenta a Figura 3, e 23,13% das ocorrências, por falhas em 80% dos produtos. Os produtos responsáveis pelos maiores índices de ocorrências estão definidos no Quadro 9.

| Código | Produto |
|---------------|--|
| Produto A | Alisador de cabelos da marca A (127 V) |
| Produto B | Alisador de cabelos da marca A (220 V) |
| Produto C | Alisador de cabelos da marca B (127 V) |
| Produto D | Secador de cabelos da marca C (127 V) |
| Produto E | Alisador de cabelos da marca D (127 V) |
| Produto F | Secador de cabelos da marca E (127 V) |
| Produto G | Alisador de cabelos da marca F (127 V) |
| Produto H | Secador de cabelos da marca G (127 V) |
| Produto I | Alisador de cabelos da marca D (220 V) |
| Produto J | Alisador de cabelos da marca B (220 V) |
| Produto K | Máquina de corte de cabelos da marca H (BIV) |
| Produto L | Secador de cabelos da marca G (220 V) |
| Produto M | Secador de cabelos da marca E (220 V) |
| Produto N | Máquina de corte de cabelos da marca I (BIV) |
| Produto O | Alisador de cabelos da marca J (127 V) |
| Produto P | Secador de cabelos da marca C (220 V) |

Quadro 9. Produtos responsáveis por quase 80% do total de ocorrências de clientes no SAC.

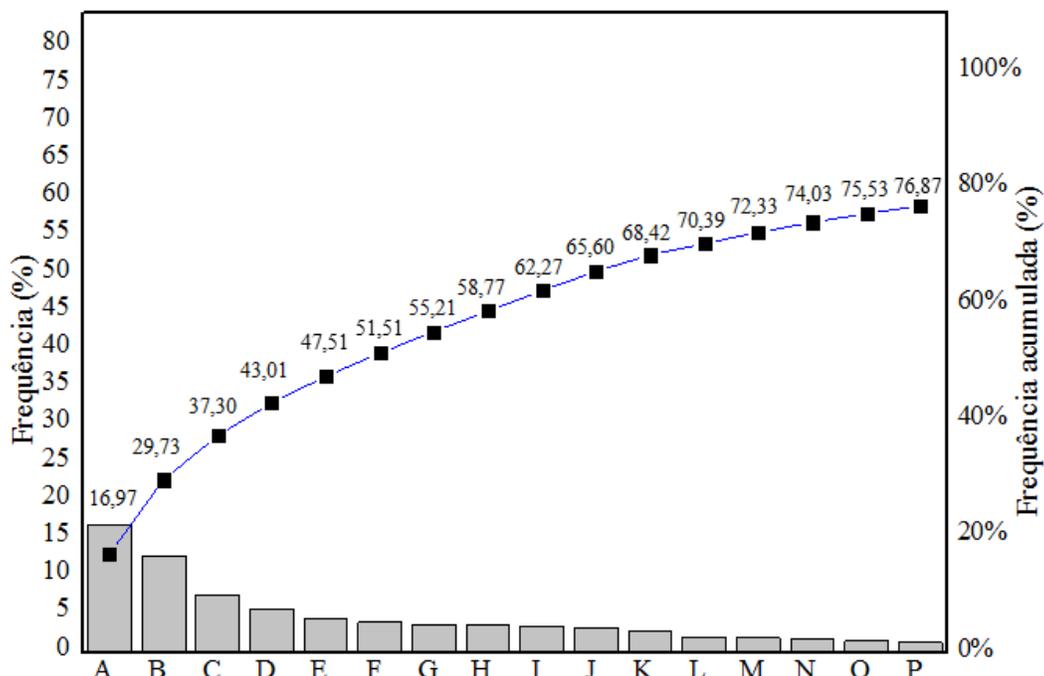


Figura 3. Produtos responsáveis pelos maiores índices de ocorrências de clientes no SAC.

Entre todos os produtos, o alisador de cabelos da marca A (127 V) (Produto A) admitiu o maior percentual de ocorrências de clientes, o que correspondeu a 16,97% do total de ocorrências registradas no SAC envolvendo todos os produtos, sucedendo o alisador de cabelos da marca A (220 V) (Produto B), com representatividade de 12,76% em relação ao total de ocorrências. Nesses produtos, as principais ocorrências de clientes estavam relacionadas às falhas técnicas no circuito, falhas no suporte do cabo de alimentação, falhas na regulagem dos produtos e defeitos nas lâminas dos produtos.

Os Produtos A e B são de mesma marca, apresentam os mesmos componentes e envolvem as mesmas etapas de produção, havendo diferença entre esses somente no aspecto voltagem e na capacidade técnica de certos componentes. Neste contexto, o produto selecionado para a análise de falhas foi o alisador de cabelos da marca A (127 V) (Produto A), por apresentar o maior índice de ocorrências de clientes no SAC.

Visando reduzir os índices de ocorrências de clientes pelas não conformidades e prevenir o surgimento novas falhas, foi aplicada a metodologia FMEA no Produto A. A FMEA iniciou-se com a etapa de planejamento de ações e foi finalizada após a elaboração e revisão de um formulário típico desta metodologia.

Para a aplicação da metodologia FMEA foi selecionado o produto que apresentou o maior número de ocorrências de clientes no SAC, pois essas ocorrências, na prática resultam em grande volume de retrabalhos na empresa.

No planejamento de ações e aplicação da FMEA foi definida uma equipe multidisciplinar, constituída pelos supervisores dos departamentos de Produção, Desenvolvimento de produto, Qualidade e SAC e colaboradores da Assistência Técnica. Essas pessoas tem a responsabilidade fornecer as informações técnicas úteis para a identificação e análise dos modos de falhas, seus efeitos, causas das falhas, entre outras.

Posterior a identificação de sistemas e componentes do Produto A, foram identificadas as situações que podem refletir nos efeitos das falhas para cada um dos componentes deste produto, conforme apresenta o Quadro 10.

| Componente | Modo falha | Tipo da falha |
|-----------------------------------|--|----------------------|
| Anel metálico | Desprendimento | Mecânica |
| Arame de lâmina | Desprendimento | Mecânica |
| Cabo conector interno | Rompimento | Mecânica |
| Cabo de alimentação | Rompimento | Mecânica |
| Capacitor | Mau funcionamento | Eletrônica |
| Chapa fixadora da lâmina | Desprendimento | Mecânica |
| Circuito | Mau funcionamento | Eletrônica |
| Eixo | Desprendimento | Mecânica |
| Fusível térmico | Mau funcionamento | Eletrônica |
| Gabinete inferior | Desprendimento e/ou arranhões | Mecânica |
| Gabinete superior | | |
| Gabinete inferior interno | Desprendimento | Mecânica |
| Gabinete superior interno | | |
| Suporte do cabo de alimentação | Mau funcionamento | Eletrônica |
| Lâmina | Danificações externas | Mecânica |
| Mola | Desprendimento e/ou perda de flexibilidade | Mecânica |
| Parafuso | Desprendimento | Mecânica |
| Resistência elétrica | Mau funcionamento | Eletrônica |
| Resistor | Mau funcionamento | Eletrônica |
| Silicone de isolamento | Desprendimento | Mecânica |
| Suporte frontal da lâmina | Desprendimento | Mecânica |
| Suporte traseiro da lâmina | | |
| Suporte lateral | Desprendimento | Mecânica |
| Tecla de regulação da temperatura | Desprendimento | Mecânica |
| Termostato | Mau funcionamento | Eletrônica |
| Visor | Desprendimento | Mecânica |

Quadro 10. Situações que implicam em falhas nos componentes do Produto A e os respectivos tipos de falhas.

A partir da identificação dos tipos de falhas nos componentes, observou-se que o tipo mais comum de falha foi a falha de natureza mecânica (69,57%), caracterizada pelo rompimento de cabos e desprendimento de componentes externos, como gabinetes, suportes e parafusos, seguida da falha eletrônica (30,43%) que correspondeu principalmente ao mau funcionamento de componentes internos.

Os efeitos das falhas são entendidos como sinais anormais e indesejáveis que os produtos apresentam ou podem apresentar. O Quadro 11 descreve os efeitos das falhas identificados em cada um dos componentes do Produto A.

| Componente | Efeito das falhas |
|-----------------------------------|---|
| Anel metálico | Anel se soltando dos gabinetes. |
| Arame da lâmina | Arame se desprendendo da lâmina. |
| Cabo conector interno | Cabo solto ou se rompendo dos componentes internos. |
| Cabo de alimentação | Cabo rompido, danificado e/ou derretido. |
| Capacitor | Interrupção do funcionamento. |
| Chapa fixadora da lâmina | Chapa solta e/ou se desprendendo da lâmina. |
| Circuito | Interrupção do funcionamento. |
| Eixo | Eixo se desprendendo dos gabinetes inferior e superior. |
| Fusível térmico | Interrupção do funcionamento. |
| Gabinete inferior | Gabinete solto e/ou partes do gabinete se desprendendo do produto. |
| Gabinete superior | |
| Gabinete inferior interno | |
| Gabinete superior interno | |
| Suporte do cabo de alimentação | Interrupção do funcionamento. |
| Lâmina | - Formação de bolhas na superfície frontal da lâmina; - Lâmina desajustada, e; - Lâmina solta ou se desprendendo dos gabinetes inferior e superior. |
| Mola | - Mola se desprendendo dos gabinetes inferior e superior, e; - Mola comprometida e pouco flexível. |
| Parafuso | Parafusos soltos. |
| Resistência elétrica | Interrupção do funcionamento. |
| Resistor | Interrupção do funcionamento. |
| Silicone de isolamento | Má fixação do silicone no circuito. |
| Suporte frontal da lâmina | - Suporte desajustado nos gabinetes inferior e/ou superior, e; - Suporte se desprendendo dos gabinetes inferior e/ou superior. |
| Suporte traseiro da lâmina | |
| Suporte lateral | Suporte solto ou se desprendendo do produto. |
| Tecla de regulagem da temperatura | Tecla solta ou se desprendendo do produto. |
| Termostato | Interrupção do funcionamento. |
| Visor | Visor solto ou se desprendendo do produto. |

Quadro 11. Efeitos das falhas nos componentes do Produto A.

Observa-se que certos efeitos podem ser facilmente visíveis pelo cliente, como é o caso dos gabinetes estarem soltos, enquanto que outros componentes envolvem casos mais complexos, como a interrupção do funcionamento do circuito que é de difícil detecção para o cliente.

Já as prováveis causas das falhas para cada um dos componentes do Produto A estão apresentadas no Quadro 12.

| Componente | Causa das falhas |
|--------------------------------|---|
| Anel metálico | Má fixação do anel no gabinete inferior e gabinete inferior interno na etapa de montagem final do produto. |
| Arame de lâmina | Má fixação do arame e/ou chapa da lâmina na etapa de montagem da lâmina (é realizada por um fornecedor). |
| Chapa fixadora de lâmina | |
| Cabo conector interno | - Composição e estrutura do cabo, e; - Má fixação de cabos conectores dos componentes internos no circuito. |
| Cabo de alimentação | - Composição e estrutura do cabo; - Etapas inadequadas do processo de produção do cabo, e; - Manuseio inadequado do cabo. |
| Capacitor | - Características técnicas do capacitor que refletem no baixo desempenho e menor durabilidade deste, e; - Má fixação do capacitor no circuito na etapa de montagem do circuito. |
| Circuito | - Características técnicas do circuito que refletem no baixo desempenho e durabilidade deste, e; - Fixação de componentes internos incompatíveis no circuito, e; - Má fixação de componentes internos no circuito na etapa de montagem do circuito. |
| Eixo | - Má fixação do eixo nos gabinetes superior e inferior na etapa de montagem final do produto. |
| Fusível térmico | - Características técnicas do fusível térmico que refletem no baixo desempenho e menor durabilidade deste, e; - Má fixação do fusível no circuito na etapa de montagem do circuito. |
| Gabinete inferior | - Manuseio incorreto dos gabinetes, e; |
| Gabinete superior | - Má fixação de componentes externos nos gabinetes, como parafusos e suportes, nas etapas de montagem do gabinete superior, montagem do gabinete inferior e montagem final do produto. |
| Gabinete inferior interno | - Má fixação de suportes pré-montados dos gabinetes internos, durante as etapas de montagem dos gabinetes superior e inferior. |
| Gabinete superior interno | |
| Suporte do cabo de alimentação | - Características técnicas do suporte do cabo de alimentação que refletem no baixo desempenho e menor durabilidade deste, e; - Má fixação do suporte do cabo de alimentação no circuito pela montagem inadequada do circuito. |
| Lâmina | - Composição química das lâminas; - Etapas do processo produtivo das lâminas, - Utilização de resistor incompatível às resistências elétricas, e; - Manuseio incorreto das lâminas. |
| Mola | - Características da mola, e; - Má fixação das molas nos gabinetes do produto, durante a etapa de montagem do produto final. |
| Parafuso | - Estrutura física do parafuso; - Má fixação de parafusos nos suportes e gabinetes, durante as etapas de montagem dos gabinetes inferior e superior e montagem final do produto. |
| Resistência elétrica | - Má qualidade da resistência elétrica que reflete no baixo desempenho e menor durabilidade desta, e; - Má fixação dos cabos conectores da resistência no circuito, durante a etapa de montagem do circuito. |

| | |
|-----------------------------------|---|
| Resistor | - Má do resistor que reflete no baixo desempenho e menor durabilidade deste, e; - Má fixação do resistor no circuito, durante a etapa de montagem do circuito. |
| Silicone de isolamento | - Características químicas do componente silicone, e; - Aplicação/fixação inadequada do silicone no resistor e no circuito. |
| Suporte frontal da lâmina | - Má fixação do suporte nas lâminas, e; |
| Suporte traseiro da lâmina | - Má fixação de componentes externos (parafusos), neste suporte nas etapas de montagem do gabinete inferior e superior. |
| Suporte lateral | - Má fixação do suporte nos gabinetes inferior e superior na etapa de montagem final do produto. |
| Tecla de regulagem da temperatura | - Desajuste da tecla e/ou fixação inadequada da mesma na etapa de montagem do gabinete inferior. |
| Termostato | - Má qualidade do termostato que reflete no baixo desempenho e menor durabilidade deste, e; - Má fixação do termostato no circuito, durante a etapa de montagem do circuito. |
| Visor | - Desajuste do visor e/ou fixação inadequada do mesmo na etapa de montagem do gabinete inferior. |

Quadro 12. Causas prováveis das falhas nos componentes do Produto A.

As causas identificadas são múltiplas, porém, podem ser classificadas em dois grupos, as causas de falhas humanas (surgem pelo manuseio incorreto dos componentes ou do produto) e causas de falhas técnicas (surgem pelo mau funcionamento de componentes, como consequência da baixa qualidade dos mesmos).

Sucedendo a identificação de causas prováveis das falhas, pôde-se avaliar a severidade dos efeitos das falhas, a probabilidade de ocorrência das falhas e a probabilidade de detecção das falhas, respectivamente, para cada modo falha apresentado. Posteriormente, foi determinado o Número de Prioridade do Risco (NPR) para cada modo falha, conforme apresenta o Quadro 13.

| Modo falha | Criticidade | | | NPR |
|---|-------------|------------|---------|-----|
| | Severidade | Ocorrência | Deteção | |
| Desprendimento do anel | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Desprendimento do arame da lâmina | 3 | 2 | 4 | 24 |
| Rompimento do cabo conector interno | 6 | 4 | 6 | 144 |
| Rompimento e/ou derretimento do cabo de alimentação | 10 | 4 | 1 | 40 |
| Mau funcionamento do capacitor | 6 | 2 | 5 | 60 |
| Desprendimento da chapa fixadora da lâmina | 6 | 2 | 4 | 48 |
| Mau funcionamento do circuito | 8 | 6 | 6 | 288 |
| Desprendimento do eixo | 4 | 2 | 1 | 8 |
| Mau funcionamento do fusível térmico | 8 | 2 | 6 | 96 |
| Desprendimento e/ou arranhões nos gabinetes inferior e superior | 3 | 4 | 2 | 24 |
| Desprendimento dos gabinetes inferior e superior interno | 3 | 3 | 2 | 18 |
| Mau funcionamento do suporte do cabo de alimentação | 8 | 4 | 6 | 192 |
| Danificações externas na lâmina | 4 | 5 | 1 | 20 |
| Desprendimento e/ou perda de flexibilidade da mola | 6 | 2 | 2 | 24 |
| Desprendimento de parafusos | 6 | 5 | 2 | 60 |
| Mau funcionamento da resistência elétrica | 8 | 4 | 6 | 192 |
| Mau funcionamento do resistor | 7 | 2 | 6 | 84 |
| Desprendimento do silicone de isolamento no circuito | 4 | 2 | 8 | 64 |
| Desprendimento dos suportes frontal e traseiro da lâmina | 6 | 2 | 2 | 24 |
| Desprendimento do suporte lateral do produto | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Desprendimento da tecla de regulação da temperatura | 3 | 2 | 1 | 6 |
| Mau funcionamento do termostato | 8 | 3 | 6 | 144 |
| Desprendimento do visor | 3 | 2 | 1 | 6 |

Quadro 13. Valores atribuídos para os fatores de criticidade ditos severidade, ocorrência e deteção das falhas e NPR.

Observa-se no Quadro 13 que o mau funcionamento do circuito apresentou o maior Número de Prioridade de Risco (NPR: 288), seguido do mau funcionamento do suporte do cabo de alimentação (NPR: 192) e mau funcionamento da resistência elétrica (NPR: 192). Tais resultados indicam que entre todos os componentes, o circuito, o suporte do cabo de alimentação e a resistência elétrica refletem em maiores danos ao produto, ao cliente pela interrupção de funcionamento do mesmo, bem como à empresa pela maior incidência de ocorrências e dificuldade de deteção da falha.

Com a determinação do Número de Prioridade do Risco (NPR) para cada modo falha, o próximo passo foi a elaboração de medidas que, possivelmente, permitirão a redução e prevenção das falhas nos componentes prioritários (circuito, suporte do cabo de alimentação e resistência elétrica). Sendo assim, foi confeccionado o Plano de Ação 5W1H demonstrado no Quadro 14.

| Componente | O que será realizado? | Como será realizado? | Quem? | Quando? |
|--------------------------------|---|--|--|--|
| Circuito | i) Substituir o atual circuito por um circuito de melhor qualidade e desempenho, ou; ii) Adaptar e/ou aperfeiçoar os componentes do atual circuito. | i) Adquirir amostras de circuitos de fornecedores distintos e avaliar a viabilidade de aquisição dos circuitos, ou; ii) Avaliar os componentes do atual circuito, por meio de testes de qualidade e desempenho, aperfeiçoando-os na linha de montagem do circuito. | Gerente do departamento de Desenvolvimento de produtos | 10 de Outubro a 12 de dezembro de 2016 |
| | Rever os procedimentos atuais de montagem dos circuitos na linha de montagem | Por meio de observações intensivas não participativas no departamento de produção | Gerentes dos departamentos de Desenvolvimento de produtos, Produção e Qualidade. | 10 a 15 de outubro de 2016 |
| | Evitar a má fixação de componentes no circuito ou a fixação de componentes com características incompatíveis ao circuito. | Treinar os colaboradores do departamento de Produção e orientá-los sobre a importância de realizar a fixação adequada de componentes no circuito. | Gerente do departamento de Produção e/ou profissionais aptos a tal função. | 16 e 17 de outubro de 2016 |
| Suporte do cabo de alimentação | i) Substituir o atual suporte do cabo de alimentação por outro de melhor qualidade e desempenho. | i) Adquirir amostras de suporte do cabo de alimentação de fornecedores distintos e avaliar a viabilidade de aquisição dos mesmos. | Gerente do departamento de Desenvolvimento de produtos | 10 de Outubro a 12 de dezembro de 2016 |
| | Rever os procedimentos atuais de montagem do suporte do cabo de alimentação na linha de montagem | Por meio de observações intensivas não participativas no departamento de produção | Gerentes dos departamentos de Desenvolvimento de produtos, Produção e Qualidade. | 10 a 15 de outubro de 2016 |
| | Evitar a má fixação do suporte do cabo de alimentação no circuito, durante a montagem do circuito na linha de produção. | Treinar os colaboradores do departamento de Produção e orientá-los sobre a importância de realizar a fixação adequada do suporte do cabo de alimentação no circuito. | Gerente do departamento de Produção e/ou profissionais aptos a tal função. | 10 e 11 de outubro de 2016 |
| Resistência elétrica | Substituir a atual resistência elétrica por outra de melhor qualidade e desempenho. | Adquirir amostras de resistências elétricas de fornecedores distintos e avaliar a viabilidade de aquisição das mesmas. | Gerente do departamento de Desenvolvimento de produtos | 10 de Outubro a 12 de dezembro de 2016 |
| | Rever os procedimentos | Por meio de observações | Gerentes dos | 10 a 15 de |

| | | | | |
|--|---|--|--|----------------------------|
| | atuais de manuseio e fixação da resistência elétrica no circuito na linha de montagem | intensivas não participativas no departamento de produção | departamento s de Desenvolvemento de produtos, Produção e Qualidade. | outubro de 2016 |
| | Evitar a má fixação de cabos conectores da resistência elétrica no circuito, durante a etapa de montagem do circuito. | Treinar e orientar colaboradores do departamento de Produção para a adequada fixação dos cabos conectores da resistência elétrica no circuito. | Gerente do departamento de Produção e/ou profissionais aptos a tal função. | 10 e 11 de outubro de 2016 |

Quadro 14. Plano de ação proposto para a redução das falhas nos componentes do produto em estudo.

Conforme mencionado no Quadro 14, para que possivelmente ocorra a redução e/ou prevenção das falhas nos circuitos é necessário que a Empresa adote medidas quanto às características técnicas do circuito (qualificação de fornecedores) e às etapas de montagem do circuito (treinamento e orientação de colaboradores do departamento de Produção).

Cabe ressaltar que a qualificação de fornecedores e aperfeiçoamento dos componentes na linha de montagem demanda tempo para a realização de testes e comparativos, impossibilitando o registro e avaliação de resultados durante o período de estudo.

Outra alternativa é que além da aquisição de circuitos e/ou componentes do circuito, é essencial que os colaboradores do departamento de Produção sejam devidamente treinados e orientados periodicamente, e que os procedimentos de montagem sejam revisados, eliminando possíveis falhas em decorrência da má fixação do circuito e montagem inadequada de componentes no circuito. Para o suporte do cabo de alimentação e resistência elétrica, as mesmas causas das falhas identificadas nos circuitos também se aplicam a essas.

Desenvolvidas as etapas da FMEA, as informações dispostas nos Quadros 10, 11, 12 e 13 foram agrupadas em um formulário típico da FMEA, conforme apresentado no Apêndice 1.

O formulário da FMEA, após estar concluído, foi apresentado à equipe multidisciplinar já mencionada, e posteriormente, o mesmo foi revisado para ser validado e monitorado no decorrer dos meses que sucedem a conclusão deste trabalho.

Apêndice 1

| Componente | Modo falha | Causa | Efeito | Fator | | | NPR | Recomendações |
|--------------------------|--------------------------------|--|---|-------|---|---|-----|--|
| | | | | S | O | D | | |
| Anel metálico | Desprendimento | Má fixação do anel no gabinete inferior e gabinete inferior interno na etapa de montagem final do produto. | Anel se soltando dos gabinetes. | 1 | 2 | 1 | 2 | Treinar colaboradores e orientá-los sobre a importância da fixação adequada do anel no produto. |
| Arame da lâmina | Desprendimento | Má fixação do componente na lâmina na etapa de montagem da lâmina (tal etapa é realizada por uma empresa externa). | Arame e/ou chapa se desprendendo da lâmina. | 3 | 2 | 4 | 24 | Verificar se a resistência elétrica está devidamente fixada na lâmina, antes da montagem dos produtos. |
| Chapa fixadora da lâmina | | | | | | | | |
| Cabo conector interno | Desprendimento e/ou Rompimento | - Composição e estrutura do cabo, e; - Má fixação de cabos internos no circuito na etapa de montagem do circuito. | Cabos internos se rompendo ou soltos. | 6 | 4 | 6 | 144 | Treinar colaboradores e orientá-los sobre a importância da soldagem adequada de componentes no circuito, bem como evitar retrabalhos na etapa de montagem do circuito. |
| Cabo de alimentação | Rompimento e/ou derretimento | - Composição e estrutura do cabo; - Etapas inadequadas do processo de produção do cabo, e; - Manuseio inadequado do cabo. | Cabo rompido, danificado e/ou derretido. | 10 | 4 | 1 | 40 | Utilizar nos produtos cabos de alimentação resistentes e seguros. |
| Capacitor | Mau funcionamento | - Características técnicas do capacitor que refletem no baixo desempenho e menor durabilidade deste, e; - Má fixação do capacitor no circuito, durante a etapa de montagem do circuito. | Interrupção do funcionamento. | 6 | 2 | 5 | 60 | - Utilizar capacitor de melhor qualidade e desempenho no produto, e; - Treinar e orientar colaboradores para a adequada fixação do capacitor no circuito. |

Quadro 15. Formulário típico da FMEA aplicada no Produto A.

| Componente | Modo falha | Causa | Efeito | Fator | | | NPR | Recomendações |
|--------------------------------|-------------------|---|---|-------|---|---|-----|---|
| | | | | S | O | D | | |
| Circuito | Desprendimento | <ul style="list-style-type: none"> - Características técnicas do circuito que refletem no baixo desempenho e menor durabilidade deste; - Fixação de componentes internos incompatíveis com o circuito, e; - Má fixação de componentes internos no circuito, durante a etapa de montagem do circuito. | Interrupção do funcionamento. | 8 | 6 | 6 | 288 | <ul style="list-style-type: none"> - Substituir o atual circuito por outro de melhor desempenho, ou então aperfeiçoar componentes do atual circuito, e; - Evitar a má fixação de componentes no circuito, a partir do treinamento adequado de colaboradores. |
| Eixo | Mau funcionamento | Má fixação do eixo nos gabinetes superior e inferior, durante a etapa de montagem final do produto. | Eixo se desprendendo dos gabinetes inferior e superior. | 4 | 2 | 1 | 8 | Evitar a má inserção do eixo nos gabinetes, bem como a má fixação do parafuso de eixo, orientando os colaboradores. |
| Fusível térmico | Desprendimento | <ul style="list-style-type: none"> - Características técnicas do fusível que refletem no baixo desempenho e menor durabilidade deste, e; - Má fixação do fusível no circuito na etapa de montagem do circuito. | Interrupção do funcionamento. | 8 | 2 | 6 | 96 | <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar fusível térmico de melhor qualidade e desempenho no produto, e; - Treinar e orientar colaboradores para a adequada fixação do fusível térmico no circuito. |
| Suporte do cabo de alimentação | Mau funcionamento | <ul style="list-style-type: none"> - Características técnicas do suporte do cabo de alimentação que refletem no baixo desempenho e menor durabilidade deste; - Má fixação do suporte no circuito na etapa de montagem do circuito. | Interrupção do funcionamento. | 8 | 4 | 6 | 192 | <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar suporte do cabo de alimentação de melhor qualidade e desempenho no produto; - Evitar a má fixação do suporte do cabo de alimentação no circuito, a partir do treinamento adequado de colaboradores e orientando-os. |

Quadro 15. Formulário típico da FMEA aplicada no Produto A.

| Componente | Modo falha | Causa | Efeito | Fator | | | NPR | Recomendações |
|---------------------------|--|---|---|-------|---|---|-----|--|
| | | | | S | O | D | | |
| Gabinete inferior | Desprendimento e/ou arranhões | - Manuseio incorreto dos gabinetes; - Má fixação de componentes externos nos gabinetes, como parafusos e suportes. | | 3 | 4 | 2 | 24 | - Treinar e orientar colaboradores para a adequada montagem dos gabinetes superior e inferior do produto; - Manusear adequadamente os gabinetes e cuidar para que as próprias ferramentas não danifiquem esses, e; - Verificar se os gabinetes estão devidamente fixados e se não há parafusos soltos. |
| Gabinete superior | | | | | | | | |
| Gabinete inferior interno | Desprendimento | Má fixação de suportes pré-montados (gabinetes internos) entre si nas etapas de montagem dos gabinetes superior e inferior. | Gabinete solto e/ou partes do gabinete se desprendendo do produto. | 3 | 3 | 2 | 18 | |
| Gabinete superior interno | | | | | | | | |
| Lâmina | Danificações externas | - Composição química das lâminas; - Etapas do processo produtivo das lâminas, e; - Manuseio incorreto das lâminas. | - Formação de bolhas na superfície frontal da lâmina; - Lâmina desajustada, e; - Lâmina solta ou se desprendendo dos gabinetes inferior e superior. | 4 | 5 | 1 | 20 | Utilizar lâminas de melhor qualidade e resistentes às elevadas temperaturas associadas aos usos prolongados. |
| Mola | Desprendimento e/ou perda de flexibilidade | Características da mola, e; Má fixação das molas nos gabinetes do produto na etapa de montagem do produto final. | - Mola se desprendendo dos gabinetes inferior e superior, e; - Mola comprometida e pouco flexível. | 6 | 2 | 2 | 24 | - Utilizar no produto molas de qualidade e flexíveis, e; - Orientar colaboradores para a adequada fixação de molas no produto. |

Quadro 15. Formulário típico da FMEA aplicada no Produto A.

| Componente | Modo falha | Causa | Efeito | Fator | | | NPR | Recomendações |
|------------------------|-------------------|--|-------------------------------------|-------|---|---|-----|---|
| | | | | S | O | D | | |
| Parafuso | Desprendimento | <ul style="list-style-type: none"> - Estrutura física do parafuso; - Má fixação de parafusos nos suportes e gabinetes, nas etapas de montagem dos gabinetes inferior e superior e montagem final do produto. | - Parafusos soltos. | 6 | 5 | 2 | 60 | <ul style="list-style-type: none"> - Treinar colaboradores e orientá-los para a fixação adequada de componentes externos, no caso de parafusos, e; - Verificar se os parafusos estão devidamente fixados no produto. |
| Resistência elétrica | Mau funcionamento | <ul style="list-style-type: none"> - Características técnicas da resistência elétrica que refletem no baixo desempenho e menor durabilidade desta, e; - Má fixação dos cabos conectores da resistência no circuito na etapa de montagem do circuito. | Interrupção do funcionamento. | 8 | 4 | 6 | 192 | <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar resistência elétrica de melhor desempenho e qualidade no produto, e; - Treinar e orientar colaboradores quanto à fixação adequada de cabos da resistência elétrica no circuito. |
| Resistor | Mau funcionamento | <ul style="list-style-type: none"> - Características técnicas do resistor que refletem no baixo desempenho e menor durabilidade deste, e; - Má fixação do resistor no circuito na etapa de montagem do circuito. | Interrupção do funcionamento. | 7 | 2 | 6 | 84 | <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar resistor de melhor qualidade e que seja compatível ao circuito e às resistências elétricas, e; - Treinar colaboradores para a adequada fixação do resistor no circuito. |
| Silicone de isolamento | Desprendimento | <ul style="list-style-type: none"> - Características químicas do componente silicone, e; - Aplicação/fixação inadequada do silicone no resistor e no circuito. | Má fixação do silicone no circuito. | 4 | 2 | 8 | 64 | Aplicar o silicone de isolamento de maneira adequada. |

Quadro 15. Formulário típico da FMEA aplicada no Produto A.

| Componente | Modo falha | Causa | Efeito | Fator | | | NPR | Recomendações |
|----------------------------|---------------------------------|--|---|-------|---|---|-----|--|
| | | | | S | O | D | | |
| Suporte frontal da lâmina | Desprendimento | - Má fixação do suporte nas lâminas e má fixação de componentes externos ao suporte, como parafusos. | - Suporte desajustado nos gabinetes inferior e/ou superior, e; - Suporte se desprendendo dos gabinetes inferior e/ou superior. | 6 | 2 | 2 | 24 | - Treinar e orientar colaboradores para a fixação adequada do suporte de lâmina no produto, e; - Verificar se o suporte está devidamente encaixado e fixado no produto. |
| Suporte traseiro da lâmina | | | | | | | | |
| Suporte lateral | Desprendimento | Encaixe inadequado do suporte nos gabinetes inferior e superior na etapa de montagem final do produto. | Suporte solto ou se desprendendo do produto. | 1 | 2 | 1 | 2 | - Orientar colaboradores para o adequado encaixe do suporte no produto, e; - Evitar utilizar suporte danificado ou comprometido. |
| Tecla | Desprendimento | Desajuste da tecla e/ou fixação inadequada da mesma na etapa de montagem do gabinete inferior. | Tecla solta do produto. | 3 | 2 | 1 | 6 | Orientar colaboradores para o adequado encaixe da tecla no gabinete inferior do produto. |
| Termostato | Mau funcionamento do termostato | - Características técnicas do termostato que refletem no baixo desempenho e menor durabilidade deste, e; - Má fixação do termostato no circuito na etapa de montagem do circuito. | Interrupção do funcionamento. | 8 | 3 | 6 | 144 | - Utilizar termostato de melhor desempenho e qualidade no produto, e; - Treinar e orientar colaboradores quanto à fixação adequada de cabos conectores do termostato no circuito. |
| Visor | Desprendimento | Desajuste do visor e/ou fixação inadequada do mesmo na etapa de montagem do gabinete inferior. | Visor solto do produto. | 3 | 2 | 1 | 6 | Orientar colaboradores para o adequado encaixe do visor no gabinete inferior do produto. |

Quadro 15. Formulário típico da FMEA aplicada no Produto A.

6. Considerações finais.

A aplicação da metodologia FMEA permitiu identificar quais componentes do produto selecionado merecem maior atenção por parte da empresa, sendo eles, o circuito, o suporte do cabo de alimentação e a resistência elétrica.

Foram também identificadas prováveis falhas em outros componentes, de modo a atuar na gestão preventiva de falhas e incidência de efeitos.

O estudo apresenta aplicabilidade, pois a análise de modos de falha apresenta informações que auxiliam na possível redução de não conformidades no produto, redução de retrabalhos na empresa com os reparos de falhas, redução nos índices de reclamações de clientes no SAC, melhoria da imagem da empresa para com os seus clientes, entre outras vantagens.

Cabe ressaltar que os resultados obtidos para o Produto A poderá também fornecer suporte para o alcance de melhorias na qualidade do Produto B, bem como, a metodologia de estudo poderá ser adaptada para os demais produtos da empresa.

Referências.

ABEPRO - Associação Brasileira de Engenharia de Produção. Áreas e subáreas de Engenharia de Produção, 2008. Recuperado em 11 de dezembro de 2016, de <http://www.abepro.org.br/>.

AKIM, É. K.; MERGULHÃO, R. C.; BORRÁS, M. A. A. Proposta de análise de falhas na coleta de informações para a avaliação de programas de pós-graduação baseada no FMEA. *Revista Eletrônica Produção & Engenharia*, 5(1), 500-518, 2013.

ALVAREZ, M. E. B. Administração da qualidade e da produtividade. São Paulo: Atlas, 2001.

BARBOSA, P. P.; LUZ, S.; PENTEADO, F. C.; ANGELIS NETO, G.; MARTINS, C. H. Ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos. In: VII Encontro Internacional de Produção Científica. 2011. Maringá. Anais... Maringá: CESUMAR, 2011.

BEHR, A.; MORO, E. L. S.; ESTABEL, L. B. Gestão da biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca. *Ci. Inf.*, 37(2), 32-42, 2008.

BONANOMI, R. C.; SILVA, W. V.; DEL CORSO, J. M.; DUCLÓS, L. C. Aplicação da teoria Grey e FMEA – Análise dos modos de falha e efeitos na priorização de riscos de projeto de desenvolvimento de *software* produto. *Revista Gestão Industrial*, 6(4), 70-92, 2010.

BORBA, V. R. Utilização do Ciclo PDCA na organização do arranjo físico do laboratório de ajustagem do Instituto Federal de Santa Catarina. In: Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense. 2013. Anais... Chapecó: UFSC, 2013.

BRAGANÇA, H. M. D. S. Implementação da Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos no processo de fabricação de peças em material compósito (Dissertação de mestrado). Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2013.

BRAILE, N. A.; ANDRADE, J. J. O. Estudo de falha em equipamento de costura industrial utilizando o FMEA e a Análise de confiabilidade. In: XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2013. Anais... Salvador: ABEPRO, 2013.

BRAND, F. A.; DALMOLIN, C.; TRAVASSOS JÚNIOR, X. L.; PACHEKOSKI, W. M. Avaliação da metodologia FMEA como ferramenta para reduzir impactos ambientais no processo manutenção industrial. *Revista em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 10(10), 2081-2090, 2013.

CARPINETTI, L. C. R. Gestão da Qualidade - Conceitos e Técnicas. São Paulo: Atlas, 2010.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração da produção e operações. São Paulo: Atlas, 2009.

COSTA, C. C. M.; OLIVEIRA, L. G.; LIMA, L. B. C.; LÍRIO, V. S. A aplicação do método FMEA e suas implicações no planejamento de uma microempresa rural: estudo de caso da granja. *Revista Produção Online*, 11(3), 757-778, 2011.

GONÇALVES, W. P.; MORAIS, S. F. A.; SILVA, A. A.; ARAUJO, I. F.; BARBOSA, E. A. O uso de ferramentas da qualidade visando a padronização do tamanho da massa da lasanha produzida em uma indústria alimentícia. In: XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2012. Anais... Bento Gonçalves: ABEPRO, 2012.

HERPICH, C.; FOGLIATTO, F. S. Aplicação de FMECA para definição de estratégias de manutenção em um sistema de controle e instrumentação de turbogeradores. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 5(9), 70-88, 2013.

LEAL, F.; PINHO, A. F.; ALMEIDA, D. A. Análise de falhas através da aplicação do FMEA e da Teoria Grey. *Gestão Industrial*, 2(1), 78-88, 2006.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. Administração da produção. 2., ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MATOS, R. B.; MILAN, M. Aplicação sistêmica do modo de análise de falhas e efeitos (FMEA) para o desenvolvimento de indicadores de desempenho de empresas de pequeno porte. *Revista Árvore*, 33(5), 977-985, 2009.

MIGUEL, P. A. C.; SEGISMUNDO, A. O papel do FMEA no processo de tomada de decisão em desenvolvimento de novos produtos: estudo em uma empresa automotiva. *Produto & Produção*, 9(2), 106-119, 2008.

OLIVEIRA, L. N.; FREITAS, L. S. O uso do FMEA como ferramenta de avaliação dos aspectos e impactos ambientais numa indústria de microeletrônica. *Gestão Industrial*, v. 9, n. 9, 792-810, 2013.

OLIVEIRA, O. J. Gestão da qualidade: tópicos avançados. São Paulo: Cengage Learning Editores, 2003.

OLIVEIRA, U. R.; PAIVA, E. J.; ALMEIDA, D. A. Metodologia integrada para mapeamento de falhas: uma proposta de utilização conjunta do mapeamento de processos com as técnicas FTA, FMEA e a análise crítica de especialistas. *Production*, 1-15, 2009.

PALMIERI, M. P. S. M.; SILVA, W. L. V.; SOUZA, R. C. C. FMEA como ferramenta da qualidade: o caso do departamento de embalagens de uma indústria do setor farmacêutico. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2008. Anais... Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008.

PATRICIO, R. P. Adequação do FMEA para gerenciamento de riscos em obra de infraestrutura, após a aplicação da análise preliminar de risco na execução de muro de Gabião (Dissertação de mestrado profissional), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

PINHO, L. A.; SAMPAIO, M. S.; GUIMARÃES, I. P.; GOMES, S. M. S. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA): Uma ferramenta para promoção da qualidade no Setor Fiscal das Empresas de Serviços Contábeis. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2008. Anais... São Paulo. 2008.

- RODRIGUES LEITE, H. C. Ferramentas da qualidade: um estudo de caso em empresa do ramo têxtil (Monografia de graduação). Faculdade Cenecista de Capivari, Capivari, 2013.
- SANT'ANNA, A. P.; PINTO JÚNIOR, R. P. S. Composição probabilística no cálculo das prioridades na FMEA. Revista Eletrônica Sistemas & Gestão, v. 5, n. 3, 179-191, 2010.
- SILVA, C. E. Implantação de um Programa 5 S. In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2003. Anais... Ouro Preto: ABEPRO, 2003.
- SIQUEIRA PRIMO, L. G. Cartas de controle por variáveis. São Paulo: Pioneira, 1997.
- SLACK, N.; CHARMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A. JOHNSTONS, R. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 1996.
- SOUZA, R. Q.; ÁLVARES, A. J. FMEA and FTA analysis for application of the ReliabilityCentered Maintenance methodology: case study on hydraulic turbines. Symposium Series in Mechatronics, 3(1), 803-812, 2008.
- SOUZA, R. B. Aplicação do método FMEA para priorização de ações de melhoria em fluxo de processos (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2012.
- THORNTON, E.; BROOK, O. R.; MENDIRATTA-LALA, M.; HALLETT, D. T.; KRUSKAL, J. B. Application of Failure Mode and Effect Analysis in a Radiology Department. RadioGraphics, 31, 281-293, 2011.
- TOLEDO, J. C.; BORRÁS, M. A.; MERGULÃO, R. C.; MENDES, G. H. S. Qualidade Gestão e métodos. Rio de Janeiro: Editora Ltc, 2013.
- TRIVELATTO, A. A. Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua: estudo de caso numa empresa de auto-peças (Monografia de graduação). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2010.
- UGLIARA, B. H. Ciclo PDCA e ferramentas da qualidade em operações e serviços de E-commerce (Monografia de graduação). Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.
- VIALI, L. Estatística avançada, 2010. Recuperado em 20 de novembro de 2016, de <http://www.pucrs.br>.
- ZAMBRANO, T. F.; MARTINS, M. F. Utilização do método FMEA para avaliação do risco ambiental. Gestão & Produção, v. 14(2), 295-309, 2007.