

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO DE ENGENHARIA EM CONFIABILIDADE

DAIANE PAULA DEDA

**ANÁLISE DE DADOS DE VIDA APLICADA EM UM PROCESSO DE
TESTE DE UMA EMPRESA DE PRODUTOS ELETRÔNICOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2016

DAIANE PAULA DEDA

**ANÁLISE DE DADOS DE VIDA APLICADA EM UM PROCESSO DE
TESTE DE UMA EMPRESA DE PRODUTOS ELETRÔNICOS**

Este trabalho será apresentado ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia em Confiabilidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção do título de “Especialista em Confiabilidade”.
Área de Concentração: Engenharia de Confiabilidade.

Orientador: Prof^o. Dr. Carlos Henrique Mariano

CURITIBA

2016



TERMO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DO TRABALHO

por

DAIANE PAULA DEDA

Este TCC foi apresentado em dezesseis de maio de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia em Confiabilidade. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Carlos Henrique Mariano, Dr.
Orientador

Marcelo Rodrigues, Dr.
Membro Titular

Emerson Rigoni, Dr.
Membro Titular

RESUMO

DEDA, Daiane Paula. **Análise de dados de vida aplicada em um processo de teste de uma empresa de produtos eletrônicos**. 2016. 32. TCC (Pós-Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Índices de rejeições devem ser exaustivamente tratados, pois rejeições implicam em custos não previstos, valores agregados que nenhum cliente está disposto a pagar. É importante conhecer as falhas, probabilidade de falhas e a confiabilidade de seus produtos e/ou equipamentos. Esta pesquisa apresenta a utilização de análise de dados de vida, a qual foi aplicada em uma etapa de teste um determinado produto de uma indústria fabricante de produtos eletrônicos. Esse teste citado começou a apresentar índices altos de rejeição, gerando custos adicionais ao processo e perda de produtividade. A partir dos resultados obtidos, foram feitos planos de ações em busca de tratar causas-raiz e/ou causas potenciais das rejeições. Traz como resultado do estudo os ganhos obtidos com a utilização dessa ferramenta.

Palavras-chave: Probabilidade de Falha. Confiabilidade. Análise de dados de Vida.

ABSTRACT

DEDA, Daiane Paula. **Life Data Analysis applied in a testing process of an electronics company.** 2016. 32. TCC (Pós-Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Failures indices should be treated thoroughly because failures involve unanticipated costs, aggregated values that no customer is willing to pay. It is important to know the failures, probability of failure and reliability of its products and / or equipment. This research presents the use of life data analysis, which was applied in a test case a product from a manufacturer electronics industry. This test cited began to show high rates of rejection, generating additional costs to process and loss of productivity. From the results obtained, action plans were made seeking to address root causes and / or potential causes of failures. It brings the study results the gains from the use of this tool.

Keywords: Failure Probability. Reliability. Life data analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma resumido da linha do produto A	10
Figura 2 – Ernst Hjalmar Waloddi Weibull	14
Figura 3 – Limite de Confiança Bilateral.....	16
Figura 4 – Limite de Confiança Inferior	17
Figura 5 – Limite de Confiança Superior	17
Figura 6 – Níveis de Estressamento	18

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Rejeição no Teste	20
Gráfico 2 – Índice extraído da base de dados	31
Gráfico 3 – Probabilidade de Falha	22
Gráfico 4 – Confiabilidade ao Longo do Tempo	22
Gráfico 5 – Ajuste de Linha	23
Gráfico 6 – Não Confiabilidade	24
Gráfico 7 – Rejeições Após Alterações	26
Gráfico 8 – Rejeições Antes e Após Alterações	26

LISTA DE SIGLAS

LDA	Life Data Analysis
MTTF	Mean Time to Failure
MTBF	Mean Time Between Failure
TAAF	Test, Analyze And Fix

LISTA DE SÍMBOLOS

η	Parâmetro de escala
β	Parâmetro da forma ou inclinação.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	TEMA.....	9
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	10
1.3	OBJETIVOS.....	11
1.3.1	Objetivo Geral	11
1.3.2	Objetivos específicos	11
1.4	JUSTIFICATIVA	11
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	12
1.6	EMBASAMENTO TEÓRICO	12
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO	12
2	ANÁLISE DE DADOS DE VIDA	13
2.1	ERNST HJALMAR WALODDI WEIBULL	13
2.2	ANÁLISE DE DADOS DE VIDA	14
2.2.1	Dados Completos	15
2.2.2	Dados Censurados	15
2.2.3	Limites de confiança	16
2.3	ENSAIOS ACELERADOS DE VIDA	17
3	A EMPRESA ESTUDADA	19
4	COLETA DE DADOS	20
5	CORREÇÃO DO PROBLEMA	25
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
	REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A confiabilidade é a qualidade ao longo do tempo, e corresponde a “probabilidade que um item desempenhe sua função projetada dentro de um tempo específico quando opera em ambiente normal” (MARIANO, 2012), para tanto, faz-se uso de probabilidades, estatísticas e modelagem estocástica.

Amplamente difundida nos Estados Unidos, a confiabilidade vem ganhando força no Brasil.

Aplicada principalmente para fins militares e aeroespaciais, a confiabilidade aplicada antes da Segunda Guerra Mundial era apenas forma qualitativa, porém após esse período passou para análises quantitativas, e a teoria data de 1950.

Apesar de sua principal aplicação, nas áreas citadas acima, sua utilização não se delimita nestas, ela se difunde nas mais diversas áreas.

Com o cenário atual, onde segundo Gaedke (2007, p.1) um público cada vez mais exigente solicita produtos com maior qualidade e menor preço, e em que temos os produtos chineses ganhando espaço, possuindo um custo menor que os produtos nacionais. A aplicação da confiabilidade ajuda as indústrias nessa disputa acirrada, uma vez que com sua correta aplicação trará como resultados o conhecimento das falhas de seus produtos, estimativa de garantia, saber a disponibilidade de seus equipamentos fabris, entre outras características.

Ao longo do trabalho será abordada a utilização de dados de análise de vida, a qual mostrará a confiabilidade ao longo do tempo e a probabilidade de falha, de um determinado produto no primeiro teste de sua fabricação.

1.1 TEMA

Análise de dados de vida pode ser aplicado para produtos de diversas naturezas, sejam esses produtos mecânicos, eletrônicos, eletromecânicos, dentre outros. Utilizando análise de dados de vida, as empresas chegam a previsão de vida dos produtos em que a ferramenta foi aplicada. Com estes dados, é possível prever quantas falhas irão ocorrer em um período de tempo (por exemplo, em uma semana,

um mês, trimestre, etc), com isso será possível estimar o custo que essas falhas irão gerar, prever peças para reposição/ substituição até mesmo planejar ações de contenção.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A presente pesquisa irá analisar o comportamento dos sistemas eletrônicos montados em um determinado produto eletrônico, o qual chamaremos apenas de produto A. Todos os produtos, não apenas o A, passam por uma série de testes para garantir a confiabilidade do produto. Além dos ensaios obrigatórios, apontados pelo órgão regulamentador, há ensaios para verificar funcionalidades específicas dos clientes, porém existem ensaios para garantir que os fornecedores dos componentes que formam o produto A estão entregando peças conformes e com todas as funcionalidades corretas.

Na linha do produto A o índice de reprovação no primeiro teste, a qual chamaremos de teste funcional, estava aumentando significativamente, chegando a 7,2% de rejeição.



Figura 1 – Fluxograma resumido da linha do produto A.
Fonte: Autoria própria.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Utilizando a análise de dados de vida (do original LDA *Life Data Analysis*) para prever falhas, realizar análise para detecção das causas da falha no produto A.

1.3.2 Objetivos específicos

Coletar e tratar os dados do processo. Com todos os dados devidamente tratados, inicia-se a determinação do modelo estatístico a ser utilizado. Análise dos dados, aplicação de técnicas para correção do problema e conclusão.

1.4 JUSTIFICATIVA

Este trabalho busca reduzir o custo com retrabalho do produto A, uma vez que o operador precisa realizar o desmonte do produto após a reprovação para que os componentes não-conformes sejam enviados aos fornecedores, causando assim perda na produtividade e gerando um valor não agregado ao produto. Existe o custo da mão de obra da área de qualidade, uma vez que os mesmos precisam fazer uma série de análises antes de enviá-los ao fornecedor. E por fim, existe o custo de enviar ao fornecedor, sendo então caracterizado um sistema não reparável. Com a correta tratativa, será possível reduzir esses custos.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Devido ao trabalho expor um problema, e buscar uma solução, uma resposta para o problema, ele será classificado como uma pesquisa exploratória. Segundo Gil, “seu planejamento é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado.” (GIL, 2002, p.41).

1.6 EMBASAMENTO TEÓRICO

Nenhum cliente está disposto a pagar pelos valores não agregados gerados durante os processos de produção. Esses valores não agregados devem ser identificados, mapeados, monitorados e solucionados, quando passíveis de correção. No conceito de crescimento da confiabilidade, é apresentado a metodologia de testa-analisa-e-corrige (TAAF, do original *Test, Analyze And Fix*). “Em um processo TAAF, o(s) item(s) é testado quando uma falha ocorre, esta é analisada, e uma correção (se necessária) é incorporada durante o teste.” (SPANÓ, 2012).

A etapa do processo em análise é o primeiro teste em que passa o produto A. Uma vez detectado que o produto está apresentando um índice crescente de falhas detectadas no teste, é necessário realizar uma intervenção para buscar alternativas de correção. Para obter previsões de falhas, e poder justificar um possível investimento, será utilizada análise de dados de vida.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O primeiro capítulo é composto por: introdução, tema, problemas e premissas, objetivos, justificativa, procedimentos metodológicos e o embasamento teórico.

O segundo capítulo é composto pelo conceito a ser utilizado, um breve histórico sobre Ernst Hjalmar Waloddi Weibull, o que é análise de dados de vida e para que serve e um breve apanhado sobre ensaio vida acelerada.

O terceiro capítulo contém algumas informações sobre a empresa estudada. Por definições de sigilo da empresa, são estas as informações que podem ser demonstradas.

No quarto capítulo é a coleta e análise de dados.

O quinto capítulo apresenta as correções aplicadas.

O sexto capítulo apresenta as considerações finais e o sétimo, as referências utilizadas.

2 ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

2.1 ERNST HJALMAR WALODDI WEIBULL

Ernst Hjalmar Waloddi Weibull nasceu em 18 de junho de 1887, na Suécia e faleceu em 12 de outubro de 1979 na França, Weibull trabalhou até o último dia de sua vida. Em sua família, haviam cientistas e historiadores famosos.

Ernst começou como aspirante da marinha, até atingir o posto de major. Ele fez cursos no Instituto Royal de Tecnologia, onde, posteriormente tornou-se professor em tempo integral. Após concluir sua graduação no Instituto Royal de Tecnologia, fez doutorado na Universidade de Uppsala. Ele trabalhou como inventor em indústrias Suecas e Alemãs, e como consultor de engenharia.

Em 1953 Ernst aposentou-se do Royal, porém não parou suas atividades.

A distribuição de Weibull é o modelo estatístico mais utilizado no mundo para dados de vida, sendo utilizada em diversas aplicações. A fórmula é:

$$F(t) = 1 - e^{-(t/\eta)^\beta}$$

Sendo que:

F(t): probabilidade de falha;

t: tempo até a falha;

η : parâmetro de escala

β : parâmetro da forma ou inclinação.

Beta indica o “comportamento” da falha, se está crescente, decrescente ou constante. Se $\text{Beta} < 1$ a taxa de falha está decrescente, $\text{Beta} = 1$ indica falha constante e $\text{beta} > 1$ indica falha crescente.

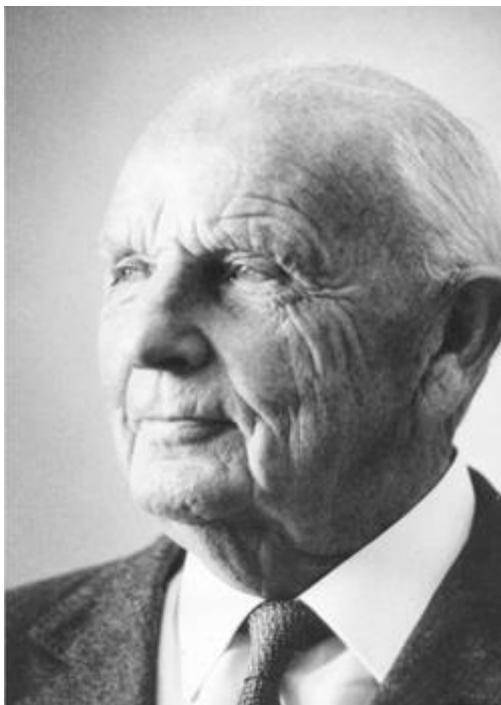


Figura 2 – Ernst Hjalmar Waloddi Weibull.
Fonte: Abernethy, 2015 (apud SAUNDERS).

2.2 ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

Análise de dados de vida, ou também muitas vezes chamada de Análise de Weibull, faz previsões da vida dos produtos, a partir de uma amostra representativa. Ela pode ser usada para estimar características importantes do produto, tais como a confiabilidade, ou a probabilidade de falha em um tempo específico.

A vida do produto pode ser medida em horas, ciclos ou outra medida aplicada no período de sucesso da operação do produto. Frequentemente os pontos de dados de vida são chamados de tempo-até-falha.

Para a análise, é imprescindível coletar as informações de vida do produto, escolher a distribuição adequada para o modelo de vida do produto e estimar os parâmetros adequados para a distribuição de dados.

Apesar de ser comumente chamada de Análise de Weibull, outras distribuições podem ser aplicadas para análise de dados de vida, como exponencial, lognormal e normal.

Com a análise, obtém-se uma variedade de gráficos e resultados. A probabilidade de que uma unidade irá operar com êxito em um determinado ponto determinado de tempo. “Por exemplo, o produto tem 88% de chance de operar com êxito após três anos de operação” (*LIFE DATA ANALYSIS*, 2015).

É possível saber a confiabilidade e a não-confiabilidade, por exemplo, há probabilidade de 25% que o produto X vai falhar depois de 2 anos de operação (não-confiabilidade) e 75% de probabilidade de que irá operar com êxito (confiabilidade).

Outras informações que podem ser extraídas dessa análise são: tempo médio até falhar (MTTF, do original *Mean Time to Failure*), tempo médio entre falhas (MTBF, do original *Mean Between Failure*), taxa de falha, garantia do produto.

Existem diferentes tipos de dados, a correta análise depende do tipo dos dados e cada tipo provê diferentes informações sobre a vida do produto.

2.2.1 Dados Completos

Os dados completos apresentam o momento exato da falha com unidade de tempo conhecida.

2.2.2 Dados Censurados

Dados censurados são os que possuem informações incompletas, e são classificados em: censurados à direita, à esquerda ou intervalo.

Censurados à direita, ou dados com suspensão, é conhecido o período de tempo de sucesso da operação, e continua, ou poderia continuar operando por um período adicional de tempo desconhecido.

Censurados à esquerda e com intervalo, o tempo exato de falha é desconhecido, porém é conhecido o intervalo de tempo em que ocorrem. “Por exemplo, a unidade falhou entre 100 horas e 150 horas (censura com intervalo) ou entre 0 horas e 100 horas (censura à esquerda).” (*LIFE DATA ANALYSIS*, 2015).

2.2.3 Limites de confiança

A análise de dados de vida é feita com estimativas, as quais são extraídas de amostras, devido esse fato, existe um certo nível de incerteza nos resultados, pois o tamanho das amostras são limitadas. Para quantificar essa incerteza, existem os limites de confiança, também conhecidos como intervalo de confiança.

Podem ser classificados em bilateral, conforme figura 2, sendo que este indica a porcentagem que está dentro dos limites de confiança, e unilateral. Ao contrário do bilateral, para o limite unilateral, com limite inferior, “significa que 95% da população é maior que X, sendo X o limite inferior” (*INTERVALOS DE CONFIANÇA*, 2012), como mostra a figura 3. Limite unilateral, com limite superior significa que “95% da população é menor X, sendo que X é o limite superior” (*INTERVALOS DE CONFIANÇA*, 2012), conforme figura 4.

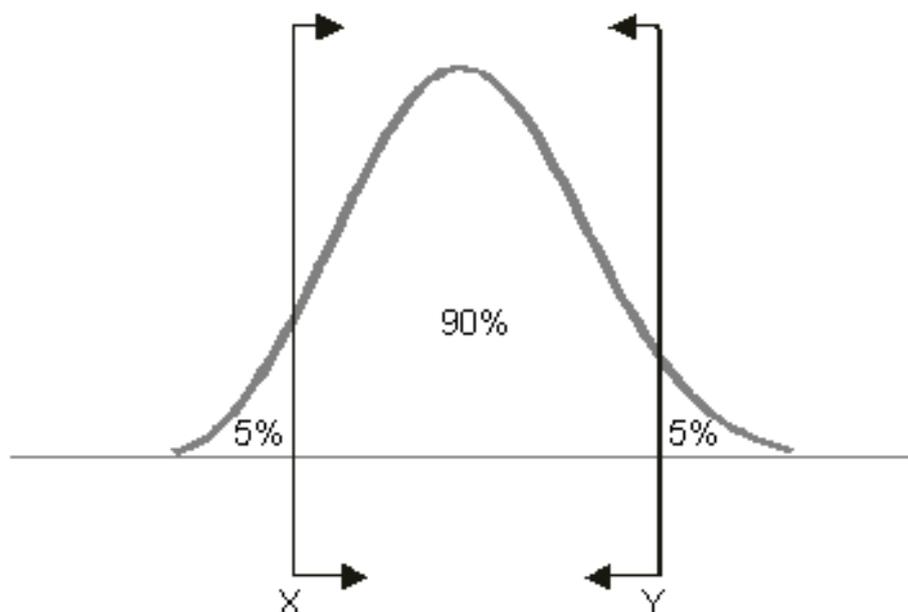


Figura 3 – Limite de Confiança Bilateral.
Fonte: *Life Data Analysis* (2015).

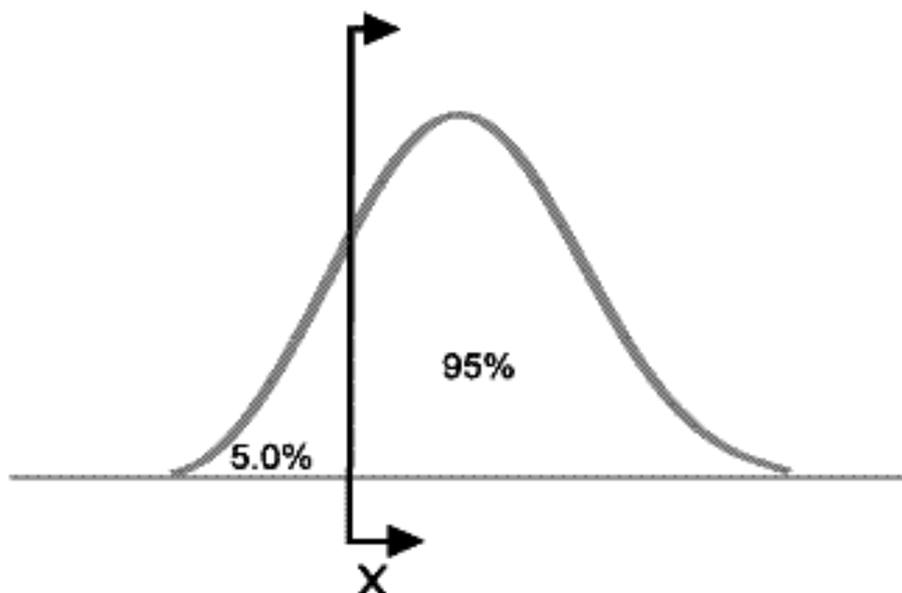


Figura 4 – Limite de Confiança Inferior.
Fonte: *Life Data Analysis* (2015).

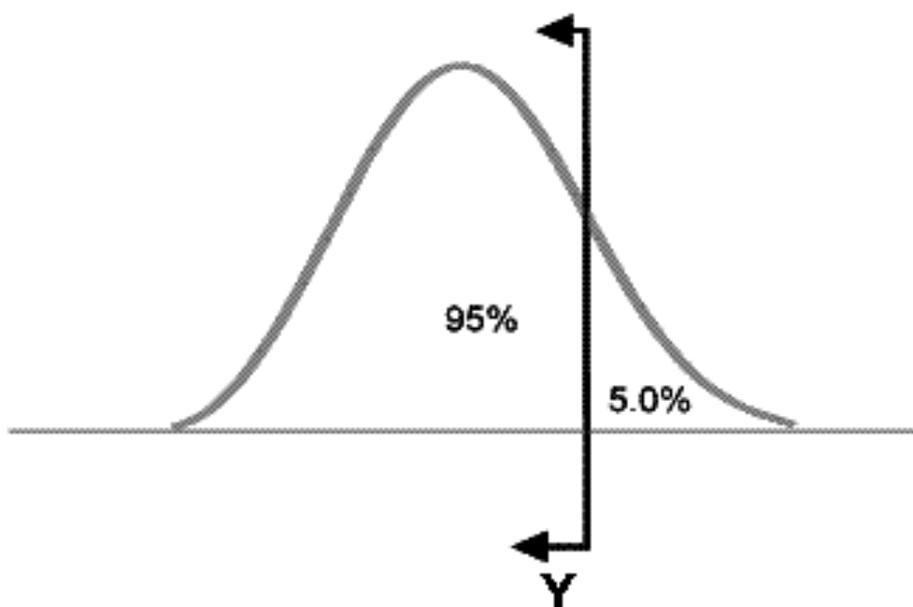


Figura 5 – Limite de Confiança Superior.
Fonte: *Life Data Analysis* (2015).

2.3 ENSAIOS ACELERADOS DE VIDA

Ensaaios acelerados de vida são divididos em duas categorias: testes qualitativos ou testes quantitativos.

No teste qualitativo o intuito é descobrir os modos de falha e as “amostras serão submetidas a condições bastante rigorosas” (ENSAIOS ACELERADOS DE VIDA, 2012), e os dados obtidos nesse tipo de teste não podem ser utilizados para as previsões de confiabilidade.

O teste quantitativo é o oposto do qualitativo, ele é utilizado para fornecer informações sobre a confiabilidade do produto dos modos de falha.

Os ensaios de vida acelerado são realizados elevando os fatores de estressamento, com o intuito de acelerar os mecanismos de falhas.

O teste deve ser escolhido a fim de acelerar o modo de falha que se deseja estudar. Os níveis de estressamentos devem ser escolhidos de modo a não introduzirem modos de falha que nunca ocorreriam em condições normais de uso (ex. mudança de estado dos materiais).” (SPANÓ, 2012).

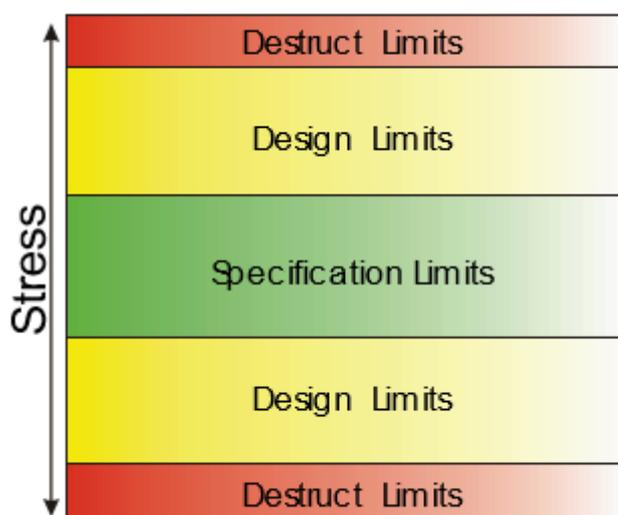


Figura 6 – Níveis de estressamento.
Fonte: Spanó (2012).

3 A EMPRESA ESTUDADA

A empresa atua por mais de um século no seu ramo de negócio. Seu processo de manufatura é a fabricação em Lotes ou Bateladas. O sistema de produção baseia-se na produção puxada, que tem como um dos conceitos o *Just-in-Time* (JIT). A gestão de demanda é realizada sobre o conceito *Make To Order*, ou seja, a fabricação é realizada somente quando o pedido do cliente é realizado, e o tipo de produto fabricado é durável. Por se tratar de um produto eletrônico, precisa seguir normas regulamentadoras, sendo necessário incluir no processo produtivo etapas de testes e ajustes. Existem também as parametrizações setadas para cada cliente.

Independentemente do modelo do produto a ser manufaturado, todos possuem testes funcionais, que são poka-yokes ao longo dos processos de fabricação de cada modelo, uma vez que são configurados para detectar montagens invertidas, por exemplo, ou detectar possíveis falhas que o fornecedor possa enviar. Quando o produto apresenta falha em algum ponto do teste, o operador identifica esse produto com a falha apresentada, e a área de qualidade lança esses dados em um indicador.

4 COLETA DE DADOS

O primeiro passo foi buscar com o setor da qualidade o índice de rejeição do teste funcional.

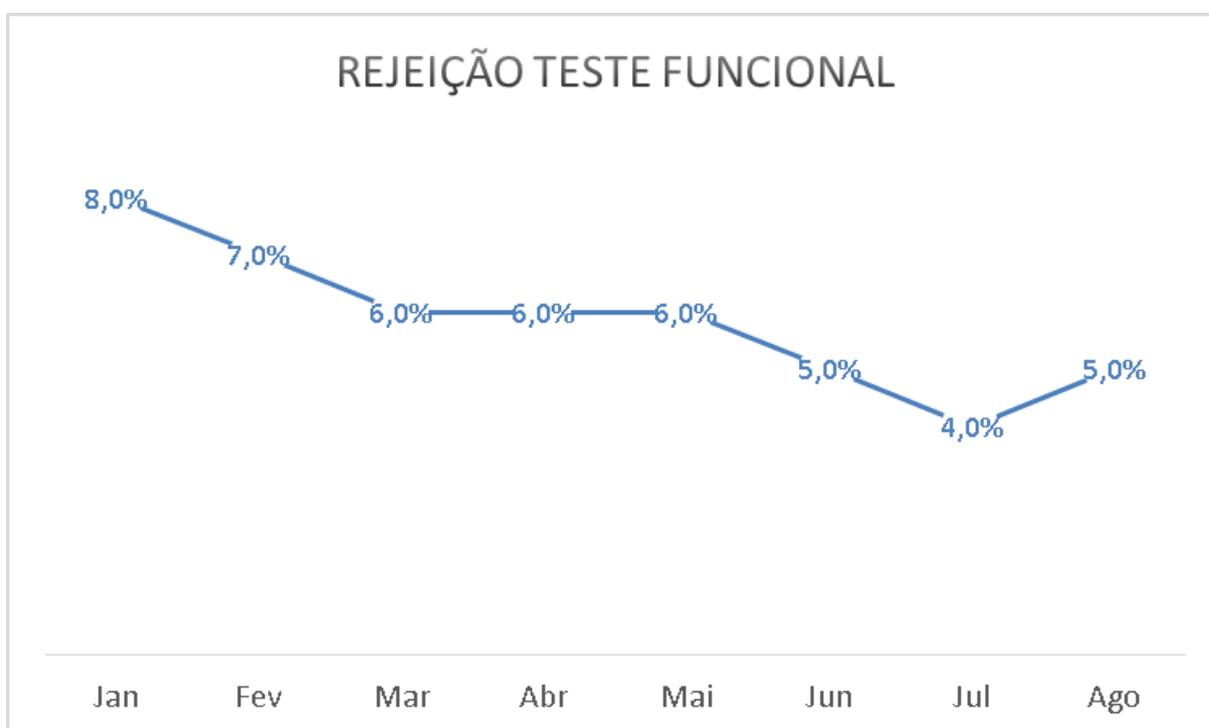
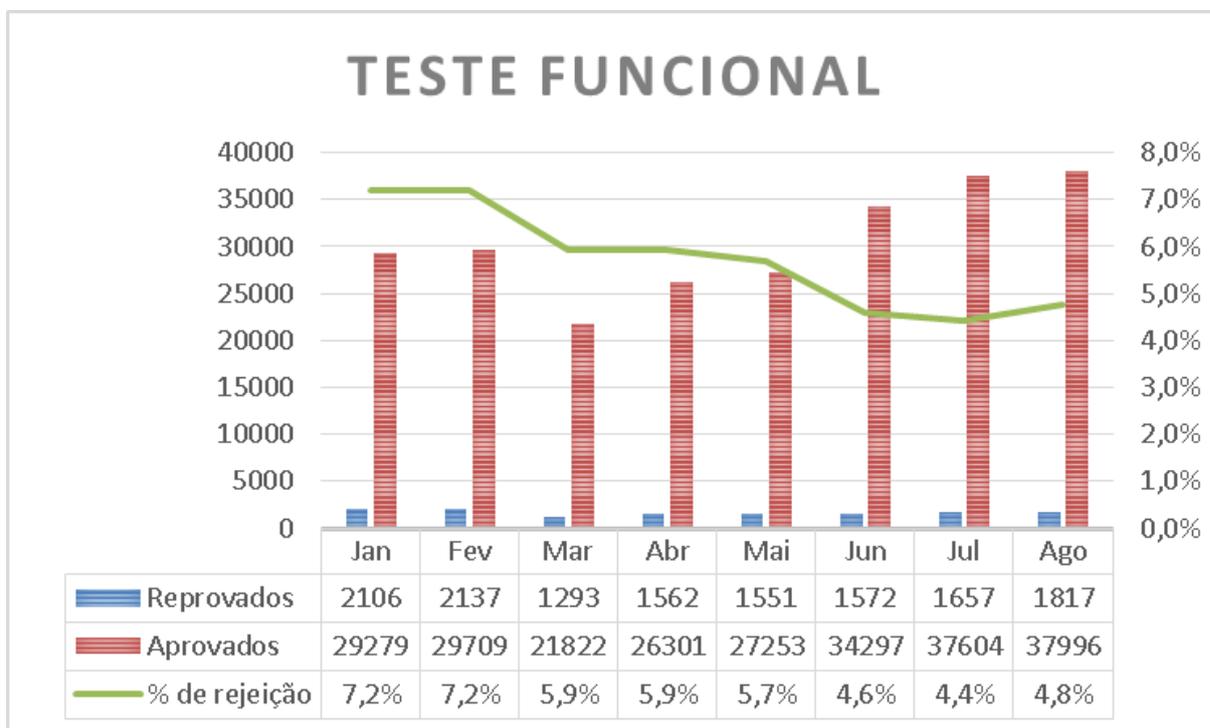


Gráfico 1 – Rejeição no Teste.
Fonte: Autoria Própria.

O segundo passo foi buscar as informações mais precisas no banco de dados do teste funcional. Ao confrontar o indicador da qualidade, com o indicador obtido através do banco de dados, notou-se que havia uma divergência entre os dois. Foi possível identificar que as falhas não estavam sendo anotadas corretamente, sendo assim o indicador mostrava, por exemplo, que a falha foi na etapa 2 do teste, sendo que na verdade, foi na etapa 1. Nesse ponto, entra a confiabilidade humana, que “é a probabilidade de que uma pessoa não falhe no cumprimento de uma tarefa requerida” (RODRIGUES, 2013, apud PALLEROSI, 2011). Pode-se constatar também, que apesar de apresentar reprovação, o operador refazia o teste várias vezes, chegando no máximo em 9 tentativas. Foi possível

notar, com o levantamento de dados realizados através da base de dados, que existiam “falsas reprovações”.

O cenário obtido através da análise segue abaixo, dados de 2014:



**Gráfico 2 – Índice extraído da base de dados.
Fonte: Autoria Própria.**

Foram utilizadas 11211 amostras com o tempo de falha conhecido para a análise, e com o auxílio da ferramenta análise de dados do Excel, foi possível extrair as informações apresentadas abaixo.

O valor obtido para Beta foi 2,342211264, ou seja, indica uma taxa de falha crescente, que pode ser visto no gráfico 3.

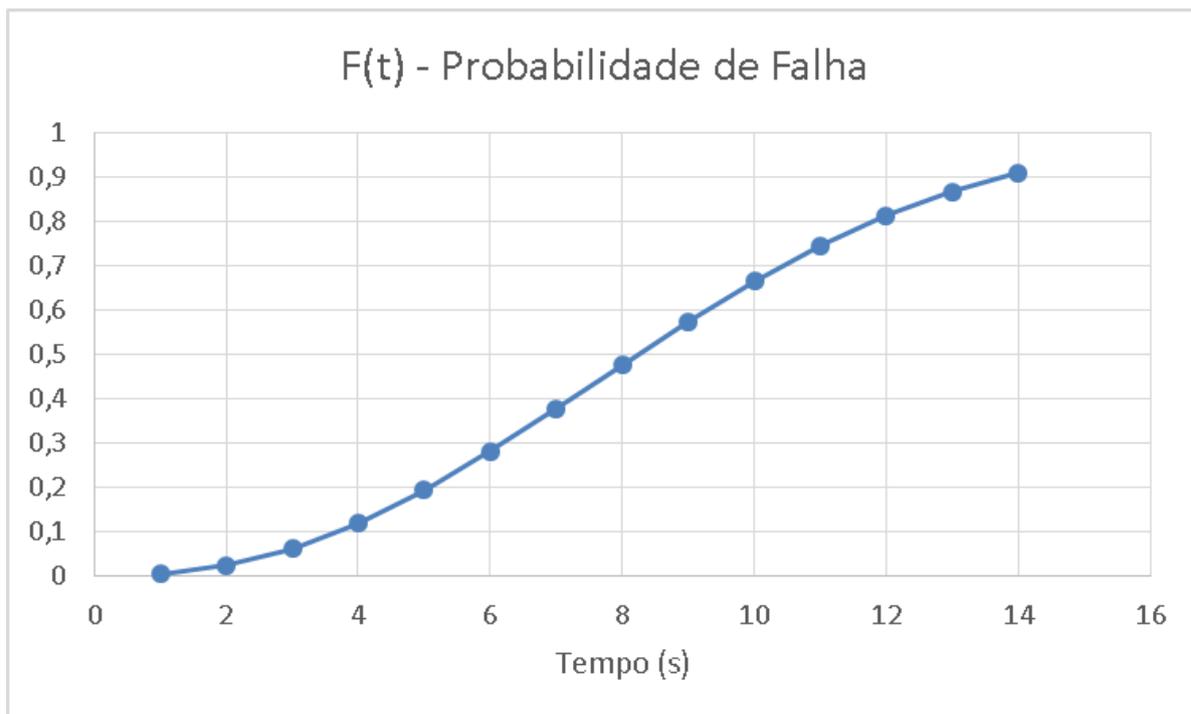


Gráfico 3 – Probabilidade de falha.
Fonte: Autoria Própria.

Ao contrário da probabilidade de falha, a confiabilidade diminui ao longo do tempo, conforme mostra o gráfico 4.

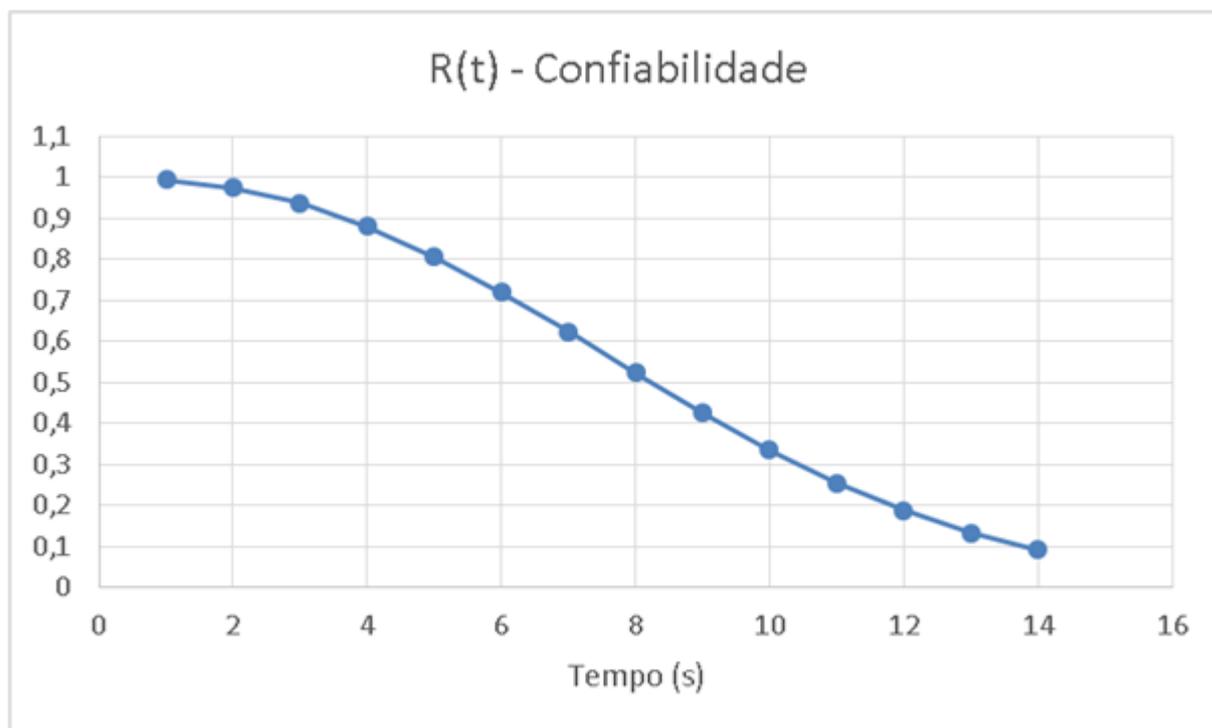


Gráfico 4 – Confiabilidade ao longo do tempo.
Fonte: Autoria Própria.

O gráfico 5 por sua vez mostra que não há nenhum caso “especial”.

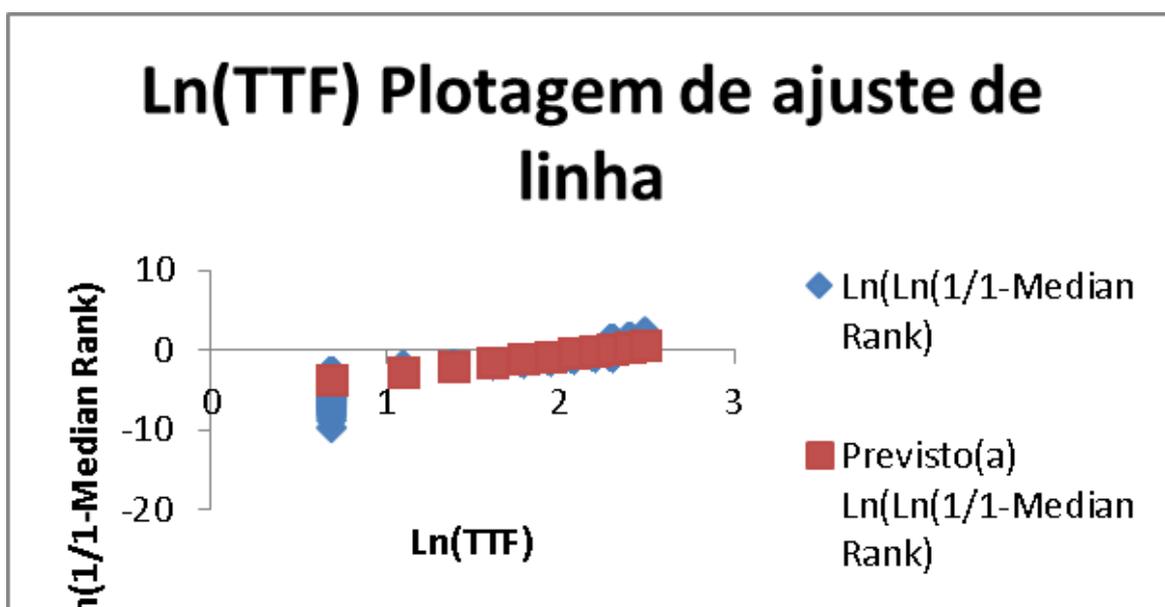


Gráfico 5 – Ajuste de linha.
Fonte: Autoria Própria.

O gráfico 6, função de risco, mostra a “não-confiabilidade” ao longo do tempo.

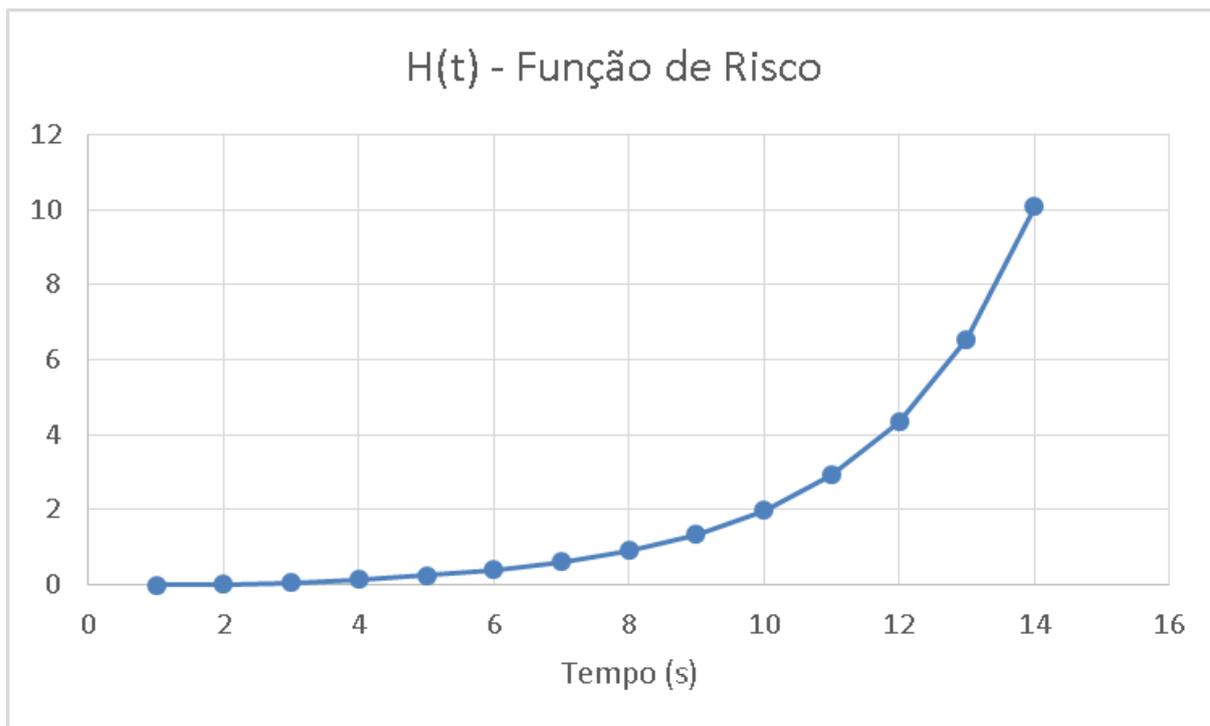


Gráfico 6 – Não confiabilidade
Fonte: Autoria Própria.

Diante da exposição desse cenário, com a probabilidade de falha crescente ao longo do tempo e a confiabilidade caindo, ficou claro a necessidade de intervenção no processo.

5 CORREÇÃO DO PROBLEMA

Após análise detalhada do teste (rotina de teste), a conclusão foi de que o tempo de *time out* e a quantidade de *retry* em determinadas etapas do teste, eram insuficientes. A primeira alteração para tentar corrigir o problema, foi alteração na rotina de teste.

A comunicação realizada do produto A com o equipamento de teste é realizada por sistema ótico. Para melhorar essa comunicação, houve uma ação juntamente com o fornecedor da placa eletrônica e uma com o equipamento de teste.

A ação com o fornecedor foi a alteração dos leds do circuito de comunicação. Para validação dessa alteração, uma amostra de produtos A foram submetidos à ensaios de vida acelerado, e outra amostra à try-out na linha de produção. O ensaio foi de 1000 horas e o estresse aplicado foi umidade. A cada 250 horas os leds foram verificados, analisando se estavam pulsando e verificado a comunicação. Ao final do ensaio não foram evidenciadas falhas ou interrupção na comunicação. No try-out não houve nenhuma rejeição. A ação no equipamento de teste também foi alteração nos leds do circuito de comunicação.

O gráfico 7 mostra as rejeições após as alterações, houve redução na quantidade de reprovações. O gráfico 8 é comparativo entre as rejeições de 2014, antes das alterações, e 2015, após as alterações.

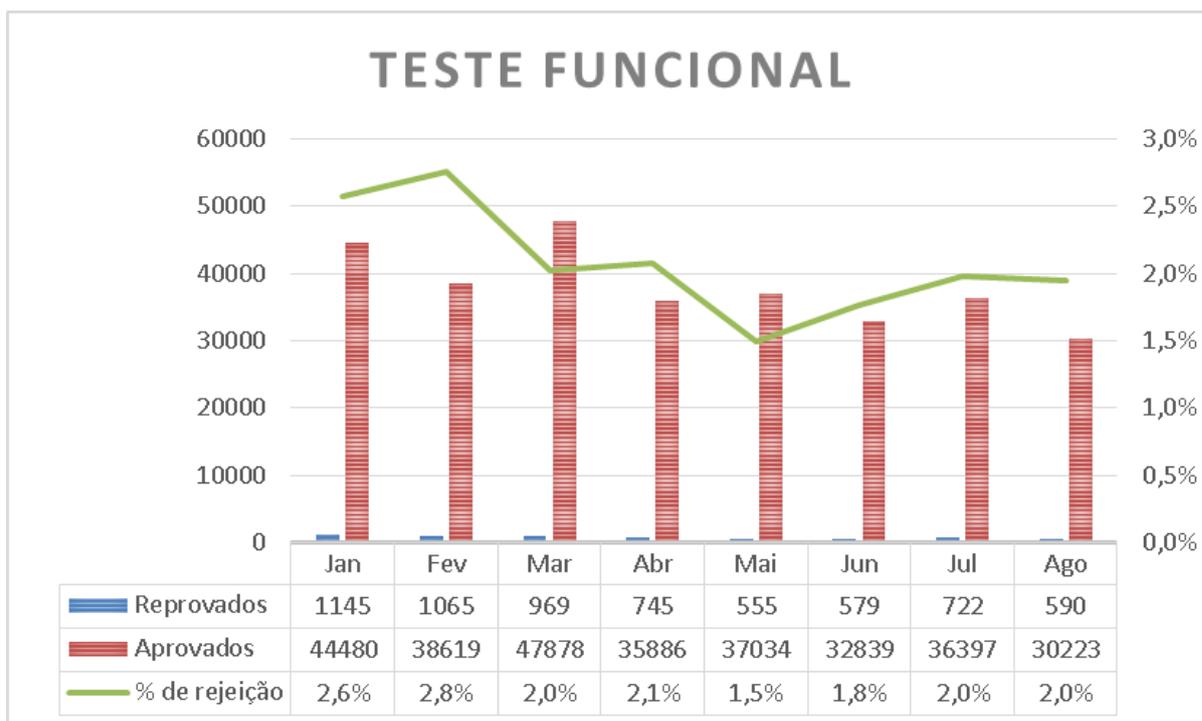


Gráfico 7 – Rejeições após alterações
Fonte: Autoria Própria.

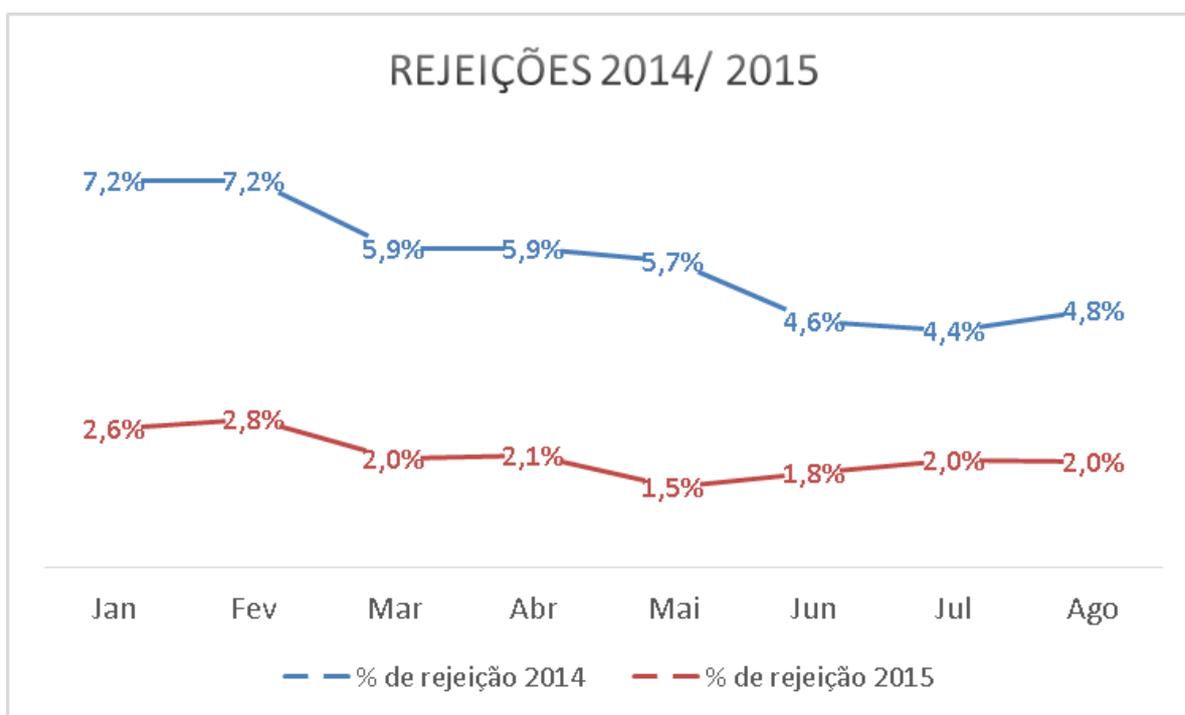


Gráfico 8 – Rejeições antes e após alterações
Fonte: Autoria Própria.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A solicitação de parada do equipamento de teste funcional, bem como o envolvimento de todas as áreas necessárias tornou-se menos desgastante, uma vez que com os estudos realizados, evidenciou-se a taxa de falha crescente, as quais geram custos extras (desmonte do produto e envio dos componentes aos fornecedores) e perda de produtividade, sendo assim, a empresa não hesitou em parar o equipamento e disponibilizar os funcionários para que as ações necessárias fossem tomadas.

As horas investidas para a análise dos dados, e busca de soluções para a tratativa, bem como o investimento para alteração do equipamento e alteração da placa eletrônica, foram facilmente justificadas com a análise de dados de vida.

6.1 RESULTADOS OBTIDOS

As soluções adotadas mostraram-se eficientes, uma vez que as rejeições estavam em média 5,7% e após as alterações passaram para uma média de 2,1%. O custo e a perda de produtividade diminuíram, pois os índices de rejeição baixaram, porém ainda existe rejeição, sendo assim ainda existe a necessidade de desmonte e envio ao fornecedor.

6.2 PROPOSTAS DE TRABALHO FUTURO

A análise foi realizada no teste funcional do produto A, porém ao decorrer do processo ele passa por mais testes, que envolvem o mesmo tipo de comunicação do teste funcional (comunicação ótica), o mesmo estudo realizado para o primeiro teste pode ser extensível para os demais, bem como extensível para as

demais linhas, pois apesar de ter sido abordado o produto A, como citado, todos os produtos da empresa passam por vários testes, e possuem seus índices de rejeição.

REFERÊNCIAS

- ALBERNETHY, Robert B. **Dr. E. H. Walodi Weibull**. Disponível em:
< http://www.barringer1.com/weibull_bio.htm/>. Acesso em: 02 ago. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.
- Collani, Claudia von. **Biography of Ernst Hjalmar) Waloddi Weibull**. Disponível em:
<<http://stochastikon.no-ip.org:8080/encyclopedia/en/weibullWaloddi.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2015.
- DROGUETT, Enrique L. **Análise da Confiabilidade de Componentes Não Reparáveis**. Disponível em:
<<http://ceerma.com/Arquivos/MateriaisDeAula/analise%20da%20confiabilidade%20de%20componentes%20nao%20reparaveis.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2015.
- GIL, Antonio C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- LIFE DATA ANALYSIS. Disponível em:
< <http://www.weibull.com/basics/lifedata.htm>>. Acesso em: 02 ago. 2015.
- MARIANO, Carlos H. **Dependabilidade de Sistemas**. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2012.
- MARQUES, Cícero Fernandes. **Sistemas de Produção**. Curitiba. Universidade Federal do Paraná. 2013.
- RELIASOFT CORPORATION. **Análise de Dados de Vida**. Tucson, 2008.
- RIGONI, Emerson. **Métodos para Análise de Falhas: Parte a**. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.
- RINNE, Horst. **The Weibull Distribution: A Handbook**. Boca Raton: CRC Press, 2008.

RODRIGUES, Marcelo. **Confiabilidade Humana**. Curitiba. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

SILVEIRA, Cristiano B. **Confiabilidade e disponibilidade de máquinas: Um exemplo prático**. Disponível em: <<http://www.citisystems.com.br/confiabilidade-disponibilidade-maquinas/>>. Acesso em: 02 ago. 2015.

SPANÓ, Claudio C. **Crescimento da Confiabilidade**. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

SPANÓ, Claudio C. **Ensaio Acelerados de Vida**. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.