

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE

EMERSON JOSÉ FERREIRA

**DEFINIÇÃO DE SOBRESSALENTES DE MANUTENÇÃO A PARTIR DE  
ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

Curitiba  
2015

EMERSON JOSÉ FERREIRA

**DEFINIÇÃO DE SOBRESSALENTES DE MANUTENÇÃO A PARTIR DE  
ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Rigoni

Curitiba  
2015

## RESUMO

FERREIRA, Emerson José. **DEFINIÇÃO DE SOBRESSALENTES DE MANUTENÇÃO A PARTIR DE ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS.** Monografia do Curso de Especialização em Engenharia da Confiabilidade do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Este trabalho tem como objetivo propor uma metodologia de análise para definição de peças de reposição, pois trata-se de um problema que afeta diretamente o setor de manutenção de praticamente todas as empresas; quais peças devem ser incluídas no sistema de gestão de peças de reposição, como sobressalentes para as atividades de manutenção. Ele objetiva avaliar a situação de uma empresa fabricante de rolamentos automotivos, no que diz respeito aos sobressalentes destinados a manutenção dos processos produtivos. Metodologicamente foram verificadas quais as políticas de inclusão de novas peças no sistema de gestão de estoques, procurando evidenciar os custos relativos à estocagem destas peças, sobre tudo aqueles gerados pela inclusão indevida de peças de baixo consumo e alto valor. Foram identificados os processos críticos para a referida empresa, uma vez que o levantamento de informações e a execução das atividades tornam-se mais fácil e viável quando aplicado a um piloto de dimensões reduzidas. Sobre este piloto foi aplicada uma análise de modos de falhas e seus efeitos evidenciando as peças ou equipamentos críticos para a uma determinada máquina.

**Palavras-chave:** Modos de falha; Funções; Custos de estocagem; Perdas de produção; FMEA; Rolamentos.

## **LISTA DE SIGLAS, acrônimos e Abreviaturas**

<b>SIGLA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 Funções principais da máquina Mariane .....</b>	<b>6</b>
---	----------

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Gráfico da quantidade de itens no estoque da empresa. ....	2
Figura 2 Gráfico de custo de peças no estoque. ....	3
Figura 3 Tabela de análise de equipamento crítico .....	4
Figura 4 Gráfico comparativo de tempo de paradas de máquina. ....	5
Figura 5 Anel interno de um rolamento de rolos cônicos .....	5
Figura 6 Desenho esquemático da máquina de retificação de anéis de rolamentos .....	6
Figura 7 Critério de avaliação da FMEA . (Palady, 1997).....	9
Figura 8 Avaliação FMEA da máquina Mariane . ....	10
Figura 9 Fluxo de decisão de sobressalente .....	11
Figura 10 Síntese da avaliação de sobressalente da máquina Mariane .....	12
Figura 11 Economia potencial em sobressalentes.....	14

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	1
2.	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA – SITUAÇÃO DO ESTOQUE DE SOBRESSALENTES .....	2
3.	A ESCOLHA DO PILOTO DO PROJETO .....	3
4.	ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS (FMEA) DA MÁQUINA MARIANE .....	8
5.	CRITÉRIO DE DECISÃO DE INCLUSÃO DE SOBRESSALENTES EM ALMOXARIFADO .....	10
6.	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	11
7.	RECOMENDAÇÕES .....	12
8.	CONCLUSÃO .....	14
9.	REFERÊNCIAS .....	15
10.	DIREITOS AUTORAIS .....	15

## 1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais as empresas enfrentam concorrências mais acirradas, que vão além do mercado local ou regional. É preciso lembrar que um mesmo produto pode ser fabricado em um determinado local do mundo e vendido em outro com preços acessíveis ou até mesmo mais baixo dos praticados localmente. As empresas precisam ser competitivas se quiserem sobreviver neste mercado e por isso estão buscando constantemente por vantagens que as diferenciem de seus concorrentes. Para Paranhos Filho (2007), as empresas devem aprimorar seus processos, investir em novos métodos de fabricação, fazer com que seus colaboradores estejam mais integrados, tudo isso com o objetivo de melhorar a produtividade. Dentro deste contexto, a disponibilidade das linhas de produção, ou seja, a ausência de falhas e o rápido restabelecimento da operação são fundamentais. Logo, além de uma equipe de manutenção bem treinada e procedimentos operacionais formalizados, é preciso também manter uma política de estoques de sobressalentes alinhada com as necessidades da produção.

Branco Filho (2004), em seu dicionário de termos de manutenção, definiu o termo sobressalente como sendo uma peça, componente ou conjunto que está susceptível a substituição e que deverá estar disponível em um almoxarifado para uso imediato, quando necessário.

Segundo Gomes e Ribeiro (2004), o correto estabelecimento da quantidade de sobressalentes para a manutenção afeta o tempo de parada e/ou interrupção da produção logo, o correto dimensionamento deve garantir que os sobressalentes estejam em quantidade, na hora e local necessários, quando necessário. Da mesma maneira que a falta de uma peça para a manutenção de um equipamento gera prejuízos, o excesso de peças estocadas em um almoxarifado também o faz, seja pelo custo de mantê-la armazenada, seja porque uma quantidade significativa do capital da empresa está indisponível, quando empregado em material não usado. Um valor significativo a ser considerado, já que com a modernização dos processos produtivos as peças tendem a ser cada vez mais complexas e mais caras.

Este artigo baseia-se em trabalho realizado em uma empresa fabricante de rolamentos automotivos, localizada na Região Metropolitana de Curitiba, e que buscou evidenciar os custos associados à falta de uma metodologia clara para a definição e compra de sobressalentes de manutenção e demonstrar que o uso da Análise de Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA), associada a critérios complementares é uma maneira eficiente para a determinação dos sobressalentes a serem agregados de maneira imediata ao almoxarifado da empresa.

## 2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA – SITUAÇÃO DO ESTOQUE DE SOBRESSALENTES

A empresa possui um almoxarifado de peças que engloba insumos de produção (abrasivos), ferramentas de máquinas (peças de desgaste para as diversas referências de produtos fabricados), partes de dispositivos de medição usados no processo produtivo e sobressalentes para manutenção. Entre os anos de 1999 e 2000, quando a empresa iniciou as atividades no Brasil, uma quantidade de sobressalentes foi comprada pela matriz na França para suprir as necessidades iniciais. Com o tempo este estoque foi sendo acrescido de outras peças, cuja decisão de compra foi tomada localmente a partir das quebras ocorridas em componentes. Em quatorze anos de operação, as atividades da empresa se intensificaram, os processos se estruturaram e investimentos em ferramentas de controle foram realizados, contudo a entrada de sobressalentes no almoxarifado continuou a acontecer de maneira irregular e pouco criteriosa.

Em um levantamento realizado em julho de 2013 evidenciaram-se 1988 peças sobressalentes de manutenção com saldo no almoxarifado, perfazendo um custo total de R\$ 1.289.413,48, Figura (1) e (2).

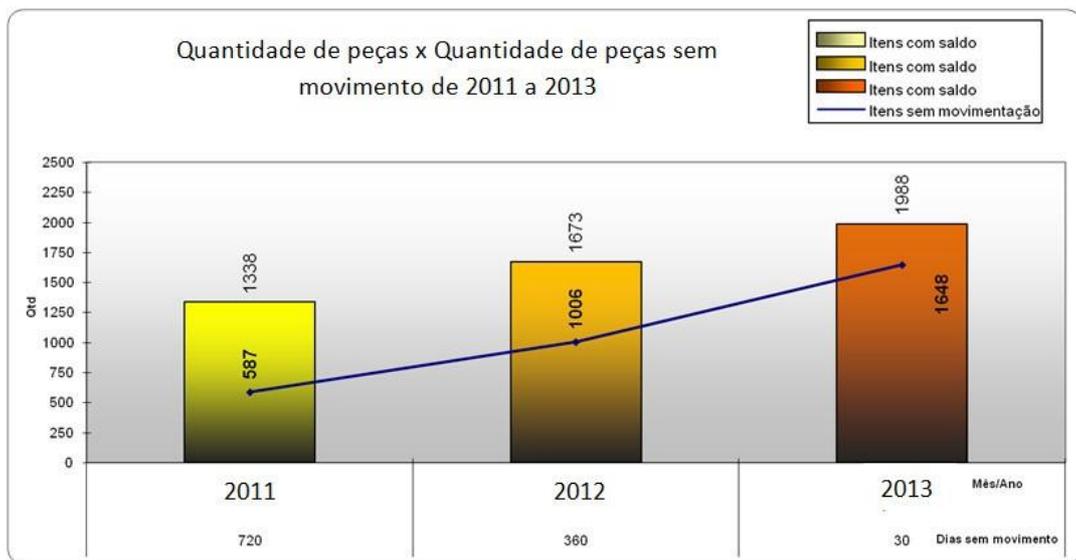


Figura 1 Gráfico da quantidade de itens no estoque da empresa.

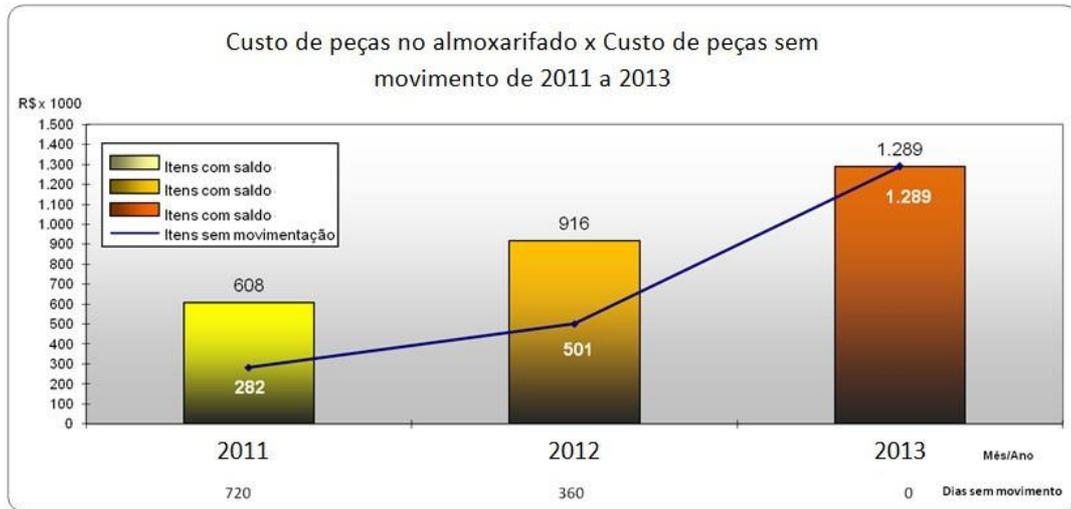


Figura 2 Gráfico de custo de peças no estoque.

A ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção) divulgou em seu documento nacional de 2011 o resultado da pesquisa realizada com diversas empresas do país que, entre outros assuntos, apresenta a relação entre o valor do estoque e o custo de manutenção, onde constata-se que o valor médio do estoque de peças de manutenção corresponde a cerca de 13,20% do custo de manutenção. Fazendo a mesma comparação, a partir dos dados da empresa, verificou-se que o valor do estoque interno de sobressalentes de manutenção corresponde a mais de 14 vezes o custo de manutenção (ou seja, cerca de 1400%).

Em outra comparação, foram cruzados os dados de quantidades totais de sobressalentes no almoxarifado e a quantidade destas peças que não apresentaram qualquer consumo em um dado período. Tomando como base julho de 2012, demonstrou-se que 1006 peças não tiveram nenhum tipo de movimentação, o que correspondia a cerca de 61% da quantidade de peças do estoque e em custo de mais de R\$ 500.000,00. Da mesma maneira, para um período de dois anos mais de 500 peças não possuíam movimentação, perfazendo mais de R\$ 300.000,00. Um capital significativo da empresa que fica indisponível e que poderia, por exemplo, ser usado para a capacitação do pessoal da manutenção, modernização de equipamentos, aquisição de ferramentas e etc.

Um grande desafio então é escolher as peças certas a serem incluídas no sistema de gestão de estoques, de forma a se ter somente aquelas que são realmente necessárias para atender às falhas potenciais dos processos produtivos da empresa, na frequência que elas acontecem.

### 3. A ESCOLHA DO PILOTO DO PROJETO

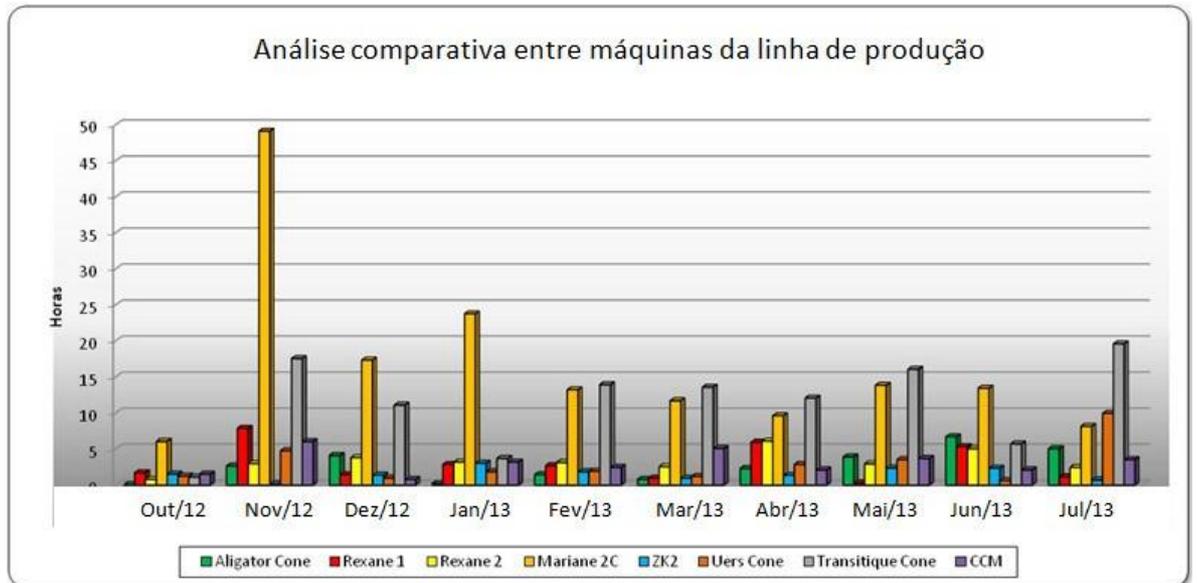
A produção local de rolamentos automotivos, especificamente os de aplicação em rodas de veículos de passeio, é composta das operações de tratamento térmico, retífica (faces, diâmetro externo, pistas e diâmetro interno), montagem e controles finais, aplicadas para a fabricação de dois

tipos básicos de rolamentos (de esferas e de rolos cônicos). A escolha do piloto para a execução deste projeto foi realizada com base em dois critérios, o primeiro ligado à análise de criticidade denominado pela empresa como análise VIS (Vital, importante e secundário conforme Figura (3)) onde um grupo multidisciplinar elege subjetivamente os equipamentos críticos da organização (definição da linha de produtos crítica) e o segundo ligado ao tempo de paradas por panes de manutenção (definição da máquina crítica dentro da linha conforme Figura (4), com isso chegou-se à máquina denominada Mariane, uma retífica de controle numérico, especialmente desenvolvida para a operação de usinagem do diâmetro interno do anel interno da linha de produção de rolamentos de rolos cônicos.

A	B	C	D	E	F	Indice de priorização das máquinas do	Indice VIS
Única máquina no processo	Risco da atividade	Cadência da máquina Noção de	Taxa de engajamento da máquina	Risco de degradação do produto se ocorrer uma	Risco segurança -Incêndio -Meio		
1 = Várias máquinas semelhantes	1 = Alimentação menos de 10% da saída de fabricação	1 = Absorve o fluxo = não é	1 = 2*8 ou dia	1 = Ausência de risco de não conformidade	1 = Não há risco ou impacto	= A*B*C*D*E*F	Indice VIS
3 = Única na fábrica	3 = Alimentação entre 10% e 50% da saída de fabricação	3 = É gargalo, mas absorve o fluxo aumentando	3 = 3*8	3 = Não conformidade possível ser detectada na	3 = Risco existente, podendo parar a		
5 = Única no grupo	5 = Alimentação mais de 50% da saída de fabricação	5 = É gargalo com um tempo de abertura	5 = 3*8 + Fim de semana	5 = Não conformidade impossível ser detectada na	5 = Risco existente podendo parar		

Figura 3 Tabela de análise de equipamento crítico

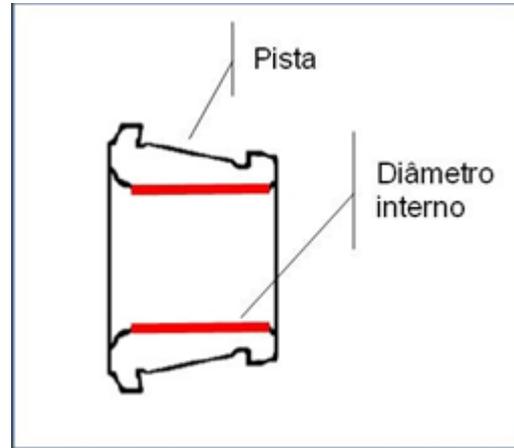
Fonte: Método de análise da empresa



**Figura 4** Gráfico comparativo de tempo de paradas de máquina.

A operação consiste em usinar o diâmetro interno de um anel interno do rolamento, região esta onde é montado o eixo de transmissão da roda Figura (5). A execução adequada desta operação garante que a montagem se dará em condições ideais de interferência e posicionamento.

Usando um rebolo de material abrasivo, remove-se gradativamente o metal da peça até que se atinja um valor especificado, quando o ciclo de produção é então automaticamente encerrado.



**Figura 5** Anel interno de um rolamento de rolos cônicos

Apesar de não serem as únicas, algumas funções são essenciais e estão intimamente ligadas às operações necessárias para a fabricação das peças. Isso significa dizer que uma anomalia nestas funções se reflete diretamente em perda de capacidade produtiva ou em produtos fabricados de maneira não conforme e, portanto devem ser preservadas ao máximo, seja através de atividades de manutenção preventiva ou até mesmo através da correta reparação após uma falha. A Figura (6) apresenta um diagrama básico da máquina, associando as principais funções, listadas na Tab.( 1).

Ainda a cada função está associado um conjunto de peças e equipamentos que permitem que ela possa ser corretamente executada, listadas na Tab. (1). São peças e equipamentos variados que vão desde os mais simples, como pequenas conexões ou cabos, até as mais complexas, como servomotores e inversores de frequência.

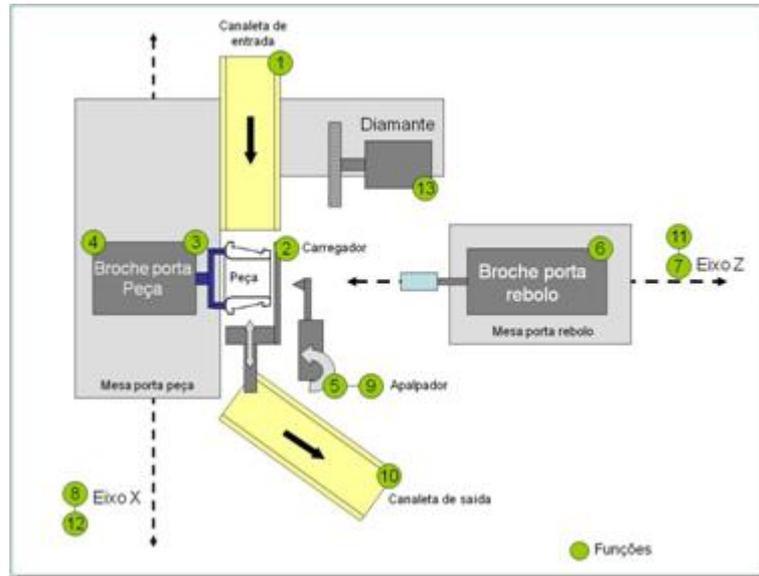


Figura 6 Desenho esquemático da máquina de retificação de anéis de rolamentos

Tabela 1 Funções principais da máquina Mariane

Funções principais dos conjuntos da máquina Mariane			
Ref.	Função	Objetivo	Peças e equipamentos
1	Conduzir a peça bruta até a entrada da máquina	Manter a peça bruta corretamente posicionada e disponível para a usinagem	Canaleta de entrada, Sensor indutivo + cabo
2	Carregar e descarregar uma peça	Retirar uma peça da entrada da máquina e posicioná-la para o início da usinagem. Conduzir uma peça usinada até a	Cilindro hidráulico, guia linear de esferas, sensores indutivos + cabos, mangueiras e conexões
3	Fixar a peça na face de apoio	Fixar a peça em uma face de apoio magnética de forma que ela possa ser colocada em rotação	Bobina de magnetização + cabo, cartão eletrônico para magnetização
4	Colocar em rotação a peça	Girar a peça em sentido e velocidade controlada.	Motor trifásico, polias, correia, broche porta peça, inversor de frequência, sensor indutivo +
5	Posicionar o apalpador na peça	Movimentar o apalpador de medição até uma posição conhecida no interior da peça	Cilindro hidráulico, sensores indutivos + cabos, mangueiras e conexões hidráulicas

6	Colocar em rotação o rebolo	Girar o rebolo abrasivo em sentido e velocidade controlada.	Inversor de frequência, broche porta rebolo ( <i>spindle</i> ) + cabo, sistema de lubrificação, sonda de fluxo + cabo, sonda de temperatura, eletroválvula de
7	Avançar o rebolo até a peça e fazer o movimento de batimento (vai e vem do eixo)	Posicionar o rebolo abrasivo no interior da peça e fazer o movimento de batimento.	Servomotor + cabo, encoder incremental + cabo, fuso de rolos, mancal do fuso, polias, correia.
8	Avançar a peça sobre o rebolo	Tocar a peça no rebolo abrasivo de forma que ocorra uma retirada de material e quantidade e velocidade controlada.	Servomotor + cabo, encoder incremental + cabo, fuso de rolos, mancal do fuso, polias, correia, sensores indutivos, drive para servomotor, cartão de eixo
9	Medir a peça durante o processo de usinagem	Através de um apalpador, medir o diâmetro interno da peça durante o processo de usinagem. Auxiliando no controle de avanço do eixo e encerrando o processo de usinagem em um diâmetro determinado	Apalpador eletrônico, amplificador para apalpador eletrônico
10	Evacuar a peça usinada da máquina	Conduzir a peça usinada para o exterior da máquina.	Canaleta de saída
11	Avançar o rebolo até uma posição de diamantagem	Posicionar o rebolo em frente a uma ferramenta diamantada para a correção de perfil.	Servomotor + cabo, encoder incremental + cabo, fuso de rolos, mancal do fuso, polias, correia, sensores indutivos, drive para servomotor, cartão de eixo

12	Avançar o diamante sobre o rebolo	Tocar o rebolo com uma ferramenta diamantada para a correção de perfil.	Servomotor + cabo, encoder incremental + cabo, fuso de rolos, mancal do fuso, polias, correia, sensores indutivos, drive para servomotor, cartão de eixo
13	Corrigir o perfil do rebolo	Através do giro da ferramenta diamantada e a combinação de avanço dos eixos, remover uma camada de material da superfície do rebolo abrasivo	Motor trifásico, polias, correia, sensor indutivo + cabo, relé de controle de rotação

#### 4. ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS (FMEA) DA MÁQUINA MARIANE

A utilização da FMEA iniciou-se na década de 60, inicialmente na indústria aeronáutica com o grande objetivo de prevenir os riscos de acidentes devido a problemas que os aviões poderiam apresentar. Logo em seguida, as indústrias químicas adotaram esta metodologia, também com foco na melhoria da segurança da manipulação de substâncias. A norma MIL-STD-1629, de 24 de novembro de 1980, descreveu a FMEA como um procedimento para identificar os modos de falhas potenciais de um sistema, isto significa tentar descrever todas as maneiras relevantes em que uma falha pode impedir o sistema de realizar a sua função e, para cada falha potencial, apontar as causas potenciais e em seguida os seus efeitos, classificando-os através de uma avaliação de severidade, frequência e facilidade de detecção. Em 1994 a SAE (Society of Automotive Engineers) na sua norma SAE J1739 definiu a forma de aplicação da FMEA, que posteriormente se difundiu pela indústria automotiva através da norma QS9000. “A FMEA é uma das técnicas de baixo risco mais eficientes para a prevenção de problemas e identificação das soluções mais eficazes em termos de custo, a fim de prevenir esses problemas” (PALADY, 1997, P.5). Apesar de a metodologia ser bem difundida para novos projetos de produtos ou processos ela pode ser ajustada para ser usada em máquinas e equipamentos já instalados e em fase de produção, assim pode-se ter uma visão melhor sobre como elas funcionam e quais são as suas falhas potenciais e todos os equipamentos ou peças associadas.

Para a máquina Mariane a FMEA foi aplicada às funções principais identificadas anteriormente e avaliada usando critérios de severidade, detecção e frequência adaptados para uma

realidade o mais próxima possível da empresa. Nada impede que estes critérios sejam ajustados ao longo do tempo, de forma que representem a realidade das falhas ocorridas. Da mesma maneira o NPR (Número de Prioridade de Risco) foi substituído por uma avaliação, classificada por Palady (1997), como pró-ativa e que dá ênfase à severidade e a frequência de ocorrência para a classificação dos resultados da FMEA (figura 7). Ainda foi incluída uma avaliação de evolução do modo de falha, cujo objetivo é estimar a velocidade com que este modo de falha evolui desde a identificação do defeito até o momento da falha.

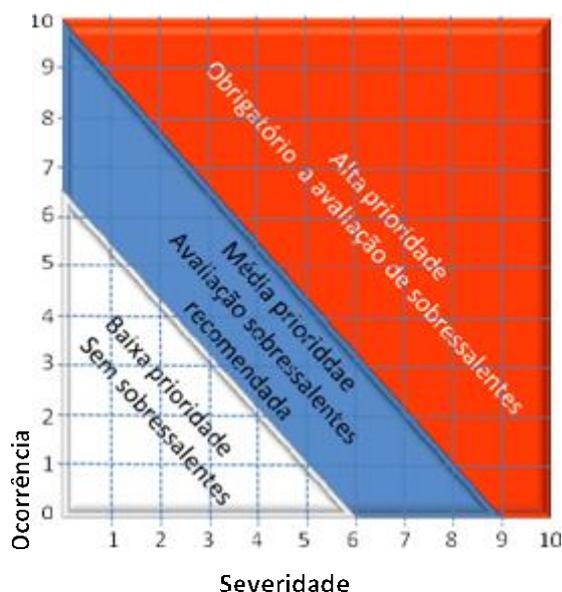


Figura 7 Critério de avaliação da FMEA . (Palady, 1997)

Para cada função principal foram identificadas peças e equipamentos também principais sobre os quais foram listados os modos de falhas, seus efeitos e as prováveis causas, que por sua vez foram avaliados segundo os critérios estabelecidos. O resultado desta atividade é uma lista de peças associada a três recomendações possíveis: Realizar estudo de sobressalentes, planejar estudo de sobressalentes e não manter sobressalentes. Para o primeiro caso, significa dizer que todas as peças com esta classificação possuem sua interseção severidade x ocorrência situados na zona vermelha do gráfico de avaliação (figura 7) e precisam imperativamente passar por uma avaliação que inclui alguns critérios adicionais e que resulta em uma decisão de inclusão de sobressalentes em um almoxarifado. Para o segundo caso, a interseção severidade x ocorrências destas peças se situa na região azul do gráfico, que indica que estas peças são importantes mas que podem ter a sua avaliação de inclusão de sobressalentes realizada futuramente (dentro de um ano ou dois por exemplo). Já as peças situadas na zona branca não devem ter sobressalentes adicionados ao almoxarifado. Abaixo é apresentado um exemplo de parte da avaliação FMEA realizada para a máquina em questão (figura 8).

ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS (FMEA)														
Sistema: Linha de produção de rolamentos cônicos Sub-sistema: Linha de retificação de anéis internos Equipamento: Retífica de diâmetro interno (MARIANE 2C) Linha: 2C Time FMEA: Manutenção														
Item	Requisitos	Principais peças e equipamentos associados	Falha funcional	Modo de falha	Severidade	Evolução	Potenciais causas da falha	Ocorrência	Controles de detecção	Deteção	NPR	Ações recomendadas	Responsável e data	
Função														
2. Carregar e descarregar a peça na face de apoio	1. Movimentar a peça da canaleta de entrada até as sapatas e a face de apoio. 2. Movimentar a peça da face de apoio até a canaleta de saída	1. Cilindro hidráulico	1. Não movimenta a haste	1. Defeito de carregador avançado	8		1. Haste desgastada	4	1. Inspeção preventiva mensal	6	192	Realizar estudo de sobressalentes	Emerson FERREIRA - S10/2011	
				2. Defeito de carregador recuado	8	2. Retentores desgastados	7							
						3. Vazamento								
		2. Guia linear de esferas	1. Imperada	1. Defeito de carregador avançado	8	1. Desgaste	6	1. Desregulagem	2	1. Inspeção preventiva mensal	2	32	Realizar estudo de sobressalentes	Emerson FERREIRA - S10/2011
				2. Defeito de carregador recuado	8									
		3. Sensores de posição	1. Não indica a presença do atuador	1. Defeito de carregador avançado	8	1. Sensor indutivo de posição do carregador danificado	10	2. Cabo do sensor danificado	5	1. Inspeção preventiva mensal	8	320	Realizar estudo de sobressalentes	Emerson FERREIRA - S10/2011
	2. Defeito de carregador recuado			8										
	4. Eletro-válvulas	1. Não permite a passagem de óleo	1. Defeito de carregador avançado	8	1. Empernamto do mecanismo interno da válvula	7	2. Bobina danificada	2	1. Nenhum	9	144	Realizar estudo de sobressalentes	Emerson FERREIRA - S10/2011	
			2. Defeito de carregador recuado	8										

Figura 8 Avaliação FMEA da máquina Mariane .

## 5. CRITÉRIO DE DECISÃO DE INCLUSÃO DE SOBRESSALENTES EM ALMOXARIFADO

A partir da avaliação FMEA realizada para a máquina tem-se a disposição uma lista com as peças identificadas como críticas (zona vermelha no gráfico de avaliação), mas que ainda não devem ser incluídas no almoxarifado de sobressalentes. Estas peças devem passar por mais uma avaliação que leva em consideração a capacidade interna de detecção antecipada do modo de falha ao qual a peça está sujeita, ou seja a capacidade do pessoal do serviço de manutenção de detectar com a maior antecedência possível o defeito no item antes que ele evolua para uma falha e a relação existente entre o tempo necessário para o aprovisionamento da peça e o tempo médio de evolução do defeito até o ponto de falha, isso significa avaliar qual é a capacidade interna do setor de compras para adquirir a peça em questão, uma vez que o defeito foi detectado, e garantir que a sua chegada até às mãos da pessoa de manutenção antes que a falha aconteça e a produção seja interrompida. Por exemplo, um determinado retentor de um cilindro hidráulico apresenta o defeito de vazamento e seu prazo de compras é de 5 dias. Se através de uma atividade de manutenção é possível detectar este defeito com uma antecedência de 10 dias antes que o item entre em falha, então não é preciso incluir este item no almoxarifado de sobressalentes mesmo este sendo um item identificado como crítico na avaliação da FMEA.

Para simplificar o processo de decisão e permitir que a metodologia seja de fato aplicada foram criadas categorias de peças (mecânicas usinadas, mecânicas de comércio e eletro-eletrônicas) e a elas associados prazos médios de provisionamento baseados na sua complexidade e origem. A tabela 2 exemplifica este critério.

**Tabela 2. Tempo médio para compras de peças mecânicas de origem no comércio**

PEÇAS MECÂNICAS DE ORIGEM DO COMÉRCIO			
Tipo	Local (Curitiba)	Local (Outros)	Importada
Comum	3	5	60
Especial	45	60	120
Comum	Peças comumente usadas por qualquer indústria.		
Especial	Peças com algum tipo de personalização, como cilindros com curso modificado, retentores de		

Desta forma se estabeleceu um fluxo de decisão completo (figura 9), que parte de uma avaliação de criticidade feita na FMEA, que é complementada por uma avaliação de capacidade da manutenção e do setor de compras e que resulta na decisão de manter ou não uma determinada peça em estoque.



Figura 9 Fluxo de decisão de sobressalente

## 6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Durante este projeto foi possível verificar que em uma máquina de retífica interna de anéis interno de rolamentos, com quase quinhentas peças identificadas, apenas sessenta e uma delas se

mostraram relevantes para as funções vitais deste processo. Destas, após a avaliação, constatou-se que apenas trinta e sete devem ser mantidas como sobressalentes de manutenção (figura 10).

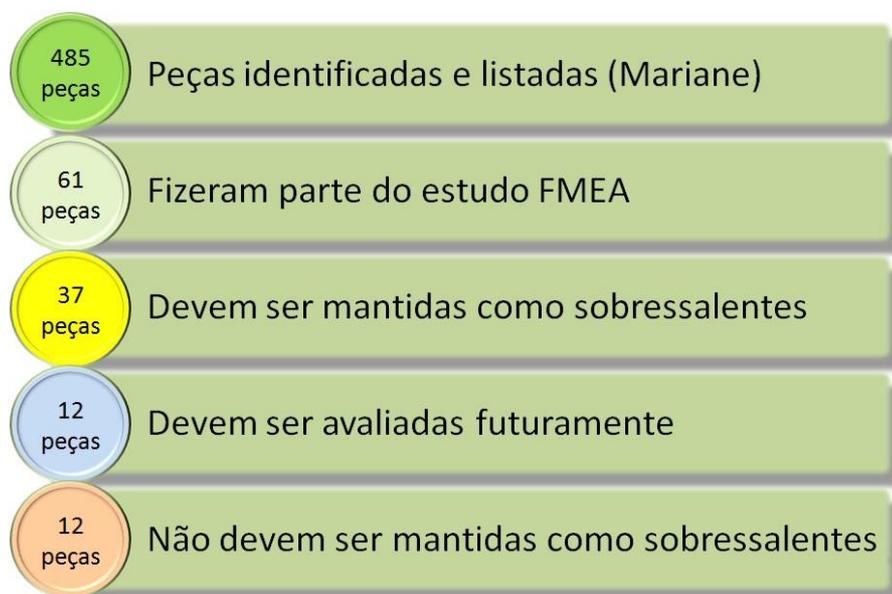


Figura 10 Síntese da avaliação de sobressalente da máquina Mariane

A solução proposta apresenta-se como uma ferramenta de apoio para uma tomada de uma decisão que na prática não tem tido a devida atenção por parte da maioria dos profissionais de manutenção. A sua função é permitir uma abordagem objetiva e direta para este problema, evitando que recursos da empresa sejam usados de maneira desnecessária.

## 7. RECOMENDAÇÕES

Durante a execução deste trabalho percebeu-se algumas possibilidades de melhoria e por isso algumas recomendações para aplicações futuras são sugeridas:

- Para a avaliação da FMEA é importante escalar uma equipe que conheça bem o funcionamento das máquinas e equipamentos. Isso pode poupar muitas horas de trabalho;
- É interessante que a FMEA seja elaborada somente para as funções principais da máquina. Outras funções menos importantes podem ser acrescentadas em revisões futuras;
- As tabelas de severidade, detecção, ocorrência e evolução das falhas devem ser revisadas periodicamente afim de que sejam o mais próximo possível da realidade da empresa;
- Alguns sobressalentes podem ser eliminados se forem estabelecidas ações de detecção mais eficientes e/ou se o tempo de compra do item for reduzido;
- Um plano de manutenção preventiva pode ser estabelecido ou melhorado a partir da FMEA

o que pode ajudar a reduzir o número e a gravidade das falhas;  
Uma revisão periódica da FMEA deve ser realizada.

## 8. CONCLUSÃO

Considerando o problema de definição de peças sobressalentes para a manutenção, uma avaliação baseada em análise de modos de falhas e seus efeitos (FMEA) mostra-se interessante e aplicável, especialmente se considerarmos que na prática este problema tem sido tratado de forma intuitiva. A avaliação sistemática das diversas peças utilizadas em uma determinada máquina através de critérios definidos de severidade, ocorrência e detecção permite intensificar a avaliação de viabilidade de sobressalentes para alguns itens (itens prioritários na avaliação da FMEA) e planejar para uma etapa futura a avaliação e aquisição de outros (itens de prioridade média), evitando que um grande investimento seja feito, sobre tudo quando da implantação de um processo novo dentro da empresa. Da mesma forma, a sistemática permite identificar itens que não devem fazer parte da lista de sobressalentes, poupando os recursos da empresa que hora poderiam ser aplicados a eles.

Por fim foi realizada uma avaliação de viabilidade e uma proposta de sobressalentes a serem adotados para esta máquina, tentando manter a menor quantidade possível de referências (códigos ou modelos) e com isso manter ou reduzir o custo total de estocagem bem como o capital da empresa que fica retido nestas peças até que elas sejam utilizadas.

Comparando o estoque atual de sobressalentes desta máquina com os resultados verificados neste trabalho percebe-se que seria possível evitar que cento e dezenove peças tivessem sido compradas e estocadas durante anos. Isso corresponde a uma economia direta de aproximadamente R\$ 14.000,00, sem levar em consideração os custos administrativos. Uma economia de cerca de 30% no valor do estoque. Supondo que esta relação se mantenha para as demais peças incluídas no almoxarifado e que, se aplicada à avaliação da FMEA para todos os demais processos da empresa, seria possível atingir uma economia da ordem de R\$ 400.000,00 no valor do estoque (figura 11).

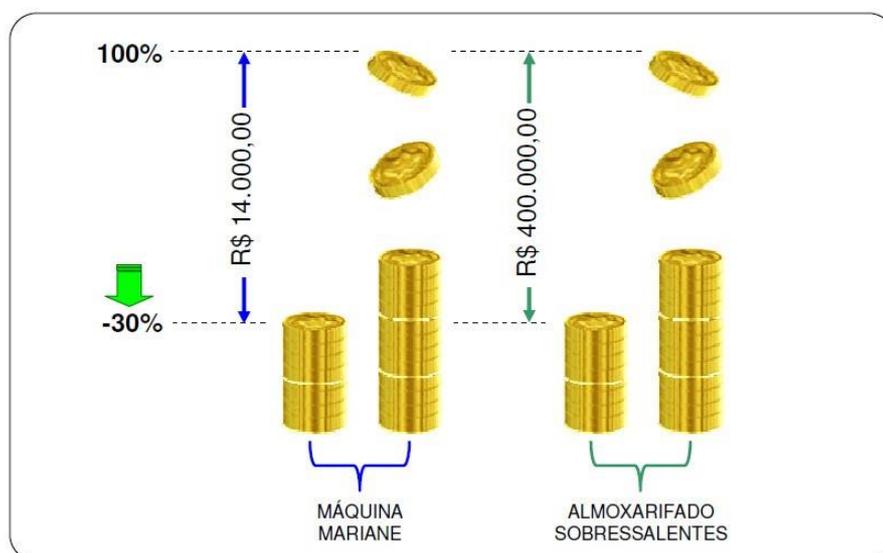


Figura 11 Economia potencial em sobressalentes

## 9. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO (ABRAMAN). Documento Nacional 2009. São Paulo, 2009. CD-ROM
- BRANCO FILHO, Branco. Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade: Edição Mercosul. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2004. 290p.
- BRIMSON, James A. Contabilidade por atividades: Uma abordagem de Custeio Baseado em Atividades. São Paulo: Atlas, 1996. 232p.
- CHIAVENATO, Idalberto. Administração de Produção: Uma abordagem introdutória. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 179p.
- COSTA JUNIOR, E. L. Gestão em processos produtivos. Curitiba: Ibpex, 2008. 156p.
- DRUCKER, Peter F. As novas realidades: No governo e na política, na economia e nas empresas, na sociedade e na visão do mundo. 3 ed. São Paulo: Pioneira, 1993. 320p.
- GARCIA, Eduardo S. et al. Gestão de estoques: Otimizando a logística e a cadeia de suprimentos. Rio de Janeiro: e-papers, 2006. 114p.
- GOMES, Carlos F. S.; RIBEIRO, Priscila C. C. Gestão da cadeia de suprimento integrada a tecnologia da informação. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. 359p.
- HELMAN, Horacio; ANDERY, Paulo R. P. Análise de falhas: Aplicação dos métodos de FMEA – FTA. 1 ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995. 156p.
- INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial: FMEA. 4 ed. São Paulo, 2008. 141p.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção Função Estratégica. 2 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 182p.
- LAFRAIA, João R. B. Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 388p.
- MIRSHAWKA, Vitor; OLMEDO, Napoleão L. Manutenção: Combate aos Custos da Não-Eficácia. A vez do Brasil. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora, 1993. 373p.
- PALADY, Paul. FMEA Análise dos modos de falhas e efeitos: Prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram. 4 ed. São Paulo: IMAN, 1997. 270p.
- PARANHOS FILHO, Moacyr. Gestão da produção industrial. 20 ed. Curitiba: Ibpex, 2007. 340p.
- ROCHA, Duílio. Fundamentos Técnicos da Produção. São Paulo: Makron Books, 1995. 272p.
- SIQUEIRA, Iony P. Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005. 375p.
- SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Administração da Produção. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009. 747p.
- STUKART, Robert L. Lucro através da administração de material. São Paulo: Nobel, 2006. 350p.
- VASCONCELLOS, Marco A. S.; GARCIA, Manuel E. Fundamentos de Economia. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2004. 246p.

## 10. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.