

QUALIDADE NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA: APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA EM UM SETOR DE MONTAGEM DE COMPONENTES DE MOTORES AERONÁUTICOS.

Área temática: Gestão da Qualidade

Paulo Renato Ferreira da Cruz
pr.ferreirac@gmail.com
(LATEC/UFF)

Resumo: *A indústria aeronáutica é conhecida pela alta complexidade e pelos riscos à segurança associadas as suas atividades. Por este motivo, o controle de qualidade e a prevenção de falhas aplicados em todos os diferentes processos (sejam operacionais ou produtivos) devem ser robustos. O setor, em larga expansão, requer cada vez mais o domínio sobre todos os parâmetros que assegurem qualidade. Considera-se necessário para garantia de qualidade total que a implantação de um sistema de gestão de qualidade integrado seja capaz de difundir não somente as políticas, mas as ferramentas auxiliares na obtenção dos resultados esperados efetivamente para uma empresa manter-se competitiva. Especificamente na aviação não há espaço para falhas. Um erro pode ser fatal. Logo, espera-se que toda e qualquer oportunidade de falha seja antecipada e que medidas eficazes sejam tomadas para que um risco seja considerado aceitável. Uma das maneiras de se fazer este gerenciamento de risco é através da identificação prévia de uma possível falha. Esta análise pode ser feita com a utilização da ferramenta FMEA (Failure Modes and Effects Analysis). Com ela, é possível mapear um processo identificando riscos em potencial e tomar ações para elimina-los e, ou preveni-los. Desta forma, este artigo busca demonstrar como a presença do gerenciamento de riscos através da utilização do FMEA como uma importante forma de detecção de erros ocorre em uma empresa de manutenção de motores aeronáuticos integrando-se dentro de um sistema de gestão de qualidade.*

Palavras-chaves: *Gestão da Qualidade. Análise de Falhas. Indústria Aeroespacial.*

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

De acordo com Brocka & Brocka (1994) a Gestão da Qualidade enquanto metodologia de resolução de problemas e aperfeiçoamento de processos sobre uma empresa e como um sistema de meios para economicamente produzir bens ou serviços que satisfaçam as necessidades dos clientes.” se tornou fator essencial para que as organizações mantenham-se competitivas no atendimento a um mercado cada vez mais exigente.

Para a efetividade na identificação, análise, correção e padronização dos processos produtivos de uma companhia, que muitas vezes além de complexidade apresenta também diversidade de processos, a Gestão da Qualidade oferece diferentes ferramentas aplicáveis no auxílio, definição, medição e proposição na solução de problemas como: alto custo de não qualidade, perda de prazos, insatisfação de clientes, entre outros.

Dentre os vários setores da indústria onde a qualidade é primordial, Costa (2014) pontua que o setor aeronáutico é um dos que possui a maior preocupação na manutenção de uma Gestão de Qualidade eficiente por ser uma atividade que produz número elevado de erros já que está ligada a uma grande proporção de fatores humanos envolvidos em uma ampla escala de tecnologias que oferecem riscos, como se pode observar no gráfico da figura 1.

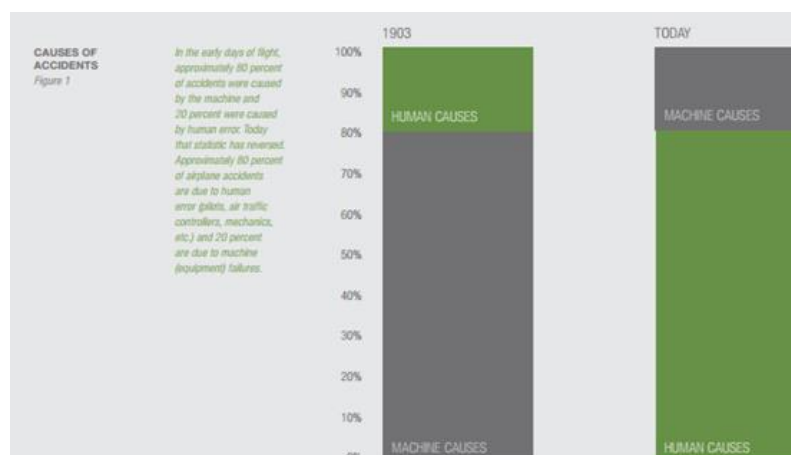


Figura 1: Causas de acidentes: Causa humana x Causa por máquina, 2007.

Fonte: Revista AERO Boeing (2007)

Considerando então a necessidade de mitigar riscos, uma das ferramentas amplamente utilizadas e que visa à identificação e minimização de falhas potenciais em um produto ou processo que pode ser

utilizado é o FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*). Segundo Helman e Anderi (1995) este método busca analisar as causas fundamentais dos problemas além de elaborar um plano de ação para bloqueio de falhas detectadas.

Pensando na melhoria contínua em seus processos produtivos, a oficina reparadora de motores aeronáuticos Voe Seguro SA (Nome fictício adotado para preservar as informações proprietárias da empresa real), decidiu difundir a aplicação da ferramenta FMEA. O nível de complexidade de suas atividades e a diversas oportunidades de falhas que em muitos casos não são facilmente detectadas fizeram com que esta metodologia fosse fortemente utilizada a partir de 2011 nos mais variados setores.

Desta forma, a finalidade deste trabalho é apresentar como a metodologia FMEA é estruturada e fazer a aplicação das técnicas em um setor de montagem de módulos de motores aeronáuticos em uma oficina reparadora, identificando riscos e apresentando um plano de ações para eliminação e ou diminuição da probabilidade de ocorrência do mesmo.

1.2 A SITUAÇÃO PROBLEMA

O tripé para o sucesso de uma empresa pode ser definido em: Prazo, custo e qualidade. Para a indústria aeronáutica estes três fatores tem um grande peso porque além do alto capital monetário de investimento tem-se a intangibilidade de lidar com a segurança humana. No caso da Voe Seguro SA o desafio não é diferente: Proporcionar a manutenção de motores aeronáuticos no menor custo, cumprindo o tempo programado entre receber um motor para manutenção e retorna-lo à asa e, principalmente, entregar um produto de alta confiabilidade.

De acordo com o CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes) existem mais de quatrocentas empresas de manutenção homologadas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) no Brasil com a responsabilidade de fazer o retorno ao serviço de todo material aeronáutico que requeira reparo ou manutenção. Ainda, estima-se que cerca de 20% dos acidentes envolvendo aeronaves civis tem como fatos contribuinte a manutenção de materiais aeronáuticos.

Diante desta problemática, consideram-se as seguintes questões que serão as razões desta pesquisa: Existem riscos não identificados dentro do processo de montagem de componentes aeronáuticos que podem impactar a qualidade do produto final? Há a possibilidade de se criarem barreiras para a prevenção de falhas?

1.3 OBJETIVOS DO ESTUDO

1.3.1 Objetivo Geral

O presente artigo tem por objetivo geral fazer a aplicação da ferramenta FMEA em um setor de montagem de componentes da empresa de manutenção de motores aeronáuticos Voe Seguros SA.

1.3.2 Objetivos Específicos

A razão principal desta pesquisa é a identificação de riscos em potencial em um processo de montagem de componentes através da aplicação do FMEA na empresa Voe Seguro SA.

Para tal, primeiramente entende-se que é necessário apresentar um pouco da evolução da qualidade seguindo até como a Gestão de Qualidade se relaciona com a indústria aeronáutica, juntamente com uma definição geral do que é a metodologia FMEA e a partir deste ponto determinar a extensão da aplicação da ferramenta. Por fim, os resultados desta pesquisa tem a finalidade de apresentar um quadro com categorização de riscos e um plano de ações para extinção ou mitigação dos riscos identificados.

Dessa forma, os objetivos específicos são descritos da seguinte maneira:

- Apresentar a abordagem da Qualidade aplicada à indústria aeronáutica e da ferramenta FMEA;
- Determinar a extensão da aplicação da metodologia do FMEA e executa-la em um setor específico de uma empresa de manutenção de motores aeronáuticos;
- Apresentar os resultados obtidos através de tal análise e um plano de ações, desta forma contribuindo para melhorias no processo o tornado ainda mais eficiente.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste artigo foi uma análise qualitativa com aplicação de um estudo de caso, inicialmente com a construção de conceitos sobre qualidade ligada à indústria aeronáutica e sobre a estruturação da ferramenta FMEA.

Para Godoy (1995) “Os estudos denominados qualitativos têm como preocupação fundamental o estudo e a análise do mundo empírico em seu ambiente natural.” Já Yin (2015) expõe que “um estudo de caso investiga um fenômeno contemporâneo (o “caso”) em seu contexto no mundo real, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto puderem não estar claramente evidentes”. Com base nestas premissas, elaborou-se a aplicação do FMEA de forma a buscar a validação e eficácia do método na identificação e mitigação de potenciais riscos.

As etapas de avaliação de falhas do processo FMEA, mapeamento e elaboração de um plano de ação foram aplicados em um setor de montagem de componentes de motores aeronáuticos escolhido pela complexidade da operação, na empresa Voe Seguro SA (empresa de nome fictício para preservar as informações da empresa real onde o estudo foi aplicado) entre os dias 29 e 31 de março de 2016.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 QUALIDADE

2.1.1 Fases, abordagens e dimensão da qualidade.

Qualidade deixou de ser apenas um conceito e se tornou a base para que qualquer organização possa se manter competitiva em um mercado que cada vez mais exigente.

Entretanto é necessário entender a evolução no processo da qualidade para se entender a perspectiva do que virá a seguir. Garvin (1992) define a evolução da qualidade como sendo regular e composta por quatro estágios definidos como “eras da qualidade” onde cada um deles complementa o estágio anterior e provoca mudanças práticas nas prioridades e responsabilidades de uma organização, sendo classificadas como a seguir e definidas conforme Tabela 1:

Características Básicas	1ª Era: Inspeção	2ª Era: Controle Estatístico da Qualidade	3ª Era: Garantia da Qualidade	4ª Era: Gestão Estratégica da Qualidade
Interesse principal	Verificação	Controle	Coordenação	Impacto estratégico
Ênfase	Uniformidade do produto	Uniformidade com menos inspeção	Impedir falhas de qualidade	Necessidades do mercado e do cliente
Métodos	Instrumentação de medição	Ferramentas de estatística	Programas e sistemas	Planej. Estratégico
Papel da qualidade	Inspeção, classificação, contagem e avaliação	Solução de problemas e aplicação de métodos estatísticos	Planejamento, medição da qualidade e projeto de programas	Estabelecimento de metas, treinamento, consultoria e desenvolvimento
Responsável	Departamento de Inspeção	Departamento de produção e engenharia	Todos os departamentos e alta direção superficialmente	Todos na empresa com alta direção fortemente atuante
Orientação	Inspeccionar a qualidade	Controlar a qualidade	Construir a qualidade	Gerenciar a qualidade

Tabela 1: Eras evolutivas da Qualidade, 1992.

Fonte: Garvin (1992)

Considerando a evolução da qualidade e a constante modificação na abordagem da mesma, nota-se que o foco deixa de ser apenas a conformidade de um produto ou serviço com as especificações técnicas passando a ter um grande destaque no que o cliente espera.

Percebe-se finalmente, que para atingir todo um grau de excelência é necessário tratar a qualidade de forma sistêmica, que necessita de planejamento, gerenciamento e ser estabelecida não mais de forma

pontual como na era da inspeção, ou através de apenas controles estatísticos. Todas estas ferramentas precisam trabalhar em conjunto de forma a se obter qualidade em sua totalidade onde se atendem as expectativas do cliente.

2.1.2 Gestão da Qualidade Total

Segundo Cordeiro (2004) uma organização que queira entregar produtos e serviços de qualidade precisa que todos os seus setores e áreas funcionais excedam seu desempenho, e não somente a área de operações. Percebe-se cada vez mais a importância do cliente não no final da cadeia produtiva, mas no começo já que não é mais suficiente um item ser produzido atendendo as necessidades do projeto, mas não as necessidades dos consumidores Para tal é necessário integrar-se todas as ações, dos diversos setores, pra que a empresa seja levada a uma competitividade duradoura já que isoladamente, tende-se a perder o que realmente é a meta a ser atingida pelo coletivo.

O conceito de gestão da qualidade total surge como um gerenciamento dos recursos organizacionais na busca por este foco na obtenção de qualidade em um produto ou serviço.

Além disso, a visão da gestão pela qualidade total demonstra-se sensível as necessidades do consumidor, ao movimento da concorrência e por consequência pela busca da melhoria contínua como expõe Coltro (1996). Ela passa a tratar o processo de uma companhia como potencial vantagem competitiva.

As decisões estratégicas devem passar por uma visão onde fatores como obtenção de produtos ou serviços prestados sem erros, com cumprimento de prazos e com alta capacidade de adaptação às mudanças de desejos do mercado consumidor são sistematizados de forma que os parâmetros possam ser únicos. Isto quer dizer que o objetivo final a ser alcançado deve ser claro para que todos os setores de uma determinada empresa possam, em sua totalidade, entregar resultados que contribuam para este coletivo.

2.2 QUALIDADE NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA

2.2.1 Normas dos sistemas de Gestão da Qualidade no setor aeronáutico

De acordo com a Intedya (2014) a norma EN 9100 Sistemas de Gestão estabelece requisitos de gestão para a Indústria Aeronáutica, espacial e de defesa. Sendo uma norma certificável, exclusiva para o setor e comum a todos os fabricantes. A norma 9100 é uma adaptação das normas da série 9000 para fornecedores do setor aeronáutico. É exigida a estes fornecedores e contém requisitos de sistema de gestão da qualidade comuns aos da ISO 9000 e requisitos adicionais fundamentalmente referentes à produção.

A norma ISO 9100 baseando-se na norma ISO 9001 (Sistemas de Gestão da Qualidade), inclui também requisitos da indústria aeronáutica, principalmente na área da qualidade, segurança e tecnológica de todas as etapas da cadeia de fornecimento.

Os Benefícios para a organização são: aumento da competitividade, mediante a certificação segundo o esquema ICOP (*Industry Controlled Other Party*) reconhecido mundialmente e a redução do número de auditorias. As vantagens para os clientes das organizações são: melhora do prestígio e a imagem da sua organização e reconhecimento a nível mundial ao constar numa base de dados como fornecedor de produtos/serviços aeronáuticos. Entre as vantagens para o mercado consta o crescimento no desenvolvimento e aplicação de tecnologia no setor da aviação.

2.2.2 Principais problemas de não qualidade nos sistemas de manutenção aeronáutica

Segundo o Serviço Regional de Aviação Civil (SERAC) (2003), as principais não conformidades dos sistemas de manutenção aeronáutica no Brasil são:

- Falta de relação de controle dos Manuais (dos fabricantes) e status de revisões desses manuais, o que garante a sua atualização;
- Uso de cópias ao invés do original do Manual de Manutenção do Componente (CMM), o que não é aceito pelas autoridades aeronáuticas;
- Falta de Coletânea de Diretrizes de Aeronavegabilidade, que são as instruções corretivas expedidas pelos fabricantes para a execução de serviços em material que apresentou falhas;
- Falta de calibração em instrumentos e ferramentas de precisão, muito utilizadas para garantir torques e medidas;
- Recebimento de peças e estocagem. Vários materiais encontrados em estoque nas empresas estavam sem condições de rastreabilidade ou até mesmo não havia um controle de peças neste estoque;
- Falta de controle de temperatura e umidade do estoque ou da oficina;
- Equipamentos eletrônicos guardados sem embalagem e descansados diretamente em prateleiras metálicas.

2.2.3 Custo da não-qualidade no setor aeronáutico

Carvalho e Paladini (2005) abordam a gestão da qualidade no processo produtivo em etapas e a primeira delas é eliminação de defeitos, refugos e retrabalhos. Ele chama a atenção para os “indícios mais usuais da gestão inadequada da qualidade no processo”:

O custo da não qualidade é composto de todo e qualquer trabalho, custo e perda em dinheiro ou tempo, que não seja o decorrente de fazer o trabalho certo da primeira vez. Ele está expresso através de falhas, retrabalho refugo, sucata, serviços, manutenções, reclamações, trocas e devoluções.

A segurança de voo e os programas de manutenção são metodologias que também auxiliam as empresas a reduzir custos e prejuízos. A GE (General Electric) estimou que para cada parada de motor em voo dos quais os erros de manutenção são as primeiras causas, o custo para empresas aéreas pode chegar a quinhentos mil dólares, e de acordo com o relatório de segurança da revista Aero Boeing (Edição 26, 2º Quarto, 2007), A IATA (International Air Transport Association), descobriu que em 24 de 93 acidentes (26 %), um evento iniciado pela manutenção começou a desencadear o acidente.

Erros de manutenção também podem ter um efeito significativo nos custos operacionais das companhias aéreas. Estima-se que as causas com erros de manutenção ocasionem:

- 20% a 30% dos desligamentos em voo, com custo US\$ 500,000.00 por desligamento;
- 50% dos voos atrasados devido a problemas no motor, com custo de US\$ 9,000. 00 por hora;
- 50% do cancelamento de voos devido a problemas no motor, com custo US\$ 66,000. 00 por cancelamento.

Como o princípio da qualidade é a produção do certo da primeira vez, investe-se mais na prevenção, para eliminar as causas da não conformidade. Com este investimento, diminuem os custos com retrabalho e falhas, e diminui também a necessidade de avaliação, já que a prevenção garante alguns pontos, ou na entrada dos insumos, ou no processo de produção, ou ainda em ambos. Com esta redução de custos, paulatinamente, é possível alocar estes recursos para maior prevenção e execução de outras tarefas. A figura 2 ilustra como a qualidade tem relação direta no custo das atividades ao longo do tempo, conforme dados históricos da qualidade, fornecidos por uma empresa aeronáutica do Vale do Paraíba – SP.



Figura 2: Custo do trabalho ao longo do tempo, 2007.

Fonte: Revista AERO Boeing – Edição 26, SP (2007)

Portanto todas as ferramentas que possam ser utilizadas para garantir que não haverá custos de não-qualidade tem sido amplamente utilizadas. Ressalta-se ainda que além dos valores em espécie que uma não-conformidade pode causar, existem os valores referentes à reputação da empresa prestadora de serviços, uma vez que o retrabalho pode levar a um atraso na entrega do produto final. Este atraso implicará também em danos financeiros ainda maiores, considerando-se que as multas contratuais quanto ao não cumprimento de um tempo estipulado para o serviço de manutenção.

2.2.4 Controle de falhas na indústria aeronáutica

A qualidade na era da globalização exige enfoque na satisfação das necessidades e expectativas do cliente. Nessa perspectiva, a qualidade é muito mais que um conjunto de técnicas estatísticas; é uma gestão que exige mudanças de atitudes e comportamento da organização. A utilização de normas de gestão da qualidade – como a ISO 9001 ou NBR 15100 – é uma estratégia para efetuar essa gestão.

Enquanto indústria aeronáutica, a complexidade na operação é um dos principais fatores de preocupação. Logo o controle efetivo de falhas potenciais visa não somente a qualidade do produto final entregue, mas a segurança das pessoas que utilizarão uma determinada aeronave, por exemplo.

De acordo com Zhegu (2005) as atividades da indústria aeronáutica dependem de peças e partes provenientes de diversos tipos de empresas e os processos de revisão de uma turbina ou para manutenção de uma aeronave são muito extensos e repletos de detalhes. Para se entender a dimensão da complexidade do negócio, um Boeing 787, sozinho, possui mais de dois milhões de peças.

Nesse contexto encontra-se a FMEA (Failure Mode and Analysis – Análise do Efeito e Modo das Falhas), muito utilizada como ferramenta de confiabilidade e não aplicada na determinação de ações preventivas nos sistemas de gestão da qualidade.

O alto grau de exigência faz com que o pensamento da indústria aeronáutica seja o de que não existem peças ou processos menos importantes. Todo e qualquer procedimento é crítico e primordial para a segurança de vôo sendo passivo de falhas que devem ser previstas, analisadas e terem ações tomadas para que o perigo causado por elas seja aceitável. Dentro deste contexto, cabe-se a aplicação do FMEA.

2.3 FMEA

2.3.1 Contextualização

O método FMEA surgiu em 1949 na Indústria Militar Americana para avaliar a eficiência dos equipamentos por meio da análise de falhas que poderiam impactar na missão ou sucesso pessoal dos soldados e nos anos 60 a NASA, através do *Apollo Space Program*, foi a pioneira no seu desenvolvimento e evolução.

Simões (2004) descreve o FMEA como uma técnica de análise que foi desenvolvida para ser aplicada principalmente a componentes (hardware), cujo objetivo primordial é “radiografar” cada um dos componentes de um sistema a fim de levantar todas as maneiras pelas quais o componente possa vir a falhar e avaliar quais os efeitos que estas falhas acarretam sobre os demais componentes e sobre o sistema (instalação, equipamento, etc.).

É um método útil para documentar de forma organizada os modos e os efeitos de falhas de componentes, ou seja, investiga-se o componente a fim de levantar todos os elementos, incluindo as ações inadequadas do ser humano, que possam interromper ou degradar o seu funcionamento e/ou do sistema ao qual um componente pertença.

2.3.1 Aplicabilidade

Helman (1995) define que o escopo da ferramenta de auxílio à gestão da qualidade denominada FMEA é determinar um conjunto de ações corretivas ou ações que minimizem modos de falha em potencial. Segundo Puente (2002), a ferramenta FMEA é desenvolvida basicamente em dois grandes estágios. No primeiro estágio, possíveis modos de falhas de um produto, processo ou serviço são identificados e relacionados com suas respectivas causas e efeitos. No segundo estágio, é determinado o nível crítico, isto é, a pontuação de risco destas falhas que posteriormente são colocadas em ordem. As falhas mais críticas serão as primeiras do ranking, e serão consideradas prioritárias para a aplicação de ações de melhoria. A determinação do nível crítico dos modos de falha é realizada com base em três índices que são o índice de severidade dos efeitos dos modos de falha, o índice de ocorrência das causas dos modos de falha e o índice de detecção das causas dos modos de falha.

Utilizando a metodologia tradicional da ferramenta Palady (2004) define que a multiplicação destes três índices, que possuem escalas de 1 a 10, vai resultar no *Risk Priority Number* (RPN), que será responsável pelo ranking das falhas. As tabelas 2 a 4 apresentam estes índices.

Severidade	Índice
Efeito não percebido pelo cliente	1
Efeito insignificante – percebido por 25% dos clientes	2
Efeito insignificante – percebido por 50% dos clientes	3
Efeito crítico – Cliente moderadamente insatisfeito	4
Efeito moderado – percebido por 75% dos clientes	5
Efeito consideravelmente crítico – percebido pelo cliente	6
Efeito consideravelmente crítico – perturba o cliente	7
Efeito crítico – Cliente pouco insatisfeito	8
Efeito crítico – Cliente totalmente insatisfeito	9
Efeito perigoso – Coloca a vida do cliente em risco	10

Tabela 2: Escala de severidade, 2004.

Fonte: Adaptado - Palady (2004)



Ocorrência	Índice
Extremamente remota	1
Remota	2
Pequena chance de ocorrência	3
Pequeno número de ocorrência	4
Éspera-se número ocasional de falhas	5
Ocorrência moderada	6
Ocorrência frequente	7
Ocorrência elevada	8
Ocorrência muito elevada	9
Ocorrência certa	10

Tabela 3: Escala de ocorrência, 2004.

Fonte: Adaptado - Palady (2004)

Detecção	Índice
Quase certo de ser detectado	1
Probabilidade muito alta	2
Probabilidade alta	3
Chance moderada	4
Chance media	5
Alguma probabilidade	6
Baixa probabilidade	7
Probabilidade muito baixa	8
Probabilidade remota	9
Detecção quase impossível	10

Tabela 4: Escala de detecção, 2004.

Fonte: Adaptado: Palady (2004)

Os estudos de Palady demonstram que a ferramenta FMEA é mais eficaz quando aplicada em um esforço de equipe. Para ele, quando se reúne o conhecimento coletivo de todos da equipe, se tem um resultado ou retorno significativo de qualidade e confiabilidade. Assim, ainda para o mesmo autor, essa equipe deve ser formada por um grupo de quatro a sete pessoas que compreendam como o projeto, processo ou serviço é projetado, produzido, utilizado e mal utilizado.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 VOE SEGURO SA

De maneira a preservar as informações proprietárias foi adotado o nome de Voe Seguro SA para a empresa onde este estudo foi realizado. A empresa é responsável pela manutenção de turbinas de

aviões do mundo todo há vários anos, atendendo não somente o mercado nacional, mas também o mercado internacional.

3.2 O PROBLEMA

Conforme abordado anteriormente no primeiro capítulo deste estudo, o objetivo chave deste artigo é aplicar a ferramenta FMEA na identificação de riscos em um setor de montagem de componentes aeronáuticos da empresa Voe Seguro SA. Sendo assim, no período de 29 a 31 de março de 2016 juntamente com o setor de controle de qualidade houve um acompanhamento no processo de montagem final de motores, sendo feita a análise de procedimentos e classificação de riscos para elaboração de um plano de ações para aplicação posterior.

3.3 FMEA NA VOE SEGURO SA

Conforme procedimento interno o objetivo da aplicação do FMEA é ter um processo de aplicação operacional e responsabilidades de todos os envolvidos na identificação e análise das falhas potenciais de cada etapa dos processos, tratamento, redução e gerenciamento dos riscos.

Como responsabilidade das áreas onde a ferramenta está sendo aplicada está a efetuação de ações de tratamento para todos os riscos de forma que fiquem classificados na categoria de riscos aceitáveis. Já ao time de controle de qualidade compete o levantamento dos riscos operacionais, informação sobre os problemas encontrados, dar suporte nas ações de tratamento de riscos, bem como treinar os funcionários das áreas produtivas em princípios para análise de falhas.

3.3.1 Classificação quanto a probabilidade.

Em relação a probabilidade de uma falha acontecer, o mesmo deverá ser classificado conforme tabela abaixo:

Probabilidade de acontecimento	Valor
Frequente	10
Ocasional	5
Remoto/Improvável	1

Tabela 5: Escala de probabilidade, 2015.

Fonte: Voe Seguro SA (2015)

Sendo considerado frequente erro com incidência maior que três casos, ocasional entre um e três casos e remoto casos que não tiveram incidência.

3.3.2 Classificação quanto a detecção

Em relação a detecção de uma falha acontecer, o mesmo deverá ser classificado conforme tabela abaixo:

Detectabilidade de acontecimento	Valor
À prova de erros	1
Direto/Indireto	5
Sem teste	10

Tabela 6: Escala de detecção, 2015

Fonte: Voe Seguro SA (2015)

Sendo considerado à prova de erros se o procedimento executado imediatamente a seguir não permitir a sequência da falha, direto/indireto se a identificação for possível em um processo posterior ao que ocorreu a falha e sem teste não houver nenhum indicador para expor a mesma.

3.3.3 Classificação quanto ao impacto

Em relação ao impacto de uma falha acontecer, o mesmo deverá ser classificado conforme tabela abaixo:

Severidade dos eventos	Descrição	Valor
IFSD, UER, ATB, ATO <i>In Flight Shut Down/ Unscheduled Engine Removal/ Air Turn Back/ Aborted Take-off</i>	Poderá resultar em Interrupção do Vôo, Remoção Prematura do Motor, Retorno da Aeronave ou uma Decolagem Abortada.	10
UER, D&C <i>Unscheduled Engine Removal/ Delay and Cancellation</i>	Poderá resultar em Remoção Prematura do Motor ou Cancelamento da Decolagem.	5
Outros	Esta condição pode ser acompanhada e permanecer até a primeira visita à oficina?/Consequências leves.	1

Tabela 7: Escala de impacto, 2015

Fonte: Voe Seguro SA (2015)

3.3.4 Classificação final do risco

O pontuação final de cada risco será obtido através da multiplicação dos valores informados para probabilidade, detecção e severidade. O resultado final enquadrará o risco como a seguir:

Pontuação	Classificação	Ação
Maior que 100 pontos	VERMELHO - Alto Risco	Requerem ações separadas e com máxima prioridade - Ações de correção imediatas e 15 dias para plano de ação corretiva

Igual a 100 pontos	AMARELO - Médio Risco	Devem ser tratados de forma diferenciada - Ações corretivas com 15 dias para apresentação de um plano.
Menor que 100 pontos	VERDE - Risco aceitável	Nenhuma ação necessária *

Tabela 8: Classificação final de risco (RPN), 2015

Fonte: Voe Seguro SA (2015)

3.4 RESULTADOS

Inúmeras oportunidades de melhoria foram identificadas e de maneira a facilitar a comunicação dos itens, suas classificações e a sugestão de um plano de ações para mitigação de erros, foi elaborada a tabela a seguir:

Risco	Probabilidade	Deteccão	Severidade	Pontuação	Ações
Manuseio incorreto e não preservação de rolamentos	10	1	10	100	Esclarecer os procedimentos corretos para manuseio de rolamentos em instrução de serviço
Risco de danificação de tubulações que podem ser inseridas em posição incorretas.	10	5	10	500	Inserção na Instrução de Serviço de nota alertando quanto ao posicionamento correto de instalação.
Parafusos de gabarito trocados de tipo sextavado para tipo hallen - risco maior de chave cair no interior do conjunto montado	10	10	5	500	Retornar com os parafusos originais do gabarito que permitem uma facilidade maior de montagem
Montagem incorreta de rolamentos - Já que todas as partes devem ser instaladas em conjunto não podendo ser misturadas	5	10	10	500	Esclarecer os procedimentos corretos para montagem de rolamentos em instrução de serviço
Trabalho com peça em suspensão podendo causar queda e acidentes	10	10	5	500	Conduzir reunião com o time sobre o uso correto de EPI's para realização de tarefa e esclarecer por



de trabalho					instrução de serviço os cuidados necessários.
Medição incorreta de folga entre componentes durante verificação final	10	10	5	500	Desenvolvimento de ferramenta para facilitar o posicionamento de um micrômetro para medição e inserção de dupla conferência de medida na instrução de serviço.
Processo de montagem fora de ordem - Instalação de selos de vedação podem ser feitos incorretamente caso os componentes não estejam previamente montados	10	10	5	500	Inserção de operação quanto ao posicionamento dos componentes anterior a instalação dos selos de vedação.
Possibilidade da instalação de um filtro de óleo na posição incorreta: o filtro possui 1 furo de instalação e 2 furos guia que podem ser facilmente invertidos.	10	10	10	1000	Descrever na Instrução de serviço nota para posição correta de instalação se possível com imagens
Contaminação de rolamentos devido a ventilação direta	10	10	10	1000	Montagem de sala para de rolamentos com parâmetros de temperatura e ventilação controlados
Na montagem do travamento das <i>blades</i> existe o risco de não ser executada a inspeção corretamente para verificação de montagem	10	10	10	1000	Clarificar a necessidade da inspeção pela instrução de serviço bem como a forma correta de fazê-la

Tabela 9: Análise de riscos em um setor de montagem de componentes aeronáuticos, 2016

Fonte: O Autor (2016)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo aplicar a ferramenta de identificação de riscos FMEA em um setor de montagem de componentes da empresa fictícia - oficina reparadora de motores aeronáuticos Voe Seguro SA, onde foi possível identificar riscos em potencial e elaborar um plano de ações para reduzir as oportunidades que os mesmos aconteçam. Os resultados apresentados mostram que a metodologia do FMEA foi eficiente para identificar oportunidades de melhorias no processo em que foi aplicada.

Sobre a análise feita, todos os valores de riscos listados como críticos foram discutidos em reunião final com a gerência e as ações propostas serão avaliadas e implantadas de forma a tornar os riscos do processo analisado aceitáveis.

A partir deste estudo foi possível constatar que a efetividade de um Sistema de Gestão de Qualidade integrado e preocupado em agir preventivamente é capaz de garantir a qualidade final no serviço prestado, não somente na área da aviação, mas para qualquer empresa que faça o uso da mesma. Além disso, fica evidenciada que é necessária que a qualidade seja uma cultura forte e amplamente divulgada.

Por fim, conclui-se que a indústria da aviação é um setor onde a qualidade é o pilar principal para existência e que a oficina reparadora Voe Seguro SA é referência no que tange Qualidade. Desde estruturação até a preocupação em ter um processo produtivo seguro, a empresa está comprometida com a qualidade do serviço prestado, e a utilização da metodologia FMEA está em larga expansão devendo ser cada vez mais utilizada até que todos os processos tenham sido mapeados. É necessário, entretanto, assegurar que todos os riscos identificados sejam tratados quer pelas ações sugeridas pelo plano, quer por outras ações que possam ser pontuadas posteriormente.

REFERÊNCIAS

- BOEING CO. **Aero Magazine. Issue 26° Quarter 02. 2007.** Disponível em: <http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_2_07/index.html> Acesso em: 26 mar. 2016.
- BROCKA, B.; BROCKA, M. S.; **Gerenciamento da Qualidade.** Tradução Valdênio Ortiz de Souza. São Paulo: Makron Books, 1994.
- CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. et al: **Gestão da Qualidade: teoria e Casos.** 10ª reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- COLTRO, A. **A gestão da qualidade total e suas influências na competitividade empresarial.** Caderno de Pesquisas em Administração. FEA/USP. São Paulo, v. 1, n. 2, p. 1-7, 1996.
- COSTA, V. **Manutenção Aeronáutica e Controle de Qualidade em Prol da Segurança de Vôo.** 2014. Disponível em: <<http://www.aerobyte.com.br/site/index.php/artigos/65-manutencao-aeronautica-e-controle-de-qualidade-em-prol-da-seguranca-de-voo>> Acesso em: 25 mar. 2016.
- CORDEIRO, J. V. B. **Reflexões sobre a Gestão da Qualidade Total: fim de mais um modismo ou incorporação do conceito por meio de novas ferramentas de gestão?.** Revista da FAE. Curitiba, v. 7, n. 1, p. 19-33, 2004.
- GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade – A Visão Estratégica e competitiva.** ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.
- GODOY, A. S. **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades.** Revista de administração de empresas, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.
- HELMAN, H. **Análise de falhas (Aplicação dos métodos de FMEA e FTA).** Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.
- INTERNATIONAL DYNAMIC ADVISORS. **Sistemas de Gestão da Qualidade no Setor Aeronáutico EN 9100.** Disponível em <<http://www.intedya.pt/internacional/consultoriaproducto.php?id=3>>. Acesso em 15/03/2016.
- NIOSI, J.; ZHEGU, M. **Aerospace clusters: local or global knowledge spillovers?.** Industry & Innovation, v. 12, n. 1, p. 5-29, 2005.

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

PUENTE, J.; et al. International Journal of Quality & Reliability Management, n. 2, v. 19, 2002.

SIMÕES, S. F. Aplicação de FMEA e FMECA na Tecnologia Submarina. In: CENPES/PDP/TS PETROBRAS, São Paulo, 2004.

YIN, R. K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. São Paulo: Bookman editora, 2015.