

PONTIFÍCIA UNIVESIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS  
Pós-Graduação em Gestão de Projetos de Engenharia – OF2

Ronaldo Rodrigues Ferreira Júnior

**Gestão acelerada de projetos e confiabilidade do produto:  
Redução de tempo para avaliação de projetos resultado nos recalls e  
insatisfação do cliente**

Belo Horizonte  
2016

Ronaldo Rodrigues Ferreira Júnior

**GESTÃO ACELERADA DE PROJETOS E CONFIABILIDADE DO PRODUTO:  
Redução de tempo para avaliação de projetos resultado nos recalls e  
insatisfação do cliente.**

Trabalho de conclusão de pós-graduação apresentada ao curso de Gestão de Projetos de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais para obtenção de título de pós-graduado em gestão de projetos.

Orientador: Ítalo Coutinho

Belo Horizonte

2016

Júnior, Ronaldo Rodrigues Ferreira

Gestão acelerada de projetos e confiabilidade do produto: Redução de tempo para avaliação de projetos resultado nos recalls e insatisfação do cliente. / Ronaldo Rodrigues Ferreira Júnior. Belo Horizonte, 2016.

78 f.

Orientador: Ítalo Coutinho

Dissertação (pós-graduação) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Gestão de Projetos de Engenharia Mecânica.

Bibliografia: f. 75

1. Validação de Prova. 2. Fadiga. 3. Prova de Durabilidade. I. Patrício, Lúcio Flávio Santos. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais III. Título.

*À Deus,  
O Autor do milagre da vida, Àquele que nos fez entender que o sucesso não ocorre  
por acaso e sim, concedido por Ele. Também por ter sido o nosso braço direito em  
momentos difíceis, nos fazendo enxergar mais longe quando nos apoiamos nele e  
que a cada dia nos mostra que se tivermos fé do tamanho de um grão de mostarda  
moveríamos montanhas.*

## **AGRADECIMENTOS**

*À minha esposa que sempre encontrei nela o incentivo de ir além e buscar ser o melhor.*

*À minha filha Geovanna que para mim é a demonstração da superação e evolução diária. Fonte de alegria sem fim.*

*Ao meu pai que aposta que o conhecimento intelectual é a melhor herança que a família pode deixar.*

*A todos que com tanto carinho e empenho contribuíram para o sucesso intelectual, profissional e que apostaram no esforço.*

## RESUMO

No ramo da atividade de bens de capital temos grande participação de motos, carros, caminhões, tratores e motores. Neste ramo temos clientes cada vez mais exigentes e concorrentes brigando em favor de possuir a maior parte do mercado como seus consumidores. Desta forma oferecem-se cada vez mais produtos robustos e de alta qualidade, pois a melhor propaganda é a conquista do cliente.

Em toda conceituação de novos produtos levam-se em consideração que o cliente não espera pela realização do sonho dele, afinal de contas vivemos numa era imediatista onde tudo “é para ontem”.

Nesta era da “velocidade” a correria gera seus problemas onde o desenvolvimento de produtos precisa ser cada vez mais antecipado e a falta de maturidade e desconhecimento dos produtos desenvolvidos é que temos o famoso Recall. Esta palavra que é muito temida e que muitas vezes é termômetro de falta de gerenciamento dos riscos. Difícil atender todo este desafio, onde o cliente não está disposto a pagar caro e que não o deixe a desejar no momento em que ele mais precise.

Por outro lado as empresas sobrevivem de seus lucros e para que isto seja garantido os produtos precisam ser cada vez mais otimizados, de custo baixo de desenvolvimento e que falhe cada vez menos de forma a não perder o lucro para a conta de garantia.

Desta demanda surgiu uma nova expressão comumente encontrada por todos os lados: a confiabilidade.

Palavras-chave: Confiabilidade, Qualidade, Recall.

## ABSTRACT

The branch of capital goods activity we have great participation of motorcycles, cars, trucks, tractors and engines. In this branch we increasingly demanding customers and competitors fighting in favor of having most of the market as its customers. Thus offers increasingly robust and high quality products because the best advertising is the customer acquisition.

Throughout conceptualization of new products take into account that the customer does not wait for the realization of his dream, after all we live in an immediatist times where everything "is for yesterday."

In this age of "speed" the run generates its problems where the development of products need to be increasingly anticipated and the lack of maturity and lack of developed products is that we have the famous Recall. This word is much feared and often thermometer's lack of risk management. Difficult to meet all of this challenge, where the customer is not willing to overpay and do not leave to be desired when it most needs.

On the other hand the companies survive their profits and for this to be guaranteed the products need to be increasingly optimized, low development cost and fail less and less so as not to lose profit for the warranty account. From this demand came a new expression commonly found everywhere: reliability.

Key-words: Reliability. Quality. Recall

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> Fratura por fadiga de um parafuso.....	<b>19</b>
<b>FIGURA 2</b> Crescimento de uma trinca de fadiga.....	<b>20</b>
<b>FIGURA 3</b> O processo de fadiga: uma placa sobre carga cíclica de tração	<b>23</b>
<b>FIGURA 4</b> Espectro senoidal do carregamento de tensão versus tempo	<b>26</b>

## LISTA DE SIGLAS

R(t) = Confiabilidade

P(t) = Não-confiabilidade

$\lambda$  = Taxa de falhas

t = Tempo

T = Tempo até ocorrência da falha



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Justificativa.....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Fadiga.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.1 Histórico da fadiga.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2 Definição de fadiga.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.3 Nucleação e propagação de trincas.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.4 Curvas de Vida S/N.....</b>	<b>26</b>
<b>2.1.5 Acumulo de danos por fadiga.....</b>	<b>31</b>
<b>2.1.6 Contagem dos ciclos.....</b>	<b>33</b>
<b>2.1.7 Critério de Von Mises.....</b>	<b>35</b>
<b>2.1.8 O Banco de fadiga (Setacciamento).....</b>	<b>36</b>
<b>2.1.8.1 <u>Composição do banco de fadiga</u>.....</b>	<b>36</b>
<b>2.1.8.2 <u>Prova de fadiga composta</u>.....</b>	<b>38</b>
<b>2.1.8.3 <u>Análise de flexibilidade</u>.....</b>	<b>38</b>
<b>2.2 A aquisição de dados experimentais.....</b>	<b>39</b>
<b>2.2.1 Princípio de funcionamento de um extensômetro.....</b>	<b>39</b>
<b>2.2.2 Tipos de extensômetros.....</b>	<b>42</b>
<b>2.2.3 A escolha correta do extensômetro.....</b>	<b>45</b>
<b>2.2.4 A aplicação do extensômetro na superfície.....</b>	<b>48</b>
<b>2.2.4.1 <u>Preparação da superfície</u>.....</b>	<b>48</b>
<b>2.2.4.2 <u>Colagem do extensômetro</u>.....</b>	<b>49</b>
<b>2.2.5 Tipo de ligações.....</b>	<b>51</b>
<b>2.2.6 Análise experimental das tensões.....</b>	<b>53</b>
<b>3 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>56</b>
<b>3.1 Metodologia experimental.....</b>	<b>56</b>
<b>3.1.1 Preparação do banco automotivo para o ensaio.....</b>	<b>56</b>
<b>3.1.1.1 <u>Análise dos pontos de maior tensão atuante no banco</u>.....</b>	<b>56</b>
<b>3.1.1.2 <u>Colagem dos extensômetros</u>.....</b>	<b>57</b>
<b>3.1.2 Metodologia dos ensaios.....</b>	<b>61</b>
<b>3.1.2.1 <u>Aquisição dos sinais em laboratório</u>.....</b>	<b>61</b>
<b>3.1.2.2 <u>Aquisição dos sinais em durabilidade</u>.....</b>	<b>62</b>
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>63</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

Os novos desenvolvimentos de produto carregam o equipamento a ser lançado de novas funcionalidades e comportamento quanto à qualidade bem diferente do equipamento anterior. Uma vez que não se sabe ao certo o comportamento do novo produto, as empresas começaram a investir na aplicação de confiabilidade do produto durante o desenvolvimento de forma a simular o comportamento de qualidade após o lançamento do produto.

Utilizando fórmulas matemáticas e expondo o produto a condições adversas é possível demonstrar o comportamento de qualidade e confiabilidade. Antigamente se apostava sempre no mais robusto, mas com o desenvolvimento sustentável e disponibilidade de softwares e conhecimento do desempenho dos produtos começou-se a desenvolver produtos de custo otimizado devido a concorrência, a escassez de matérias primas muitas vezes além do que o mundo atual é do consumismo, nem todos queremos que tudo dure para sempre.

Muitas vezes é-se imaginado que conhecer o desenvolvimento do novo produto é uma coisa simples: “é só testar”, mas por outro lado precisa-se saber: o que testar? Quantas unidades precisam ser testadas? O projeto tem risco suficiente para que seja solicitado tanto dinheiro para novos testes? Quanto tempo eu quero que meu produto dure? Qual é a aplicação de utilização?

### **1.1 Objetivos**

Este trabalho foi realizado para apresentar uma metodologia para análise de risco de projetos no ramo automotivo. Esta análise de risco visa cobrir e evitar perda de confiabilidade do produto, aumento de insatisfação dos clientes e conseqüentemente o aumento com custos de garantia devido a falhas ocorridas.

Primeiramente falaremos a respeito da Confiabilidade e o que vem a ser esta forma de medição do comportamento de qualidade, depois falaremos como é medido o risco do projeto e finalmente o que é possível ser feito para mitigação dos riscos através de Atividades Proativas.

## **1.2 Justificativa**

Devido à aceleração do consumismo o desenvolvimento de novos produtos não pode se manter da mesma forma de alguns anos atrás onde se dizia que o cliente deveria esperar. Atualmente o cliente é quem dita as regras do mercado e suas concorrências, desta forma a gestão do desenvolvimento de produtos precisa agir de forma diferente a evitar a queima do produto no mercado, onde a insatisfação de clientes pode gerar uma propaganda negativa em massa, onde é difícil a reconquista.

Devido à falta de tempo hábil para amadurecimento dos produtos o próprio cliente passa a fazer parte deste amadurecimento, é como se ele fizesse parte do desenvolvimento de um produto não amadurecido e agora precisa pagar o preço desta imaturidade ou se submeter ao símbolo da falta de amadurecimento conhecido como recall.

Uma vez que o produto está lançado e vendido, as marcas passam a ser forçadas a convocar os clientes a atualização dos seus veículos porque chegamos a uma fase onde impactamos muitas vezes a segurança e a vida das pessoas com este excesso de exposição à falhas.

Há ainda aqueles que apostam que o recall pode mostrar para o cliente uma imagem respeitosa e que possa ajudar na aproximação dele, mas na verdade é resultado de um problema cultural onde não se age preventivamente e não é feita a gestão da velocidade e seus riscos.

Na metodologia apresentada nesta revisão de literatura serão apresentadas formas de avaliação de riscos e métodos de cálculo de confiabilidade baseado no manual de instruções de uma empresa de consultoria de confiabilidade internacional – ITI. Também apresentadas metodologias de dois autores brasileiros atuantes do ramo automotivo na área de qualidade do produto e confiabilidade: Márcio Geraldo Magela Martins e Rodrigo Duarte Ribeiro de Oliva que estudaram o tema em questão nas Pós-graduações e Mestrados.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Confiabilidade**

Uma das características que o consumidor requer de um produto manufaturado é a confiabilidade. Para um usuário típico de um produto manufaturado, a ideia de confiabilidade é o primeiro pensamento que surge naturalmente, como requisito de qualidade intrínseca ao produto, geralmente associado à durabilidade.

Confiabilidade é uma ciência, que se baseia em preceitos estatísticos para definir a qualidade no tempo, ou melhor, prever a probabilidade de sucesso no tempo. É comum as pessoas confundirem os conceitos de confiabilidade e qualidade, portanto é necessária a definição clara de ambos.

Para Márcio Martins (2007):

- A) Qualidade: É capacidade que um produto tem de satisfazer as expectativas do cliente em relação à aquisição e utilização.
- B) Confiabilidade: É a probabilidade de que um produto opere com sucesso, por um período de tempo especificado e sob condições de operação também especificado. (MARTINS, 2007, p.2)

As primeiras ideias surgiram na indústria aeronáutica por volta de 1942, com o aumento da velocidade de desenvolvimento de novos projetos (complexos e caros). Exigiu-se uma mudança de enfoque, deixando o processo “intuitivo” de qualidade / segurança ceder lugar a uma nova ciência que permitisse estatisticamente definir e calcular os “componentes”, visando índices qualitativos / quantitativos de segurança (risco).

No início da década de 50, um relatório do “Pentágono” reportou que a taxa de falhas dos equipamentos da época, eram tão “altas” que cerca de 2 dólares eram gastos anualmente para manter operacional cada dólar de equipamento. Outro estudo revelou que a disponibilidade dos equipamentos militares da época era apenas de 30%. Em função deste quadro, houve a necessidade por parte do governo americano de definir critérios probabilísticos de falhas. (MARTINS, 2007, p.2)

Enfim, com a evolução tecnológica e a concorrência acirrada, ficou claro que o mercado foi ganho principalmente por aqueles que agregaram ao seu produto uma característica de qualidade a um longo prazo.

Embora possam existir várias percepções do que seja um bom funcionamento, a noção de confiabilidade está associada à sua capacidade de funcionar de maneira satisfatória durante um longo período de tempo. Capacidade, no entanto, é algo um tanto abstrato. Assim, para que se possam estabelecer metas relacionadas à confiabilidade do produto, é necessária uma maneira de quantificar esta capacidade, ou seja, mensurar a confiabilidade.

Como definição, pode-se adotar que a confiabilidade é a probabilidade de um item desempenhar satisfatoriamente a função requerida sob condições de operação estabelecidas por um período de tempo determinado.

De acordo com Rodrigo Oliva (2006), existem três fatores principais associados à confiabilidade que são:

- A) Especificações de projeto
- B) Tempo de operação
- C) Efeitos ambientais (OLIVA, 2006, p.20)

Ainda de acordo com Rodrigo Oliva (2006), as especificações de projeto podem se dividir em duas categorias:

- A) Condições de operação do sistema
- B) Exatidão de funcionamento. (OLIVA, 2006, p.21)

Se as condições de operações reais forem diferentes das previstas, a confiabilidade também se altera. Como exemplo, pode-se tomar um veículo que foi projetado para rodar em asfalto e em consequência terá desempenho insatisfatório em terrenos não pavimentados.

A agressividade do ambiente reduz a confiabilidade, porque aumenta a probabilidade de falhar, para o mesmo período de tempo. O tempo de uso do sistema também reduz a confiabilidade já que com maior período de funcionamento, aumenta-se a probabilidade de falhar.

Confiabilidade é definida como a probabilidade de um produto desenvolver sua função sem falhar até um certo tempo ( $t$ ). Em termos probabilísticos isto é descrito em função da variável de interesse ( $T$ ) tempo até a ocorrência da falha.

## **2.2 Modelo Matemático**

Os principais modelos probabilísticos mais usados em confiabilidade são:

- A) Weibull
- B) Exponencial
- C) Log-normal

A probabilidade de Weibull foi proposta originalmente por Woloddi Weibull em 1954, em estudos relacionados à fadiga de metais. Para Meyer citado por Rodrigo Oliva (2006) a distribuição de Weibull representa um modelo adequado para estudo das leis das falhas, sempre que o equipamento for composto de vários componentes. Por este motivo a distribuição de Weibull é utilizada em equipamentos, máquinas, veículos, etc. (MEYER apud Oliva, 2006, p.23)

Confiabilidade  $R(t)$  é a probabilidade de um componente funcionar ininterruptamente (sem sofrer qualquer falha) desde o tempo inicial  $t_1 = 0$ , ao instante  $t$  qualquer, dado que funciona em  $t_1 = 0$ .

Não - confiabilidade  $P(t)$  é a probabilidade do componente sofrer uma falha no período de tempo inicial  $t_1 = 0$  até um instante  $t$  qualquer, dado que funciona em  $t_1 = 0$ .

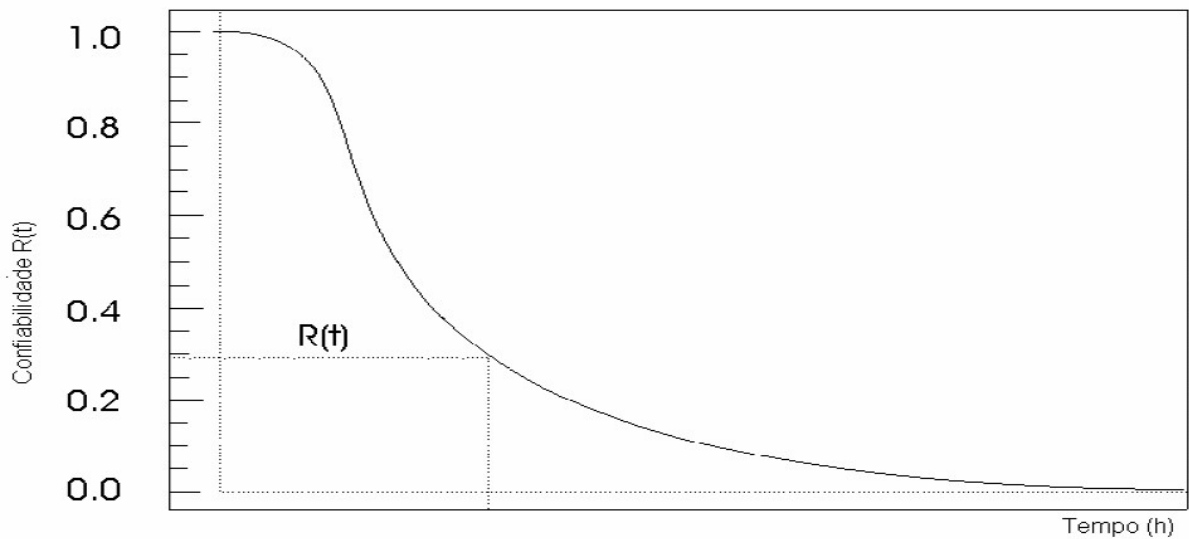
Taxa de falha  $\lambda(t)dt$  é a probabilidade de que um componente que funciona em um tempo  $t$  qualquer, falhe entre  $t$  e  $t + dt$ .

Densidade de falha  $f(t)dt$  é a probabilidade de que um componente que funciona em  $t = 0$  sofra uma falha entre  $t$  e  $t + dt$ .

Martins (2007) define a função densidade de probabilidade (fdp) de uma distribuição de vida  $f(t)$  como a frequência relativa de ocorrência de falhas por unidade de medida de tempo de vida. A função  $f(t)$ , que é um modelo matemático teórico, concebido para explicar as “distribuições de vida”, representa a “probabilidade” de que o produto falhe no intervalo  $(0,t)$ . (MARTINS, 2007, p.4)

Todas estas definições podem ser visualizadas na Figura 1.1, que é a curva genérica de comportamento da confiabilidade de um produto ou sistema distribuído no tempo, expressa pela Equação 1.1.

Figura 1.1: Curva Genérica de Confiabilidade



Fonte: MARTINS, 2007

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt$$

Equação 1.1: Função Confiabilidade no tempo

Observa-se que o valor da confiabilidade depende do valor do tempo de missão desejável. Para compor um modelo matemático, que seja genérico para qualquer produto, deve-se expressar a confiabilidade também em relação à taxa de falha.

Conceitua-se como falha em confiabilidade uma interrupção da capacidade de um item (componente) desempenhar a função requerida. Pode-se dizer que a “taxa de falhas” representa o número estatisticamente esperado de falhas do componente por unidade de tempo. Este parâmetro, taxa de falha, representada pela letra “ $\lambda$ ”, que é característica de cada componente, pode ser obtido através de consulta dos fabricantes ou deduzido a partir de coleta e análise de dados operacionais.

Basicamente, trabalha-se com dois tipos de taxa de falhas.

- A) Taxa de falha instantânea
- B) Taxa de falha média

Taxa de falha instantânea é a taxa de falha medida num intervalo de tempo  $\Delta t$ , como por exemplo: Um componente que estava operando há 1000 horas e às 1001 horas, ocorreu uma falha sobre uma amostra de teste de 50 componentes, a taxa de falha instantânea é 1/50 falha/hora. Porém, este monitoramento é muito trabalhoso, porque mede o tempo real das falhas ocorridas.

Da SAE – vol AE9 citado por Márcio Martins(2007) a taxa de falha média é um tipo de taxa que fornece uma boa aproximação. Considera-se apenas o valor médio das falhas ocorridas, isto é, o número de falhas ocorridas em relação ao número total de horas de operação acumulada. Desta forma, pode-se definir matematicamente a taxa de falhas média estimada, como:

$$\lambda = \text{Fac} / (\text{No} * \text{Tac})$$

Equação 1.2: Função Confiabilidade no tempo

Onde:

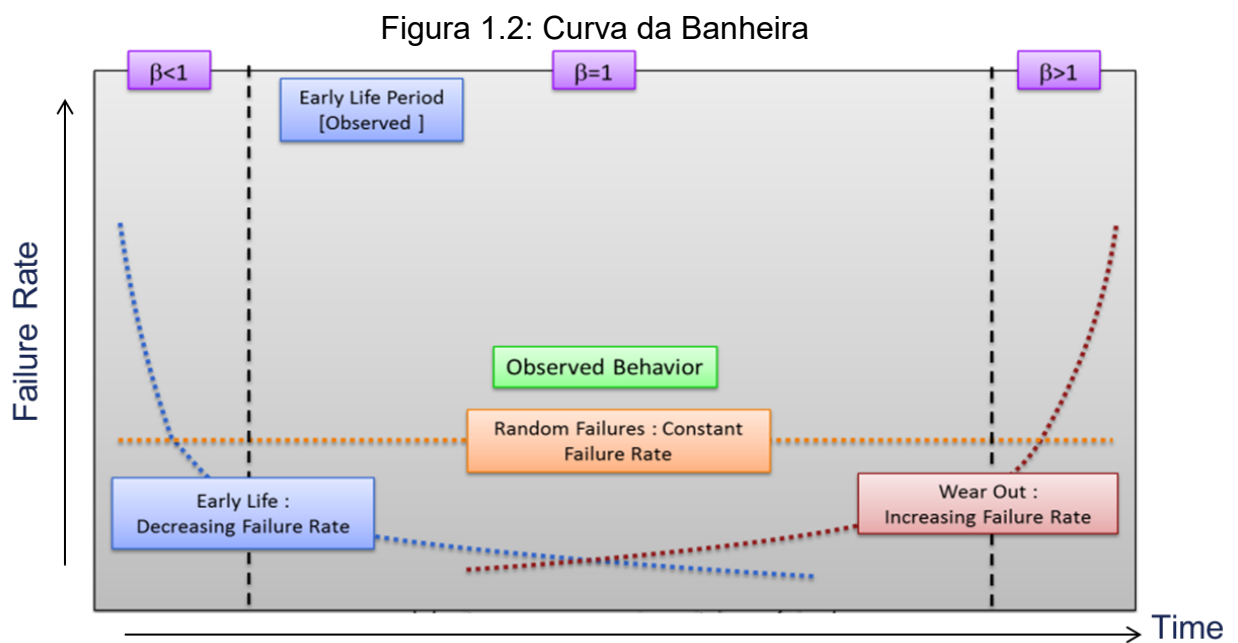
$\lambda$  = taxa de falhas média

Fac = número de falhas acumuladas no intervalo considerado.

No = Número de componentes que iniciaram o ensaio no intervalo considerado.

Tac = Número total de horas de todo o ensaio (operação). (MARTINS, 2007, p.5)

Na prática, de um modo geral, a taxa de falhas de um componente, varia com a idade do equipamento, segundo uma curva de distribuição de vida denominada “curva da banheira” conforme mostrado na Figura 1.2:



Fonte: ITI, 2012



Tabela 01: Descrição das regiões da curva da banheira

Região	Risco de Falha	Causa Usual Prevalente das Falhas	Tipo Usual das Unidades para Identificar Falhas
Infant Mortality ou Mortalidade Infantil	Decrescente	Relativo à Processo	Unidades feitas no início de produção com baixo km acumulado
Vida Útil ou Useful Life	Relativamente Constante	Relativo à Design	Protótipos de engenharia ou pré-produção durante desenvolvimento de produto com mínimo de acúmulo quilométrico do uso anual
Desgaste ou Wear Out	Crescente	Relativo a Desgaste	Teste de bancada e protótipos de engenharia durante desenvolvimento de produto com alto km acumulado

Fonte: ITI, 2012

A probabilidade de um item falhar é  $P(t)$ , sendo complemento de confiabilidade para o mesmo item,  $R(t)$ , sendo que estes eventos são mutuamente exclusivos, assim sendo, confiabilidade é representada da seguinte forma:

$$R(t) + F(t) = 1$$

Equação 1.3: Função de Falha e Confiabilidade

A função confiabilidade  $R(t)$  é dada pela equação:

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt$$

Equação 1.4: Função de Confiabilidade no Próximo Tempo

Sabendo, que no período de “vida útil” a taxa de falha se mantém constante com o tempo, pode-se afirmar que:

$$R(t) = e^{-(\lambda.t)}$$

Equação 1.5: Função de Confiabilidade Vida Útil

$$P(t) = 1 - e^{-(\lambda.t)}$$

Equação 1.6: Função de Falha Vida Útil

Onde:

$R(t)$  = Probabilidade de “sucesso” por um tempo especificado.

$\lambda(t)$  = Taxa de falhas

$t$  = Tempo de operação especificado.

$P(t)$  = Probabilidade de “insucesso” por um tempo especificado.

### 2.3 Estimativa

Na análise de vida e na engenharia de confiabilidade, tudo é baseado em estimativas, uma vez que no campo teremos por exemplo 10.000 equipamentos e nunca teremos condições de realizar os testes em todas elas, desta forma a análise é sempre estatística, por exemplo:

Considerar um saco com 300 bolas azuis e vermelhas. Quantas bolas vermelhas temos dentro deste saco? Se tiramos diferentes amostras, teremos diferentes valores:

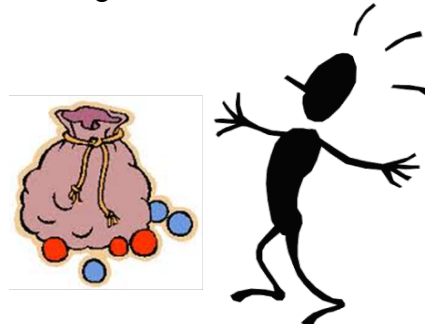
20 amostras: 8 vermelhas (40%) e 12 azuis (60%)

20 amostras: 11 vermelhas (55%) e 9 azuis (45%)

200 amostras: 108 vermelhas (54%) e 92 azuis (46%)

200 amostras: 105 vermelhas (52%) e 95 azuis (48%)

Figura 1.3: Estimativa



Fonte: ITI, 2012

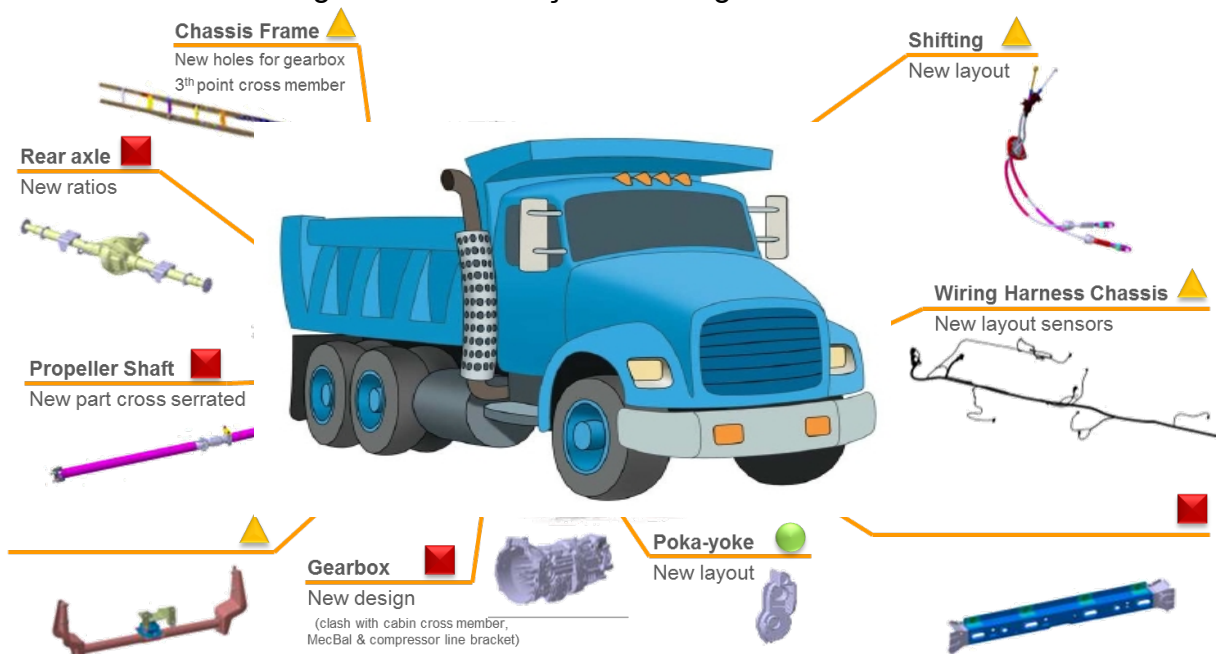
O valor real de bolas vermelhas será conhecido se contarmos as 300 bolas.

Adiante serão descritos mais alguns assuntos importantes para que esta estatística seja mais próxima e assertiva.

### 2.3 Escopo do Projeto

Em todo desenvolvimento de novos produtos é feito um desmembramento de macro sistemas do projeto o qual está sendo pensadas novas mudanças. Neste diagrama é descrito os macro sistemas como: motor, chassi, transmissão, sistema elétrico, cabine, etc. Estes macros sistemas podem variar de acordo com sistema existente ou não naquela máquina.

Figura 1.4: Mudanças de Design



Fonte: Autor

Tabela 02: Diagrama de Mudanças

Engine	Drivetrain	Electrics	Hydraulics	Cab/ Chassis
FPT Engine	Front Axle	Software Vehicle	Pumps	Cab Structure
Air Intake System	Steering Axle	Control Modules	Motors	RH console
Exhaust System	Transmission Gearbox	Engine Speed Control	Valves	Seats
Cooling System	Drive Shafts	Header Height Control	Cylinders	HVAC
Fuel Tank & Pipes	Final Drives	Actuators	Oil Reservoir	Steering & Foot Controls
Engine Frame & Enclosure	Tracks	Wiring Harnesses	Hydraulic Lines	Trim & Ornamentation
Aspirator system	Brakes and controls	Lights	Hydrostatic Ground Drive	Operator Platform

No Change
Minor Change
Major Change

Fonte: Autor

As cores do diagrama de mudanças variam de acordo com o risco apresentado em termos de complexidade de desenvolvimento ou risco apresentado ao cliente.

## 2.4 Análise de Novo Conteúdo

Com este diagrama já desenvolvido é feito um encontro chamado análise de risco de novo conteúdo. Desta análise é extraído o índice de risco do novo conteúdo.

De acordo com ITI(2012) dentro da análise são colocadas informações que geram o índice de risco a partir de uma multiplicação dos seguintes fatores:

$$\text{NCRI} = \frac{\sum(\text{Tipo de mudança} \times \text{Grau de mudança}) \times \text{Frequência de Falha do Grupo}}{\text{Frequência de Falha Total do Sistema}}$$

Equação 1.7: Função de Novo Conteúdo

Onde:

Frequência de falha do grupo = Frequência de reparação do grupo para o produto de referência

Frequência de falha total do sistema = Frequência de reparação do sistema para o produto de referência. (ITI, 2012, p.12)

Tabela 02: Quantificação de Risco

<u>Grupos</u>	<u>Tipo de Mudança (Valor%)</u>	<u>Grau de Mudança</u>
Powertrain	Não muda design, aplicação ou carga = 0	Baixo (1)
Driveline	Novo ou design revisado =25	Baixo-médio (2)
Chassis	Versão escalar do design aprovado =10	Médio (3)
Pneumatic & Hydraulics	Design aprovado numa nova aplicação =10	Médio-alto (4)
Electric & Electronic	Design aprovado numa aplicação existente	Alto (5)
Body-in-white & Closure	Mudando fator de carga >33% = 10	
Int. Trims	Design aprovado numa aplicação existente	
Ext. Trims	Mudando fator de carga <33% = 5	
Etc....	Design utilizando componentes e sistemas Desenvolvidos por empresa terceira = 10	
	Nova invenção ou tecnologia não aprovada =100	

Fonte: ITI, 2012

Essas frequências de falha se dão em F100 (Falhas por 100 unidades comercializadas).

Este índice é um número adimensional, ou seja, sem unidades e demonstra a decisão de se realizar testes extras ou não.

Esta necessidade de realização de testes vem do risco de se incrementar a frequência de falhas atuais devido ao conteúdo atual que o produto está sendo incorporado. Esta decisão surgiu de análises experimentais versus análise de custo de realização dos testes, da onde temos a necessidade de realização de testes de confiabilidade para índice > 5.

## 2.5 Atividades Proativas de Redução de Risco

Ao se calcular o índice de risco total podemos realizar atividades proativas para mitigar o risco do projeto e substituir os testes físicos por análises prévias durante a conceituação de projetos. Nestas atividades o engenheiro junto com time de desenvolvimento de produto determina quais atividades são factíveis e quais podem contabilizar para redução do risco do projeto. Estas atividades podem ser:

- Análises de interferências em 3D
- Análise estrutural virtual
- FMEA (Failure Mode Effect Analysis ou Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos)
- Teste de bancada
- Design review (Revisão de design com todas as áreas do desenvolvimento de produto da empresa)
- DFA / DFM (Design for Assembly ou Design for Manufacturing é quando no desenvolvimento do produto se trabalha a conceituação de forma a evitar falhas de fabricação e montagem)
- Etc...

Estas atividades proativas contribuem muito para redução de risco do projeto e também são ferramentas que mitigam o risco de grandes investimentos de correção no futuro.

De acordo com ITI (2012) o abatimento do risco no índice de risco é feito da seguinte forma:

$$NCRI = \frac{\sum(\text{Proactive Index} \times \text{Tipo de mudança} \times \text{Grau de mudança}) \times \text{Frequência de Falha do Grupo}}{\text{Frequência de Falha Total do Sistema}}$$

Equação 1.7: Função de Novo Conteúdo com Atividade Proativa

Onde:

Proactive Index = Atividade Proativa x grau da atividade. (ITI, 2012, p.13)

Tabela 03: Redução do Risco

<u>Atividades</u>	<u>Grau da Atividade</u>
Engenharia de sistemas	Nenhum
Análise de confiabilidade	Baixo
Design para manufatura / design para montagem	Médio
Teste de confiabilidade de subsistemas	Alto

Fonte: ITI, 2012

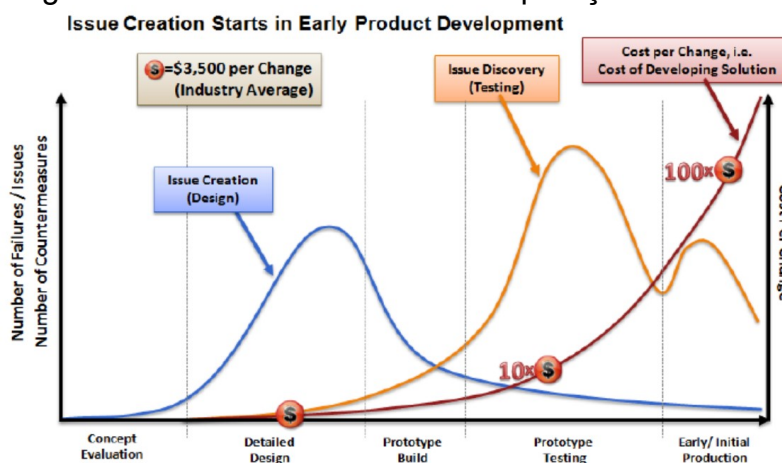
## 2.6 Fiscalização das Atividades de Redução de Risco

Todas estas atividades de redução de risco começam a ser seguidas semanalmente a partir do gate 3 do projeto onde temos a aprovação e seguimento do projeto. Todas as contabilizações destas atividades inicialmente são levadas em consideração como que serão concluídas para que sejam dimensionados os testes de confiabilidade, por exemplo, se o índice de risco do projeto for 22 e com as atividades proativas reduzirmos para 7, o plano de testes de confiabilidade será dimensionado levando em consideração o valor 7.

Para início dos testes de confiabilidade é mandatório que todas estas atividades sejam concluídas, uma vez que se não forem feitas estaremos fazendo atividades reativas no lugar de fazermos atividades proativas na conceituação.

Isso acontece deste modo porque os custos relativos ao momento de conceituação são os mais baixos. A partir do momento que já iniciamos a construção de veículos. O gráfico abaixo apresenta como se comportam os custos ao longo do tempo de desenvolvimento do produto.

Figura 1.5: Curva de Gasto com Reparação de Falhas



Fonte: ITI, 2012.

Neste gráfico vemos que na conceituação e detalhamento do projeto conseguimos trabalhar em problemas na fase virtual (linha azul) a um baixo custo (linha vermelha). Vemos também que passado o desenvolvimento e que agora está instalado na máquina já custa 10 vezes mais caro para corrigir do que na conceituação e que se chegar nas unidades produzidas chegam custar 100 vezes mais. Desta forma precisamos antecipar para ser mais otimizados e acertivos.

### **3 CONCLUSÃO**

Através da exploração da ferramenta de confiabilidade, gestão de riscos e atividades de redução de risco temos condições de sermos mais ágeis e garantirmos a satisfação do cliente e a imagem da empresa onde atuamos.

Estas ferramentas só serão eficazes quando nós Gestores de Projetos tivermos consciência que através a nossa orientação a mudança cultural se dará início e deixaremos de sermos mais reativos e agir somente depois que o problema já aconteceu e passarmos a dispendiar mais energia na prevenção, pois é economicamente mais viável, mais rentável e atende os clientes no tempo que eles precisam com confiabilidade.

## REFERÊNCIAS

MARTINS, Márcio Geraldo Magela. **Apostila de Confiabilidade**. Fiat Automóveis S.A. 30p. Belo Horizonte, 2007.

DE OLIVA, Rodrigo Duarte Ribeiro. **Comparativo de confiabilidade automotiva baseado em falhas de serviço**. PUC Minas. 101p. Belo Horizonte. 2006 .

**INTERNATIONAL TECHNEGROUP INCORPORATED – ITI**. Reliability Growth Testing. 52p. USA, 2012.