

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA EM PROCESSO DE INJEÇÃO PLÁSTICA NA PREVENÇÃO DE FALHAS: UM ESTUDO DE CASO

Geneson Santos da Silva¹

Geiza Cristina Rocha de Souza²

Paola Souto Campos³

Resumo

O presente trabalho de pesquisa consistiu em descrever a aplicação da ferramenta FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) na redução e prevenção de falhas em um processo de injeção plástica da peça para celular *Battery cover*. Foi mapeado as etapas do processo de injeção do *battery cover* através de um ambiente de *brainstorming* com a opinião de todos os participantes e, posteriormente, analisada as suas etapas seguindo a metodologia da ferramenta com enfoque no processo de preparação de resina que engloba o processo de alimentação e estufagem. Após a análise metodológica, foram levantadas todas as possíveis falhas e modos como elas podem ocorrer e o efeito delas sobre o sistema ou o cliente. Utilizou-se a avaliação do RPN (risk priority number), apresentado nas literaturas sobre abordagem do FMEA. Os resultados mostraram algumas medidas de ações preventivas em cada falha potencial observadas nas etapas de alimentação da resina e atividade de estufagem, assim como, buscou analisar a aplicabilidade da FMEA como ferramenta de análise do processo de injeção plástica do “battery cover”, a fim de compreender a relevância da FMEA na prevenção de potenciais falhas e, conseqüentemente, na redução dessas falhas. Concluindo que no fluxo do processo é importante que a aplicação da FMEA seja realizada já em sua fase inicial, tendo em vista que o evidenciamento das falhas potenciais contribui diretamente na redução de falhas ao término do processo.

Palavras-chave: FMEA – Análise do Modo e Efeitos de Falha. Injeção Plástica. RPN - Grau de Prioridade de Risco.

Abstract

The present research work was to describe the application of the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) tool in the reduction and prevention of failures in a plastic injection process of the mobile part Battery cover. In order to do this, the steps of the battery cover injection process were mapped through a brainstorming environment with the opinion of all the participants and, afterwards, the phases were analyzed following the methodology of the tool focused on the process of resin preparation that includes the feeding and

¹ Graduando em Engenharia de Produção no Centro Universitário do Norte – UNINORTE . E-mail: genesonsdsilva@gmail.com

² Graduanda em Engenharia de Produção no Centro Universitário do Norte – UNINORTE . E-mail: geizacrsouza@hotmail.com

³ Doutora em Diversidade Biológica – Universidade Federal do Amazonas – UFAM. E-mail: pscamos@gmail.com

stoving processes. After the methodological analysis, all the possible failures and ways in which they can occur and their effect on the system or the client were raised. The RPN (risk priority number) evaluation, presented in the FMEA approach literature, was used. The study proposed in the results of the research, some measures of preventive actions in each potential failure observed in the steps of feeding the resin and stoving activity. Finally, the study sought to analyze the applicability of FMEA as a tool to analyze the plastic injection process of the battery cover, in order to understand the relevance of FMEA in the prevention of potential failures and, consequently, in the reduction of these failures. Concluding that in the process flow it is important that the application of the FMEA is carried out in its initial phase, since the evidence of potential failures directly contribute to the reduction of failures at the end of the process.

Keywords: FMEA - Analysis of Failure Mode and Effects. Plastic injection. RPN- Degree of Risk Priority.

1. INTRODUÇÃO

As empresas já lidam com qualidade há vários anos, no entanto em muitas organizações ainda se nota uma preocupação somente com produtividade, quando falamos em qualidade não se deve confundir com aumento de produção. Com o mercado em baixa, as empresas enfrentam queda nas produções isso traz como consequência maior custo e menor lucro do que o previsto, entretanto, uma falha no controle de qualidade será para as empresas, fatalmente, um impacto negativo na imagem construída ao longo de sua existência.

A Garantia de Qualidade exige tanto excelência em projeto como excelência em processo, sendo assim a excelência em projeto implica um potencial para a qualidade, porém a excelência em processo transforma esse potencial em qualidade real. Portanto a FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis* ou análise dos modos e efeitos de falhas) é uma técnica para reconhecer e avaliar falhas potenciais que podem surgir em um produto ou processo, identificar ações que possam reduzir a chance de ocorrência dessas falhas.

O uso da FMEA é fundamental na busca pelo controle de qualidade por meio da identificação de erros e projeção de melhorias e apoio na tomada de decisões. As decisões traçadas por meio de um suporte técnico do processo garante maior êxito na busca pelos resultados a longo prazo, principalmente nos aspectos de melhoria da qualidade de serviços e produtos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FMEA: Análise conceitual

A Ferramenta FMEA é um Método de Análise de Modos e Efeitos de Falhas, vêm do Inglês (*Failure Mode and Effect Analysis*). Busca, em princípio, identificar e avaliar todos os modos como um processo ou produto pode falhar, assim como as repercussões que a falha pode ter (TOLEDO, 2009).

A FMEA surgiu como uma ferramenta que se ameniza os problemas de execuções de falhas no processo produtivo, garantindo através de ações preventivas e corretivas a minimização dessas ocorrências com proposições à curto, médio e a longo prazo, (Figura 1), a fim de evitar eventos que ocasionem ineficiência no processo produtivo (ROOS et al, 2007).

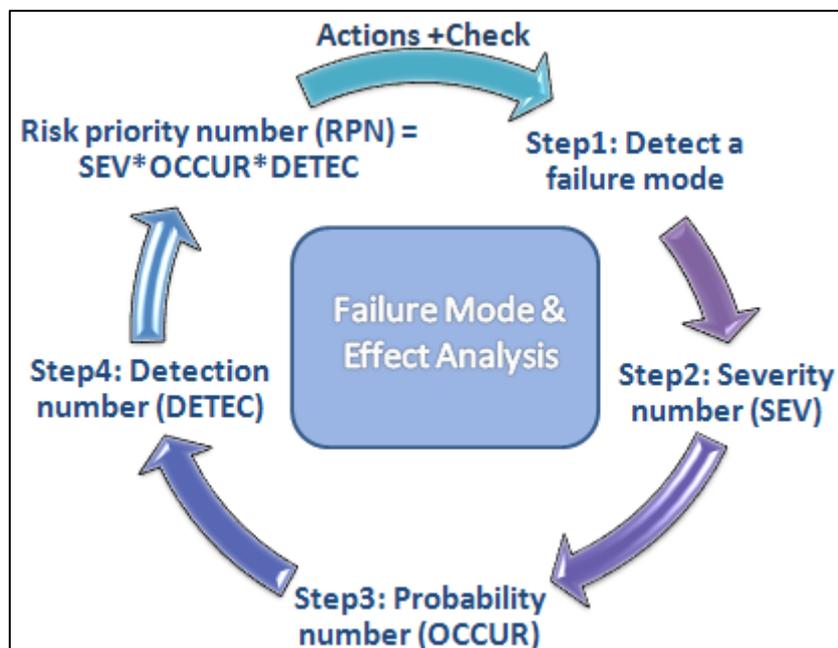


Figura 1 – Apresentação da Ferramenta FMEA
Fonte: Indústria Hoje (2011)

Portanto, esse é o objetivo básico da ferramenta: diminuir as chances do produto ou processo falhar durante sua operação ou uso, aprimoramento da capacidade de otimização do gerenciamento qualitativo, melhoria à longo prazo no processo produtivo e melhor resposta na finalização do produto.

2.1.2 História da FMEA

Flogliatto (2009) comenta que a forma de raciocínio da ferramenta FMEA consolidaram-se como técnica a partir da década de 1960, quando ocorreram as primeiras aplicações na indústria aeronáutica. Sakurada (2001) por seu lado afirma que a ferramenta foi inicialmente desenvolvida no meio militar americano em 1949, como um procedimento Militar MIL-P-1629 datado de 9 de novembro de 1949, intitulado “ Procedimento para desempenhar um modo de falha, seus efeitos e análise da sua criticidade”, usada como meio para avaliação técnica

de segurança, em 1960 a NASA passou a utilizar a ferramenta juntamente com as demais indústrias aeroespaciais.

Na década de 1970, a indústria automobilística passou a utilizar este método. Atualmente, a análise de FMEA faz parte da lista de métodos e documento exigidos pela norma ISO / TS 16949, para um fornecedor submeter uma peça ou produto a aprovação da montadora (OLIVEIRA; PAIVA; ALMEIDA, 2010).

Em 1988, durante a conferência da Divisão Automotiva da *American Society for Quality Control (ASQC)*, atualmente ASQ, foi criada uma equipe de trabalho para discutir as preocupações dos fornecedores com relação à duplicação de esforços e de documentação necessária para satisfazer às exigências das três maiores companhias automotivas norte-americanas. Este grupo trabalhou na harmonização dos procedimentos de qualidade das chamadas *Big Three (Chrysler, Ford e GM)* e desenvolveu a norma QS-9000 como uma interpretação e adequação da ISO-9000 para o setor automotivo. (SAKURADA, 2001).

2.2 FMEA: APLICABILIDADE

O desenvolvimento e a execução da FMEA podem gerar custos; entretanto, quando feitos de forma eficaz, podem resultar em um retorno significativo de qualidade e confiabilidade. Esse retorno é obtido através da redução do custo de falha, reunindo o conhecimento coletivo de todos (a equipe) os que compreendem como projeto, processo ou serviço.

Laurenti, Villari e Rozenfeld (2012) abordam que, quando a FMEA é realizada em equipe, a chance de melhor identificação e prevenção dos modos de falha potenciais é muito maior do que quando é feita individualmente. Embora o custo de desenvolvimento da FMEA seja muito inferior quando é realizada por um indivíduo, as chances de melhor identificação e prevenção dos modos de falha potenciais é consideravelmente menor e o retorno de qualidade/confiabilidade talvez não exceda o custo de desenvolvimento e manutenção do FMEA.

Um dos objetivos da equipe é dar suporte ao engenheiro responsável pelo projeto. A FMEA não foi projetada para tomar o lugar das decisões ou do trabalho do engenheiro. É simplesmente uma ferramenta criada para ajudá-lo a identificar os possíveis problemas que o engenheiro talvez não tenha considerado. Esse profissional é provavelmente quem conhece melhor o projeto; entretanto, ele pode não compreender esse projeto como profissionais de outras áreas o fariam.

A capacidade de compreender o projeto de todas as perspectivas é uma das vantagens de fazer a FMEA em equipe. Todas as áreas ou grupos que influenciam a qualidade/confiabilidade final do projeto ou que podem ser afetados pelo projeto são capazes de fornecer novas ideias para identificar falhas potenciais e ajudar a preveni-las.

Segundo Palady (2004) não é necessário que seja criado ou gerado um problema para que ele seja resolvido. Entende-se, então, que a FMEA é proativa. Essa ferramenta implica na eliminação de equívocos potenciais antes que sejam criados em um protótipo, durante o processo ou em campo.

A FMEA é uma ferramenta bastante usual na busca da diminuição de falhas e no aumento da confiabilidade de um produto através de ações de melhoria no processo produtivo.

2.3 INJEÇÃO PLÁSTICA

De acordo com (D'Ávila 1997; Tino 2005; Chen et al., 2009) um dos principais processos de transformação de polímero é o processo de injeção plástica, isso devido a grande versatilidade e aplicabilidade, sendo o mais comum dos processos empregados na fabricação de termoplásticos.

Ainda (Chen et al., 2009) ressalta que a qualidade da peça injetada, o volume de peça, a exatidão dimensional, depende de alguns fatores como: Característica do material, design do molde e condições de processo.

Segundo referências sobre a definição geral sobre o processo de injeção, Harada (1991) e Gondak et. al. (2006) apontam que o processo de moldagem por injeção consiste em fundir o polímero por meio de aquecimento

e cisalhamento (plastificação), transportar o polímero fundido para a cavidade do molde (preenchimento), resfriá-lo e ejetar o produto do molde.

O processo de injeção plástica pode ser descrito como um ciclo contínuo, onde as etapas são diferenciadas em várias etapas. Por ser um processo progressivo, a o processo de injeção plástica se inicia pela inserção de uma matéria-prima (fase inicial) até a saída com o produto final. Cada etapa ou fase do processo apresenta uma relação com as variações, parâmetros e características no processo.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1 Área de Estudo

Este trabalho visa descrever a aplicação da ferramenta FMEA em um processo de injeção plástica de um novo produto denominado *battery cover*, em uma empresa de Polo Industrial de Manaus (PIM), por questões de sigilo empresarial não será mencionado à razão social nem o nome comercial da organização estudada. Dessa forma, para efeito desta pesquisa, a empresa doravante será denominada Alpha.

Foi inicialmente realizada uma pesquisa de cunho exploratória sobre o tema a ser estudado, a referir-se a tal assunto (GIL, 2002, p. 41) diz que esta pesquisa nos possibilita maior familiaridade com o problema, portanto este estudo envolveu levantamento bibliográfica sobre o tema a ser estudado em: livros, teses, dissertações, monografias, artigos, revistas especializadas, entrevistas com pessoas que tiveram experiência prática com o problema estudado dentre outros. Outro aspecto levantado por Gil (2010) afirma que, em quase todos os estudos há necessidade de pesquisas bibliográficas acerca dos temas, em alguns casos as pesquisas desenvolvidas são exclusivamente a partir de fontes bibliográficas.

Diante disso, A pesquisa terá um cunho exploratório e descritivo, pois a necessidade de explorar as variáveis do processo de injeção plásticas que influenciam no atendimento aos requisitos de especificações do produto, assim como os modos de falha durante cada etapa do processo produtivo estabelecendo uma relação entre as principais variáveis que interferem nos modos de falha.

De acordo com Lakatos e Marconi (2003), as pesquisas exploratórias são investigações de pesquisa empírica cujo objetivo é a formulação de questões ou de um problema. Outro aspecto levantado pelos autores são os estudos exploratório-descritivos que combinados têm por objetivo descrever completamente determinado fenômeno.

Metodologicamente este trabalho será uma abordagem qualitativa por se tratar da ferramenta FMEA, serão feitas avaliações qualitativas da severidade do efeito das falhas listadas no desenvolvimento da metodologia da ferramenta FMEA. O estudo pode ser feito mesmo na ausência de medições. Esse é um dos motivos da ampla utilização da ferramenta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resultados dos ensaios

Foi analisado os relatórios de Cpk de projetos anteriores, para verificar a capacidade dos processos, ou seja, a capacidade de um dado processo fabricar um produto dentro dos limites de especificação. O índice Cpk permite avaliar se o processo está sendo capaz de atingir o valor nominal da especificação, já que leva em consideração o valor da média do processo. Logo o índice de Cpk pode ser interpretado como uma medida de capacidade real do processo, quando o valor de Cpk resultar igual ao valor de Cp, tem-se um processo centrado. Com este índice, além de se avaliar a variabilidade total permissível para as peças com a tolerância natural de fabricação, verifica-se também a centralização do processo com relação aos limites (superior e inferior) da especificação.

Sendo assim, é feito o estudo da produção durante cinco horas consecutivas, sendo coletadas três peças de cada cavidade a cada hora de produção e feito análise dimensional das cotas de controle de cada cavidade, isso possibilita verificar a estabilidade do processo, em ser capaz de produzir dentro dos limites de controle. Se o processo apresentar um índice de capacidade Cpk maior que 1.33, significa que o processo é estável e capaz de produzir dentro dos limites de controle com predominância a está centralizado

próximo da nominal. No anexo A temos um relatório de Cpk de um produto similar exemplificando o estudo. No anexo 1 temos um estudo de Cpk.

Portanto, analisamos os valores de Cpk para uma correta coerência na pontuação, ao se analisar os índices de ocorrência da falha na aplicação do FMEA. Segue as sugestões de escala a qual a equipe de FMEA deve chegar a um consenso a respeito do critério a ser utilizado e, então, usá-lo consistentemente. Sugere se o uso do critério apresentado nas tabelas abaixo tabela explicativa que nos orienta em relação a como julgar os riscos de cada ocorrência.

SEVERIDADE		
índice	Severidade	Critério
1	Mínima	O cliente Mal percebe que a falha ocorreu
2	Pequena	Ligeira deteriorização no desempenho com leve descontentamento do cliente
3		
4		
5	Moderada	Deteriorização significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente
6		
7		
8	Alta	Sistema deixa de funcionar e há grande descontentamento do cliente
9	Muito alta	Idem ao anterior, porém afeta a segurança
10		

Tabela 1- Sugestão de escala para avaliação dos efeitos dos modos de falha

Fonte: Toledo(2009)

OCORRÊNCIA			
índice	Ocorrência	Proporção	Cpk
1	Remota	1 /1.000.000	Cpk> 1,67
2	Pequena	1 /20.000	Cpk> 1
3		1/4.000	
4		1 /1000	
5	Moderada	1/400	Cpk<1
6		1/80	
7		1/40	
8	Alta	1/20	
9	Muito alta	1/8	
10		1/2	

Tabela 2 - Sugestão de escala para avaliação dos efeitos dos modos de falha

Fonte: Toledo(2009)

DETECÇÃO		
índice	Detecção	Critério
1	Muito grande	Certamente será detectado
2	Grande	Grande probabilidade de ser detectado
3		
4		
5	Moderada	Provavelmente será detectado
6		
7		
8	Pequena	Provavelmente não será detectado
9		
10	Muito Pequena	Certamente não será detectado

Tabela 3 - Sugestões de escala para avaliação de ocorrência de causa de falha em processo.
Fonte: Toledo (2010)

- a) FMEAS de produtos similares: a análise de FMEA de produtor similar serve como lição aprendida para a equipe no momento de elaborar o FMEA.
- b) Estatísticas de falhas do produto similares: torna-se importante na elaboração da FMEA ter como lição aprendida o conhecimento de estatísticas de falhas de projetos similares, assim se torna mais produtivo as reuniões de elaboração do FMEA sendo, possível visualizar mais possibilidade de controle e sugestões de melhoria. Histórico de falhas de produtos similares.

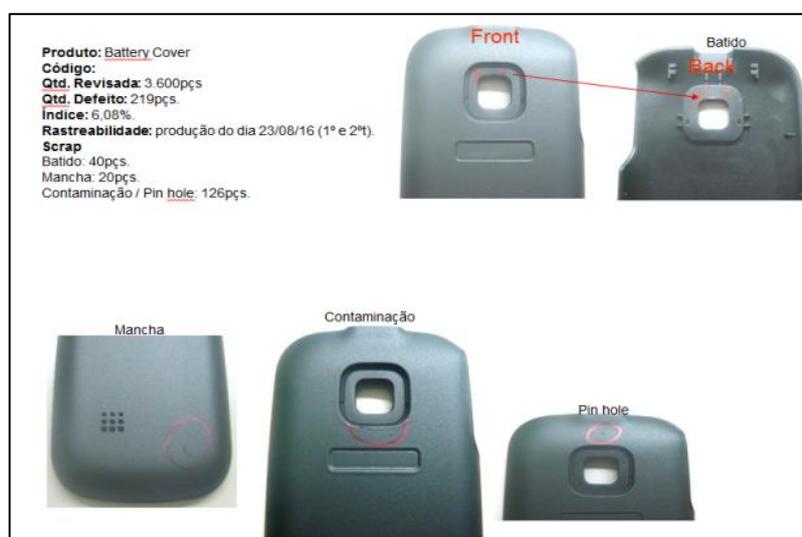


Figura 2 - Exemplo de falhas de produtos similares
Fonte: Imagem coletada na pesquisa de campo (2018)

4.2 Análises dos dados

A análise dos dados se deu a partir das reuniões onde inicialmente é apresentado o fluxo do processo estudado para o grupo de trabalho, que é geralmente composto entre 4 a 6 pessoas. Nessa reunião visou discutir exaustivamente em um ambiente de brainstorming onde todos possam se manifestar com o Engenheiro do projeto, meios para assegurar que os modos potenciais de falha e seus efeitos sejam considerados, sendo assim, foi um resumo do pensamento da equipe analisar os itens que podem dar errado em cada etapa do processo de injeção plástica do *battery cover*, nessa reunião também se torna interessante mostrar a equipe as amostras de referência do projeto.

Após o conhecimento de todas as etapas do processo de fabricação do *battery cover*, e todos os membros expõem suas habilidades sobre o conhecimento das possíveis falhas que podem ocorrer em cada etapa. Iniciamos assim o preenchimento do formulário padrão da FMEA. Onde iniciamos preenchendo o cabeçalho que é particular de cada empresa, em geral deve conter número do FMEA, identificação, modelo etc. Após o preenchimento do cabeçalho se inicia o preenchimento das colunas que deve obedecer ao modelo conforme a sequência explicativa de cada coluna:

Análise do Modo e Efeito de Falhas															
Código da Peça: Nome da peça: Data: Folha Nº										() FMEA de Processo () FMEA de Projeto					
Descrição do Produto ou Processo	Função do Produto	Tipo de falha potencial	Efeito de falha potencial	Causa da Falha potencial	Controles atuais (detecção e prevenção)	Índice atuais				Ações de melhoria					
						S	O	D	R	Ações de recomendadas	Responsável / Prazo	Ações implantadas	Índices após a melhoria		
(o) Objeto de análise	(1) Característica que deve ser atendida pelo produto	(2) forma e modo como as características podem deixar de ser atendidas	(3) Efeito, consequência do tipo e falha sobre o sistema ou o cliente	(4) Causas e consequências que podem ser responsáveis pelo tipo de falha em potencial	(5) Medidas preventivas e de detecção que já tenham sido tomadas ou são regularmente utilizadas nos produtos ou processo da empresa.	(6) Severidade	(7) Ocorrência	(8) Detecção	(9) Risco	(10) Ações recomendadas para diminuir os riscos	(11) Responsável e Prazo	S	O	D	R
FLUXOGRAMA	Quais funções ou características que devem ser atendidas pelo produto?	Como a função ou característica pode não ser cumprida?	Que efeito tem este tipo de falha?	Quais podem ser as falhas?	Quais medidas de prevenção ou descoberta poderiam ser tomadas?	S	O	D	R	Quais os riscos prioritários?					
Quem está sendo analisado?										Quais medidas podem ser tomadas para atenuar os riscos?					

Figura 3 - Tabela explicativa de preenchimento da FMEA
Fonte: Adaptado de Toledo (2009)

Após essa etapa, foi feito Mapeamento das etapas do processo de injeção plástica do *Battery cover* (Figura 4):

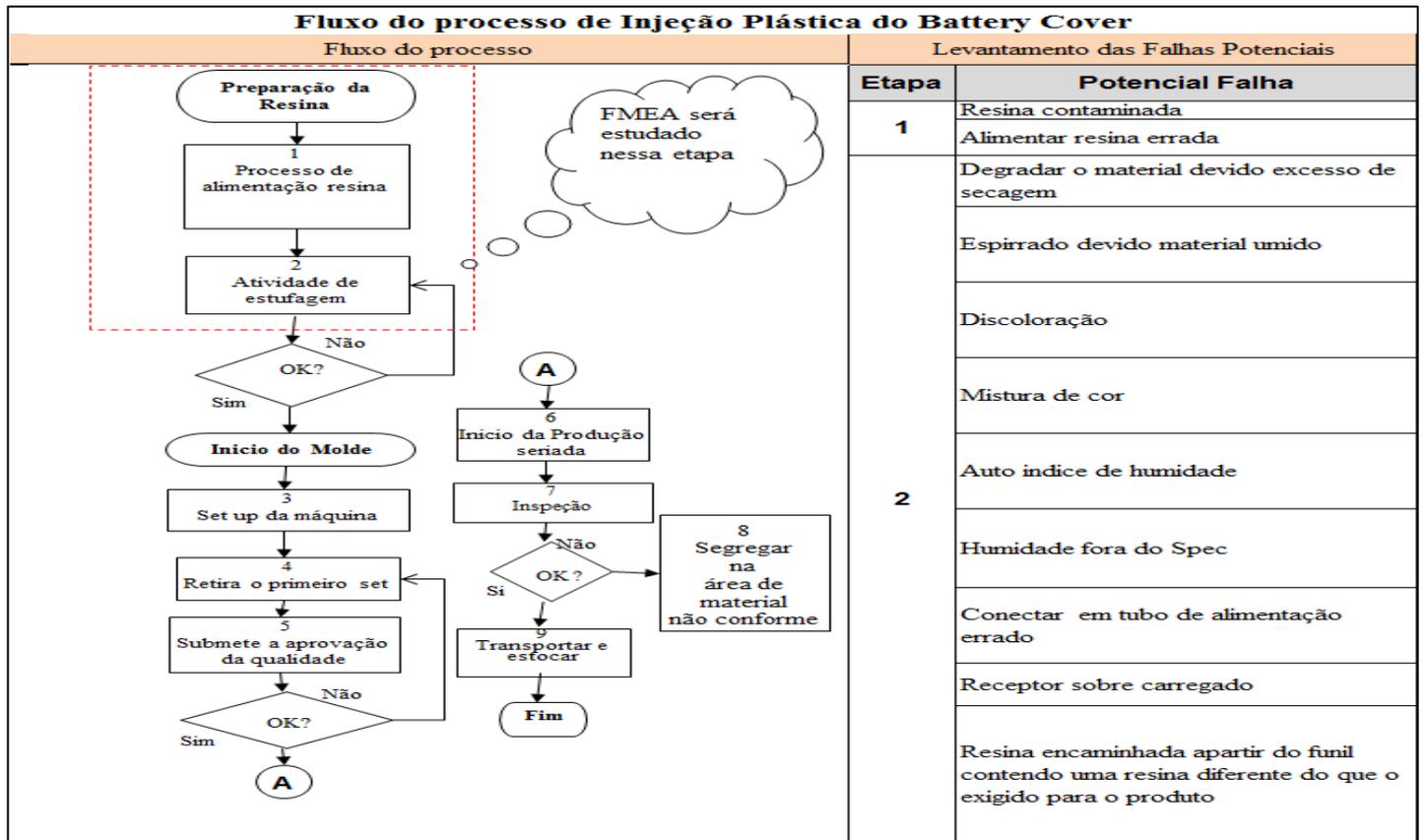


Figura 4 - Processo de injeção plástica do Battery Cover
Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

De acordo com Chen (2009) mapear é colocar em um diagrama o processo de um setor para orientação em suas fases de avaliação, projeto e desenvolvimento. Sendo assim, visualizar as etapas do processo de injeção plástica tornou-se necessário, a fim de identificar possíveis falhas em cada etapa, visualizar e entender cada fase, seus requisitos, especificações e quais características devem ser atendidas em cada etapa. Portanto, esse foi o primeiro objetivo da pesquisa mapear cada etapa do processo de injeção plástica.

O fluxo revelou que o processo tem duas fases principais a de preparação de resina e a fase de set up de máquina ambas são fundamentais e determinam a qualidade final do produto, se o set up não for bem feito,

obedecendo o requisitos da ficha técnica da máquina implicará em peças com variações de qualidade, assim como se a resina não for bem preparada na fase inicial de processo de estufagem resultará em peças com variações de qualidade visual e dimensional.

5. CONCLUSÃO

A partir das análises feitas na aplicação da metodologia de pesquisa e com a apuração das resultantes obtidas, o estudo propôs-se a analisar, na fase de conclusão, cada etapa dos objetivos da pesquisa, tendo em vista que cada objetivo proposto foi investigado e respondido no estudo.

As etapas do processo de injeção plástica foram mapeadas conforme análise feita na aplicação da metodologia, que decidiu enfatizar duas etapas específicas do processo de injeção plástica do “*battery cover*”: processo de alimentação da resina e estufagem. Com isso, a pesquisa centralizou suas análises na etapa inicial do processo, delimitando a pesquisa para a identificação das falhas em cada etapa do processo de injeção plástica.

Após o mapeamento, o modo e o efeito das possíveis falhas foram apontadas no processo de injeção plástica. As falhas potenciais foram levantadas a partir das análises realizadas nas duas primeiras etapas, concluindo que no fluxo do processo é importante que a aplicação da FMEA seja realizada já em sua fase inicial, tendo em vista que o evidenciamento das falhas potenciais contribuem diretamente na redução de falhas ao término do processo, o que foi observado na pesquisa.

O objetivo da pesquisa também centrou suas análises nas proposições de ações de prevenção que viessem a reduzir as chances de falhas potenciais durante o processo de injeção plástica do “*battery cover*”. Assim sendo, o estudo propôs nos resultados da pesquisa, algumas medidas de ações preventivas em cada falha potencial observadas nas etapas de alimentação da resina e atividade de estufagem.

Por fim, o estudo buscou analisar a aplicabilidade da FMEA como ferramenta de análise do processo de injeção plástica do “*battery cover*”, a fim

de compreender a relevância da FMEA na prevenção de potenciais falhas e, conseqüentemente, na redução dessas falhas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHEN, P., et al. Simulation and experimental study in determining injection molding process parameters for thin-shell plastic parts via design of experiments analysis. **Expert System with Applications**, v. 36, p. 10752-10759, 2009.

D'ÁVILA, M.A. et al. Simulação do Processo de Injeção de Polipropileno Isotático (iPP) Utilizando um Modelo de Cinética de Cristalização Quiescente. **Polímeros: Ciência e Tecnologia** – v.7, n.4, p. 64-72, 1997.

FOGLIATTO, Flavio Sanson. **Contabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro. Elsevier, 2009.

GIL, Antônio C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GONDAK, M. O. et al. Influência do curso de dosagem na fase de recalque nas propriedades mecânicas e térmicas de polímeros moldados por injeção. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. 2006. **Anais...** – Foz do Iguaçu, Paraná, p.9069-6079. 2006.

HARADA, J. **Moldagem por injeção: projeção e princípios básicos**. São Paulo: Medialdea. 1991.

INDÚSTRIA HOJE. **Esquema de FMEA**. 2011. Disponível em: <http://www.industriahoje.com.br/wp-content/uploads/2013/09/O-QUE-E-FMEA.png>. Acesso em : 11 nov. 2018.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LAURENTI, R.; VILLARI, B. D.; ROZENFELD, H. **Problemas e Melhorias do Método FMEA**: uma Revisão Sistemática da Literatura. Disponível em: <<http://www.revistaped.unifei.edu.br/documentos/V10N01/06-1211V10-N1-2012.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

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. **Revista Produção**, v.. 20, n. 1, p. 77-91, 2010.

PALADY, Paul. **FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos**: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram. 3. ed. São Paulo: IMAM, 2004.

SAKURADA, Eduardo Yuji. **As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

REIS, Luiz Otavio Rosa. Análise de falhas e da posição na curva da banheira de moldes empregados em equipamentos de injeção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: ABEPRO, 2011.

ROOS, C. et al. Aplicação da ferramenta FMEA: estudo de caso em uma empresa do setor de transporte de passageiros. **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 11, n. 1 e 2, p. 29-32, jan./jun. 2007.

TINO, V. F. **Utilização de análise de componentes principais na regulação de máquinas de injeção plástica**. Tese. (Mestrado de Ciências em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2005.

TOLEDO, J.C. **FMEA**: análise dos tipos e efeitos de falha. 2009. Disponível em: <<http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

_____. **FMEA**: análise dos tipos e efeitos de falha. 2010. Disponível em: <<http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2018.