

DIOGO LOLLOBRIGIDA MACIEL ROCHA

**Estudo de caso de implementação dos Pilares da Qualidade na injeção e pintura de
plásticos na indústria automotiva**

Guaratinguetá - SP
2016

Diogo Lollobrigida Maciel Rocha

Estudo de caso de implementação dos Pilares da Qualidade na injeção e pintura de plásticos na indústria automotiva

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Ângelo Caporalli Filho

Guaratinguetá - SP
2016

R672e	Rocha, Diogo Lollobrigida Maciel Estudo de caso de implementação dos pilares da qualidade na injeção e pintura de plásticos na indústria automotiva / Diogo Lollobrigida Maciel Rocha – Guaratinguetá, 2016. 30 f : il. Bibliografia: f. 29-30
	Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Orientador: Prof. Dr. Ângelo Caporalli Filho
	1. Controle de processo 2. Termoplásticos 3. Controle de qualidade I. Título
	CDU 658.511.3

DIOGO LOLLOBRIGIDA MACIEL ROCHA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“**GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Ângelo Caporalli Filho
Orientador/UNESP-FEG

Prof. Dr. Valério Antonio Pamplona Salomon
UNESP-FEG

Prof. Dr. Marcelino Pereira do Nascimento
UNESP-FEG

Dezembro 2016

Dedico este trabalho
de modo especial, à minha família

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo acontecesse, ao longo de minha vida, não somente nestes anos como universitário.

À Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá pela oportunidade de fazer o curso.

Ao meu orientador Ângelo Caporalli Filho, pelo suporte e pelas suas correções.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, muito obrigado.

“Faça ou não faça. Tentativa não há.”

Mestre Yoda

RESUMO

O presente trabalho aborda a implementação da ferramenta Pilares da Qualidade no processo de injeção e pintura de termoplásticos de uma fábrica de automóveis visando garantir a execução correta dos planos de controle dos processos (PCP) estabelecidos pelo departamento de engenharia da empresa. Os planos de controle mencionados foram elaborados utilizando a metodologia de análise de modo e efeito de falha (FMEA). A partir de informações já existentes, todos os processos foram analisados sob a ótica dos PCP para então se definir quais pilares criar. Em seguida, foram definidos profissionais responsáveis por cada pilar e confeccionou-se o quadro para controle da auditoria dos pilares. Esse quadro permite que todos funcionários vejam o status de cada pilar. Os resultados obtidos após a aplicação da ferramenta mostram que sem dúvidas os Pilares da Qualidade auxiliam na gestão dos processos executados na planta e contribui diretamente para que os produtos atendam ao padrão de qualidade exigido pelo departamento de engenharia de processo da empresa. Porém, é importante ressaltar que a maior dificuldade para atingir todo o potencial da ferramenta são as pessoas, pois é importante a cooperação de todos os envolvidos no processo. A liderança deve entender a utilidade da ferramenta e cobrar para que as auditorias sejam feitas na frequência pré-definida e os responsáveis por cada pilar devem entender a importância da realização das auditorias corretamente e seguindo o cronograma.

PALAVRAS-CHAVE: Pilares da Qualidade. Qualidade. FMEA. Plano de Controle.

ABSTRACT

This graduation project addresses the implementation of the Pillars of Quality tool in injection and painting of thermoplastics of a car factory to ensure the correct execution of the process control plans (PCPs) established by the company's engineering department. Mentioned control plans are made using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) methodology. From these existing information, all processes were analyzed from the perspective of PCPs to then define which pillars to create. Next, professionals responsible for each pillar were defined and the board for control of the audit of the pillars was built. This board allows all employees to see the status of each pillar. The results obtained after the tool application left no doubt that the Pillars of Quality assists in the management of processes within the plant and contributes directly to the products meeting the quality standards required by the company's engineering department. However, it is important to emphasize that the challenge to reach all the tool's potential is people, it is important the cooperation of all involved. Leadership must understand the tool usage and check if the audits are being made at the predefined frequency and the responsible for each pillar must understand the importance of conducting the audit properly and on schedule.

KEYWORDS: Pillars of Quality. FMEA. Quality. Process Control Plan.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVOS	9
1.2	JUSTIFICATIVAS	9
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1	ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E SEUS EFEITOS	11
2.1.1	Histórico	11
2.1.2	Definição	12
2.1.3	Aplicação e Benefícios	13
2.2	PLANO DE CONTROLE DE PROCESSO	15
2.3	O CONCEITO DE PILARES	17
3	ESTUDO DE CASO	19
3.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA	19
3.1.1	Melhoria Contínua	19
3.1.2	Padronização entre Plantas	19
3.2	DEFINIÇÃO DOS PILARES	20
3.2.1	Pilar: Superfície	21
3.2.2	Pilar: Dimensional	21
3.2.3	Pilar: Aparência	21
3.2.4	Pilar: Entrega e Embalagem	22
3.2.5	Pilar: Opcional	22
3.3	DEFINIÇÃO DOS RESPONSÁVEIS	23
3.4	QUADRO DE ÁREA	23
3.5	AUDITORIA PILOTO E IMPLEMENTAÇÃO	26
3.6	ENVOLVIMENTO DA LIDERANÇA	26
3.7	RESULTADOS	27
4	CONCLUSÃO	28
	REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

É crescente na indústria automotiva o uso de ferramentas de qualidade na produção de automóveis, tanto ferramentas que visam garantir a qualidade diretamente no produto quanto ferramentas que visam garantir a qualidade nas etapas de produção. O motivo dessa busca por qualidade está diretamente ligado à competição acirrada entre montadoras no mercado para conquistar novos clientes e manter os atuais, clientes que cada vez mais conseguem perceber a qualidade de um produto, no caso, automóveis.

O mercado brasileiro de automóveis segue o mesmo caminho e grandes fabricantes de automóveis necessitaram investir em novas técnicas de qualidade para não ficarem para trás nas vendas de seus produtos.

Sabendo disso, foi dada uma maior atenção a criação de planos de controle de processos utilizando a metodologia de análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA). No que se refere a execução desses planos de controle, a ferramenta utilizada no estudo de caso presente nesse trabalho de graduação são os Pilares da Qualidade, uma ferramenta que exige baixo investimento financeiro para ser implementada mas que com o comprometimento de todos os envolvidos cumpre bem o papel a qual foi destinada, garantir a qualidade dos processos de fabricação.

1.1. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo específico estudar a implementação da ferramenta Pilares da Qualidade na área de injeção e pintura de termoplásticos de uma fábrica de automóveis e ao final fornecer uma avaliação sobre a utilidade e a eficácia da ferramenta em questão.

A ferramenta ao ser implementada tem como objetivo garantir que os planos de controle dos processos, elaborados através do FMEA pelo departamento de engenharia da empresa, sejam seguidos e realizados exatamente como foram projetados.

1.2. JUSTIFICATIVAS

Entende-se que o projeto dos planos de controle dos processos seja a referência de como atingir a máxima qualidade nos produtos, já que são elaborados para atingir o padrão de qualidade da empresa. Então a linha de produção deve seguir as instruções desses planos.

A importância dos Pilares da Qualidade reside no fato de ser naturalmente uma auditoria interna de todos os processos existentes na fabricação dos componentes termoplásticos da fábrica. Sendo assim, são verificados os parâmetros definidos pela engenharia para cada processo e se estão sendo realizados de forma correta, ou seja, seguindo os planos de controle.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E SEUS EFEITOS (FMEA)

2.1.1. Histórico

A metodologia conhecida como FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), traduzida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como Análise dos Modos de Falha e Seus Efeitos, tem seus primeiros registros de utilização em 1949 e, assim como muitas das técnicas e tecnologias que existem atualmente na indústria, foi desenvolvida por militares americanos com o objetivo de determinar o efeito da ocorrência de falha em seus sistemas e equipamentos (Aguiar, 2007).

O FMEA teve sua origem nos Estados Unidos no dia 9 de novembro de 1949, como um padrão para as operações militares - *Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (Military Procedure MIL-P-1629)*. Esta norma foi utilizada como uma técnica de avaliação da confiabilidade para determinar os efeitos nos sistemas e falhas em equipamentos. As falhas foram classificadas de acordo com seus impactos nos sucessos das missões e com a segurança pessoal/equipamento (FMECA, 2000 apud Sakurada, 2001).

Apesar de sempre terem sido realizadas análises semelhantes ao FMEA nos projetos e processos de manufatura, a primeira aplicação formal do FMEA foi uma inovação da indústria aeroespacial em meados dos anos 60 (FMEA, 2000).

Segundo Barasuol, Borgmann e Rosa (2006) apud Hammes (2012), em 1963 a Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica, conhecida como NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) desenvolveu a primeira aplicação formal do FMEA. Após a utilização bem sucedida pela agência espacial dos Estados Unidos, a metodologia foi amplamente difundida, sobretudo na indústria automobilística.

Segundo Fernandes e Robelato (2006) apud Aguiar (2007), a metodologia então desenvolvida pela NASA tinha como objetivo identificar de forma sistemática potenciais falhas em seus processos pela definição de suas causas e efeitos. Partindo dessa análise, era possível então definir ações para eliminar ou reduzir os riscos associados a essas falhas.

No final da década de 1980, as empresas automotivas *General Motors Corporation*, *Chrysler Corporation* e *Ford Motor Company* em um esforço conjunto para padronizar a

qualidade de seus automóveis a fim de atender a ISO 9000, criada em 1988 pela Organização Internacional de Padronização, começaram a utilizar várias metodologias e ferramentas de qualidade, incluindo a utilização de FMEA de projeto e FMEA de processo para criação dos planos de controle (FMECA, 2000 apud Sakurada, 2001).

2.1.2. Definição

FMEA é um método analítico aplicado em projetos de produtos e em processos de manufatura. Chefiado por um engenheiro e executado junto a um grupo de pessoas, visa garantir que todos os modos potenciais de falha e suas causas associadas tenham sido considerados e localizados.

Segundo *Ford Motor Company* (1997) apud Sakurada (2001), na sua forma mais rigorosa, o FMEA é um sumário do conhecimento do engenheiro e do time de como um produto ou processo é desenvolvido, incluindo uma análise de itens que poderiam falhar baseado na experiência e em assuntos passados. Por ser uma abordagem sistemática, se alinha perfeitamente com a disciplina mental que um engenheiro passa no desenvolvimento de produtos e no planejamento dos processos de manufatura.

Uma definição técnica de FMEA pode ser encontrada no manual de referência de FMEA:

Um FMEA pode ser descrito como um grupo de atividades sistêmicas com o objetivo de: 1) reconhecer e avaliar a falha potencial de um produto ou processo e seus efeitos; 2) identificar ações que podem eliminar ou reduzir a hipótese do potencial modo de falha vir a ocorrer; 3) documentar o processo de análise. O FMEA complementa o processo de desenvolvimento de projeto e faz com que o mesmo contenha os requisitos que satisfaçam plenamente as necessidades dos clientes (FMEA, 2000).

Essa metodologia então, ao procurar eliminar as falhas de produtos e processos, tem como principal objetivo garantir que os produtos e os processos de manufatura sejam confiáveis. A busca por confiabilidade é decorrente da competitividade do mercado que cada vez mais exige qualidade nos produtos finais, ou seja, os consumidores e clientes entendem que um produto de qualidade é aquele que possui a menor quantidade de defeitos.

Segundo Aguiar (2007), qualquer falha em um produto, mesmo que prontamente reparada pelo serviço de assistência técnica e totalmente coberta por termos de garantia, causa

no consumidor ao menos uma insatisfação por privá-lo da utilização do bem adquirido até que o defeito seja reparado. Ainda segundo Aguiar (2007), cada vez mais são lançados produtos em que determinados tipos de falhas podem ter consequências drásticas para o consumidor, nos quais o mau funcionamento pode significar um risco ao usuário.

Sobre a implementação da metodologia, o manual de referência de FMEA traduzido pelo Instituto da Qualidade Automotiva (IQA) juntamente com o *Automotive Industry Action Group* (AIAG) diz o seguinte:

Um dos fatores mais importantes para a implementação com sucesso de um programa de FMEA é o momento oportuno de sua execução. O FMEA deve ser uma ação “antes do evento”, e não um exercício “após o fato”. Para obter melhores resultados, o FMEA deve ser feito antes de um modo de falha de projeto ou de processo ter sido incorporado ao produto sem ter sido percebido. O tempo gasto no início do projeto realizando corretamente um FMEA, quando alterações de processo/projeto podem ser implementadas mais facilmente e com menores custos, irá aliviar as crises provocadas por alterações tardias. Um FMEA pode reduzir ou eliminar a hipótese de implementar uma alteração que poderia criar um problema ainda maior. Corretamente aplicado, é um processo iterativo que nunca se acaba (FMEA, 2000).

Sakurada (2001) diz que, o conhecimento dos modos de falha, em qualquer fase do ciclo de vida do produto, permite que os técnicos tomem as providências cabíveis, na fase que se está analisando, para evitar a manifestação daquele modo de falha. Dessa maneira contribui diretamente na manutenibilidade e na confiabilidade. Todo conhecimento produzido pela execução do FMEA pode também ser utilizado em programas de capacitação, proporcionando um melhor entendimento dos componentes e do sistema. Com isso, tem-se um maior conhecimento a respeito das falhas facilitando a escolha do tipo de manutenção (corretiva, preventiva, preditiva), garantindo maior disponibilidade de equipamentos.

2.1.3. Aplicação e Benefícios

Para entender as diversas aplicações dessa metodologia, deve-se conhecer os dois tipos principais de FMEA. Segundo Tozzi (2004) apud Aguiar (2007), o FMEA é dividido basicamente em dois tipos, o FMEA de projeto (também chamado de FMEA de produto) que tem como objetivo detectar os modos de falha e seus efeitos no projeto, ou seja, na criação de

um produto, e o segundo tipo é o FMEA de processo, que também tem a função de detectar os modos de falha e seus efeitos, porém aplicado nos processos de manufatura do produto. Essa divisão é aceita e utilizada por diversos autores, incluindo os citados anteriormente.

A teoria que está sendo apresentada para o estudo de caso analisado neste trabalho, que embasa todo o desenvolvimento dos Pilares da Qualidade, é o FMEA de processo.

Essa metodologia, como dito anteriormente, é amplamente aplicada na indústria automotiva desde os primórdios de sua utilização, porém segundo Laurenti, Rozenfeld e Franiecki (2012), apesar do FMEA ser um método popular e utilizado há vários anos, muitas empresas ainda não conhecem como explorar o potencial de aplicação do FMEA tradicional.

Isso se deve ao fato de que a utilização do FMEA, tanto de processo quanto o de produto, demanda certo investimento financeiro. Palady (1997) apud Aguiar e Salomon (2007) confirma esse fato explicando que os custos da organização são provenientes, por exemplo, da necessidade de reuniões, que demandam tempo de toda a equipe que participa, seja do processo ou produto, sob análise por um FMEA.

O mesmo autor ainda completa dizendo que a eficácia do FMEA, caso implementado e executado da forma correta, transforma todos os gastos gerados em investimento, pois ao melhorar a qualidade de um processo, por exemplo, se reduz a quantidade de retrabalho e a quantidade de peças fora das especificações de projeto que tem destino certo, o lixo.

Segundo Stamatis (1995) apud Aguiar e Salomon (2007):

Os benefícios decorrentes da correta utilização de FMEA como sendo: melhorar a qualidade, confiabilidade e segurança dos produtos ou serviços; melhorar a imagem e a competitividade da organização; contribuir para aumentar a satisfação do cliente; reduzir o tempo e o custo de desenvolvimento de produtos; estabelecer uma prioridade para a tomada de ações de melhoria; identificar características críticas ou significativas; contribuir na análise de um novo processo de montagem ou de manufatura; contribuir na definição de ações corretivas; listar as falhas potenciais e identificar a magnitude relativa de seus efeitos; desenvolver critérios rápidos para manufatura, processos, montagem e serviços; prover documentação histórica para futuras referências, auxiliando nas mudanças de projetos, processos e serviços.

Ou seja, o FMEA traz como benefício principal para a empresa a redução de defeitos nos seus produtos, que acarreta na diminuição de peças retrabalhadas ou descartas e que, finalmente, resulta em um produto mais barato e competitivo no mercado. Os benefícios não afetam só a empresa que usa o FMEA, mas também os consumidores finais, que receberão um

produto de maior qualidade. Em decorrência dessa qualidade acima da média, as demais empresas também investirão em qualidade para não perder espaço no mercado. Portanto, investir em qualidade faz com que empresas e clientes sejam beneficiados.

Como o FMEA é uma metodologia muito abrangente em relação a qualidade, pode ser utilizada para analisar qualquer aplicação que se deseja ter qualidade.

Em artigo publicado na revista *Gestão da Produção* em 2007, Zambrano e Martins (2007) relatam a utilização do FMEA para a avaliação do risco ambiental durante o processo produtivo de empresas de pequeno porte. Ao final do trabalho realizado, a conclusão mostra como a metodologia traz bons resultados: "O método FMEA, utilizado para a avaliação do risco ambiental, pode ser considerado como uma referência para os proprietários de empresas de pequeno porte para começarem a diagnosticar os riscos ambientais de seus processos produtivos".

Outro exemplo de utilização do FMEA, em artigo publicado na revista *Gestão Industrial* por Leal, Pinho e Almeida (2006), os autores descrevem, passo a passo, uma técnica chamada RPN (*Risk Priority Number*), que pode ser utilizada em conjunto com o FMEA, no processo de distribuição de energia elétrica. O RPN é uma técnica que ajuda a definir prioridades dos riscos analisados pelo FMEA.

2.2. PLANO DE CONTROLE DE PROCESSO

O Plano de Controle de Processo (PCP) é uma ferramenta diretamente ligada com o FMEA de processo. Seu objetivo é atribuir um método de detecção para cada modo de falha bem como sua frequência de monitoramento. (HU, 2007 apud Mendes, 2014).

Complementando a citação anterior, segundo Hammes (2012), plano de controle de processo é uma descrição que define os controles aplicáveis a peças de produção e processos, e que, no mínimo, devem contemplar as características especiais e requisitos de engenharia do cliente.

O autor Hammes (2012) acrescenta que "o plano de controle segue as etapas do FMEA e fornece mais detalhes, como as alterações potenciais que podem ser verificadas dentro da qualidade, o processo de produção do conjunto ou durante a inspeção dos produtos".

Segundo Mendes (2014), "Através da elaboração do FMEA pode-se criar o Plano de Controle do produto/processo que está sendo estudado".

Então, a elaboração de planos de controle é diretamente ligada ao FMEA. Dessa forma é necessário executar primeiro o FMEA em determinado processo para depois elaborar os

planos de controle pertinentes, com a finalidade de controlar os parâmetros que o processo deve seguir, especificados pela engenharia de processo.

Na figura 1 é mostrado um exemplo de realização do FMEA:

Figura 1: Exemplo de realização de FMEA

Nome do Componente	Função do componente	Modo(s) de falha	Efeito(s) Potencial(is) de Falha(s)	OCORR (tab1) (O)	SEVER (tab2) (S)	DETEC (tab3) (D)	RISCO (RPN) (O)*(S)*(D)	Ação Corretiva Recomendada
M212 - Motor Elétrico	Bombear água para a caixa d'água central	Estator - Falha de isolamento	Perda de Fluxo	1	3	5	15	
		Estator - Enrolamento danificado	Perda de Fluxo	4	4	6	96	Realizar inspeção mensalmente no estator
		Estator - Rotor Queimado	Perda de Fluxo	4	4	5	80	Realizar termografia mensalmente
		Estator - Vibração Excessiva	Perda de Fluxo	5	6	5	150	Realizar análise de vibração mensalmente
		Estator - Rolamento Travado	Perda de Fluxo	5	6	6	180	Realizar inspeção semanal no rolamento

Fonte: Adaptado de Silveira (2016)

Observa-se na figura 2 um exemplo de como essas informações coletadas na realização do FMEA da figura 1 podem ser traduzidas em um plano de controle de processo:

Figura 2: Exemplo de plano de controle de processo gerado através do FMEA da figura 1

N° ITEM	Processo / Equipamento	Local de Controle	Características do Processo	Especificações e Métodos					
				Especificações / Tolerâncias	Método de Inspeção	Frequência	Rastreabilidade	Plano de Reação	Responsável
PCP Exemplo	Estator (danos)	Motor Elétrico M212	Bombeamento de água para a caixa d'água central	Bombeamento de água para a caixa d'água central quando necessário	Verificação visual	Mensal	Pasta de manutenção de motores elétricos	Acionar superior para análise do dano	Manutenção

Fonte: Próprio autor

De acordo com Martins (2012), "o objetivo da metodologia do plano de controle é ajudar a manufaturar produtos de qualidade de acordo com os requisitos do cliente". O autor acrescenta que mesmo o plano de controle sendo um detalhamento por escrito do sistema de controle das peças e processos, ele não substitui as informações contidas nas instruções de trabalho do operador ou nas instruções de monitoramento de processo. Ambas servem como suporte ao plano de controle e devem ser definidas e usadas continuamente.

Ainda segundo Martins (2012), é dito que o plano de controle é mantido e usado durante todo o ciclo de vida do produto. Ele possui duas etapas de aplicação nesse período, a primeira, tem como objetivo documentar e comunicar o plano inicial para o controle do processo, a segunda orientar a manufatura do produto mostrando como controlar o processo e

assegurar a qualidade do produto. Por fim, o plano de controle tem a função de manter o processo dentro das especificações de projeto, sendo atualizado caso necessário.

A função final do plano de controle de um processo citada por Martins (2012), é onde a origem dos Pilares da Qualidade está enraizada. Como visto, os planos de controle tem a função de garantir a execução correta dos processos, porém na prática, em uma fábrica de automóveis, existem dezenas de planos de controle. Os Pilares da Qualidade tem como objetivo fornecer uma estrutura organizada para realizar auditorias de todos os planos de controle. Em essência, os Pilares da Qualidade servem para gerenciar os planos de controle gerados pelo FMEA.

2.3. O CONCEITO DE PILARES

Como dito no item 2.2, os Pilares da Qualidade são utilizados para gerenciar uma grande quantidade de planos de controle. Esse conceito de "pilares" para organizar ideias tem ampla aplicação, pois ajuda a agrupar informações semelhantes quando se tem um conjunto grande de informações. Esse conceito tem um apelo visual forte já que referencia a construção civil, onde pode-se usar pilares (ou colunas) para sustentar uma cobertura ou telhado. Então, entende-se que os pilares, assim como na construção civil sustentam a cobertura, tem função fundamental para suportar um objetivo maior.

Por isso, se encontra aplicações desse conceito de organização estrutural, os pilares, na educação, na psicologia, na engenharia e, como no estudo de caso desse trabalho, nas mais variadas formas de gestão.

Por exemplo, Leme (2007) utiliza o conceito de Pilares da Qualidade em sua análise do processo de implementação do Programa de Qualidade do Café (PQC) e suas implicações nas empresas de café torrado e moído do Brasil.

No trabalho de Leme (2007), os pilares têm como função unir diretrizes semelhantes que ajudem a garantir a qualidade do produto, o café. Os pilares foram definidos pela Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC). Nesse caso os pilares não são aplicados para gerenciar planos de controle de processo, porém o conceito é o mesmo, agrupar diretrizes semelhantes em pilares para facilitar a gestão dessas diretrizes.

Outro exemplo de utilização do conceito de pilares é encontrado no trabalho de Lima (2007). Um dos objetivos do trabalho desenvolvido foi a gestão da qualidade visando o desenvolvimento de hospitais públicos universitários.

Segundo Lima (2007), "a qualidade como estratégia de negócios e a atenção às melhorias se tornam parte corrente dos negócios nas empresas, e a qualidade é usada para o crescimento e desenvolvimento da organização.". Nesse contexto o autor complementa que "a gerência estrutura suas atividades como se quaisquer considerações de melhoria fizessem parte normal de suas atividades". E nesse envolvimento da liderança, o autor determina cinco pilares que devem ser conduzidos pela gerência para fazer da qualidade a mencionada estratégia de negócio.

Como último exemplo sobre a utilização do conceito de pilares, ainda focando na aplicação para obtenção da qualidade, seja em produtos ou em serviços, Neves, Menezes e Boccaletti (2013) abordam os sete pilares para a qualidade total, em artigo publicado na revista *Perspectiva em Educação, Gestão e Tecnologia* em 2013.

O objetivo do trabalho de Neves, Menezes e Boccaletti (2013), é demonstrar que a qualidade não é mais um diferencial para organizações, e sim uma questão de sobrevivência. Esse objetivo retrata exatamente o contexto em que a ferramenta Pilares da Qualidade foi implementada na empresa do estudo de caso, apresentado no item 3 deste trabalho.

Segundo os autores Neves, Menezes e Boccaletti (2013), os Sete Pilares foram desenvolvidos para auxiliar na gestão da qualidade total, isto é, controle do custo, do preço, do lucro, do prazo de entrega, do estoque e da venda. Esse auxílio é importante para que o produto final tenha o *feedback* desejado e para mapear os defeitos de produtos (ou serviços), encontrando as causas para então realizar as devidas correções.

Portanto, quando se trata de qualidade, organização é fundamental para gerenciar as diversas variáveis envolvidas nas atividades, sejam em processos, em projetos, ou serviços.

Sendo assim, as informações contidas em cada pilar devem ser elementos críticos nos processos de manufatura que afetam diretamente a qualidade do produto final, ou seja, o propósito dos Pilares da Qualidade é estabelecer um processo comum para gerenciar os elementos críticos (planos de controle de processo) da qualidade na fábrica de injeção e pintura de termoplásticos da empresa.

3. ESTUDO DE CASO

Segundo Miguel (2007), o estudo de caso trata-se de uma análise aprofundada de casos num contexto real de vida, para que seja possível seu amplo e detalhado conhecimento.

A principal tendência em todos os tipos de estudo de caso, é que estes tentam esclarecer o motivo pelo qual uma decisão ou um conjunto de decisões foram tomadas, como foram implementadas e com quais resultados alcançados (YIN, 2001 apud Miguel, 2007).

O presente trabalho, por conter o passo a passo da implementação da ferramenta Pilares da Qualidade num ambiente real de trabalho, atende as definições citadas acima.

3.1. DESCRIÇÃO DA EMPRESA

O presente estudo de caso foi realizado em uma empresa multinacional que atua no setor automobilístico diretamente na fabricação de automóveis, localizada no estado de São Paulo.

3.1.1. Melhoria Contínua

Na empresa em questão, existe como boa prática a melhoria contínua dos processos e da gestão dos mesmos, nesse contexto de melhoria, estão inseridos os Pilares da Qualidade que tem justamente como objetivo garantir a excelência na execução dos processos planejados pela engenharia.

3.1.2. Padronização entre Plantas

A empresa possui, além da planta onde o estudo de caso foi realizado, outras plantas que fabricam componentes plásticos e que conseqüentemente contemplam planos de controle de processos semelhantes. A implementação dos Pilares da Qualidade em todas as plantas é uma das metas da empresa para padronizar os métodos de trabalho. Um exemplo benéfico dessa padronização, no caso de transferência de funcionários entre as plantas, se todas elas trabalham de forma semelhante, o processo de adaptação dos funcionários ao serem transferidos ocorre mais naturalmente já que o método de trabalho é o mesmo.

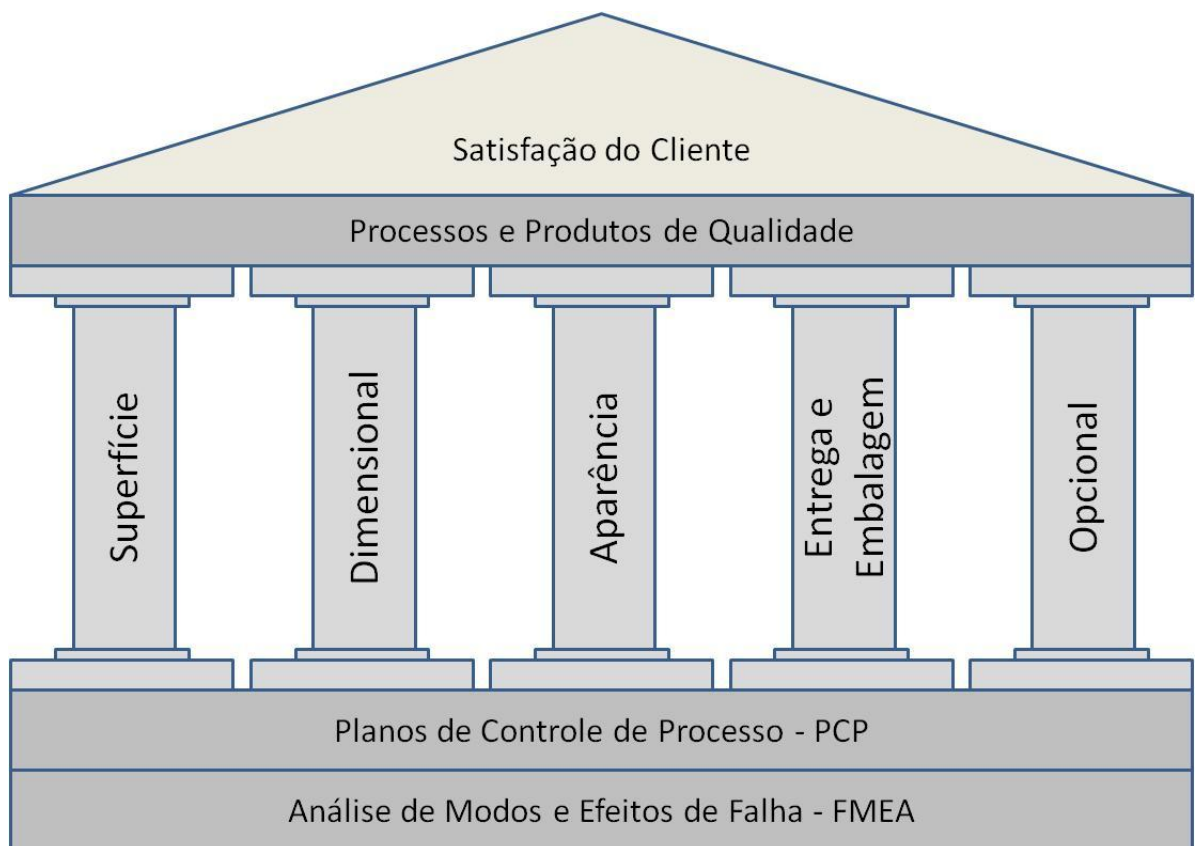
3.2. DEFINIÇÃO DOS PILARES

Para se definir quantos pilares e quais pilares adotar, foi necessário analisar todos os planos de controle de processo da área de injeção e pintura de plásticos da empresa buscando agrupar planos de controle que se destinam a processos semelhantes.

A partir dessa análise, observou-se que existem cinco grupos principais de processo, são eles: 1) Injeção das peças plásticas; 2) Qualidade dimensional das peças pintadas e não pintadas; 3) Aparência final da pintura das peças; 4) Manuseio das peças no interior da fábrica e reabastecimento de matéria prima; 5) Montagem de componentes nas peças pintadas.

Com essas informações, foi realizada uma discussão entre as plantas fabricantes de componentes plásticos para padronizar a nomenclatura de cada pilar. Os pilares serão abordados individualmente na seção seguinte, já com a nomenclatura final.

Figura 3: Representação dos Pilares da Qualidade



Fonte: Próprio autor

3.2.1. Pilar: Superfície

Nesse pilar foram agrupados os planos de controle referentes à qualidade superficial das peças produzidas no processo de injeção de plástico, ou seja, peças texturizadas ou peças lisas ainda sem pintura.

A qualidade nesse pilar é verificada tanto pelo operador da máquina de injeção quanto por funcionários do departamento de qualidade da empresa, de acordo com os respectivos documentos que detalham a atividade padronizada de cada um.

A análise das peças é feita buscando possíveis defeitos decorrentes do processo de injeção tais como rebarbas, rechupes, mutilados, distorção, marcas de molde, marcas de ventosas. Também se analisa as peças em busca de defeitos gerados por manuseio inadequado da peça como amassados, partes quebradas, arranhões profundos.

3.2.2. Pilar: Dimensional

A preocupação nesse pilar é com a precisão dimensional da peça produzida comparada ao modelo matemático desenvolvido em computador, ou seja, compara-se a peça real com o projeto teórico.

O departamento de qualidade da empresa, seguindo os procedimentos adequados, verifica a contração das peças injetadas tanto após a injeção quanto após a pintura a fim de garantir que as mudanças de temperaturas ao longo dos respectivos processos gerem contrações na peça plástica dentro da tolerância de projeto.

Outra atividade importante desse pilar é a verificação das dimensões de amostras de todos os tipos de peças, pintadas ou não, em gabaritos que possuem as dimensões de projeto.

3.2.3. Pilar: Aparência

O nome do pilar faz referência aos processos que envolvem a pintura das peças, logo a aparência da peça pintada não deve conter defeitos. Para tanto, os planos de controle de processo agrupados nesse pilar estão relacionados com o controle da aplicação de todas as etapas da pintura e também o controle do resultado do processo de pintura, em outras palavras a qualidade final da pintura.

Para a aplicação da pintura, deve-se controlar, por meio de planos de controle:

- A viscosidade da tinta e do verniz;

- A vazão de tinta e a pressão do ar nas pistolas de aplicação;
- A temperatura nas estufas de verniz.

Quanto à qualidade da pintura, os parâmetros que devem ser controlados são:

- Alastramento, também chamado de "Casca de Laranja";
- Nitidez da pintura (DOI - *Distinctness Of Image*);
- Brilho;
- Aderência da pintura no substrato;
- Tonalidade da cor da tinta e,
- Espessura da camada da pintura.

3.2.4. Pilar: Entrega e Embalagem

O manuseio das peças e o abastecimento de matéria prima são atividades fundamentais para a linha produtiva. A primeira atividade é importante, pois tem como objetivo retirar peças produzidas em suas estações e levá-las para uma estação onde a peça passará por um novo processo ou apenas levá-las para armazenamento em local adequado. A segunda atividade pode ser definida como o começo da fabricação de qualquer peça produzida em termoplástico, então uma boa gestão e controle do abastecimento de matéria prima evita interrupções no processo produtivo.

Portanto existem diversas formas de garantir qualidade nessas atividades, são elas:

- Etiquetagem e identificação de dispositivos de transporte de peças;
- Manutenção preventiva dos dispositivos de transporte de peças;
- Controle de FIFO (*First in, first out*);
- Armazenagem de peças e de matéria prima;
- Otimização de tamanho de lotes;
- Meio de transporte e impactos nas peças;
- Rastreabilidade.

3.2.5. Pilar: Opcional

Das peças fabricadas na empresa, somente os para-choques dos veículos que são montados na planta passam pelo processo de pintura. Os veículos em questão possuem diferentes níveis de acabamento e tecnologia, ou seja, diferentes opcionais característicos de

cada modelo, portanto a montagem correta dos componentes de cada para-choque exige um alto grau de organização.

Desta forma, esse pilar possui normalmente uma grande quantidade de planos de controles de processo ligados à montagem e fixação de componentes nos para-choques como:

- Existência ou não de sensores de estacionamento;
- Fixação ou não dos suportes para os sensores de estacionamento;
- Existência ou não de faróis de neblina;
- Alinhamento dos faróis de neblina;
- Montagem de componentes elétricos;
- Verificação do torque das apertadeiras.

3.3. DEFINIÇÃO DOS RESPONSÁVEIS

Após a definição dos pilares e dos seus respectivos planos de controle, o próximo passo é definir os funcionários que ficarão responsáveis por realizar as auditorias dos Pilares da Qualidade. Esse passo deve ser executado juntamente com os líderes das áreas envolvidas.

Os indicados para se tornarem responsáveis por um pilar, são aqueles funcionários que realizam e conhecem as atividades dos planos de controle contidos no pilar, pois agiliza as auditorias, uma vez que o entendimento do processo não é um empecilho e sim, um facilitador na tomada de decisão caso algum problema seja encontrado.

Nada impede que se escolha um funcionário sem experiência nos processos, porém deve-se treinar essa pessoa para que, a partir de então, tenha o conhecimento mínimo necessário dos processos e dos planos de controle envolvidos para realizar as auditorias de forma correta. Essa escolha é interessante em fábricas onde os funcionários mais indicados já estejam sobrecarregados de tarefas.

3.4. QUADRO DE ÁREA

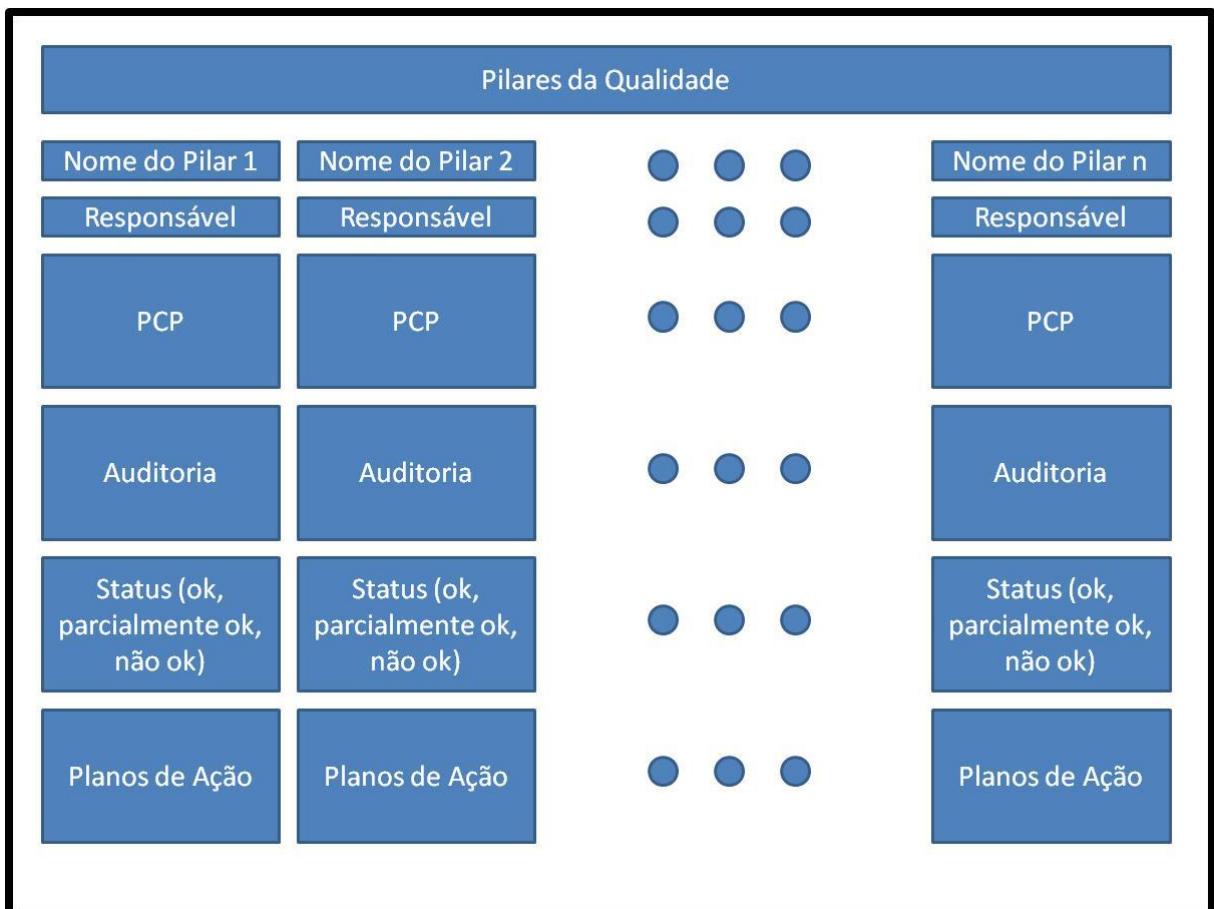
O quadro dos Pilares da Qualidade é indispensável para toda ferramenta funcionar, pois é um dispositivo visual e de fácil entendimento para monitoramento a situação de todos os planos de controle da fábrica.

É importante que o quadro fique localizado em uma área bem visível da fábrica para que todos saibam o andamento de cada pendência, caso houver. É importante também para a liderança da fábrica estar sempre ciente das informações nele contidas.

O *layout* do quadro deve conter o nome de cada pilar, os planos de controle de processo, o andamento das auditorias, o indicador do resultado geral das auditorias, os planos de ação e o nome dos responsáveis por cada pilar, semelhante ao quadro modelo da figura 4.

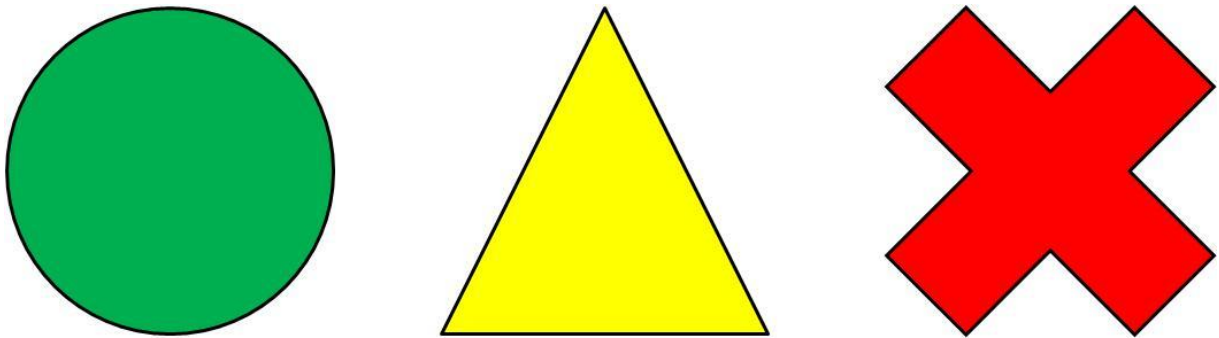
O indicador (*status*) deve possuir três opções de avaliação da auditoria: ok, parcialmente ok e não ok. Sugere-se que sejam representados por uma circunferência verde, um triângulo amarelo e um xis vermelho, respectivamente, para facilitar a avaliação visual de cada pilar. Exemplo na figura 5.

Figura 4: Exemplo de montagem do quadro de área



Fonte: Próprio autor

Figura 5: Exemplo dos 3 *status* recomendados. Da esquerda para a direita: Ok, Parcialmente Ok e Não Ok



Fonte: Próprio autor

A indicação dos *status* funciona da seguinte maneira, o pilar só recebe avaliação “Ok” caso todos os planos de controle estejam sendo executados da maneira correta, caso apenas um desses não esteja em conformidade, o status será ou parcialmente “Ok” ou não “Ok”, dependendo do que ocorreu na auditoria.

Na figura 6, pode se observar o *layout* final do quadro de área para os cinco pilares definidos para a área de injeção e pintura de termoplásticos.

Figura 6: Layout do quadro para os cinco pilares da injeção e pintura de termoplásticos. Dimensões 2m x 1,5m.

Pilares da Qualidade				
Superfície	Dimensional	Aparência	Entrega e Embalagem	Opcional
Responsável #1	Responsável #2	Responsável #3	Responsável #4	Responsável #5
Plano de Controle	Plano de Controle	Plano de Controle	Plano de Controle	Plano de Controle
Auditoria	Auditoria	Auditoria	Auditoria	Auditoria
				
Plano de Ação	Plano de Ação	Plano de Ação	Plano de Ação	Plano de Ação

Fonte: Próprio autor

3.5. AUDITORIA PILOTO E IMPLEMENTAÇÃO

Após a definição dos responsáveis e a confecção do quadro, já é possível realizar as auditorias e colocar os Pilares da Qualidade em funcionamento, porém o responsável pela implementação dos Pilares da Qualidade deve realizar a primeira auditoria juntamente com o responsável de cada pilar para orientar como as auditorias devem ser realizadas.

Outro ponto importante da auditoria piloto, é definir qual a frequência ideal para a realização das auditorias regulares. Para tanto, deve-se observar a quantidade de problemas encontrados em cada pilar, o tempo gasto para a realização das auditorias e a carga de trabalho dos responsáveis por cada pilar.

No presente estudo de caso, foi definido que nos 2 primeiros meses as auditorias seriam quinzenais e após esses 2 meses as auditorias passariam a ser mensais.

3.6. ENVOLVIMENTO DA LIDERANÇA

Por essa ferramenta, Pilares da Qualidade, possuir uma dependência grande de pessoas, é importante enfatizar a participação ativa da liderança que pretende implementar essa ferramenta em sua empresa. Essa participação deve ocorrer principalmente na definição de responsáveis e nas primeiras auditorias, para que todos vejam os benefícios da ferramenta.

Caso a liderança não se comprometa com o processo de implementação e com a utilização da ferramenta, as chances dos Pilares da Qualidade caírem no esquecimento dentro da empresa são grandes, perdendo assim todo o potencial de controle de processo que a ferramenta possui.

3.7. RESULTADOS

No presente estudo de caso, nas primeiras auditorias dos Pilares da Qualidade ficou evidente como a ferramenta é útil para identificar falhas no cumprimento dos planos de controle desenvolvidos pelo departamento de engenharia para área de injeção e pintura de termoplásticos da empresa.

Em três dos cinco pilares encontrou-se divergências quanto ao que estava definido no plano de controle de processo como: ferramentas sem laudo de calibração, peças com problema na rastreabilidade, montagem de componentes com problema na rastreabilidade das etapas de montagem, frequência de avaliação de qualidade de peças injetadas equivocada.

No caso da frequência equivocada da avaliação de qualidade das peças injetadas, o responsável pelo pilar entrou em contato com o departamento de engenharia e solicitou uma alteração no plano de controle, para mudar a frequência da avaliação, seguindo o que era realmente feito no cotidiano da fábrica. O departamento de engenharia concordou com a solicitação e alterou o plano de controle desse item.

Esse exemplo mostra como a ferramenta Pilares da Qualidade propicia uma maior participação dos profissionais envolvidos no processo em busca de melhoria contínua. Também faz com que essa melhoria seja documentada garantindo uma rastreabilidade das alterações feitas nos processos de maneira mais eficiente.

No caso da montagem de componentes com problema na rastreabilidade das etapas de montagem, essa não conformidade ocorreu devido a dois fatores principais recorrentes em uma fábrica de automóveis: a introdução ou atualização de um modelo de carro produzido e a transferência de funcionários para outras áreas (*job rotation*).

Mais detalhadamente, na montagem de componentes do para-choque, ao montar cada item o operador deve marcar seu registro no item montado, assim diz o plano de controle. Porém, ocorreu uma modificação no modelo produzido e também ocorreu uma troca na supervisão dessa área, esses dois fatores somados fizeram com que esse procedimento, mencionado no plano de controle, fosse descontinuado.

Com esse exemplo, é possível notar um outro benefício fundamental que ferramenta trás para a empresa, ela evita a perda de informações quando ocorre mudança dos funcionários que trabalham na produção ou quando ocorre mudança nos produtos.

4. CONCLUSÃO

Conforme o estudo realizado nesse trabalho, com o objetivo de analisar a implementação da ferramenta Pilares da Qualidade, os resultados obtidos mostram que a implementação da ferramenta não é difícil e é de baixo custo, porém, os benefícios trazidos são muito relevantes, especialmente no que se refere à gestão dos planos de controle de processos, já que são as diretrizes básicas de funcionamento de todos os processos da fábrica.

O maior desafio encontrado ao longo do processo de implementação da ferramenta, foi sem dúvidas a disponibilidade de todas as pessoas envolvidas para dedicar uma parte do tempo ao processo. A liderança da fábrica contribuiu para vender a ideia aos demais funcionários e atualmente com os pilares da qualidade em funcionamento, a liderança tem conhecimento e, conseqüentemente, segurança de que os planos de controle estão sendo cumpridos corretamente visando a qualidade do produto final.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. C. *Avaliação de sistemas de prevenção de falhas em processos de manufatura na indústria automotiva com metodologia de auxílio de decisão*. 2007. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá. 2007.

AGUIAR, D. C.; SALOMON, V. A. P. Avaliação da prevenção de falhas em processos utilizando métodos de tomada de decisão. *Production*. São Paulo. v. 17. n. 3, Set./Dez. 2007. Disponível em: <<https://www.prod.org.br>>. Acesso em: 12 set. 2016.

CHRYSLER CORPORATION; FORD MOTOR COMPANY; GENERAL MOTORS CORPORATION. *Manual de referência: Análise de modo e efeitos de falha potencial (FMEA)*. Traduzido pelo Instituto da Qualidade Automotiva (IQA). ANFAVEA. 2000. 44 p.

HAMMES, J. *Definição dos procedimentos PPAP para utilização dos clientes da empresa Tecnicon*. 2012. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) - Faculdade Horizontina, Horizontina. 2012.

LAURENTI, R.; ROZENFELD, H.; FRANIECK, E. K. Avaliação da aplicação dos métodos FMEA e DRBFM no processo de desenvolvimento de produtos em uma empresa de autopeças. *Gestão & Produção*. São Carlos. v. 19. n. 4. 2012. Disponível em: <<http://www.dep.ufscar.br>>. Acesso em: 13 set. 2016.

LEAL, F.; PINHO, A. F.; ALMEIDA, D. A. Análise de falhas através da aplicação do FMEA e da Teoria Grey. *Gestão Industrial*. Ponta Grossa. v. 2. n. 1. Jan./Mar. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br>>. Acesso em: 10 set. 2016.

LEME, P. H. M. *Os pilares da qualidade: o processo de implementação do programa de qualidade do café (PQC) no mercado de café torrado e moído do Brasil*. 2007. 122 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2007.

LEME, P. H. M.; MACHADO, R. T. M. Os pilares da qualidade: o processo de implementação do programa de qualidade do café (PQC). *Organizações Rurais & Agroindustriais*. Lavras. v. 12. n. 2. 2010. Disponível em: <revista.dae.ufla.br>. Acessado em: 9 set. 2016.

LIMA, M. B. B. P. B. *A Gestão da Qualidade e o Redesenho de Processos como Modelo de Desenvolvimento Organizacional em Hospitais Públicos Universitários: O Caso do Hospital de Clínicas da UNICAMP*. 2006. 193 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2006.

MARTINS, C. P. *Aplicação da ferramenta FMEA no desenvolvimento do processo e cadastro de um produto rodoviário*. 2012. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Mecânica) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi. 2012.

MENDES, P.H.N. *Desenvolvimento do PFMEA para uma linha de montagem de motores*. 2014. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá. 2014.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Production*. São Paulo. v. 17. n. 1. Jan./Abr. 2007. Disponível em: <<https://www.prod.org.br>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

NEVES, F.; MENEZES, J. R.; BOCALLETTI, H. Qualidade Total. *Perspectiva em Educação, Gestão & Tecnologia*. v. 3. n. 4. Jul./Dez. 2013. Disponível em: <<https://fatecitapetininga.edu.br>>. Acesso em: 9 set. 2016.

SAKURADA, E. Y. *As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Arvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos*. 2001. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2001.

SILVEIRA, C.B. *FMEA – Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos*. 2015. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/fmea-processo-analise-modos-falhas-efeitos/>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

ZAMBRANO, T. F.; MARTINS, M. F. Utilização do método FMEA para avaliação do risco ambiental. *Gestão & Produção*. São Carlos. v. 14. n. 2. Mai./Ago. 2007. Disponível em: <<http://www.dep.ufscar.br>>. Acesso em: 13 set. 2016.