



**OTIMIZAÇÃO DA CONFIABILIDADE E USABILIDADE DE TESTES
FUNCIONAIS DE PROCESSO PRODUTIVO NA EMPRESA “TUCUMÃ SEM
CASCA” DE CABLE MODEMS DO PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

Geraldo Freitas Barbosa Filho

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientador: Jandecy Cabral Leite

Belém

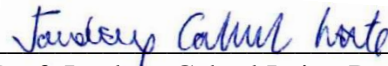
Março de 2022

**OTIMIZAÇÃO DA CONFIABILIDADE E USABILIDADE DE TESTES
FUNCIONAIS DE PROCESSO PRODUTIVO NA EMPRESA “TUCUMÃ SEM
CASCA” DE CABLE MODEMS DO PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

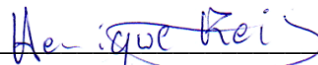
Geraldo Freitas Barbosa Filho

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PROCESSOS – MESTRADO PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

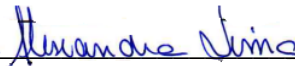
Examinada por:



Prof. Jandecy Cabral Leite, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



Prof. Manoel Henrique Reis Nascimento, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



Prof^a. Alexandra Amaro de Lima, Dr^a.
(UNIVERSIDADE PAULISTA-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

MARÇO DE 2022

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA**

Barbosa Filho, Geraldo Freitas, 1992-
Otimização da confiabilidade e usabilidade de testes
funcionais de processo produtivo na empresa "Tucumã sem
casca" de Cable Modems do pólo industrial de Manaus /
Geraldo Freitas Barbosa Filho - 2021.

Orientador: Jandecy Cabral Leite

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal
do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Processos, 2022.

1. Confiabilidade 2. Controle e Manutenção 3. Análise de
Falhas I. Título

CDD 670.42

Dedico este trabalho à minha futura esposa e mãe dos meus filhos, inteligente e linda, parceira dedicada e fiel, doce e paciente, e que redige as minhas dedicatórias.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, pelo acompanhamento durante as pesquisas experimentais e pela assistência na elaboração desta dissertação.

Aos professores e colegas do PPGEF.

“Tente uma, duas, três vezes e se possível tente a quarta, a quinta e quantas vezes for necessário. Só não desista nas primeiras tentativas, a persistência é amiga da conquista. Se você quer chegar aonde a maioria não chega, faça o que a maioria não faz...”

(Bill Gates)

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGEP/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M. Eng.)

**OTIMIZAÇÃO DA CONFIABILIDADE E USABILIDADE DE TESTES
FUNCIONAIS DE PROCESSO PRODUTIVO NA EMPRESA “TUCUMÃ SEM
CASCA” DE CABLE MODEMS DO PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

Geraldo Freitas Barbosa Filho

Março/2022

Orientador: Jandecy Cabral Leite

Área de Concentração: Engenharia de Processos

Os Jigs de teste (gigas) são responsáveis pelos testes funcionais são equipamentos complexos e de alto desempenho utilizados na indústria eletrônica para validar a funcionalidade de dispositivos analógicos, digitais ou quaisquer outros produtos da indústria eletro-eletrônica do polo industrial de Manaus. No processo analisado, essas gigas estão dispostas seguindo uma configuração em paralelo entre si, e em série com o restante da linha de montagem e o efeito de uma falha neste tipo de configuração é crítica, pois as mais simples falhas podem impactar o processo produtivo gerando diversos tipos de desperdícios e, conseqüentemente, prejuízos financeiros para a empresa. Este trabalho visa estudar o comportamento dos equipamentos de um processo de produção de *Cable Modems* e *Set Top Boxes*, analisar as falhas ocorridas durante o processo e guiar o estudo de sua confiabilidade a fim de permitir à gerência de manutenção as tomadas de decisão sobre como lidar com os equipamentos, com o objetivo de reduzir as taxas de falhas e utilizar de práticas de manutenção adequadas para permitir a maximização da confiabilidade.

Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M. Eng.)

**RELIABILITY AND USABILITY OPTIMIZATION OF FUNCTION TESTS IN
A PRODUCTIVE PROCESS IN THE “TUCUMÃ SEM CASCA” COMPANY OF
CABLE MODEM AT THE INDUSTRIAL POLE OF MANAUS**

Geraldo Freitas Barbosa Filho

March/2022

Advisor: Jandecy Cabral Leite

Research Area: Process Engineering

The jig equipment responsible for the function tests are complex and highly capable machines used in the electronics industry to validate the functionality of analogic and digital devices or any other product of electronic factories of the industry pole of Manaus. In the studied process, those machines are operated in a series configuration, and the effect of a failure in this type of configuration is very critical, as the simplest failure can impact the production process and generate losses for the company. This work aims to assess the behavior of test equipment in a cable modem and set top box production processes, to make analysis of the failures happened during this production process, to guide a reliability study that enable the maintenance manager to make decisions about how to deal with equipment aiming to reduce failure rates and use proper maintenance practices to allow reliability to be maximized.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 - MOTIVAÇÃO..... | 1 |
| 1.2 - OBJETIVOS..... | 2 |
| 1.2.1 - Objetivo geral..... | 2 |
| 1.2.2 - Objetivos específicos..... | 2 |
| 1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO..... | 2 |
| 1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO..... | 4 |
| CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA..... | 5 |
| 2.1 - SISTEMAS DE PRODUÇÃO..... | 5 |
| 2.2 - PERDAS EM PROCESSO PRODUTIVOS..... | 6 |
| 2.3 - CONCEITOS DE QUALIDADE..... | 8 |
| 2.4 - CONFIABILIDADE..... | 8 |
| 2.4.1 - Histórico da confiabilidade..... | 9 |
| 2.4.2 - Conceitos básicos..... | 10 |
| 2.4.2.1 - Confiabilidade..... | 10 |
| 2.4.2.2 - Manutenibilidade..... | 10 |
| 2.4.2.3 - Disponibilidade..... | 10 |
| 2.4.2.4 - Item..... | 11 |
| 2.4.2.1 - Componente..... | 11 |
| 2.4.2.1 - Função..... | 11 |
| 2.4.2.1 - Falha..... | 11 |
| 2.4.2.1 - Falha funcional..... | 11 |
| 2.4.2.1 - Causa da falha..... | 11 |
| 2.4.2.1 - Modo de falha..... | 12 |
| 2.4.2.1 - Vida útil..... | 12 |
| 2.5 - MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE..... | 12 |
| 2.5.1 - Classificação da manutenção..... | 14 |
| 2.5.1.1 - Classificação quanto a programação..... | 15 |
| 2.5.1.2 - Classificação quanto aos objetivos..... | 15 |
| 2.6 - <i>CABLE MODEMS</i> | 16 |

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS..... | 17 |
| 3.1 - MATERIAIS..... | 17 |
| 3.1.1 - Softwares de confiabilidade..... | 17 |
| 3.2 - METODOLOGIA..... | 17 |
| 3.2.1 - Procedimento seguido para tratamento dos dados no software escolhido..... | 18 |
| 3.2.2 - Local de pesquisa..... | 19 |
| 3.2.3 - Etapas de produção de <i>Cable Modems</i>..... | 20 |
| 3.2.4 - Descrição do problema e limitação do escopo..... | 23 |
| 3.3 - LEVANTAMENTO DE DADOS E MODELAGEM DO PROBLEMA..... | 26 |
| CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 28 |
| 4.1 - MODELO DA LINHA DE MONTAGEM – SITUAÇÃO INICIAL..... | 28 |
| 4.1.1 - Características da linha de montagem..... | 28 |
| 4.1.2 - Distribuição dos itens de verificação do teste funcional..... | 29 |
| 4.2 - DISPOSIÇÃO DAS FALHAS – SITUAÇÃO INICIAL..... | 31 |
| 4.2.1 - Dados de falhas..... | 31 |
| CAPÍTULO 5 - PRINCIPAIS OFENSORES..... | 65 |
| 5.1 - PRINCÍPIO DE PARETO..... | 65 |
| 5.2 - PLANO DE AÇÃO..... | 67 |
| 5.3 - DISPOSIÇÃO DAS FALHAS – SITUAÇÃO FINAL..... | 68 |
| 5.3.1 - Atualização do check list de manutenção preventiva..... | 93 |
| CAPÍTULO 6 - ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 94 |
| 6.1 - ANÁLISES E DISCUSSÃO..... | 94 |
| 6.1.1 - Comparativo de antes e depois das ações..... | 94 |
| 6.1.2 - MCC em comparação aos métodos convencionais..... | 94 |
| CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES..... | 96 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 97 |
| APÊNDICE A – PROJETOS DE | |
| MELHORIA..... | 99 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 2.1 | Causas e efeitos da perda de produção por espera..... | 7 |
| Figura 2.2 | Classificação da manutenção..... | 14 |
| Figura 2.3 | Modelos de <i>Cable Modem</i> | 16 |
| Figura 3.1 | Fluxograma da metodologia utilizada para otimização da confiabilidade..... | 18 |
| Figura 3.2 | Corte lateral e superior de aparelho <i>Cable Modem</i> | 21 |
| Figura 3.3 | Imagem de um aparelho <i>Cable Modem</i> | 22 |
| Figura 3.4 | Fluxo do processo de fabricação..... | 23 |
| Figura 3.5 | Layout de linha de montagem final..... | 25 |
| Figura 3.6 | Fluxograma para coleta de tempos de atividades na linha de produção..... | 26 |
| Figura 4.1 | Alocação das estações de testes no processo como um todo..... | 28 |
| Figura 4.2 | Estações de testes funcionais..... | 29 |
| Figura 4.3 | Resultados software ProConf no JIG01..... | 33 |
| Figura 4.4 | Frequência..... | 33 |
| Figura 4.5 | Taxa de falha..... | 34 |
| Figura 4.6 | Confiabilidade..... | 34 |
| Figura 4.7 | Densidade acumulada de falha..... | 34 |
| Figura 4.8 | Modelo Exponencial..... | 35 |
| Figura 4.9 | Modelo Weibull..... | 35 |
| Figura 4.10 | Modelo Lognormal..... | 35 |
| Figura 4.11 | Modelo Normal..... | 36 |
| Figura 4.12 | Resultados no software ProConf JIG02..... | 37 |
| Figura 4.13 | Frequência JIG02..... | 37 |
| Figura 4.14 | Taxa de falha JIG02..... | 38 |
| Figura 4.15 | Confiabilidade JIG02..... | 38 |
| Figura 4.16 | Densidade acumulada de falha JIG02..... | 38 |
| Figura 4.17 | Molde Exponencial JIG02..... | 39 |
| Figura 4.18 | Modelo Weibull JIG02..... | 39 |
| Figura 4.19 | Modelo Lognormal..... | 39 |
| Figura 4.20 | Modelo normal JIG02..... | 40 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Figura 4.21 | Software ProConf JIG03..... | 41 |
| Figura 4.22 | Frequência JIG03..... | 41 |
| Figura 4.23 | Taxa de falha JIG03..... | 42 |
| Figura 4.24 | Confiabilidade JIG03..... | 42 |
| Figura 4.25 | Densidade acumulada de falha JIG03..... | 42 |
| Figura 4.26 | Modelo Exponencial JIG03..... | 43 |
| Figura 4.27 | Modelo Weibull JIG03..... | 43 |
| Figura 4.28 | Modelo Lognormal JIG03..... | 43 |
| Figura 4.29 | Modelo Normal JIG 03..... | 44 |
| Figura 4.30 | Resultados software ProConf ds JIG04..... | 45 |
| Figura 4.31 | Frequência JIG04..... | 45 |
| Figura 4.32 | Taxa de falha JIG04..... | 46 |
| Figura 4.33 | Confiabilidade JIG04..... | 46 |
| Figura 4.34 | Densidade de falha acumulada JIG04..... | 46 |
| Figura 4.35 | Modelo Exponencial JIG04..... | 47 |
| Figura 4.36 | Modelo Weibull JIG04..... | 47 |
| Figura 4.37 | Modelo Lognormal..... | 47 |
| Figura 4.38 | Modelo normal..... | 48 |
| Figura 4.39 | Resultados no software ProConf JIG05..... | 49 |
| Figura 4.40 | Frequência JIG05..... | 49 |
| Figura 4.41 | Taxa de falha JIG05..... | 50 |
| Figura 4.42 | Confiabilidade JIG05..... | 50 |
| Figura 4.43 | Densidade acumulada de falha..... | 50 |
| Figura 4.44 | Modelo Exponencial JIG05..... | 51 |
| Figura 4.45 | Modelo Weibull..... | 51 |
| Figura 4.46 | Modelo LogNormal..... | 51 |
| Figura 4.47 | Modelo normal..... | 52 |
| Figura 4.48 | Resultados do software ProConf JIG06..... | 53 |
| Figura 4.49 | Frequência JIG06..... | 54 |
| Figura 4.50 | Taxa de falha JIG06..... | 54 |
| Figura 4.51 | Confiabilidade JIG06..... | 54 |
| Figura 4.52 | Densidade acumulada de falha..... | 55 |
| Figura 4.53 | Modelo exponencial JIG06..... | 55 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 4.54 | Modelo Weibull..... | 55 |
| Figura 4.55 | Modelo LogNormal..... | 56 |
| Figura 4.56 | Modelo Normal JIG06..... | 56 |
| Figura 4.57 | Resultados software Pro Conf JIG07..... | 57 |
| Figura 4.58 | Frequência JIG07..... | 58 |
| Figura 4.59 | Taxa de falha JIG07..... | 58 |
| Figura 4.60 | Confiabilidade..... | 58 |
| Figura 4.61 | Densidade de falha acumulada..... | 59 |
| Figura 4.62 | Modelo Exponencial JIG07..... | 59 |
| Figura 4.63 | Modelo Weibull..... | 59 |
| Figura 4.64 | Modelo LogNormal JIG07..... | 60 |
| Figura 4.65 | Modelo Normal JIG07..... | 60 |
| Figura 4.66 | Resultados software ProConf JIG08..... | 61 |
| Figura 4.67 | Frequência JIG08..... | 62 |
| Figura 4.68 | Taxa de falha JIG08..... | 62 |
| Figura 4.69 | Confiabilidade JIG08..... | 62 |
| Figura 4.70 | Densidade acumulada de falha JIG08..... | 63 |
| Figura 4.71 | Modelo Exponencial JIG08..... | 63 |
| Figura 4.72 | Modelo Weibull JIG08..... | 63 |
| Figura 4.73 | Modelo LogNormal..... | 64 |
| Figura 4.74 | Modelo normal..... | 64 |
| Figura 5.1 | Resultados no software ProConf de falhas do JIG01..... | 69 |
| Figura 5.2 | Frequência de falhas JIG01..... | 69 |
| Figura 5.3 | Taxa de falhas JIG01..... | 70 |
| Figura 5.4 | Confiabilidade resultado de falhas JIG01..... | 70 |
| Figura 5.5 | Densidade acumulada de falhas JIG01..... | 70 |
| Figura 5.6 | Modelo Exponencial JIG01..... | 71 |
| Figura 5.7 | Modelo Weibull JIG01..... | 71 |
| Figura 5.8 | Modelo LogNormal JIG01..... | 71 |
| Figura 5.9 | Modelo Normal JIG01..... | 72 |
| Figura 5.10 | Resultados software Pro Conf GIG02..... | 73 |
| Figura 5.11 | Frequência JIG02..... | 73 |
| Figura 5.12 | Taxa de falha JIG02..... | 74 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Figura 5.13 | Confiabilidade JIG02..... | 74 |
| Figura 5.14 | Densidade acumulada de falha JIG02..... | 74 |
| Figura 5.15 | Modelo Exponencial JIG02..... | 75 |
| Figura 5.16 | Modelo Weibull JIG02..... | 75 |
| Figura 5.17 | Modelo LogNormal JIG02..... | 75 |
| Figura 5.18 | Modelo Normal JIG02..... | 76 |
| Figura 5.19 | Resultados software ProConf JIG03..... | 77 |
| Figura 5.20 | Frequência JIG03..... | 77 |
| Figura 5.21 | Taxa de falha JIG03..... | 78 |
| Figura 5.22 | Confiabilidade JIG03..... | 78 |
| Figura 5.23 | Densidade acumulada de falha..... | 78 |
| Figura 5.24 | Modelo Exponencial JIG03..... | 79 |
| Figura 5.25 | Modelo Weibull JIG03..... | 79 |
| Figura 5.26 | Modelo LogNormal JIG03..... | 79 |
| Figura 5.27 | Modelo Normal JIG03..... | 80 |
| Figura 5.28 | Resultados no software ProConf JIG04..... | 81 |
| Figura 5.29 | Frequência JIG04..... | 81 |
| Figura 5.30 | Taxa de falha JIG03..... | 82 |
| Figura 5.31 | Confiabilidade JIG03..... | 82 |
| Figura 5.32 | Densidade acumulada JIG03..... | 82 |
| Figura 5.33 | Modelo Exponencial JIG04..... | 83 |
| Figura 5.34 | Modelo Weibull JIG04..... | 83 |
| Figura 5.35 | Modelo LogNormal JIG04..... | 83 |
| Figura 5.36 | Modelo Normal JIG04..... | 84 |
| Figura 5.37 | Resultados software ProConf JIG05..... | 85 |
| Figura 5.38 | Gráficos de barra ProConf JIG05..... | 85 |
| Figura 5.39 | Papel de Probabilidade distribuição JIG05..... | 86 |
| Figura 5.40 | Resultados software ProConf JIG06..... | 87 |
| Figura 5.41 | Gráficos de Barra ProConf Jig06..... | 88 |
| Figura 5.42 | Papel de Probabilidade ProConf | 88 |

| | | |
|-------------|---|----|
| | JIG06..... | |
| Figura 5.43 | Resultados software ProConf JIG07..... | 90 |
| Figura 5.44 | Gráficos de Barras ProConf JIG07..... | 90 |
| Figura 5.45 | Papel de Probabilidade ProConf JIG07..... | 91 |
| Figura 5.46 | Resultados software ProConf JIG08..... | 92 |
| Figura 5.47 | Gráficos de Barras ProConf JIG08..... | 92 |
| Figura 5.48 | Papel de Probabilidade ProConf JIG08..... | 93 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabela 2.1 | Comparação entre manutenção tradicional e MCC..... | 13 |
| Tabela 3.1 | Lista de itens de teste necessários para validação da funcionalidade de um <i>Cable Modem</i> | 24 |
| Tabela 4.1 | Lista de itens de teste necessários para validação da funcionalidade de um aparelho <i>Cable Modem</i> | 29 |
| Tabela 4.2 | Resultados JIG 01..... | 32 |
| Tabela 4.3 | Resultados JIG01..... | 32 |
| Tabela 4.4 | JIG 02..... | 36 |
| Tabela 4.5 | Resultados JIG03..... | 40 |
| Tabela 4.6 | Resultados JIG04..... | 44 |
| Tabela 4.7 | Resultados JIG05..... | 48 |
| Tabela 4.8 | Resultados JIG06..... | 52 |
| Tabela 4.9 | Resultados JIG07..... | 56 |
| Tabela 4.10 | Resultados JIG08..... | 60 |
| Tabela 5.1 | Causa de falha JIG01..... | 65 |
| Tabela 5.2 | Distribuição de defeitos..... | 65 |
| Tabela 5.3 | Ofensores JIG02..... | 66 |
| Tabela 5.4 | Ofensores JIG03..... | 66 |
| Tabela 5.5 | Ofensores JIG04..... | 66 |
| Tabela 5.6 | Ofensores JIG05..... | 66 |
| Tabela 5.7 | Ofensores JIG06..... | 67 |
| Tabela 5.8 | Ofensores JIG07..... | 67 |
| Tabela 5.9 | Ofensores JIG08..... | 67 |
| Tabela 5.10 | Falhas JIG02..... | 68 |
| Tabela 5.11 | Distribuição de falhas JIG02..... | 72 |
| Tabela 5.12 | Distribuição de falhas JIG03..... | 76 |
| Tabela 5.13 | Resultados JIG04..... | 80 |
| Tabela 5.14 | Resultados JIG05..... | 84 |
| Tabela 5.15 | Resultados JIG06..... | 86 |
| Tabela 5.16 | Resultados JIG07..... | 89 |

| | | |
|-------------|-----------------------|----|
| Tabela 5.17 | Resultados JIG08..... | 91 |
|-------------|-----------------------|----|

NOMENCLATURA

| | |
|--------|---|
| ABNT | ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS |
| ANVISA | AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA |
| DBO | DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO |
| RIMA | RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL |
| FGV | FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS |
| FVS | FUNDAÇÃO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA DO ESTADO DO AMAZONAS |
| IBGE | INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA |
| NBR | NORMA BRASILEIRA |

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - MOTIVAÇÃO

Dado o atual cenário de instabilidade do mercado econômico e tendo em vista uma geração de consumidores mais exigentes que buscam melhor custo-benefício, as empresas não podem abrir espaços para erros e dúvidas. Independentemente do tipo de produto ou serviço oferecido, é imprescindível que as entregas sejam realizadas dentro do prazo determinado pelo cliente e com qualidade garantida, logo se faz necessário que processos produtivos tenham maior produtividade e eficiência, considerando menor tempo e custos durante a produção. A partir disto, faz-se necessário que a execução e os resultados dos testes obtidos sejam, de fato, confiáveis, de modo a diminuir o tempo de produção com testes e retestes, assegurando a qualidade dos produtos, consequentemente, aumentando a produtividade.

Diante deste contexto, as estações de testes instaladas nas empresas requerem a utilização de técnicas estruturadas e objetivas de manutenção que possam garantir maior eficiência dos equipamentos, máxima disponibilidade funcional para as operações e custos adequados de manutenção. Sendo assim, os conceitos de Confiabilidade e Manutenção Centrada na Confiabilidade, juntamente com a evolução dos conceitos de Manutenção, constituem uma ferramenta de grande utilidade em um ambiente real de produção.

Em indústrias eletroeletrônicas (IEE), os conceitos supracitados são empregados diariamente na rotina de seus processos, uma vez que neste tipo de indústria a produção ocorre, usualmente, com a disposição em série de máquinas, equipamentos e pessoas. Este tipo de disposição, apesar de comum, diminui significativamente a confiabilidade do processo, pois uma falha simples, seja uma falha real ou uma falsa falha, pode acarretar os mais diversos estorvos, desde o comprometimento da confiabilidade das seguintes estações até paradas de linha, gerando prejuízos financeiros significantes.

De forma mais pontual, as falsas falhas apresentam maior criticidade durante os testes, visto que se comparadas a uma falha real, pois além de gerarem custos de retrabalho indevidos, perda de produtividade e eficiência, também diminuem

severamente a confiabilidade das estações de testes uma vez que apontam uma situação de reprovação em um produto funcional e que deveria estar aprovado.

Posto isto, o presente estudo é motivado pela oportunidade da realização de melhorias em uma estação de teste de produtos eletroeletrônicos, de tal forma que a eficiência e confiabilidade desta estação seja aumentada significativamente.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 - Objetivo geral

Otimizar a confiabilidade e usabilidade dos testes funcionais do processo produtivo da empresa “Tucumã sem Casca” de cable modems visando a melhoria do processo produtivo.

1.2.2 - Objetivos específicos

- Identificar a confiabilidade atual de estação de testes do processo produtivo;
- Listar os principais problemas no ambiente de testes que interferem na demora ou na falha da aprovação do aparelho;
- Definir critérios e métodos para otimização do processo de testes visando a melhoria da produtividade;
- Implementar sistemática de metodologias de análise de falhas;
- Reestruturar os planos de manutenção preventiva com base nas análises;
- Demonstrar o aumento da confiabilidade após as implementações das melhorias.

1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO

As razões que determinam a realização de uma pesquisa científica podem ser divididas em dois grandes grupos: razões de ordem intelectual e razões de ordem prática, em que as primeiras decorrem do desejo de conhecer pela própria satisfação de conhecer e as últimas decorrem do desejo de conhecer com vistas a fazer algo de maneira mais eficiente ou eficaz (GIL, 2008). Seguindo esta definição, pode-se afirmar

que este trabalho é orientado por ambas as razões, visto que possuem relevância acadêmica e socioeconômica, concordante com o subsequente.

No primeiro momento, esta pesquisa contribuirá com a melhoria do processo produtivo de uma determinada IEE, uma vez que as avaliações, testes, aplicações e análises serão realizadas *in loco* no ambiente de produção desta empresa. Considerando o objetivo geral da pesquisa, a IEE se beneficiará pois terá parte do seu processo, no caso as estações de testes do produto, avaliado e reestruturado de forma a atender as demandas reais daquela linha de produção. A ideia é que haja melhoria do processo para otimização da confiabilidade e usabilidade de equipamentos de alta performance em um processo produtivo permitindo à gerência de manutenção tomadas de decisão que diminuam taxas de falsas falhas, *downtimes*, paradas de linha e, conseqüentemente, possibilitem a redução de prejuízos e desperdícios tais como os de tempo com retestes e mão-de-obra parada. Sendo assim, a melhora da performance do processo e a diminuição de falsas falhas na estação aumentam a capacidade e maximizam a produtividade do processo, gerando lucros e reduzindo gastos para empresa. Ressalta-se que caso os resultados sejam bem-sucedidos, a empresa tem a opção ampliar o projeto para as demais linhas de produção, adequando à realidade de cada linha, a fim de que possa obter ganhos de eficiência e produtividade em toda a cadeia produtiva, aumentando então a competitividade desta empresa.

A partir dos resultados obtidos, outras IEEs do PIM poderão ter este estudo como referência bibliográfica para aplicar em seus processos produtivos as melhorias aqui propostas, assim como desenvolver outras melhorias, de forma a tornar o PIM referência quanto a qualidade de seus produtos. Considerando que o setor eletroeletrônico foi o setor de maior participação no faturamento de 2019 do PIM, faturando cerca de R\$ 27,43 bilhões e com crescimento de 5,32% em relação a 2018 (RIOS, 2020), faz sentido que IEEs agreguem cada vez mais qualidade e confiabilidade nos seus produtos, visto que desta forma tendem a aumentar a demanda e conseqüentemente, gerarem mais empregos e renda para a cidade de Manaus.

Além dos fatores econômicos e sociais, ressalta-se a contribuição acadêmica desta pesquisa, visto que há pouco referencial teórico acerca do tema abordado. Ao pesquisar sobre conteúdos relacionados a ‘melhorias de processo em relação falsas falhas’ em sites de buscas e plataformas de artigos acadêmicos, poucos resultados são apresentados. Observa-se muitas pesquisas que focam em falhas reais (AGUIAR, 2007) (MURAKAMI *et al.*, 2015) (SILVA e ANDRADE, 2016) (LEAL, 2008).

1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O capítulo 1, de forma genérica, introduz o tema deste trabalho, apresenta alguns conceitos e contextualiza o tema no meio tecnológico - mais especificamente na área de Processo Produtivo e Confiabilidade. Além disto, expõe o objetivo geral da pesquisa, define os objetivos específicos e discorre sobre as contribuições da pesquisa e a forma de organização do trabalho.

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre a Confiabilidade, seus parâmetros e distribuições aplicadas; uma introdução à Análise Estatística de Falhas e conceitos de Manutenibilidade, onde são abordados o conceito, os Tipos de Manutenção e a influência da Manutenção sobre a Confiabilidade.

O capítulo 3 apresenta os materiais e métodos utilizados, ou seja, descreve-se como foi realizado o processo do desenvolvimento. Além disso, todas as etapas da metodologia são detalhadas, descrevendo-se o que foi necessário para implementar para a realização dos testes, a coleta e estruturação dos dados obtidos.

O capítulo 4 apresenta a linha de montagem em sua situação inicial: suas características, equipamentos e a distribuição dos itens de verificação. Adicionalmente, é apresentado os dados de falhas os quais objetiva-se melhorar.

O capítulo 5 apresenta o plano de ação.

O capítulo 6 apresenta os resultados e discussão, ou seja, os resultados obtidos com a aplicação dos métodos mencionados e discute seus resultados, comparando-os, sempre que possível, com os resultados extraídos da literatura.

E por fim, o capítulo 7 apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos futuros. Os resultados são comparados, e uma conclusão é formulada, de acordo como tema proposto, buscando-se determinar os métodos de otimização de processo e manutenções mais eficientes, levando em consideração as taxas de falsa falhas obtidas no processo.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Desde tempos antigos as civilizações já utilizavam de sistemas de produção artesanal e, segundo FAVARETTO (2003), a partir necessidade de crescimento de maneira mais acelerada, principalmente com a Revolução Industrial, homens como Ford e Taylor revolucionaram os sistemas produtivos com a produção em massa, padronização dos componentes e a Administração Científica.

Sistemas de produção podem ser definidos como o inter-relacionamento entre atividades e recursos para a produção de bens ou prestação de um serviço, seus elementos constituintes fundamentais são os insumos e recursos, o processo de conversão e o subsistema de controle (MOREIRA, 2009). De forma mais detalhada, CARDIAL *et al.* (2017) corrobora definindo um sistema de produção como a capacidade que uma organização tem de unir recursos de entrada como matéria prima, informação entre outros, realizar uma determinada transformação nestes recursos e ter como resultado produtos ou serviços que adicionam valor a empresa.

Em relação aos tipos de sistemas produtivos, estes podem ser classificados pelo fluxo dos recursos a serem transformados através dos processos e de seu volume de produção (MOREIRA, 2009). Seguindo este contexto, TUBINO (2017) determina que sistemas de produção em massa são aqueles empregados na produção em grande escala de produtos padronizados. Ainda neste cenário, DAVIS *et al.* (2001) classificam os sistemas de manufatura em três grandes tipos, cada um dependente do volume de itens a produzir, sendo eles: processos de projeto; processo intermitente; e processos de fluxo em linha (subdivido em processo contínuo e linha de montagem).

Processo de projeto é definido como um processo orientado para projeto, em geral, envolve a manufatura de um produto único, exclusivo (DAVIS *et al.*, 2001). A exemplo deste tipo de produção, cita-se a produção de um filme e a construção de um prédio. Os autores também declaram que o processo intermitente é caracterizado por produzir um mesmo produto várias vezes, geralmente, em tamanhos de lotes especificados e, ao término da produção, outros produtos tomam seu lugar, para a produção de outro lote.

Referente aos processos de fluxo de linha, estes podem ser divididos em duas classes (DAVIS *et al.*, 2001):

- a) Linha de montagem: são conhecidas como processo de produção em massa e seus principais atributos são a produção em série, mas com baixa variedade, grandes volumes de produção e pouca variedade. São exemplos deste tipo de processo as indústrias eletroeletrônicas e automotivas.
- b) Processo contínuo: distingue-se pela produção em grandes quantidades e pouquíssima ou nenhuma variedade, produtos inseparáveis e fluxo constante devido às características da operação. Apresenta custos fixos altos e custos variáveis baixos. Como exemplo cita-se indústrias petroquímicas e de geração de energia.

2.2 - PERDAS EM PROCESSO PRODUTIVOS

A forma mais eficaz de se atingir um alto nível de performance em uma organização é reduzir as ineficiências da produção pois prejudicam os resultados e tem impacto direto no ambiente de trabalho (COSTA JUNIOR, 2008). Neste sentido, MARQUES e MELLO (2013) definem perdas como qualquer coisa que não seja a quantidade mínima de equipamento, materiais, peças e trabalhadores (tempo de trabalho) que são absolutamente essenciais à produção.

Sabendo destes conceitos, é possível deduzir que para anular perdas e desperdícios no processo produtivo, é necessário que estas sejam detectadas. Utilizando os conceitos determinados pela metodologia do Sistema Toyota de Produção, pode-se enumerar sete tipos de perdas que prevalecem em processos produtivos:

- a) Perdas por superprodução: ocorre quando a produção de itens é maior que a demanda.
- b) Perdas por espera: De acordo com FERREIRA *et al.* (2011) perdas por espera são recursos que ficam aguardando a realização de determinadas atividades. Em outras palavras, ocorre quando há atrasos no processamento, como interrupção do funcionamento de equipamentos ou gargalos de capacidade. ANTUNES (1995 *apud* KAYSER, 2001) definiu que as causas centrais que levam ao incremento das perdas por espera, são o tempo de setup, falta de sincronização e falhas não previstas.

| Causas | Efeitos |
|------------------------|---|
| Tempo de Set Up | Longos tempos de troca de dispositivos e ferramentas |
| Falta de sincronização | Ritmo de produção não uniforme |
| Falhas não previstas | Atraso na entrega de matéria prima, quebra de equipamentos e/ou acidentes de trabalho |

Figura 2.1 - Causas e efeitos da perda de produção por espera.
 Fonte: Adaptado de ANTUNES (1995 *apud* KAYSER, 2001).

- c) Perdas por movimentos: Este tipo de perda está relacionado a movimentos dispensáveis de operadores e pode ser evitada através de estudos de movimentos e tempos (MARQUES e MELLO, 2013), assim como treinamento adequado dos operadores.
- d) Perdas de estoque excessivo: JUNIOR (2009) alega que os estoques podem ser considerados como o resultado e o impacto final de várias perdas e desperdícios, representando desperdícios de investimentos e de espaço. MARQUES e MELLO (2013) declaram que é fundamental a identificação e eliminação das causas geradoras da necessidade estoques para então ocorrer a redução dos feste tipo de desperdícios.
- e) Perdas por transporte: Para KARPINSKI (2009) as perdas no transporte estão associadas ao manuseio excessivo e/ou inadequado dos devido a má programação das atividades ou mesmo de um layout ineficiente. MARQUES e MELLO (2013) corroboram ao afirmar que o transporte não agrega valor ao produto ao mesmo e é um elemento de custo, logo torna-se relevante a eliminação de movimentações desnecessárias.
- f) Perdas de processamento: Segundo MARQUES e MELLO (2013) este tipo de perda está relacionado às atividades dispensáveis durante o processamento. A exclusão destas deve proporcionar maior agilidade no processo.
- g) Perdas pela fabricação de produtos defeituosos: De acordo com (ABREU, 2002) perdas por fabricação de produtos defeituosos referem-se às perdas por fabricar produtos defeituosos ou executar atividades com falhas. Ou seja, os produtos ou serviços executados que não atendem às especificações de qualidade do cliente.

Baseando-se nos conceitos supracitados, nota-se que pelos há menos três tipos de falhas podem ser evitadas se houver um programa de manutenção preventiva eficiente.

2.3 - CONCEITOS DE QUALIDADE

A definição de qualidade é discutida por diversos autores ao longo de décadas e apesar de ser considerada como algo abstrato, os conceitos apresentados sugerem o mesmo entendimento. Por exemplo, FEIGENBAUM (1961) conceitua qualidade como a composição total das características de marketing, engenharia, produção e manutenção de um produto ou serviço, através das quais o mesmo produto ou serviço em uso, atenderá as expectativas do cliente. Para JURAN (1974) qualidade é o nível de satisfação alcançado por um determinado produto, no atendimento aos objetivos do usuário, durante a sua utilização, chamado de adequação ao uso. DEMING (1990) afirma que qualidade é o controle estatístico do processo (redução da variabilidade). FAGLIATO e DUARTE (2009) definem qualidade como a capacidade de um item desempenhar sua função requerida em um determinado instante do tempo ou em um período predeterminado.

Em resumo, a qualidade é o correto desempenho dos critérios de um projeto com a menor variabilidade possível durante sua execução. (MOREIRA, 2012) considera qualidade como algo fundamental visto que está visa acima de tudo atender às necessidades dos clientes ou usuários, ao ponto que são estes que fazem com que os produtos permaneçam no mercado. Os benefícios de oferecer produtos de qualidade são fundamentais para o reconhecimento do mesmo no mercado, garantindo com que a empresa sobreviva ao mercado competitivo devido à excelente qualidade do produto final e a valorização e apreço dos clientes (CAMPOS, 2004).

2.4 - CONFIABILIDADE

A análise de confiabilidade e de riscos consiste no exame sistemático de uma instalação industrial de forma a identificar os riscos presentes no sistema através do reconhecimento de ocorrências potencialmente perigosas e suas consequências (MARTINS, 2013). Seguindo este contexto, LAFRAIA (2014) conceitua confiabilidade

como a probabilidade de que um componente ou sistema funcionando, dentro dos limites especificados de projeto, não falhe durante o período previsto para sua vida.

2.4.1 - Histórico da confiabilidade

O conceito de confiabilidade começou a ser introduzido há mais de 50 anos (FAGLIATO e DUARTE, 2009). Os autores afirmam que este conceito ganhou um significado tecnológico após a Primeira Guerra Mundial, onde foram realizados comparativos em aviões com um, dois ou quatro motores.

No final dos anos 50 e início dos anos 60, os americanos mantiveram seu foco no desenvolvimento de mísseis intercontinentais e em pesquisas espaciais, estes acontecimentos foram impulsionados pela Guerra Fria. A confiabilidade foi impulsionada em 1963, pela corrida em enviar a primeira missão tripulada à lua, tendo em vista os riscos envolvidos. Também neste ano surgiu nos Estados Unidos, a primeira associação que reunia Engenheiros de confiabilidade e o primeiro periódico publicado para divulgação de trabalhos na área, o IEEE (*Transactions on Reability*).

Na década de 70, as pesquisas de confiabilidade focaram no estudo de riscos associados à construção de Usinas Nucleares. Essas aplicações associadas a Engenharia de Produção foram elencadas por (FLOGLIATTO, 2009 p. 4) nas seguintes áreas: análises de riscos e segurança, qualidade, otimização da manutenção, proteção ambiental e projeto de produtos. Nesta década surgiram os primeiros livros voltados especificamente em confiabilidade de sistemas, por SMITH (1976) e KAPUR e LAMBERSON (1977), os quais são utilizados como referência atualmente.

Durante estas duas décadas, tendo como principal motivação as indústrias nuclear e aeroespacial, foram propostas técnicas para avaliação de confiabilidade entre as quais se incluem a Árvore de Falhas e também a introdução do conceito de manutenibilidade.

A partir da década de 80 LAFRAIA (2014) afirma que se observou que os países que detinham a tecnologia de ponta, passaram a utilizar as técnicas de análise de confiabilidade em diversos setores de engenharia e o setor eletroenergético. Enquanto isso, no Brasil, ocorreu utilização prática da confiabilidade nos setores elétrico, telecomunicações, de armamento e nuclear.

2.4.2 - Conceitos básicos

A seguir serão apresentados conceitos essenciais para o estudo de confiabilidade, dos quais seu entendimento é intrínseco ao entendimento desta pesquisa. Estes conceitos estão baseados na Norma Técnica 5462/94 sobre Confiabilidade e Manutenibilidade (ABNT, 1994) e estudiosos da área, tal qual LAFRAIA (2014).

2.4.2.1 - Confiabilidade

Conforme já mencionado, confiabilidade é a probabilidade de um item, componente ou sistema executar a função para o qual foi projetado durante um período pré-definido, sob determinadas condições ambientais e operacionais, operando igualmente ao instante inicial. É importante ressaltar que confiabilidade não deve ser considerado sinônimo de qualidade. Apesar de estarem interligadas, a qualidade do produto está associada ao grau de satisfação do cliente, enquanto a confiabilidade está associada a quanto tempo o produto é capaz de executar sua função sem falhas (MARTINS, 2013).

2.4.2.2 - Manutenibilidade

De acordo com a NBR 5462, é capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, mediante condições preestabelecidas de uso, sendo submetido à manutenção sob condições predeterminadas e usando recursos e procedimentos padrão. Em resumo, é o intervalo de tempo durante o qual um item desempenha sua função com a taxa de falha específica, ou até a ocorrência de uma falha não reparável.

2.4.2.3 - Disponibilidade

É a capacidade de um item de estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou intervalo de tempo determinado.

2.4.2.4 - Item

Qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado de forma individual e possa ser testado de forma individual.

2.4.2.5 - Componente

É a unidade básica de um sistema. Este item que pode falhar somente uma vez e considera-se um sistema reparável quando este pode ser reparado pela substituição dos componentes falhos.

2.4.2.6 - Função

Toda e qualquer atividade que o item desempenha, sob o ponto de vista operacional.

2.4.2.7 - Falha

É entendida como o término da capacidade de um item de desempenhar a função requerida. As falhas em equipamentos podem representar grandes perdas econômicas e humanas, apresentando, em muitos casos, comprometimentos significativos para a imagem institucional das empresas (NUNES, 2001). As tragédias de *Chernobyl* e Golfo do México são exemplos das consequências de falhas em que houve prejuízos financeiros, sociais e ambientais.

2.4.2.8 - Falha funcional

Incapacidade de qualquer item atingir o desempenho esperado.

2.4.2.9 - Causa da falha

Circunstância que induz ou ativa um mecanismo de falha, ou seja, são as razões pelas quais as falhas ocorrem.

2.4.2.10 - Modo de falha

Conjunto de efeitos pelos quais uma falha é observada. Um modo de falha descreve a forma na qual um produto ou processo poderia não apresentar o desempenho desejado para sua função, como por exemplo fadiga, colapso, quebra, deterioração, perda, vibração, queima, entre outras (LEAL, 2008). PILLAY e WANG (2003) afirmam ainda que a causa da falha refere-se à causa para cada modo de falha, como por exemplo: material incorreto, corrosão, erro de montagem, excesso de calor ou frio, má manutenção, impureza no material, desalinhamento etc.

2.4.2.11 - Vida útil

Intervalo de tempo durante o qual um item desempenha sua função com a taxa de falha específica, ou até a ocorrência de uma falha não reparável.

2.5 - MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

A termo manutenção tem origem militar e na área militar cujo sentido é manter, nas unidades de combate, o efetivo e o material em volume constante (NUNES, 2001). A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, na norma TB-116 de 1975, definia manutenção como o conjunto de todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição especificada. Na sua versão revisada de 1994, nomeada NBR-5462, a manutenção é conceituada como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (ABNT, 1994).

Slack *et al.* (1997) observou que a ‘manutenção’ é o termo usado para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas, cuidando de suas instalações físicas. Esta abordagem enfatiza a prevenção e a recuperação de falhas, uma importante área de atuação da manutenção (NUNES, 2001). Um programa de manutenção eficiente traz equipamentos em boas condições durante um período maior de utilização, enquanto a ineficácia ou inexistência de manutenções tornam os equipamentos mal conservados e conseqüentemente aumentam a sua vulnerabilidade a falhas. (NUNES, 2001) afirma que como as falhas não são previstas, implicam na não disponibilidade do equipamento para

manutenção e comprometem a programação da produção e, conseqüentemente, o prazo de entrega.

A manutenção centrada em confiabilidade (MCC) é o tipo de manutenção em que se estudam e classificam os modos de falha, severidades, efeitos e possibilidades de ocorrência (LAFRAIA, 2014). Considerando os conceitos apresentados previamente, nota-se que a principal diferença é que enquanto a manutenção comum foca em equipamentos, a MCC atua na função. A norma IEC60300-3-11 mostra que os objetivos da MCC podem ser listados como:

- a) Preservar as funções dos equipamentos com a segurança requerida;
- b) Otimizar a disponibilidade;
- c) Minimizar o custo do ciclo de vida;
- d) Atuar conforme os modos de falha;
- e) Realizar apenas atividades que precisam ser feitas;
- f) Agir em função dos efeitos e consequências de falha;
- g) Documentar as razões para escolha das atividades.

A Tabela 2.1 compara as diferenças entre as características entre MCC e manutenção tradicional.

Tabela 2.1 - Comparação entre manutenção tradicional e MCC.

| CARACTERÍSTICA | MANUTENÇÃO TRADICIONAL | MCC |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Foco | Equipamento | Função |
| Objetivo | Manter o equipamento | Preservar |
| Atuação | Componente | Sistema |
| Atividades | O que pode ser feito | O que deve ser feito |
| Dados | Pouca ênfase | Muita ênfase |
| Documentação | Reduzida | Obrigatória e sistemática |
| Metodologia | Empírica | Estruturada |
| Combate | Deterioração do equipamento | Consequência das falhas |
| Normalização | Não | Sim |
| Priorização | Inexistente | Por função |

Fonte: Adaptado de SIQUEIRA (2014).

As estratégias para o gerenciamento da MCC podem ser diferentes dada a realidade de cada empresa. A seguir, as classificações de manutenção, de forma que os conceitos estejam esclarecidos.

MOSS (1985) observou que a MCC está estruturada com o princípio fundamental de que toda tarefa de manutenção deve ser justificada e o critério de justificativa corresponde a segurança, a disponibilidade e a economia em postergar ou prevenir um modo específico de falha. Para NUNES (2001) este critério compreende a principal característica da aplicação da MCC pois a partir disto são estabelecidas as tarefas de manutenção mais adequadas para a garantia do desempenho operacional da instalação.

2.5.1 - Classificação da manutenção

Usualmente as atividades de manutenção têm sido classificadas de acordo com a forma de programação e o objetivo das tarefas executadas (SIQUEIRA, 2014). A Figura 2.2 exemplifica as divisões e subdivisões consideradas nestes aspectos.

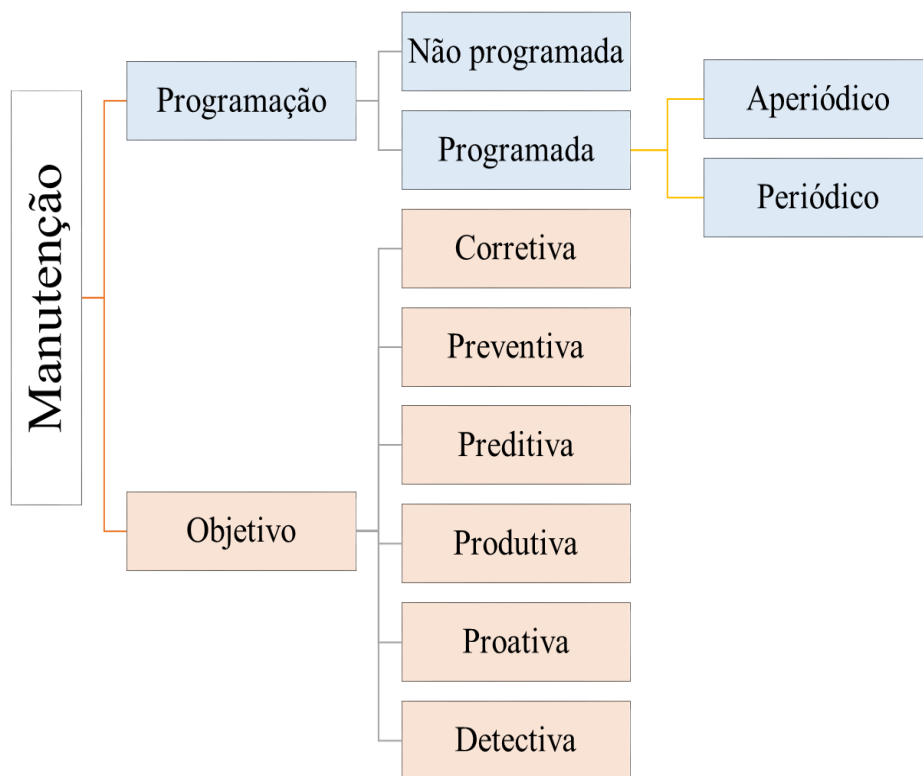


Figura 2.2 - Classificação da manutenção.
Fonte: Adaptado de SIQUEIRA (2014).

Abaixo as classificações serão detalhadas conforme os estudos de SIQUEIRA (2014), LAFRAIA (2014), AZEVEDO (2007), SWANSON (2001).

2.5.1.1 - Classificação quanto a programação

A programação refere-se as atividades executadas obedecendo a critérios de tempos e condições pré-definidas ou executadas mediante a necessidade. São divididas em:

- a) Manutenção programada: São realizadas obedecendo a critérios de tempo. Podem ainda ser subdividas em periódicas (realizadas em intervalos fixo de tempo) ou aperiódicas (intervalos variáveis ou dependendo das oportunidades).
- b) Manutenção Não Programada: São realizadas mediante a condições pré-definidas ou mediante necessidade.

2.5.1.2 - Classificação quanto aos objetivos

Nesta categoria, a manutenção é classificada de acordo com a atitude do usuário em frente às falhas. As mais comuns são:

- a) Manutenção Reativa ou Corretiva: Neste tipo ocorre correção de falhas já existentes, incluindo ações para retornar um sistema de estado de falha para o estado de disponibilidade. Ressalta-se que estas ações não são planejadas, pois este tipo de manutenção ocorre quando não é desejada;
- b) Manutenção Preventiva: O objetivo deste tipo é prevenir e evitar as consequências das falhas, mantendo o sistema em estado de disponibilidade. Inclui ações planejadas como limpeza, lubrificação, calibração etc. Este tipo de manutenção ocasiona redução nos custos de manutenção e ganho de eficiência dos equipamentos, uma vez que estes tendem a parar somente em momentos programados, evitando paradas inesperadas (AZEVEDO, 2007). Para SWANSON (2001) as vantagens do uso da manutenção preventiva são a diminuição da probabilidade da falha e o aumento do ciclo de vida do equipamento, enquanto a desvantagem é a parada do equipamento, em momentos programados, para realizar a manutenção.
- c) Manutenção Preditiva: É a manutenção de previsão ou antecipação das falhas. Nesta, mede-se parâmetros que indiquem uma falha eminente na qual tem-se tempo de ser corrigida com antecedência. SWANSON (2001) afirma que neste tipo realiza-se um acompanhamento e mapeamento do desgaste dos equipamentos, intervindo antes que ele falhe.

- d) Manutenção Proativa: a experiência é utilizada para otimizar o processo e o projeto de novos equipamentos.
- e) Manutenção Produtiva: objetiva garantir a melhor utilização e maior produtividade dos equipamentos.
- f) Manutenção Detectiva: identifica falhas que já ocorrem, mas não foram percebidas.

2.6 - CABLE MODEMS

Cable Modem (CM) é um equipamento que realiza a interface entre uma rede de dados interna – usualmente em padrão *Ethernet* – com uma rede coaxial. Este tipo de equipamento recebe e envia dados de duas formas:

- a) Direção *downstream* (Internet para o usuário): o dado é modulado e colocado em um canal de televisão típico de 6 MHz;
- b) Direção de *upstream* (usuário para a Internet): o dado é transmitido entre 5 e 42 MHz.

Através do *Cable Modem Termination System* (CMTS), localizado na rede da operadora de TV a cabo local, o tráfego é roteado para o backbone Internet através de um *Internet Service Provider* (ISP) (**Unsupported source type (ElectronicSource) for source NAS11.**). A partir desta comunicação entre o CMTS e CM é possível estabelecer uma ponte de comunicação entre os equipamentos de rede de dados instalados responsáveis pela interligação com outras redes e a rede interna do assinante, criando, dessa forma, uma grande rede local abrangente (LEON, 2014).



Figura 2.3 - Modelos de *Cable Modem*.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - MATERIAIS

Este capítulo descreverá as etapas, processos e técnicas empregadas no desenvolvimento dessa dissertação.

Para realização desta pesquisa, foram utilizados softwares que oportunizam os cálculos de confiabilidade e geração de gráficos; foram utilizados também levantamento de dados de falhas e análises de causas-raiz.

3.1.1 - Softwares de confiabilidade

Conforme WILLIS (2000), existem softwares no mercado para o cálculo da confiabilidade de sistemas simples e complexos. São eles: o AVSIM; BLOCKSIM; CARE; MEADep; RAPTOR; RELEX; PAR e TIGER. O autor faz uma comparação considerando várias finalidades com o objetivo de possibilitar aos engenheiros uma tomada de decisão para seleção e aquisição do software mais apropriado para seu trabalho.

Pela familiaridade e pela facilidade de acesso às instruções de utilização, os softwares escolhidos para utilização no presente trabalho foram o *Weibull++* versão 6.0 e *BlockSim* versão 6.0 da empresa *Reliasoft*.

3.2 - METODOLOGIA

Com a finalidade de visualizar o real impacto dos problemas dos jigs de teste, comparando desempenhos entre as estações de testes e encontrar o valor da confiabilidade do sistema como um todo, foi definida uma metodologia para o atingimento dos resultados almejados.

A metodologia constitui-se em:

- a) Escolher um sistema de testes de uma linha de produção;
- b) Caracterizar o problema;
- c) Levantar os dados de falhas para cálculo da confiabilidade;

- d) Tabular e tratar os dados;
- e) Aplicar os dados nos softwares *Weibull* e *BlockSim*;
- f) Calcular a confiabilidade dos componentes e do sistema estudado com o auxílio dos softwares;
- g) Avaliar os resultados mostrados nos softwares;
- h) Criar um plano de ação com vistas a melhorar o desempenho, ou seja, reduzir a taxa de falhas e, assim, aumentar a confiabilidade;
- i) Levantar os novos dados de falha para o cálculo da nova confiabilidade após a aplicação das ações;
- j) Avaliar os resultados e verificar se há a necessidade de novo plano de ação.

A metodologia é mostrada de forma simplificada na Figura 3.1:

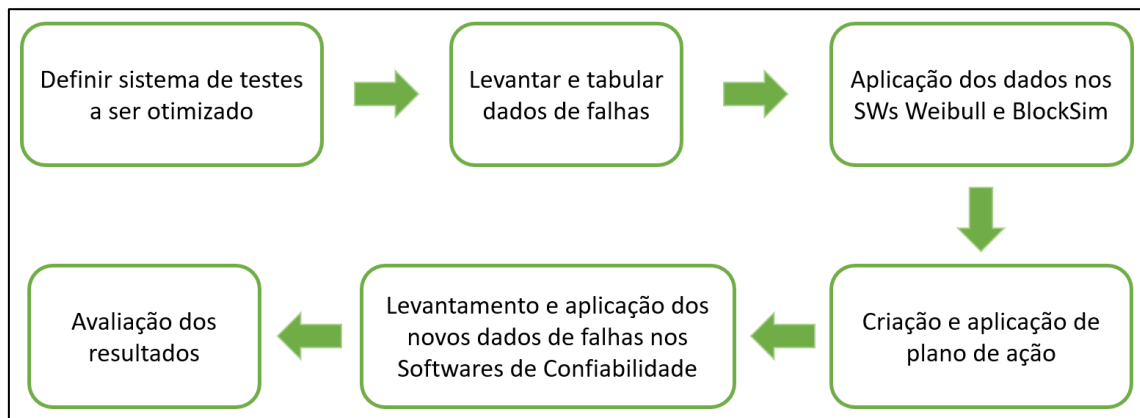


Figura 3.1 - Fluxograma da metodologia utilizada para otimização da confiabilidade.

3.2.1 - Procedimento seguido para tratamento dos dados no software escolhido

O procedimento seguido para o processamento dos dados no software determinado, conforme a metodologia e o fluxo proposto por PALLEROSI (2001), podem ser listados conforme abaixo:

- a) Seleção dos dados de entrada para a planilha apropriada;
- b) Inserção dos dados na planilha;
- c) Seleção da distribuição e do método de estimativa de parâmetros apropriados, para depois processar o cálculo;
- d) Processamento dos cálculos acionando o ícone correspondente ao cálculo dos parâmetros;

- e) Utilização do software *Quick Calculator Pad* (QCP) para obter os cálculos correspondentes;
- f) Obtenção dos gráficos de confiabilidade em função do tempo, confiabilidade, taxa de falha e PDF.

3.2.2 - Local de pesquisa

A fábrica assume a estratégia de fabricação *Make to Stock* (MTS), onde os produtos são fabricados com base em previsões de demanda e enviados para estoque, aguardando a liberação para expedição conforme os pedidos recebidos e o planejamento. Segue-se um plano *master* de produção, com base semanal e tem-se um plano de previsão de produção com horizonte de 6 meses. Esse plano semestral serve de referência para as aquisições de matérias prima, os quais são mantidos em estoque *in loco*, podendo também ser estocado no fornecedor ou em galpões terceirizados.

Quanto às vendas, os produtos finalizados são enviados ao estoque, que fica localizado em um compartimento da própria fábrica. Ressalta-se que mesmo seguindo o planejamento de produção, é possível que ocorram situações em que se faz necessária uma alteração a curto prazo nos pedidos de um determinado produto, acarretando alteração de curto prazo no plano de produção, visando atender a esta variação. Esse tipo de variação no plano de produção, de curto prazo, pode ocorrer pela falta de algum insumo necessário, por motivos internos de qualidade, capacidade nos fornecedores, ou qualquer razão que tenha impacto a nível global, como uma pandemia e financeiras, por exemplo.

Em relação aos insumos, a empresa dispõe dos principais fornecedores localizados em Manaus. Estes fornecem as placas de circuito impresso já com os componentes montados, as peças plásticas como *Top Covers* e *Bottom Covers* e embalagens. Os fornecedores dos acessórios são divididos: uma porcentagem provém de algumas fábricas em Manaus, outra porcentagem é adquirida de outras fábricas no exterior, em sua maioria de origem asiática.

O portfólio de produtos varia de acordo com as necessidades dos clientes (os quais já são pré-determinados). Estes propõem as configurações necessárias e o time de desenvolvedores coreanos projeta tanto o produto quanto o processo de produção. Sendo assim, as linhas de produção são configuradas para cada modelo de produto de forma a assegurar a capacidade de atendimento ao plano de produção e vendas, ser

eficiente no uso da mão de obra e atender aos objetivos de qualidade estabelecidos. Produz-se apenas um tipo de modelo em cada linha, ficando a linha ativa para este modelo até o final de produção ‘*End of Life*’ (EOL) do modelo, ocorrendo então a reconfiguração desta linha para a montagem de produtos com especificações diferentes. O tempo para ocorrer troca longo, em média 2 anos, e após esse período o modelo não volta mais a ser produzido por razões de desenvolvimento tecnológico.

3.2.3 - Etapas de produção de *Cable Modems*

As etapas que compõem o fluxo de processos adotado na fábrica são apresentadas, de forma macro, no diagrama da Figura 3.2. Esse fluxo é similar ao utilizado pelas empresas concorrentes, tanto no PIM como em outros países (efeito da globalização e do progresso das empresas do PIM).

Sendo assim, cada etapa cumpre o papel e tem as características seguintes:

- a) Preparação da embalagem individual (*offline*): preparação, fora da linha, da caixa individual com seus respectivos acessórios como cabos, fontes etc.
- b) Montagem do *Bottom*: montagem da PCBA no *Bottom cover*.
- c) Montagem das Antenas: montagem das 4 antenas e do *Led Lens*.
- d) Montagem do *Thermal Pad*: Montagem do *Thermal Pad* e ajuste das antenas.
- e) Anexação da etiqueta: anexação da etiqueta com o número de série e inicialização da placa no sistema *Manufacturing Executivo Systems* (MÊS) da fábrica.
- f) Montagem do *Top Cover*: montagem e parafusamento do *Top Cover* e anexação das etiquetas de *Wifi*.
- g) Testes funcionais (configuração em paralelo): temos 8 *jigs* de testes funcionais, cada um ligado a um computador pessoal (PC). O PC envia comandos para o aparelho ligado e conectado e aguarda uma resposta. Essa resposta é comparada a um range aceitável. Caso as respostas sejam todas positivas, o PC injeta o *software* do cliente (*Default Setting*) e o aparelho é liberado no sistema para a estação seguinte.
- h) *Default Setting Check*: é um teste realizado para confirmação de que o *Default Setting* foi realizado, ou seja, se realmente o aparelho está com o *software* do cliente. Caso esteja tudo certo, é anexada a etiqueta de garantia.

- i) Embalagem na caixa individual: é a etapa de empacotamento do aparelho na caixa individual. O equipamento é envolto em um plástico bolha e guardado na embalagem juntamente o manual, fonte, cabos e demais acessórios que compõem a caixa. Além disso, é gerada uma etiqueta para a caixa e anexada.
- j) Embalagem na caixa coletiva: são embaladas cinco caixas individuais em uma caixa coletiva, chamada de *Carton Box*. Conforme as caixas individuais, é gerada uma etiqueta de caixa coletiva chamada “*Carton Label*”.
- k) Paletização: são lidos todos os *Carton ID's* gerados na etapa anterior e gerado uma etiqueta de palete com um número de série conforme a sequência, chamado de *Pallet ID*. As caixas coletivas são organizadas numa quantidade determinada e pertencem apenas àquele *Pallet ID*.

O trabalho terá enfoque na etapa de testes funcionais, por serem as estações com maior número de retrabalho, maior quantidade de reprocessamento (ou reteste) e, por isso, produzir maior quantidade de informações e possibilitar maior ganho em caso de melhorias de eficiência.

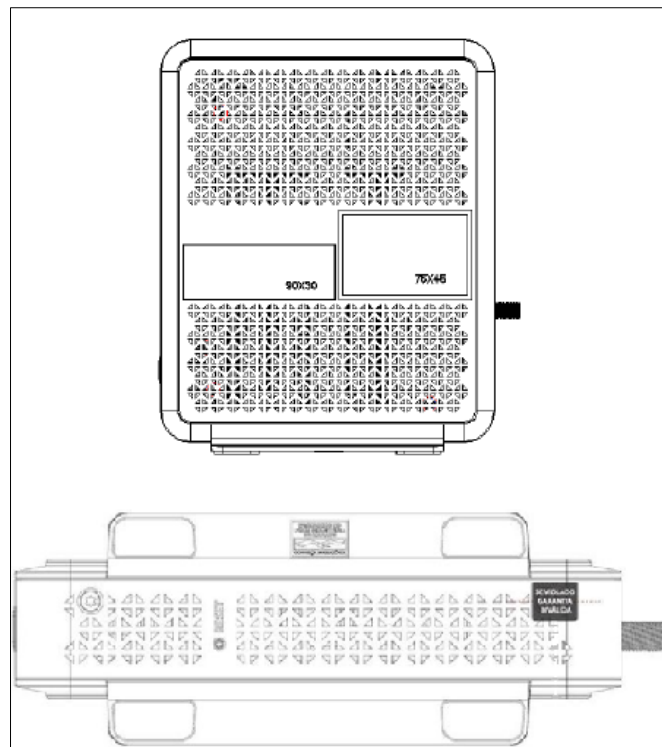


Figura 3.2 - Corte lateral e superior de aparelho *Cable Modem*.



Figura 3.3 - Imagem de um aparelho *Cable Modem*.

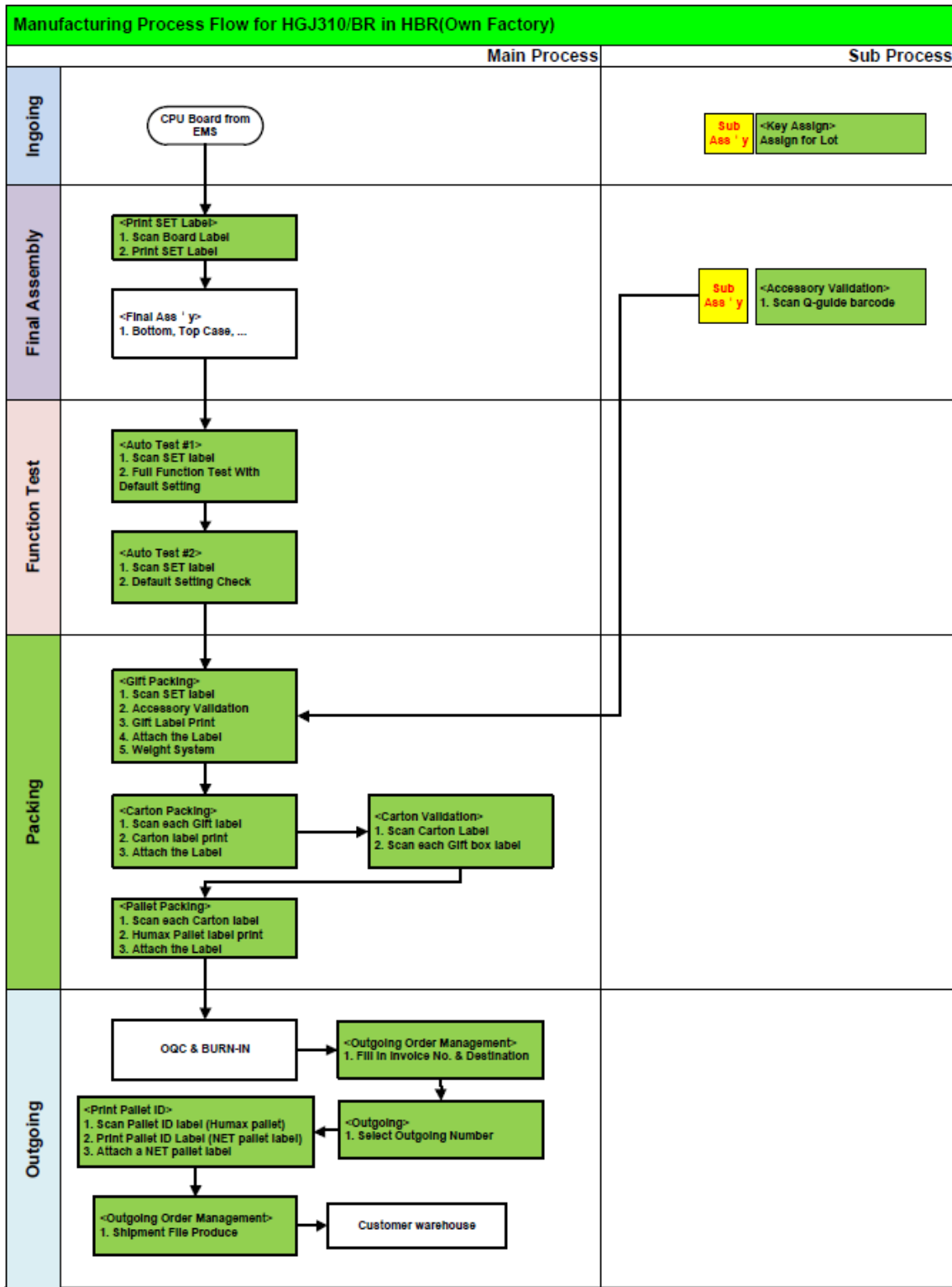


Figura 3.4 - Fluxo do processo de fabricação.

3.2.4 - Descrição do problema e limitação do escopo

A sequência dos comandos de teste da estação de testes funcionais de um aparelho CB segue uma lógica bem definida, obedecendo as características técnicas do

produto, especificações e requerimentos de qualidade impostos pelo desenvolvedor e pelo próprio cliente. Essa sequência lógica é descrita, para o problema que está sendo estudado, na Tabela 3.1. A tabela lista os comandos enviados ao aparelho para os testes funcionais do produto, identificados por códigos de teste. As demais colunas da tabela informam a descrição do item a ser verificado, um exemplo de valor lido do aparelho para cada item e a duração que é o tempo médio necessário para a realização da checagem, em segundos.

Tabela 3.1 - Lista de itens de teste necessários para validação da funcionalidade de um *Cable Modem*.

| Código de Teste | Nome do teste | Duração | Valor Lido |
|-----------------|-------------------------------------|---------|---------------------------------|
| A139 | INITIALIZE TEST SYSTEM 1st | 0,0 | V_5.83 |
| A143 | TEST START STATION_SL | 1,0 | V_5.83 |
| A419 | SW_Version(Factory SW) | 1,2 | BRGCAI 0.3.9.a566_1582184356 |
| G264 | LED_GREEN ALL ON | 1,8 | |
| H213 | ETHERNET1_LINK_SPEED | 0,6 | 1000 |
| H214 | ETHERNET2_LINK_SPEED | 0,6 | 1000 |
| G260 | LED TEST_ROI #1 | 3397 | 9 |
| A415 | SW_Version(Release Loader) | 0,6 | 2.7.0alpha4 |
| G235 | LED_RED ALL OFF | 1,3 | |
| H228 | ETHERNET3_LINK_SPEED | 0,6 | 1000 |
| G254 | LED_RED ALL ON | 2,2 | |
| H229 | ETHERNET4_LINK_SPEED | 0,6 | 1000 |
| H120 | NAND BAD BLOCK COUNT | 0,6 | 00000004 |
| G261 | LED TEST_ROI #2 | 2455 | 4 |
| A320 | Default Application CRC | 1,2 | ea8b863e |
| G118 | KEY_WPS | 44,3 | 00800000 |
| G138 | KEY_HW RESET | 3,0 | 01000000 |
| H245 | CHECK USB1(2.0) Device Detection | 0,6 | |
| H322 | Change CM High Split Path | 1,6 | |
| A533 | CM_Package_Manufacturer_Certificate | 1,2 | |
| A534 | CM_Package_Root_CA | 0,9 | |
| A423 | Compare Serial Number | 1,2 | 14013585850080908992 |
| A424 | Compare 1st Mac Address | 0,6 | C85D38180FE3 |
| A431 | Compare 2nd Mac Address | 0,6 | C85D38180FE4 |
| A435 | Compare 3rd Mac Address | 2,0 | C85D38180FE5 |
| A436 | Compare 4th Mac Address | 1,5 | C85D38180FE6 |
| A449 | Compare 5th MAC ADDRESS | 0,6 | C85D38180FE7 |
| A450 | Compare 6th MAC ADDRESS | 1,5 | C85D38180FE8 |
| A451 | Compare 7th MAC ADDRESS | 1,5 | C85D38180FF0 |
| Q824 | DOS_CMD1 | 1,1 | |
| H488 | WiFi_TX_On_ANT1_5G | 1,1 | |
| A016 | DELAY0 | 10,2 | |
| H484 | WiFi_TX_On_ANT1_2.4G | 1,1 | |
| A022 | DELAY6 | 10,2 | |

| H501 | WIFI_ANT1_RSSI_READ_2.4G | 2,4 | C85D38180FF0 |
|-----------------|-------------------------------------|---------|------------------------|
| A023 | DELAY7 | 10,2 | |
| I103 | Reserved | 0,6 | high |
| A024 | DELAY8 | 10,2 | |
| H482 | WiFi_TX_On_ANT0_2.4G | 1,1 | |
| H486 | WiFi_TX_On_ANT0_5G | 1,4 | |
| H497 | WIFI_ANT0_RSSI_READ_2.4G | 2,4 | C85D38180FF0 |
| H498 | WIFI_ANT0_RSSI_READ_5G | 2,4 | C85D38180FE8 |
| H504 | WIFI_ANT2_RSSI_READ_5G | 2,4 | C85D38180FE8 |
| A079 | PRINTER_PORT_OUT_1 | | |
| A080 | PRINTER_PORT_OUT_2 | | |
| A081 | PRINTER_PORT_OUT_3 | | |
| A082 | PRINTER_PORT_OUT_4 | | |
| H241 | VOIP BOARD PORT0 | 8,1 | |
| H242 | VOIP BOARD PORT1 | 6,8 | |
| Código de Teste | Nome do teste | Duração | Valor Lido |
| A135 | INITIALIZE TEST SYSTEM 3rd | 0,0 | V_5.83 |
| A162 | TEST START (BIST MODE) | 0,8 | factory(1) |
| A007 | WIFI_GET_5G_SSID (Before Default) | 2,7 | CLARO_5G181880 |
| A303 | Default Check Parameter setting_1 | 0,3 | false(2) |
| A304 | Default Check Parameter setting_2 | 0,3 | true(1) |
| A312 | Default Parameter setting for User | 0,3 | IpAddress: 192.168.0.1 |
| A315 | Check Default (Serial Number) | 0,3 | 14013585850080909097 |
| A316 | Check Default (Application Version) | 0,3 | BRGCAI 1.0.10 |
| A319 | Check Default (5G SSID) | 0,3 | disabled(0) |
| A366 | Check Default (Fusing Mode) | 0,3 | SecureBoot Enabled |

A disposição física dos postos de trabalho e da linha de produção é visualizada na Figura 3.5. Essa estrutura de linha de montagem, como dito anteriormente, atende a um pequeno grupo de produtos dentro de uma definição de capacidade e distribuição de atividade definidos pela engenharia industrial da empresa.

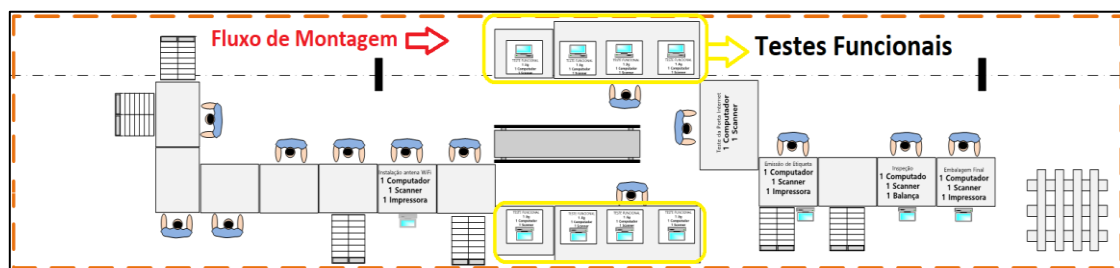


Figura 3.5 - Layout de linha de montagem final.

A Figura 3.5 ilustra alguns pontos importantes da organização da linha de montagem em estudo:

- Arranjo físico das 13 estações de trabalho;
- Identificação das 2 estações de teste em amarelo (a serem estudadas);

c) Sentido de montagem do produto.

Ao término, cada unidade produzida está apta à condição de venda ao cliente final.

3.3 - LEVANTAMENTO DE DADOS E MODELAGEM DO PROBLEMA

Com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria na eficiência dos Jigs de testes funcionais, foi definido uma linha de montagem final e um modelo como objeto deste estudo, sendo um aparelho DOCSIS 3.1, *Cable Modem*, do tipo Gateway (Wi-Fi *Router*). A sequência que será seguida neste estudo é:

a) Levantamento da situação atual da confiabilidade e disposição das falhas: para a experimentação do produto definido, com coleta de dados de falhas e aprovações que foram registradas em cada PC que realiza um teste funcional. O fluxograma da Figura 3.6 descreve os passos dessa etapa: Avaliação dos itens verificados; das respostas dos aparelhos *Device Under Tests* (DUT); confiabilidade da estação e produtividade.

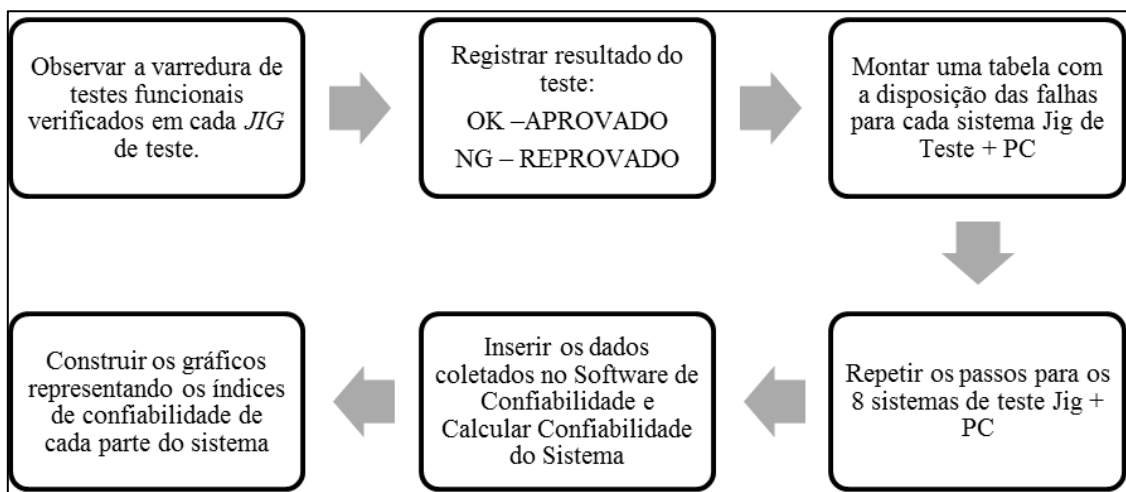


Figura 3.6 - Fluxograma para coleta de tempos de atividades na linha de produção.

Os dados coletados e os cálculos de Confiabilidade, Taxas de falha, gráficos etc., serão mostrados no capítulo seguinte.

b) Modelagem do problema de Confiabilidade: usando softwares de apoio, para otimizar (reduzir) o número de falhas falsas. Nesta etapa, será realizado a construção das equações de otimização e restrições baseando-se dos dados e

premissas técnicas do estudo de caso proposto. Segue notações a serem utilizadas:

n: Número de falhas ($i = 1, \dots, n$);

m: Quantidade ciclo sem falhas ($j = 1, \dots, m$);

t_i : Tempo de operação da tarefa sem falhas;

Variáveis de decisão:

Sujeito à (restrições):

- c) Identificação dos principais ofensores que impactam em uma confiabilidade baixa;
- d) Aplicação de melhorias nos principais ofensores utilizando metodologia DMAIC;
- e) Levantamento e Cálculo de nova Confiabilidade.
- f) Comparação dos resultados de Confiabilidade e atingimento dos objetivos.
- g) Análise crítica do resultado e aplicabilidade das ferramentas, dentro do contexto proposto para o estudo, com o objetivo de fornecer elementos práticos que possam ser, de forma integral ou parcial, utilizados no dia a dia desta ou demais empresas com problemas semelhantes.
- h) Esta pesquisa se limita a tratar o problema da baixa confiabilidade das estações de testes de uma linha de produção em massa utilizando uma metodologia *Reliability Centered Maintenance (RCM)*.

CAPÍTULO 4

MODELAGEM E SIMULAÇÃO

4.1 - MODELO DA LINHA DE MONTAGEM – SITUAÇÃO INICIAL

Visando o estabelecimento de uma referência afim de comparar as melhorias aplicadas e fornecer dados para esta pesquisa, o modelo da linha de produção na condição inicial do estudo é descrito neste capítulo. Os dados serão demonstrados através de gráficos de confiabilidade gerados nos softwares. As tabelas associadas trazem informações sobre a confiabilidade de cada estação e a confiabilidade do processo como um todo.

4.1.1 - Características da linha de montagem

A linha de produção contém 13 estações de trabalho que são alocadas em série. Antes da embalagem, temos as bancadas de testes funcionais conforme Figura 4.1 e estas são organizadas em paralelo. Há 8 bancadas de testes onde cada estação contém 4 PCs e 4 Jigs de teste.



Figura 4.1 - Alocação das estações de testes no processo como um todo.

A Figura 4.2 indica o arranjo físico das estações de teste. Estas estações recebem o aparelho montado já nas condições de ser embalado para envio para campo. O objeto de estudo deste trabalho é, mais precisamente, a confiabilidade de cada sistema PC - Jig de teste.

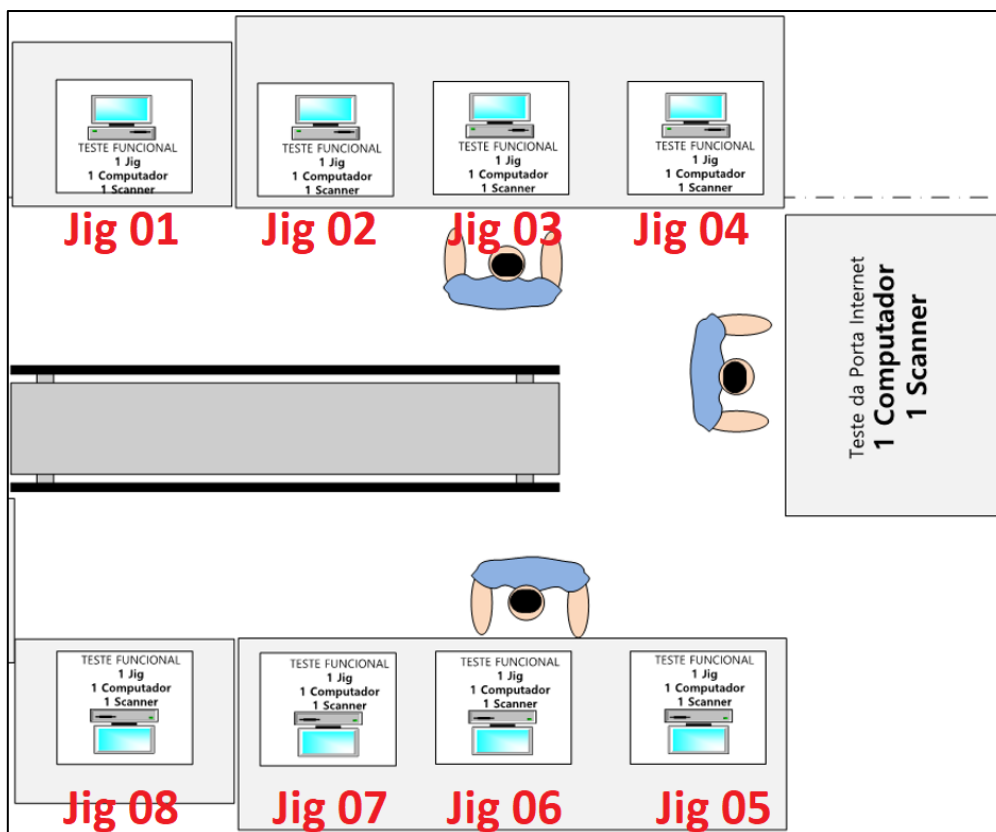


Figura 4.2 - Estações de testes funcionais.

4.1.2 - Distribuição dos itens de verificação do teste funcional

Os itens de verificação automática do aparelho *CM* são identificados com códigos de teste, os quais estão associados a um *script* de teste em específico. Esta codificação não segue uma ordem lógica por terem sido desenvolvidos separadamente e extraídos de *scripts* de outros modelos de aparelho, conforme a Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Lista de itens de teste necessários para validação da funcionalidade de um aparelho *Cable Modem*.

| Código de Teste | Nome do teste | Duração | Valor Lido |
|-----------------|----------------------------|---------|------------------------------|
| A139 | INITIALIZE TEST SYSTEM 1st | 0,0 | V_5.83 |
| A143 | TEST START STATION_SL | 1,0 | V_5.83 |
| A419 | SW_Version(Factory SW) | 1,2 | BRGCAI 0.3.9.a566_1582184356 |
| G264 | LED_GREEN ALL ON | 1,8 | |
| H213 | ETHERNET1_LINK_SPEED | 0,6 | 1000 |
| H214 | ETHERNET2_LINK_SPEED | 0,6 | 1000 |
| G260 | LED TEST_ROI #1 | 3397 | 9 |
| A415 | SW_Version(Release Loader) | 0,6 | 2.7.0alpha4 |
| G235 | LED_RED ALL OFF | 1,3 | |
| H228 | ETHERNET3_LINK_SPEED | 0,6 | 1000 |

| G254 | LED_RED ALL ON | 2,2 | |
|-----------------|-------------------------------------|---------|------------------------|
| H229 | ETHERNET4_LINK_SPEED | 0,6 | 1000 |
| H120 | NAND BAD BLOCK COUNT | 0,6 | 00000004 |
| G261 | LED TEST_ROI #2 | 2455 | 4 |
| A320 | Default Application CRC | 1,2 | ea8b863e |
| G118 | KEY_WPS | 44,3 | 00800000 |
| G138 | KEY_HW RESET | 3,0 | 01000000 |
| H245 | CHECK USB1(2.0) Device Detection | 0,6 | |
| H322 | Change CM High Split Path | 1,6 | |
| A533 | CM_Package_Manufacturer_Certificate | 1,2 | |
| A534 | CM_Package_Root_CA | 0,9 | |
| A423 | Compare Serial Number | 1,2 | 14013585850080908992 |
| A424 | Compare 1st Mac Address | 0,6 | C85D38180FE3 |
| A431 | Compare 2nd Mac Address | 0,6 | C85D38180FE4 |
| A435 | Compare 3rd Mac Address | 2,0 | C85D38180FE5 |
| A436 | Compare 4th Mac Address | 1,5 | C85D38180FE6 |
| A449 | Compare 5th MAC ADDRESS | 0,6 | C85D38180FE7 |
| A450 | Compare 6th MAC ADDRESS | 1,5 | C85D38180FE8 |
| A451 | Compare 7th MAC ADDRESS | 1,5 | C85D38180FF0 |
| Q824 | DOS_CMD1 | 1,1 | |
| H488 | WiFi_TX_On_ANT1_5G | 1,1 | |
| A016 | DELAY0 | 10,2 | |
| H484 | WiFi_TX_On_ANT1_2.4G | 1,1 | |
| A022 | DELAY6 | 10,2 | |
| H501 | WIFI_ANT1_RSSI_READ_2.4G | 2,4 | C85D38180FF0 |
| A023 | DELAY7 | 10,2 | |
| 1103 | Reserved | 0,6 | high |
| A024 | DELAY8 | 10,2 | |
| H482 | WiFi_TX_On_ANT0_2.4G | 1,1 | |
| H486 | WiFi_TX_On_ANT0_5G | 1,4 | |
| H497 | WIFI_ANT0_RSSI_READ_2.4G | 2,4 | C85D38180FF0 |
| H498 | WIFI_ANT0_RSSI_READ_5G | 2,4 | C85D38180FE8 |
| H504 | WIFI_ANT2_RSSI_READ_5G | 2,4 | C85D38180FE8 |
| A079 | PRINTER_PORT_OUT_1 | | |
| A080 | PRINTER_PORT_OUT_2 | | |
| A081 | PRINTER_PORT_OUT_3 | | |
| A082 | PRINTER_PORT_OUT_4 | | |
| H241 | VOIP BOARD PORT0 | 8,1 | |
| H242 | VOIP BOARD PORT1 | 6,8 | |
| Código de Teste | Nome do teste | Duração | Valor Lido |
| A135 | INITIALIZE TEST SYSTEM 3rd | 0,0 | V_5.83 |
| A162 | TEST START (BIST MODE) | 0,8 | factory(1) |
| A007 | WIFI_GET_5G_SSID (Before Default) | 2,7 | CLARO_5G181880 |
| A303 | Default Check Parameter setting_1 | 0,3 | false(2) |
| A304 | Default Check Parameter setting_2 | 0,3 | true(1) |
| A312 | Default Parameter setting for User | 0,3 | IpAddress: 192.168.0.1 |
| A315 | Check Default (Serial Number) | 0,3 | 14013585850080909097 |
| A316 | Check Default (Application Version) | 0,3 | BRGCAI 1.0.10 |
| A319 | Check Default (5G SSID) | 0,3 | disabled(0) |
| A366 | Check Default (Fusing Mode) | 0,3 | SecureBoot Enabled |

4.2 - DISPOSIÇÃO DAS FALHAS – SITUAÇÃO INICIAL

Os dados foram extraídos do sistema MES interno da fábrica. No sistema, há um campo chamado “*View Test Result*”, com possibilidade de extração de arquivo em formato de planilha, com todos os resultados de verificação de cada item.

A distribuição das falhas pode ser tratada levando-se em conta o tempo até ocorrer uma determinada falha ou a frequência considerando o número de aparelhos testados. Num primeiro momento, faremos as tratativas utilizando-se o domínio da frequência, ou seja, após quantos aparelhos, ocorrerá uma nova falha (e não após quanto tempo).

Foram construídas uma tabela para cada PC. E então organizada a distribuição das falhas por jig. Seguindo-se o seguinte procedimento:

- a) Passo 1 – Filtra-se o número do jig o qual se deseja verificar;
- b) Passo 2 – Atribui-se um número de sequência de teste para cada aparelho testado.
- c) Passo 3 – Registra-se apenas os que falharam (após determinado número de testes).

4.2.1 - Dados de falhas

Todos os dados abaixo foram extraídos de testes realizados no dia 02 de março de 2020, data de início da produção em massa do modelo. A produção em massa iniciou-se logo em seguida do lote piloto de produção. Este lote piloto foi aprovado com um percentual de falhas falsas dentro do limite aceitável que é 100000 dppm (*Defective Parts Per Million*).

A Tabela 4.2 - Resultados JIG01 mostra os resultados de uma sequência de testes para o Jig 01. Na primeira coluna, mostra-se de qual jig de teste são os dados. Na segunda coluna, mostra-se a data e a hora de quando foram realizados os testes. Neste caso, a data foi em 02 de março de 2020 às 08 horas, 35 minutos e 11 segundos. A terceira coluna mostra qual é a sequência de testes e a quarta coluna mostra se o teste foi aprovado ou não. Se aprovado, a quarta coluna mostra “OK” e, se reprovado, a quarta coluna mostra “NG”(not good). Esta tabela servirá de ponto de partida para se entender a Figura 4.3 - Resultados software ProConf no JIG01. O formato da Figura 4.3 é o que será utilizado para os cálculos de confiabilidade. Nesta figura são excluídos os dados de

tempo e sequência dos testes aprovados. Focaremos apenas nos resultados negativos para os cálculos.

A distribuição das falhas pode ser tratada levando-se em conta o tempo até ocorrer uma determinada falha ou a frequência considerando o número de aparelhos testados. Num primeiro momento, faremos as tratativas utilizando-se o domínio da frequência, ou seja, após quantos aparelhos, ocorrerá uma nova falha (e não após quanto tempo).

Abaixo, encontra-se a distribuição de aprovações e falhas para o Jig01:

Tabela 4.2 - Resultados JIG01.

| Jig ID | Tempo de Teste | Sequência | Resultado | Fail |
|--------|-----------------|-----------|-----------|-----------------------|
| JIG01 | 20200302 083511 | 1 | OK | |
| JIG01 | 20200302 083606 | 2 | NG | VOIP BOARD PORT0 |
| JIG01 | 20200302 083911 | 3 | NG | TEST START STATION_SL |
| JIG01 | 20200302 085029 | 4 | OK | |
| JIG01 | 20200302 085245 | 5 | OK | |
| JIG01 | 20200302 085330 | 6 | OK | |
| JIG01 | 20200302 085427 | 7 | OK | |
| JIG01 | 20200302 085439 | 8 | OK | |
| JIG01 | 20200302 085531 | 9 | OK | |
| JIG01 | 20200302 085616 | 10 | OK | |
| JIG01 | 20200302 085814 | 11 | NG | ETHERNET1_LINK_SPEED |
| JIG01 | 20200302 085922 | 12 | OK | |

Para efeitos de estudo e análise, consideraremos apenas a sequência de resultados negativos. Na Tabela 4.3, encontra-se a distribuição apenas das falhas para o Jig01

Tabela 4.3 - Resultados JIG01.

| Jig ID | Test Time | Sequence | Test Result | Defect |
|--------|-----------------|----------|-------------|----------------------------------|
| JIG01 | 20200302 083606 | 2 | NG | VOIP BOARD PORT0 |
| JIG01 | 20200302 083911 | 3 | NG | TEST START STATION_SL |
| JIG01 | 20200302 085814 | 11 | NG | ETHERNET1_LINK_SPEED |
| JIG01 | 20200302 090701 | 39 | NG | CHECK USB1(2.0) Device Detection |
| JIG01 | 20200302 090757 | 41 | NG | TEST START STATION_SL |
| JIG01 | 20200302 092303 | 70 | NG | Compare 1st Mac Address |
| JIG01 | 20200302 092605 | 74 | NG | ETHERNET1_LINK_SPEED |
| JIG01 | 20200302 092742 | 76 | NG | WiFi_TX_On_ANT1_2.4G |
| JIG01 | 20200302 093351 | 82 | NG | TEST START STATION_SL |
| JIG01 | 20200302 101509 | 151 | NG | ETHERNET1_LINK_SPEED |

Inserindo os dados da Tabela 4.3 no software ProConf temos a disposição da Figura 4.3:

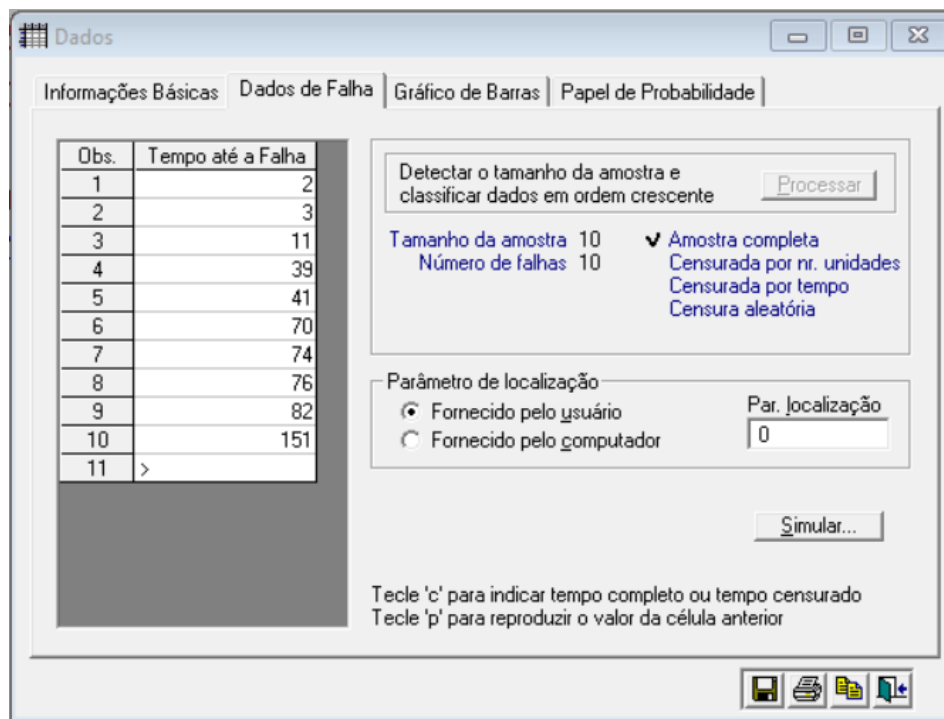


Figura 4.3 - Resultados software ProConf no JIG01.

Abaixo, tem-se as Figuras dos gráficos de Barras de Frequência, Taxa de Falha, Confiabilidade, Densidade Acumulada de Falhas, todos em função de t: seqüência:

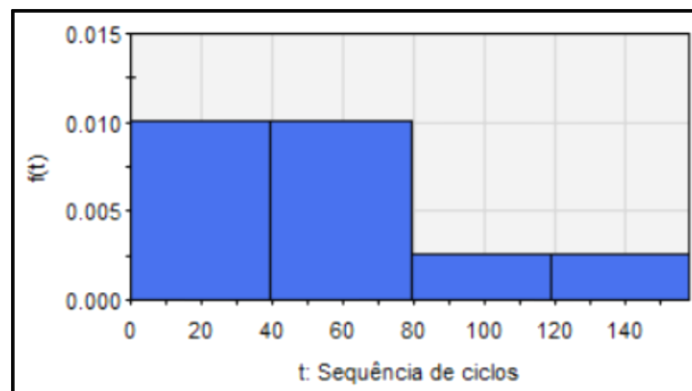


Figura 4.4 - Frequência.

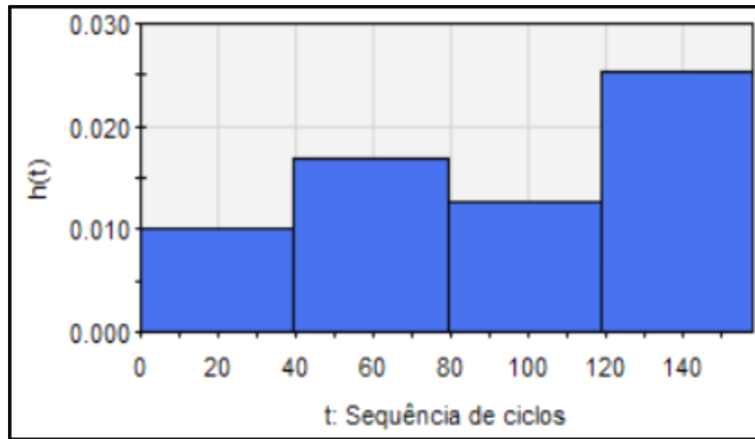


Figura 4.5 - Taxa de falha.

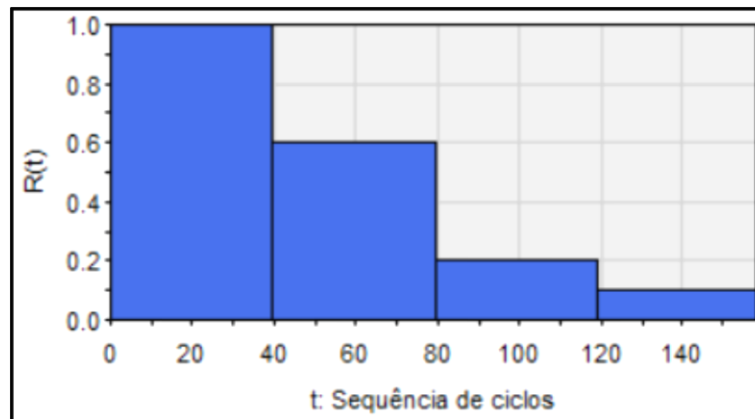


Figura 4.6 - Confiabilidade.

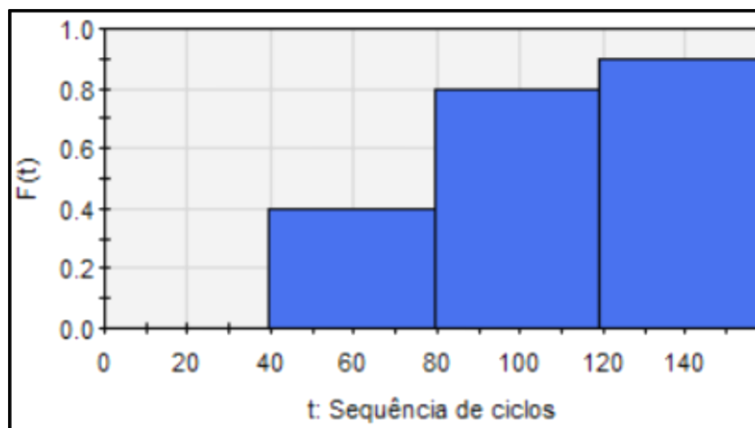


Figura 4.7 - Densidade acumulada de falha.

Abaixo, temos o Papel de Probabilidade para a distribuição referente ao Jig 1 conforme os modelos Exponencial, Weibull, Lognormal, Normal:

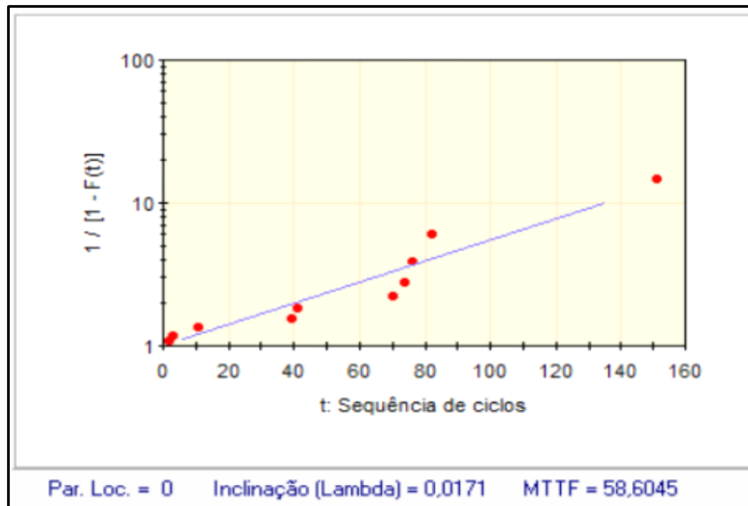


Figura 4.8 - Modelo Exponencial.

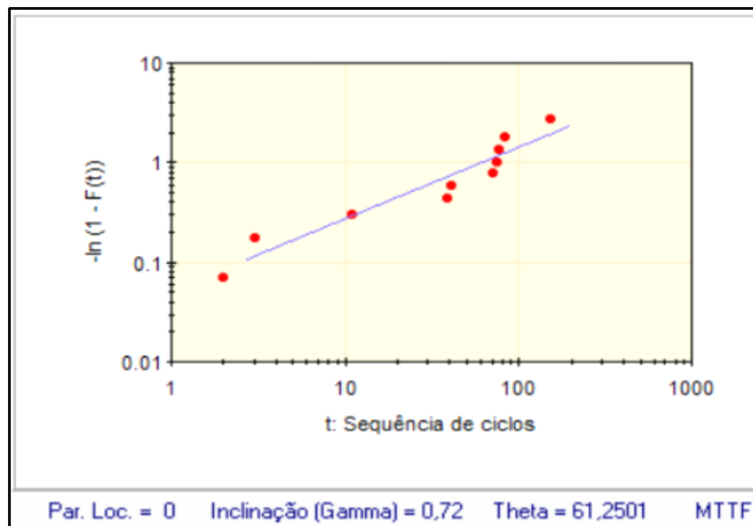


Figura 4.9 - Modelo Weibull.

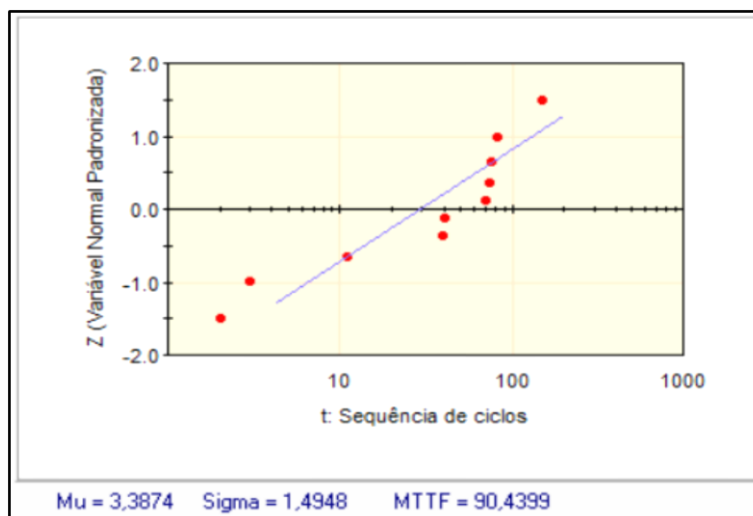


Figura 4.10 - Modelo Lognormal.

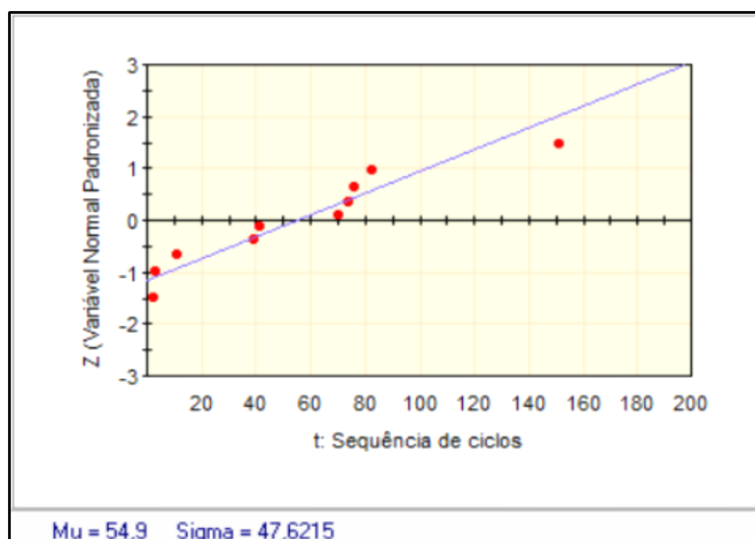


Figura 4.11 - Modelo normal.

Abaixo, encontra-se a distribuição de falhas para o **Jig 02**:

Tabela 4.4 - JIG02.

| Jig ID | Test Time | Sequence | Test Result |
|--------|-----------------|----------|-------------|
| JIG02 | 20200302 081409 | 29 | NG |
| JIG02 | 20200302 081905 | 36 | NG |
| JIG02 | 20200302 082523 | 41 | NG |
| JIG02 | 20200302 084914 | 72 | NG |
| JIG02 | 20200302 091712 | 95 | NG |
| JIG02 | 20200302 092150 | 98 | NG |
| JIG02 | 20200302 093929 | 121 | NG |
| JIG02 | 20200302 113936 | 274 | NG |
| JIG02 | 20200302 131619 | 327 | NG |
| JIG02 | 20200302 143648 | 441 | NG |
| JIG02 | 20200302 152347 | 505 | NG |
| JIG02 | 20200302 154657 | 536 | NG |
| JIG02 | 20200302 160645 | 566 | NG |
| JIG02 | 20200302 160722 | 567 | NG |
| JIG02 | 20200302 162157 | 571 | NG |

Inserindo os dados da Tabela 4.4 no software ProConf tem-se a disposição abaixo:

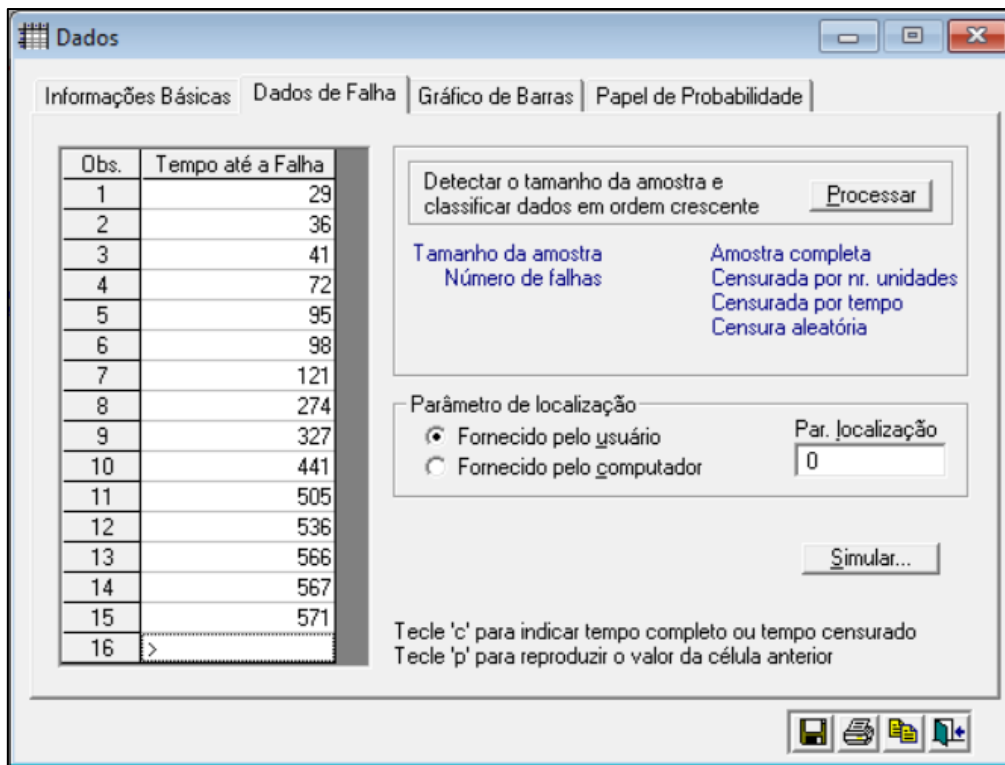


Figura 4.12 - Resultados no software ProConf JIG02.

Abaixo, tem-se os **Gráficos de Barras de Frequência, Taxa de Falha, Confiabilidade, Densidade Acumulada de Falhas**, todos em função de t: seqüência:

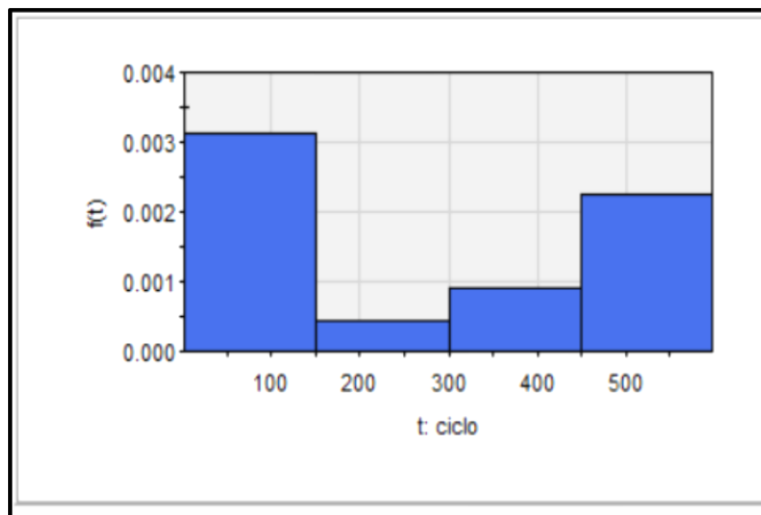


Figura 4.13 - Frequência JIG02.

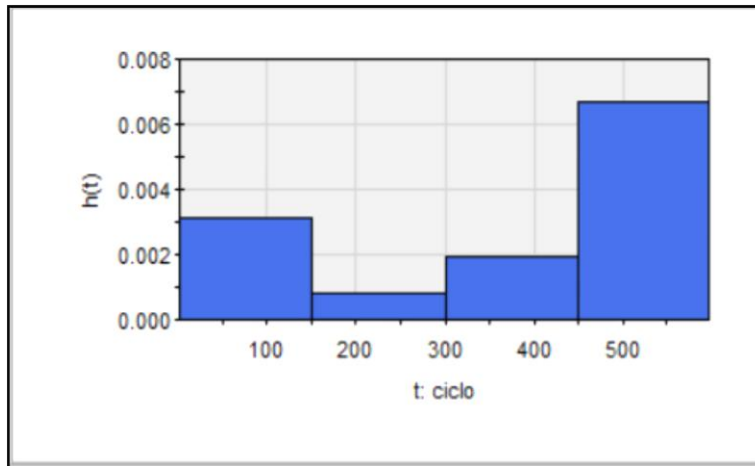


Figura 4.14 - Taxa de falha JIG02.

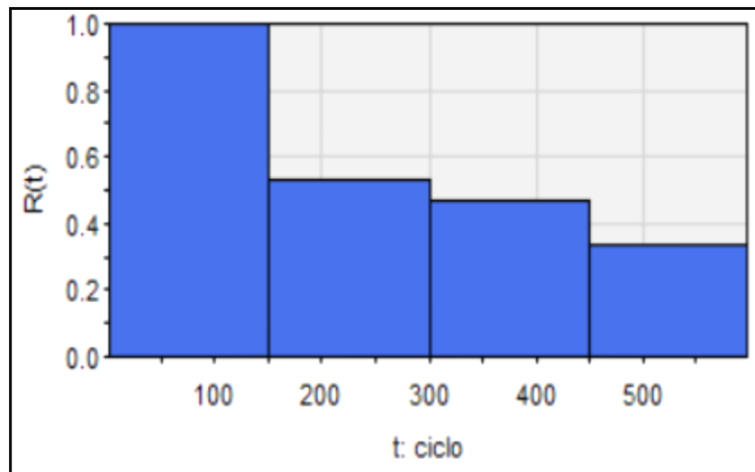


Figura 4.15 - Confiabilidade JIG02.

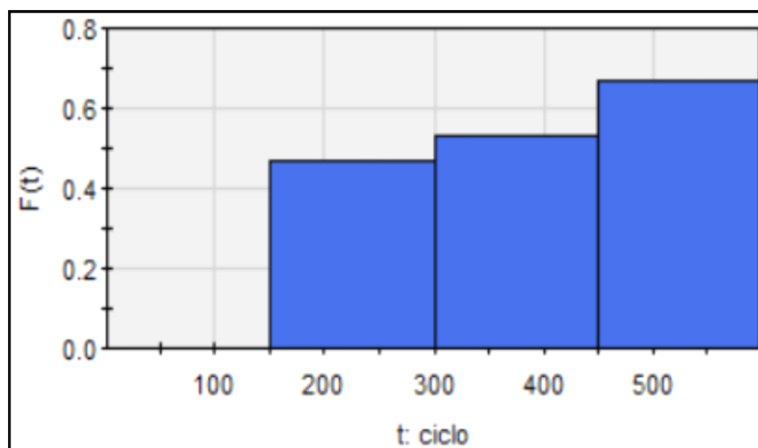


Figura 4.16 - Densidade acumulada de Falha JIG02.

Abaixo, tem-se o **Papel de Probabilidade** para a distribuição referente ao **Jig 02** conforme os modelos **Exponencial, Weibull, Lognormal, Normal**:

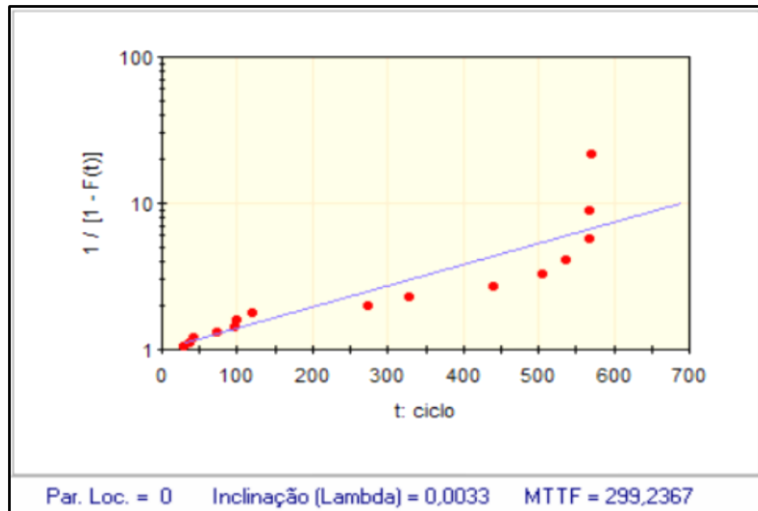


Figura 4.17 - Molde exponencial JIG02.

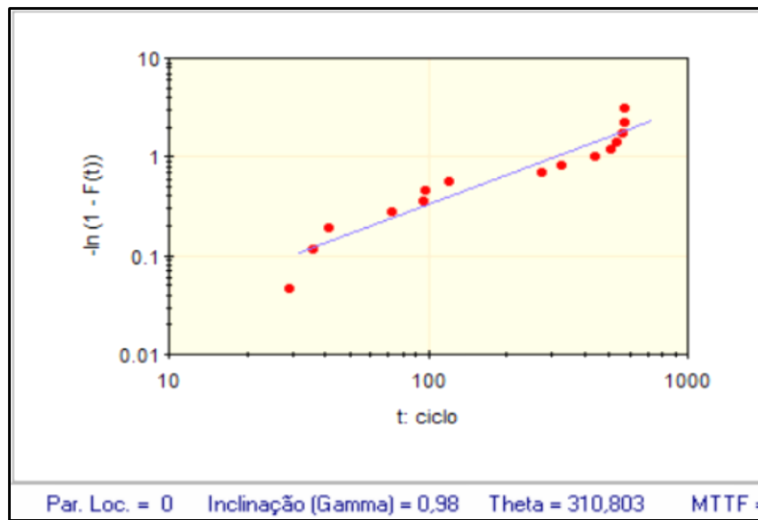


Figura 4.18 - Modelo Weibull JIG02.

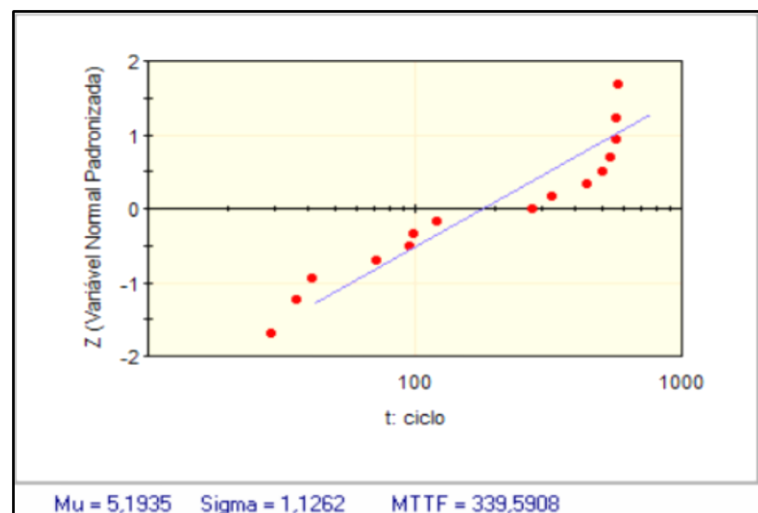


Figura 4.19 - Modelo Lognormal.

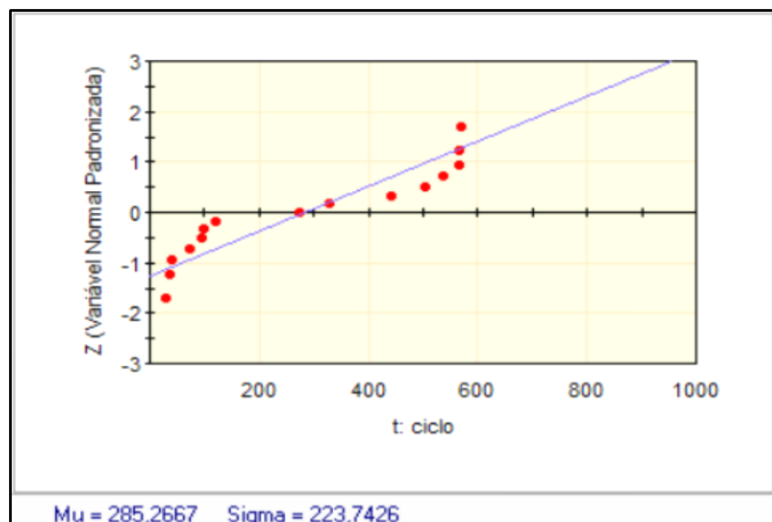


Figura 4.20 - Modelo normal JIG02.

Abaixo, encontra-se a distribuição de falhas para o Jig 03:

Tabela 4.5 - Resultados JIG03.

| Jig ID | Test Time | Sequence | Test Result |
|--------|-----------------|----------|-------------|
| JIG03 | 20200302 075926 | 1 | NG |
| JIG03 | 20200302 085537 | 18 | NG |
| JIG03 | 20200302 104807 | 48 | NG |
| JIG03 | 20200302 115802 | 69 | NG |
| JIG03 | 20200302 130243 | 71 | NG |
| JIG03 | 20200302 130418 | 72 | NG |
| JIG03 | 20200302 160849 | 138 | NG |
| JIG03 | 20200302 165059 | 146 | NG |

Inserindo os dados da **Tabela 4.5** no software **ProConf** temos a disposição abaixo:

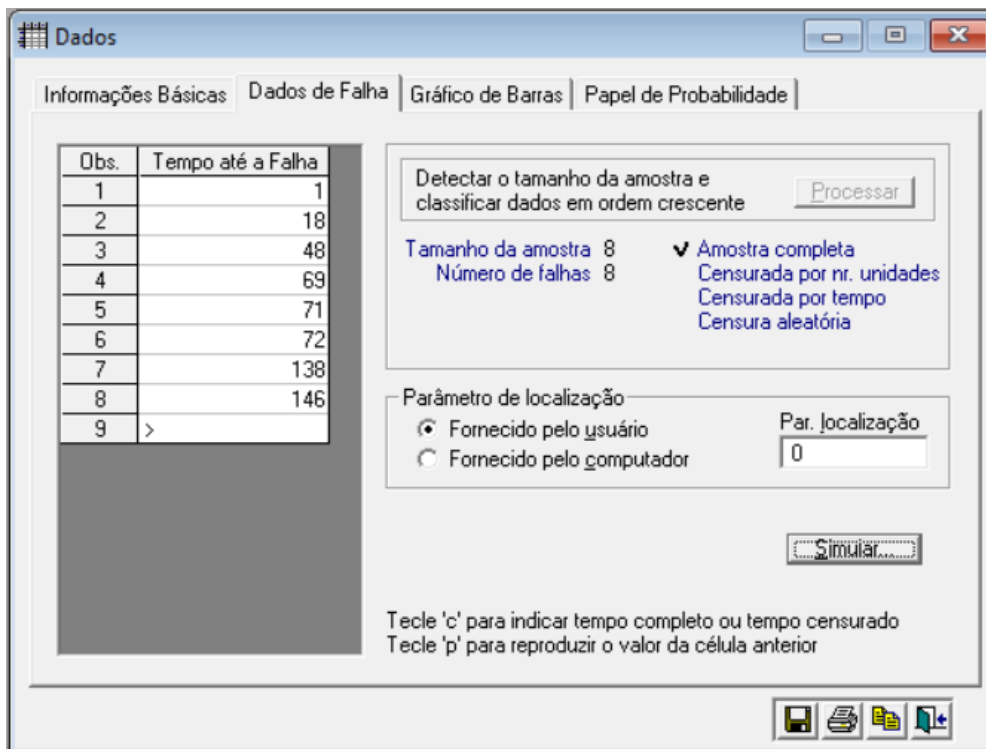


Figura 4.21 - Software ProConf JIG03.

Abaixo, tem-se os **Gráficos de Barras de Frequência, Taxa de Falha, Confiabilidade, Densidade Acumulada de Falhas**, todos em função de t: sequência:

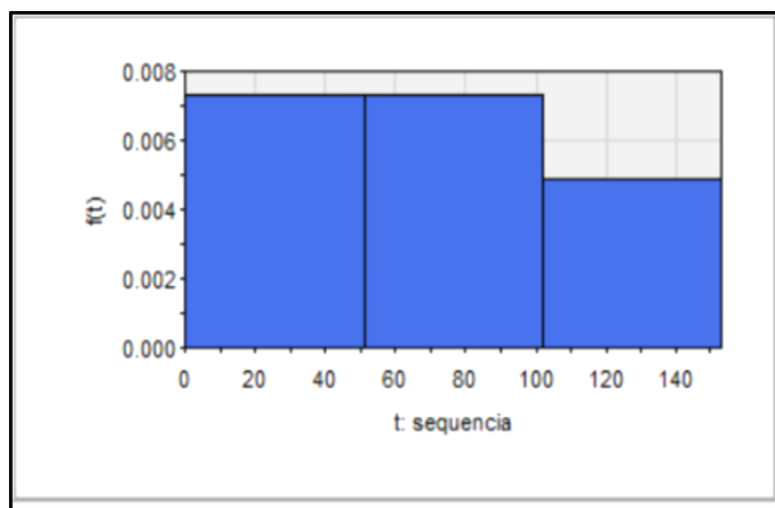


Figura 4.22 - Frequência JIG 03.

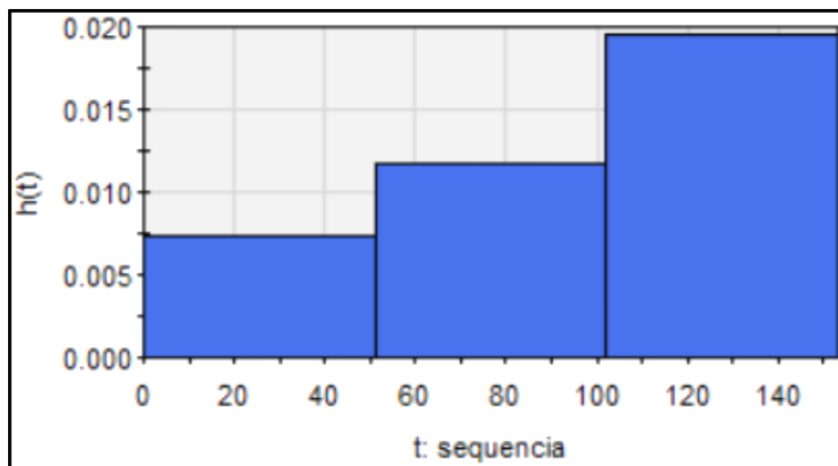


Figura 4.23 - Taxa de falha JIG03.

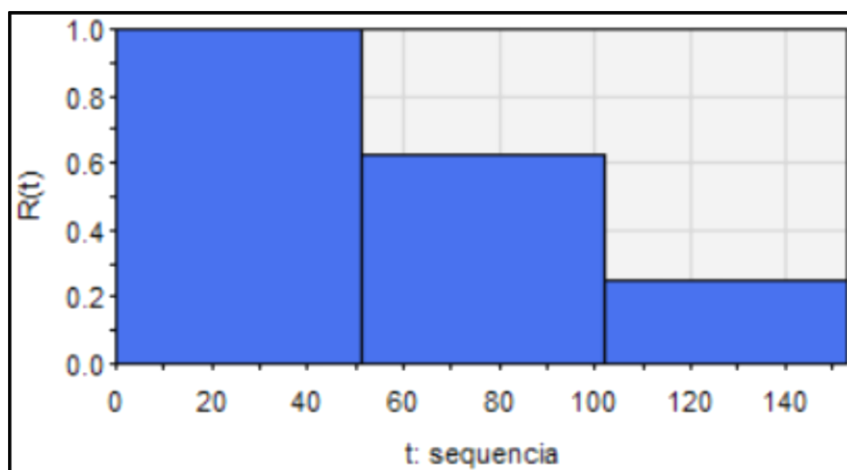


Figura 4.24 - Confiabilidade JIG03.

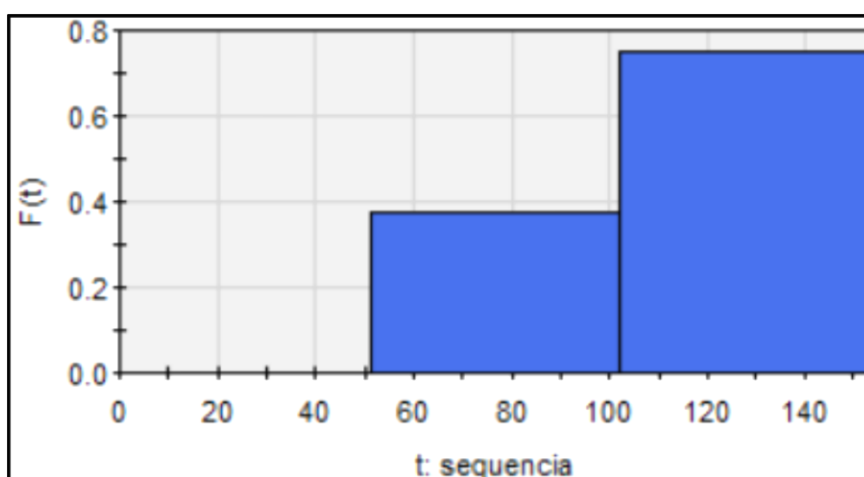


Figura 4.25 - Densidade acumulada de falha JIG03.

Abaixo, temos o Papel de Probabilidade para a distribuição referente ao Jig 03 conforme os modelos Exponencial, Weibull, Lognormal, Normal:

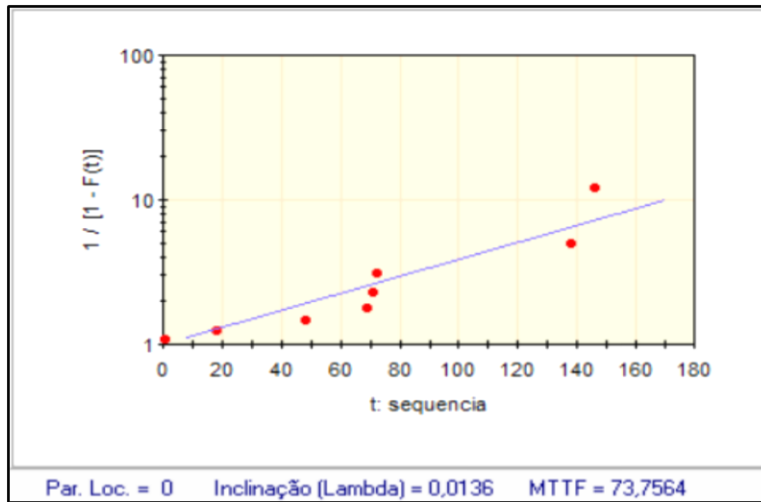


Figura 4.26 - Modelo Exponencial JIG03.

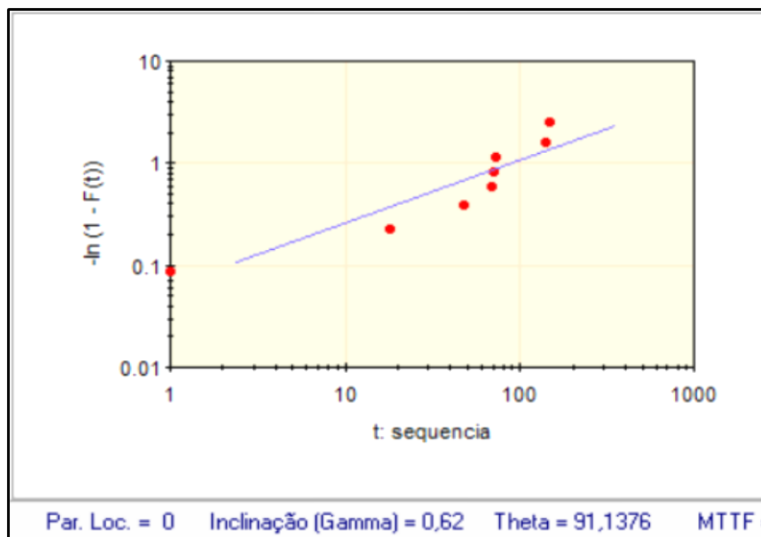


Figura 4.27 - Modelo Weibull JIG03.

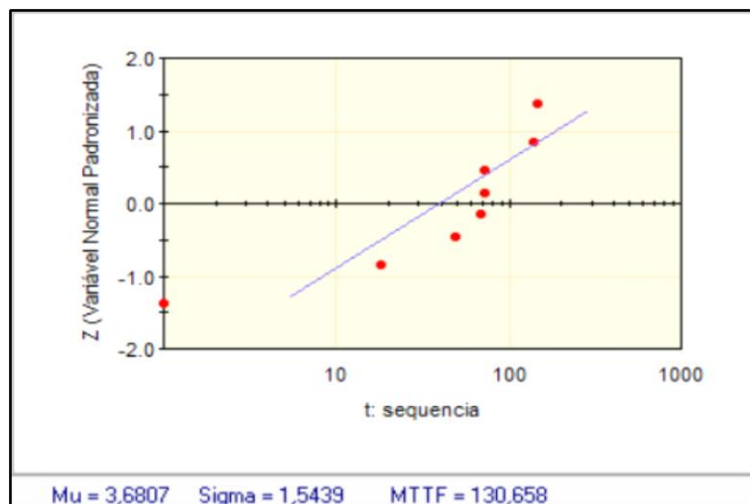


Figura 4.28 - Modelo Lognormal JIG03.

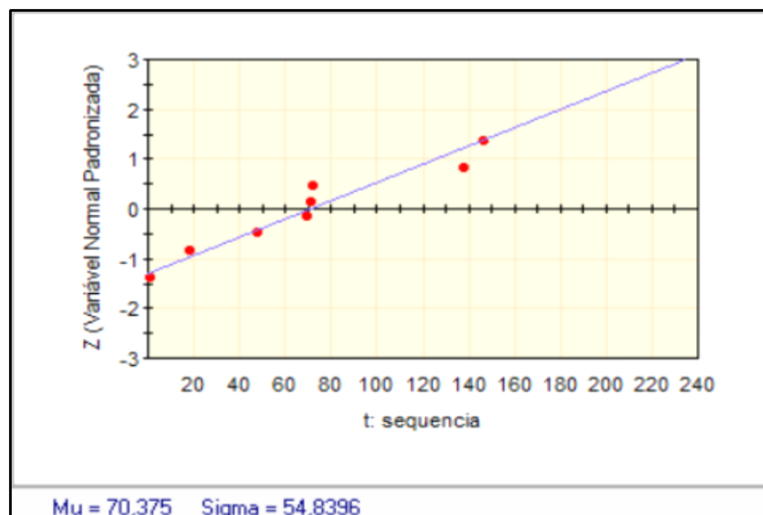


Figura 4.29 - Modelo Normal JIG 03.

Abaixo, encontra-se a distribuição de falhas para o Jig 04:

Tabela 4.6 - Resultados JIG04.

| Jig ID | Test Time | Sequence | Test Result |
|--------|-----------------|----------|-------------|
| JIG04 | 20200302 084620 | 124 | NG |
| JIG04 | 20200302 141048 | 1565 | NG |
| JIG04 | 20200302 144344 | 1777 | NG |
| JIG04 | 20200302 151127 | 1934 | NG |
| JIG04 | 20200302 170710 | 2561 | NG |

Inserindo os dados da Tabela 4.6 no software **ProConf** temos a disposição abaixo:

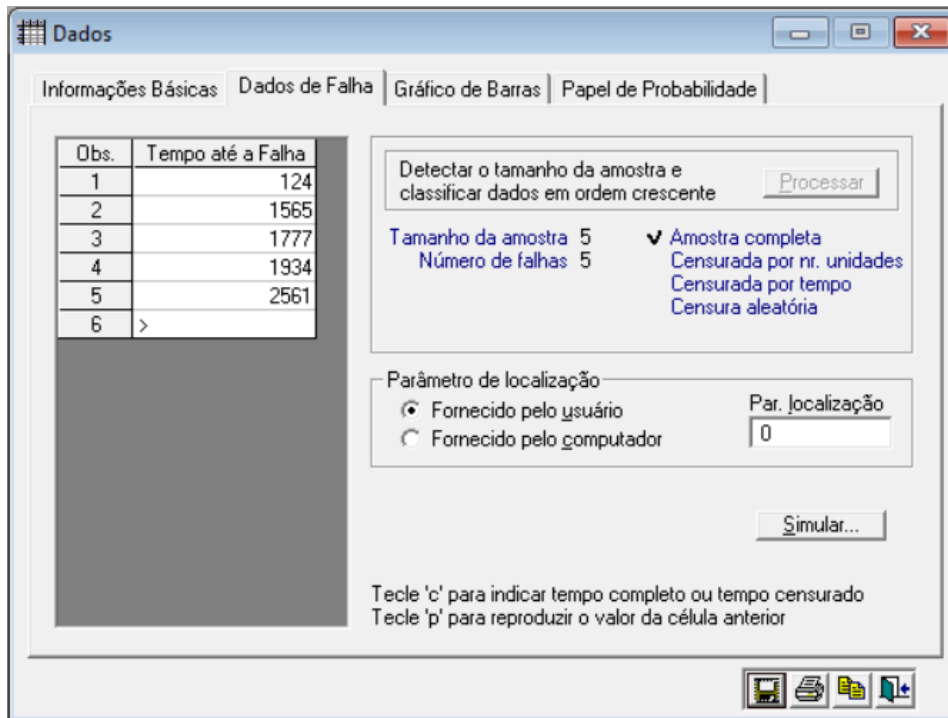


Figura 4.30 - Resultados software ProConf ds JIG04.

Abaixo, tem-se os **Gráficos de Barras de Frequência, Taxa de Falha, Confiabilidade, Densidade Acumulada de Falhas**, todos em função de t: sequência:

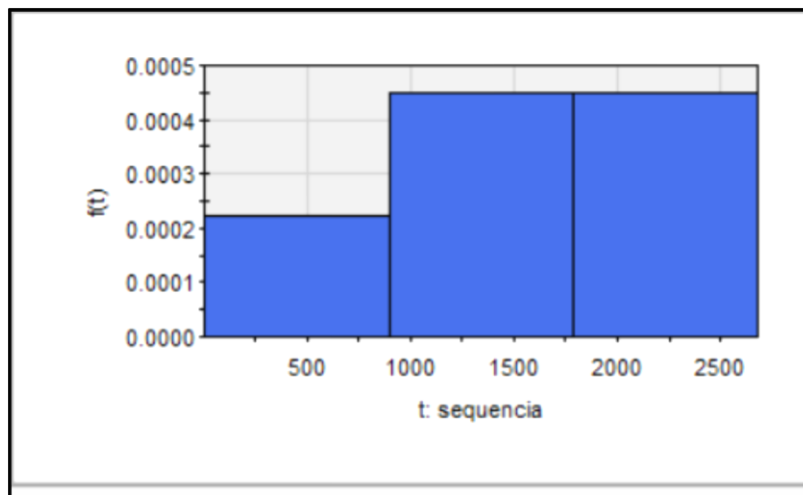


Figura 4.31 - Frequência JIG04.

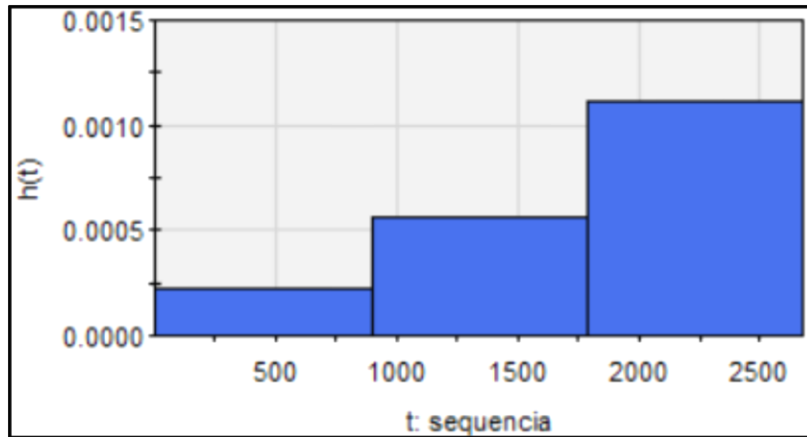


Figura 4.32 - Taxa de falha JIG04.

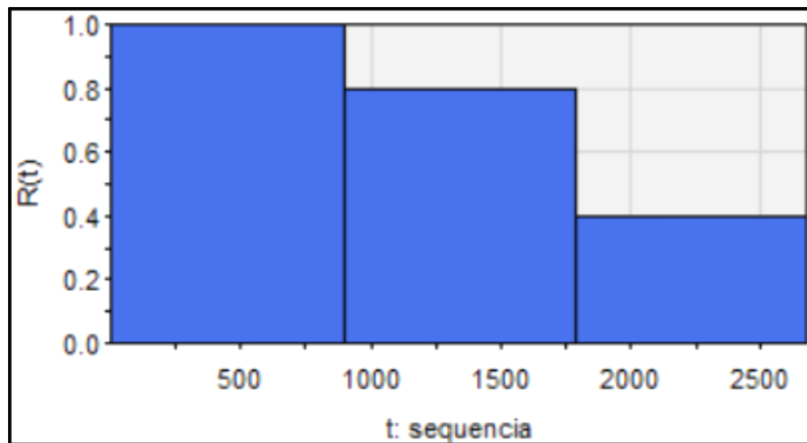


Figura 4.33 - Confiabilidade JIG04.

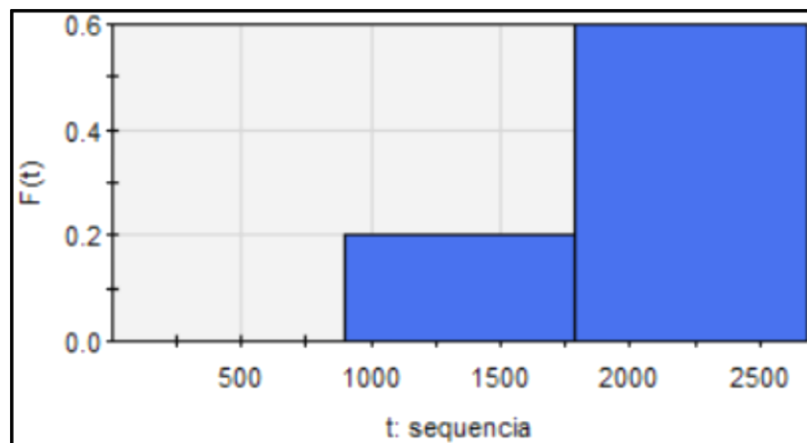


Figura 4.34 - Densidade de falha acumulada JIG04.

Abaixo, tem-se o Papel de Probabilidade para a distribuição referente ao Jig 04 conforme os modelos Exponencial, Weibull, Lognormal, Normal:

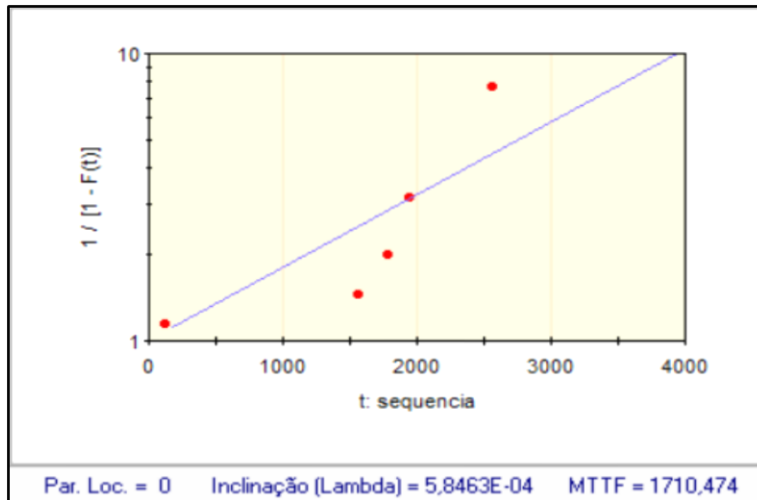


Figura 4.35 - Modelo Exponencial JIG04.

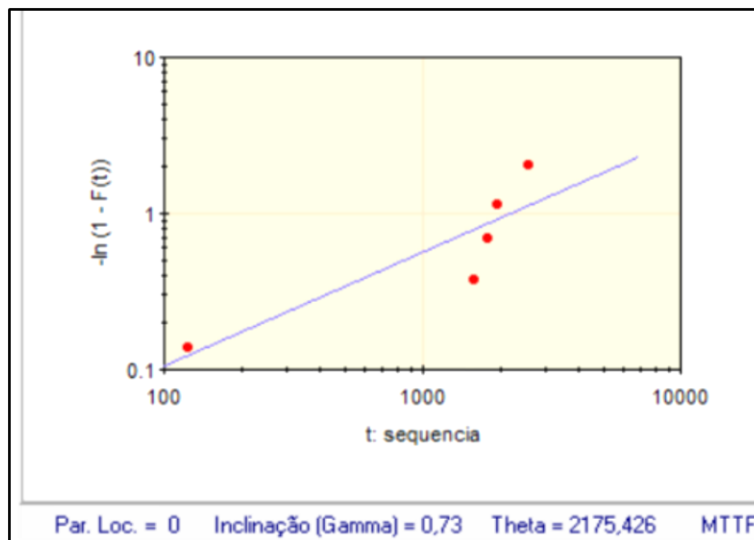


Figura 4.36 - Modelo Weibull JIG04.

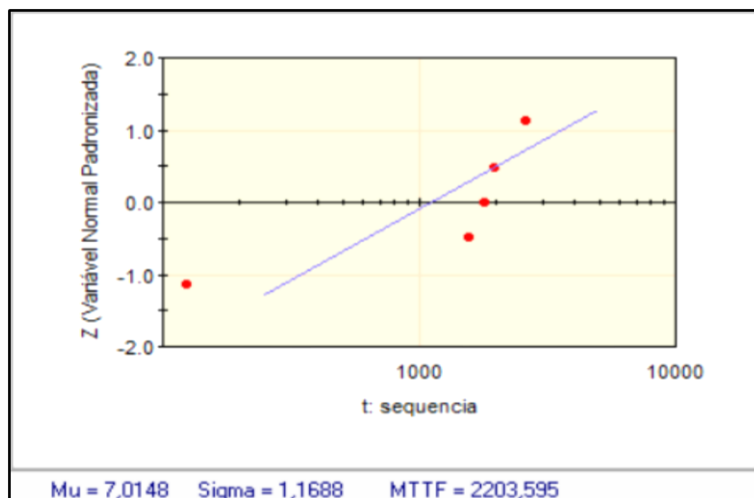


Figura 4.37 - Modelo Lognormal.

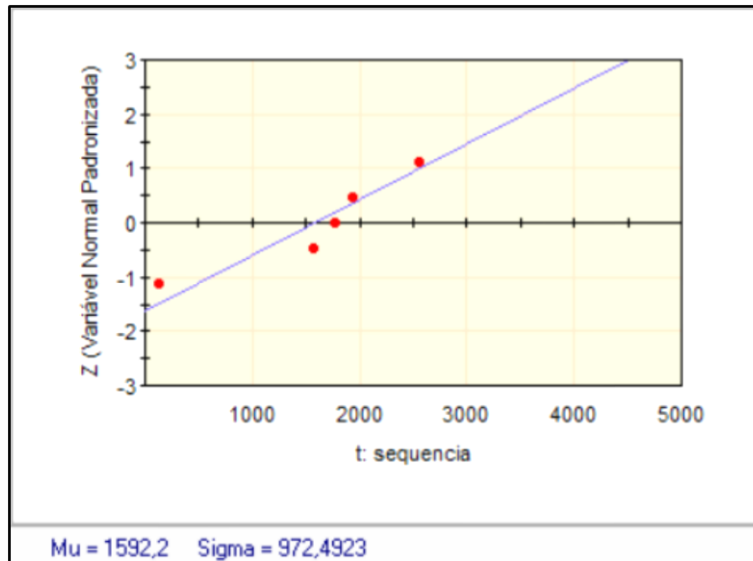


Figura 4.38 - Modelo normal.

Abaixo, encontra-se a distribuição de falhas para o Jig 05:

Tabela 4.7 - Resultados JIG05.

| Jig ID | Test Time | Duration | Test Result |
|--------|-----------------|----------|-------------|
| JIG05 | 20200302 101655 | 16 | NG |
| JIG05 | 20200302 144735 | 43 | NG |
| JIG05 | 20200302 163351 | 66 | NG |
| JIG05 | 20200302 171454 | 73 | NG |

Inserindo os dados da Tabela 4.7 no software **ProConf** temos a disposição abaixo:

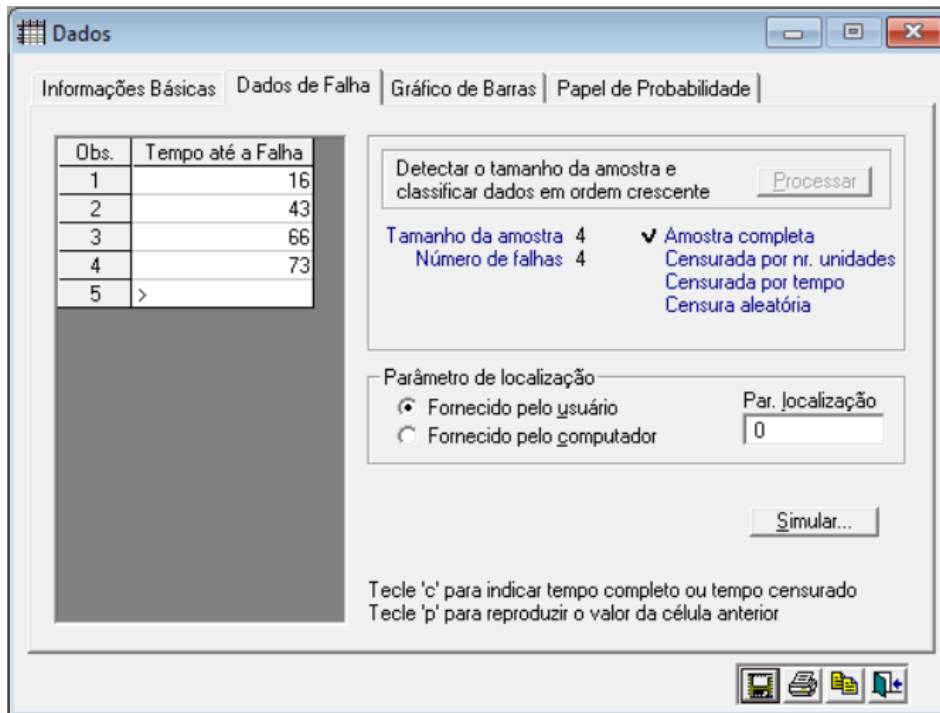


Figura 4.39 - Resultados no software ProConf JIG05.

Abaixo, temos os **Gráficos de Barras de Frequência, Taxa de Falha, Confiabilidade, Densidade Acumulada de Falhas**, todos em função de t: sequência:

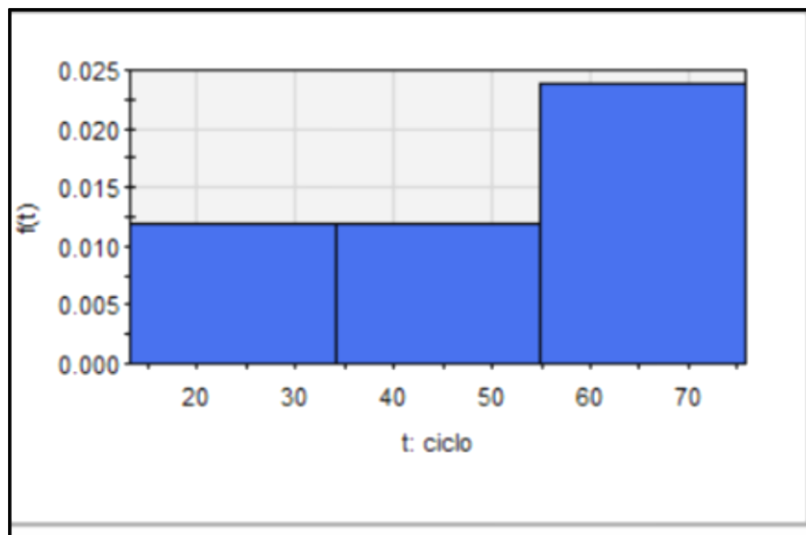


Figura 4.40 - Frequência JIG05.

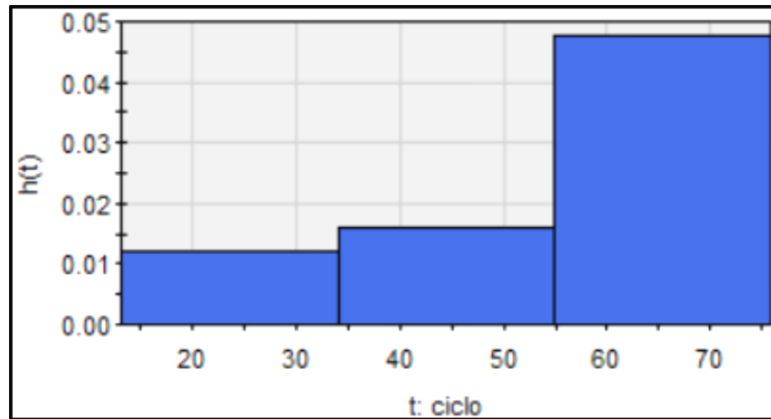


Figura 4.41 - Taxa de falha JIG05.

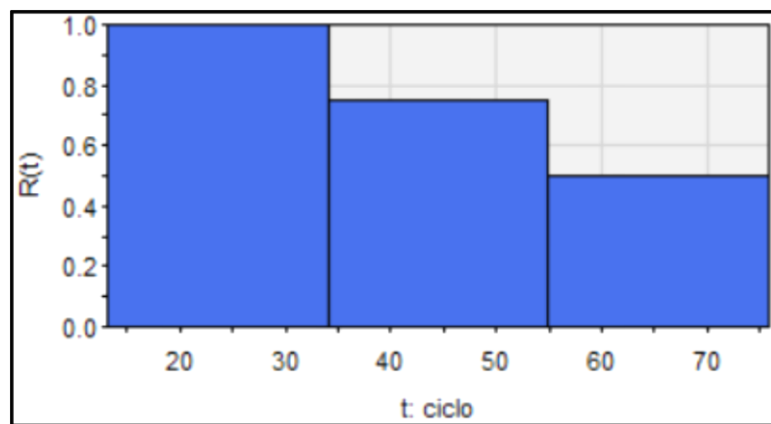


Figura 4.42 - Confiabilidade JIG05.

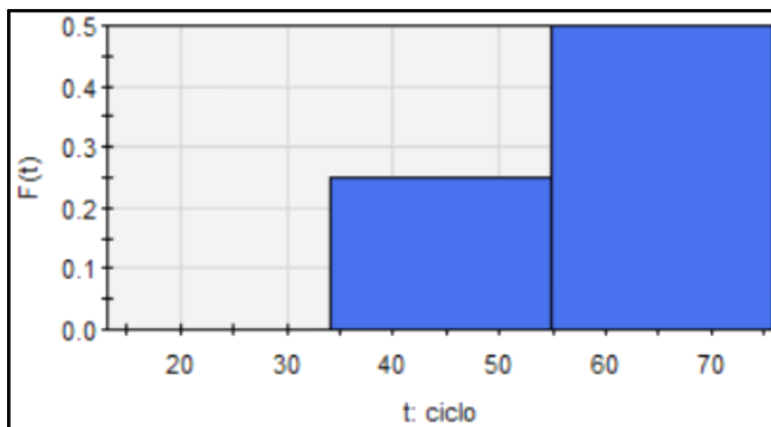


Figura 4.43 - Densidade acumulada de falha.

Abaixo, o Papel de Probabilidade para a distribuição referente ao Jig 05 conforme os modelos Exponencial, Weibull, Lognormal, Normal:

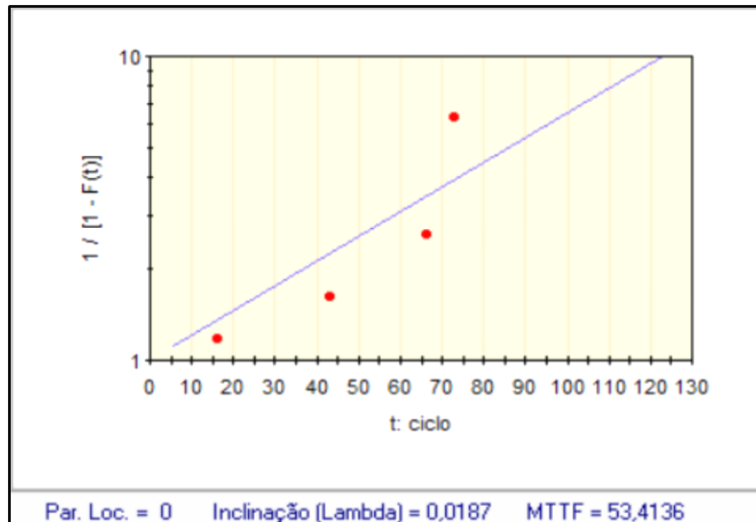


Figura 4.44 - Modelo Exponencial JIG05.

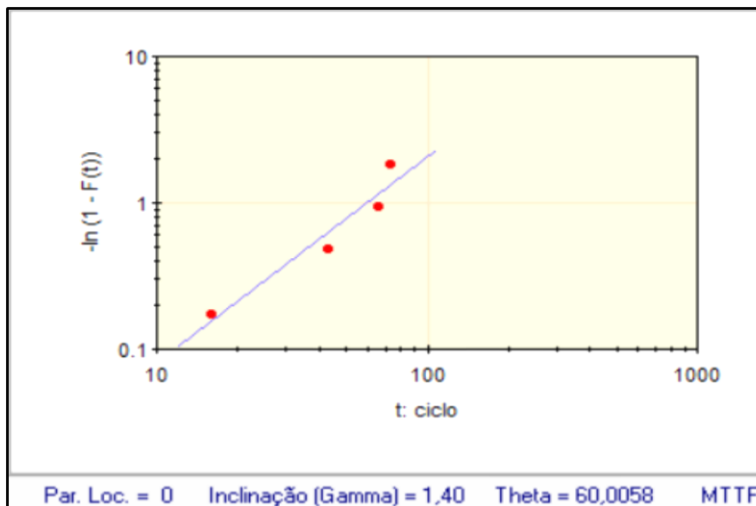


Figura 4.45 - Modelo Weibull.

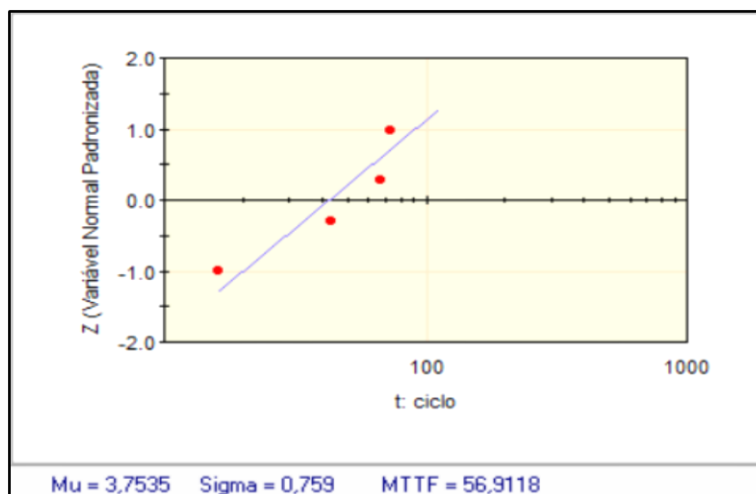


Figura 4.46 - Modelo LogNormal.

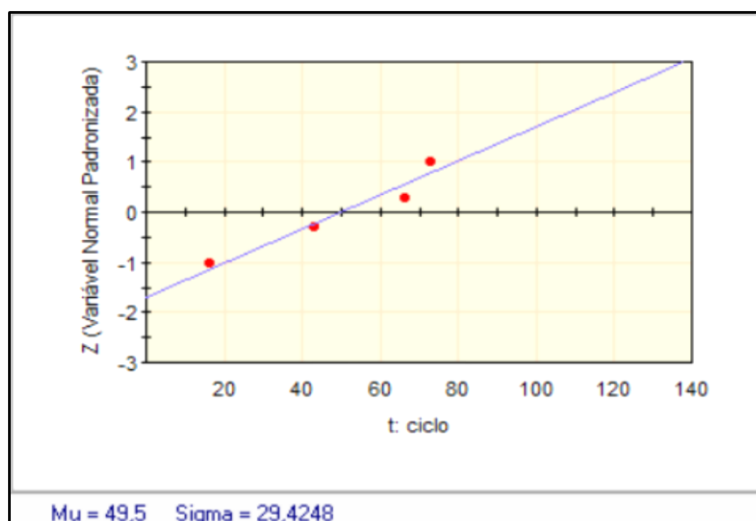


Figura 4.47 - Modelo normal.

Abaixo, encontra-se a distribuição de falhas para o Jig 06:

Tabela 4.8 - Resultados JIG06.

| Jig ID | Test Time | Sequence | Test Result |
|--------|-----------------|----------|-------------|
| JIG06 | 20200302 081645 | 1 | NG |
| JIG06 | 20200302 085717 | 2 | NG |
| JIG06 | 20200302 092153 | 8 | NG |
| JIG06 | 20200302 092621 | 9 | NG |
| JIG06 | 20200302 092924 | 10 | NG |
| JIG06 | 20200302 093926 | 12 | NG |
| JIG06 | 20200302 094309 | 13 | NG |
| JIG06 | 20200302 094536 | 14 | NG |
| JIG06 | 20200302 100638 | 18 | NG |
| JIG06 | 20200302 101136 | 19 | NG |
| JIG06 | 20200302 101548 | 20 | NG |
| JIG06 | 20200302 101758 | 21 | NG |
| JIG06 | 20200302 102020 | 22 | NG |
| JIG06 | 20200302 114752 | 45 | NG |
| JIG06 | 20200302 115714 | 48 | NG |
| JIG06 | 20200302 130228 | 51 | NG |
| JIG06 | 20200302 131329 | 54 | NG |
| JIG06 | 20200302 132518 | 58 | NG |
| JIG06 | 20200302 132949 | 59 | NG |
| JIG06 | 20200302 142657 | 75 | NG |
| JIG06 | 20200302 150655 | 87 | NG |
| JIG06 | 20200302 151005 | 88 | NG |
| JIG06 | 20200302 151216 | 89 | NG |
| JIG06 | 20200302 151429 | 90 | NG |
| JIG06 | 20200302 152051 | 93 | NG |
| JIG06 | 20200302 152627 | 94 | NG |

| | | | |
|-------|-----------------|-----|----|
| JIG06 | 20200302 152804 | 95 | NG |
| JIG06 | 20200302 154039 | 97 | NG |
| JIG06 | 20200302 155112 | 100 | NG |
| JIG06 | 20200302 155819 | 101 | NG |
| JIG06 | 20200302 163244 | 105 | NG |
| JIG06 | 20200302 165407 | 110 | NG |
| JIG06 | 20200302 171122 | 115 | NG |

Inserindo os dados do Tabela 4.8 no software **ProConf** temos a disposição abaixo:

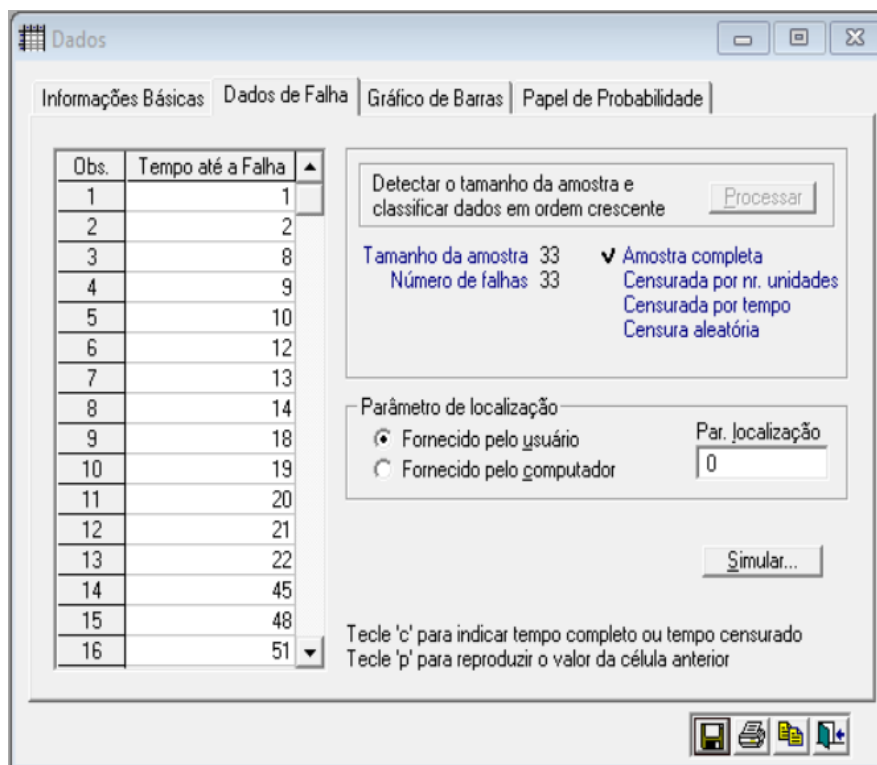


Figura 4.48 - Resultados do software ProConf JIG06.

Abaixo, temos os **Gráficos de Barras de Frequência, Taxa de Falha, Confiabilidade, Densidade Acumulada de Falhas**, todos em função de t: sequência:

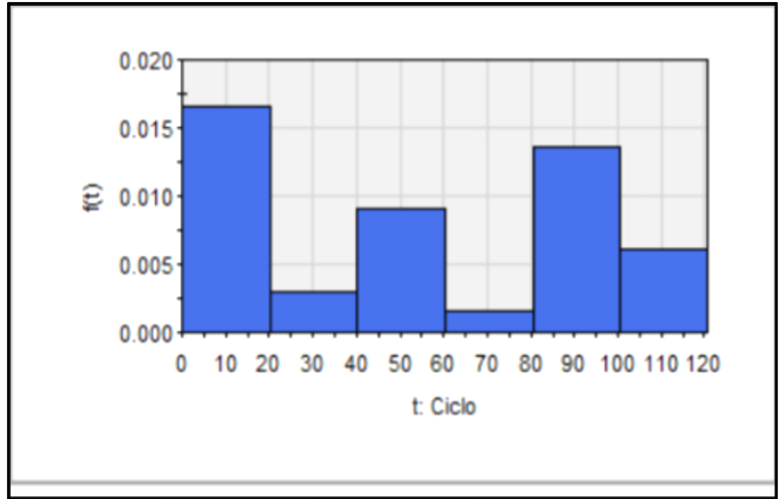


Figura 4.49 - Frequência JIG06.

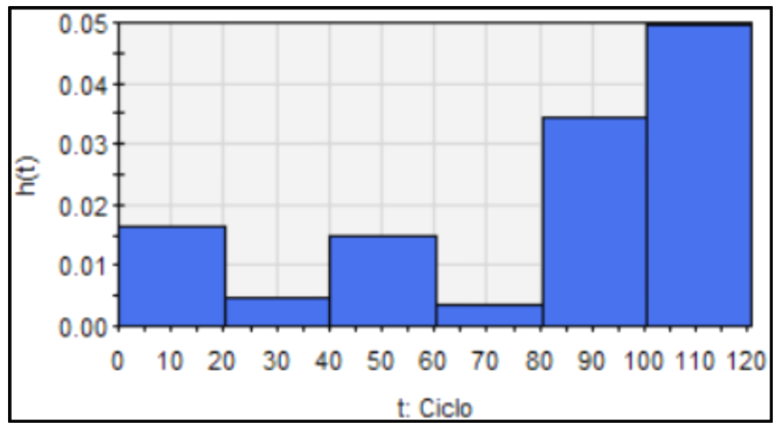


Figura 4.50 - Taxa de falha JIG06.

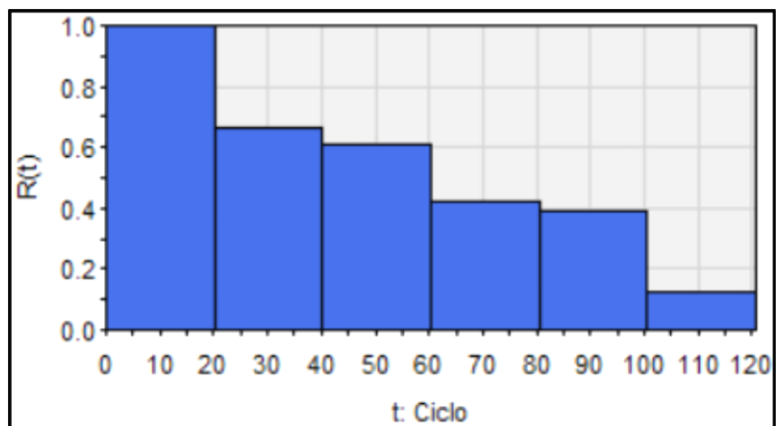


Figura 4.51 - Confiabilidade JIG06.

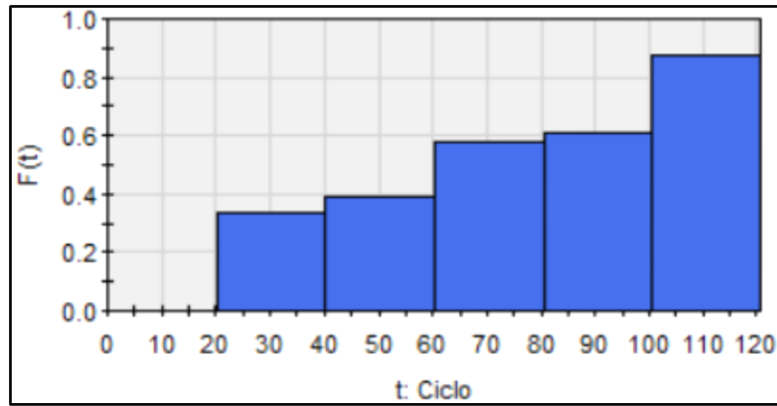


Figura 4.52 - Densidade acumulada de falha.

Abaixo, temos o Papel de Probabilidade para a distribuição referente ao Jig 06 conforme os modelos Exponencial, Weibull, Lognormal, Normal:

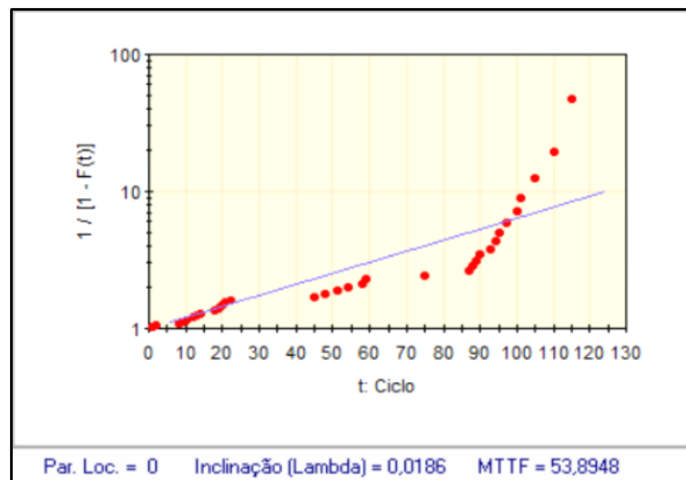


Figura 4.53 - Modelo exponencial JIG06.

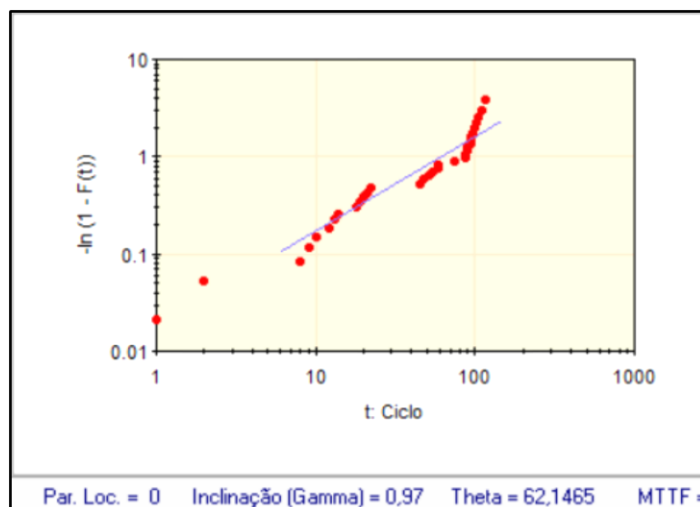


Figura 4.54 - Modelo Weibull.

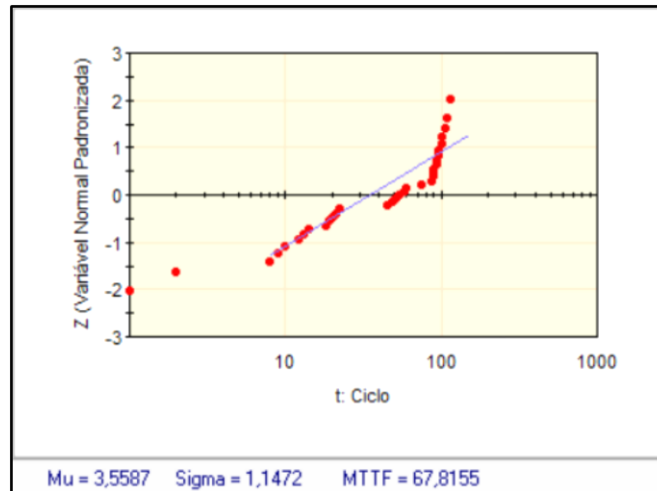


Figura 4.55 - Modelo LogNormal.

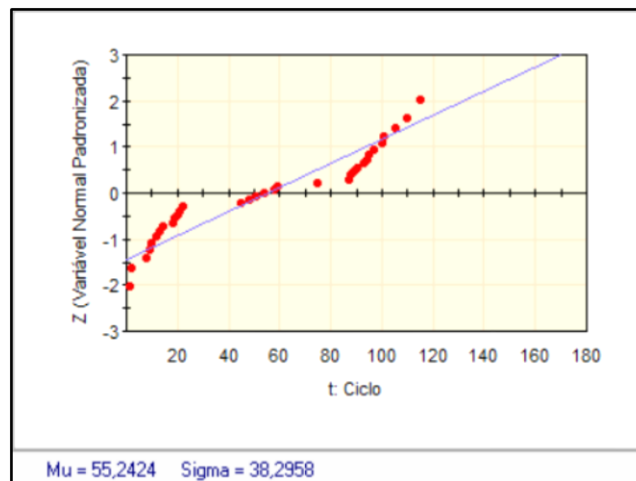


Figura 4.56 - Modelo Normal JIG06.

Abaixo, encontra-se a distribuição de falhas para o Jig 07:

Tabela 4.9 - Resultados JIG07.

| Jig ID | Test Time | Sequence | Test Result |
|--------|-----------------|----------|-------------|
| JIG07 | 20200302 081735 | 1 | NG |
| JIG07 | 20200302 094406 | 15 | NG |
| JIG07 | 20200302 094548 | 16 | NG |
| JIG07 | 20200302 104851 | 33 | NG |
| JIG07 | 20200302 113104 | 45 | NG |
| JIG07 | 20200302 113459 | 47 | NG |
| JIG07 | 20200302 114019 | 49 | NG |
| JIG07 | 20200302 114214 | 50 | NG |
| JIG07 | 20200302 130738 | 58 | NG |
| JIG07 | 20200302 134145 | 67 | NG |
| JIG07 | 20200302 134640 | 69 | NG |

| | | | |
|-------|-----------------|-----|----|
| JIG07 | 20200302 142926 | 81 | NG |
| JIG07 | 20200302 144545 | 86 | NG |
| JIG07 | 20200302 151509 | 93 | NG |
| JIG07 | 20200302 152638 | 97 | NG |
| JIG07 | 20200302 153228 | 99 | NG |
| JIG07 | 20200302 154746 | 103 | NG |
| JIG07 | 20200302 155245 | 105 | NG |
| JIG07 | 20200302 155306 | 106 | NG |
| JIG07 | 20200302 155436 | 107 | NG |
| JIG07 | 20200302 155545 | 108 | NG |
| JIG07 | 20200302 155624 | 109 | NG |
| JIG07 | 20200302 162254 | 115 | NG |

Inserindo os dados do quadro 4.9 no software **ProConf** temos a disposição abaixo:

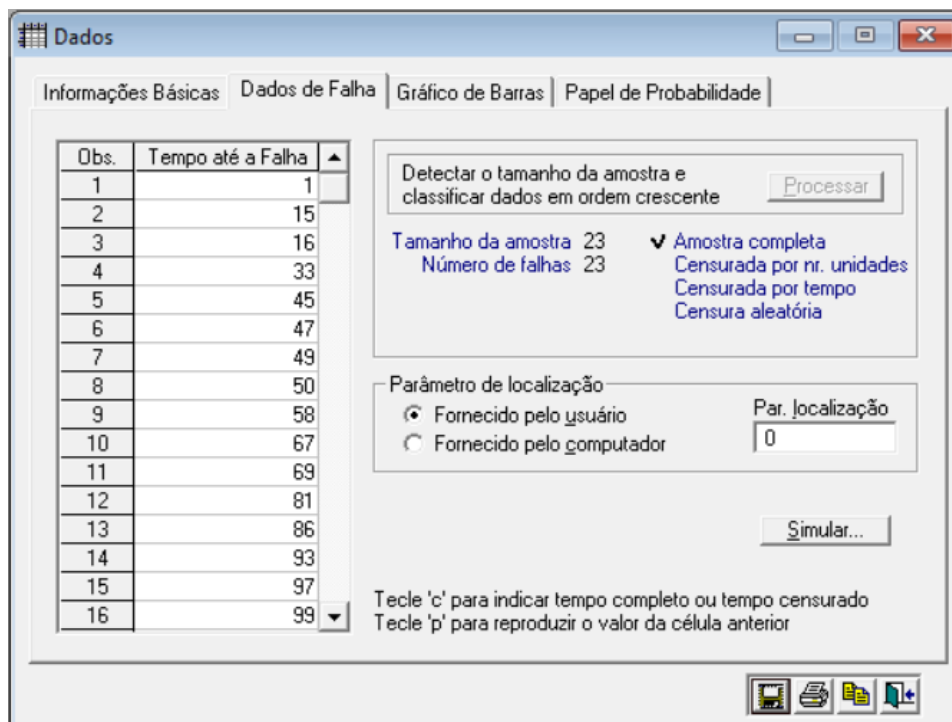


Figura 4.57 - Resultados software Pro Conf JIG07.

Abaixo, temos os **Gráficos de Barras de Frequência, Taxa de Falha, Confiabilidade, Densidade Acumulada de Falhas**, todos em função de t: sequência:

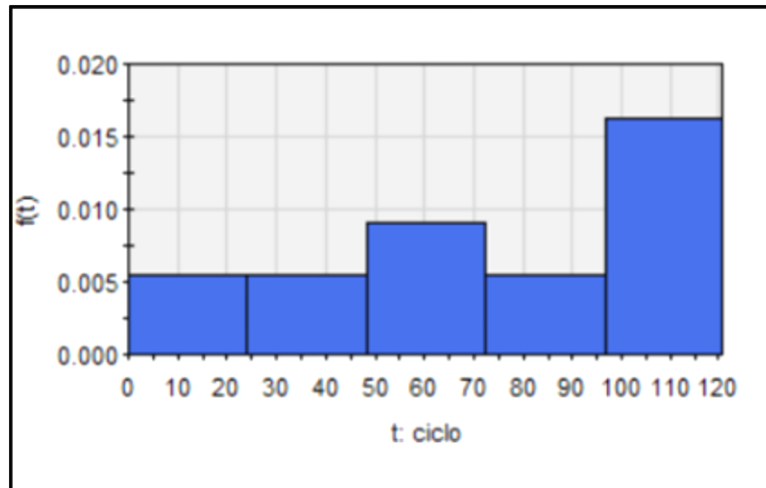


Figura 4.58 - Frequência JIG07.

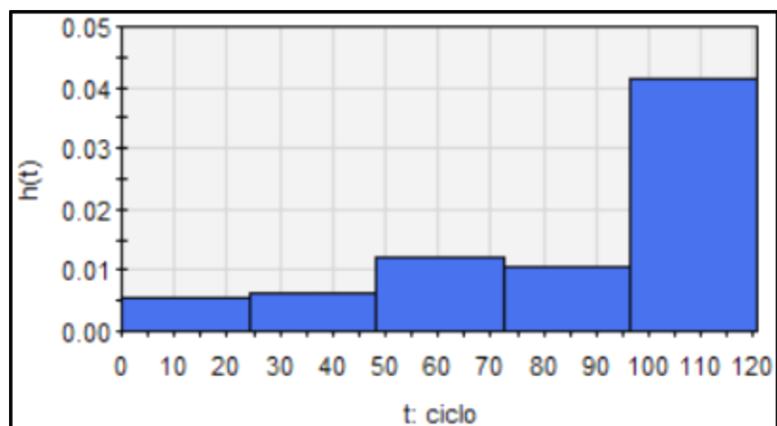


Figura 4.59 - Taxa de falha JIG07.

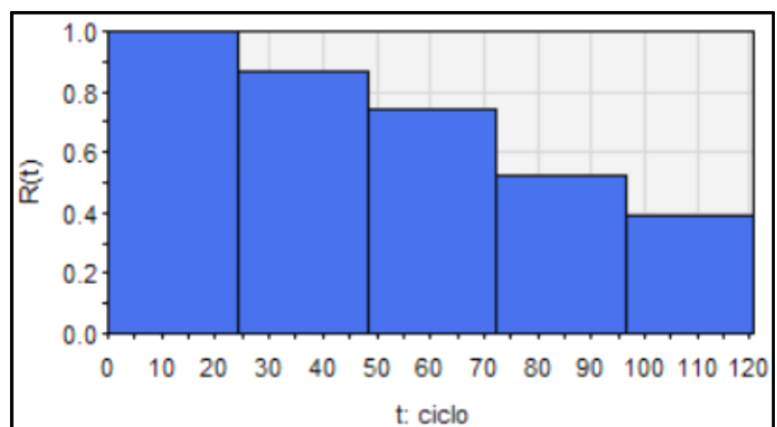


Figura 4.60 - Confiabilidade.

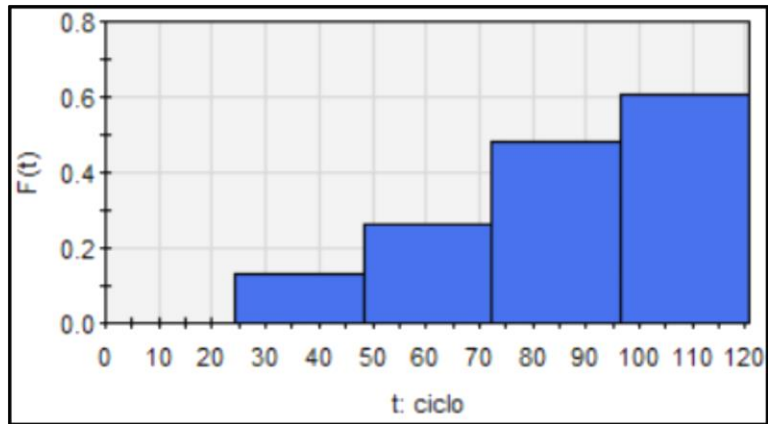


Figura 4.61 - Densidade de falha acumulada.

Abaixo, temos o Papel de Probabilidade para a distribuição referente ao Jig 07 conforme os modelos Exponencial, Weibull, Lognormal, Normal:

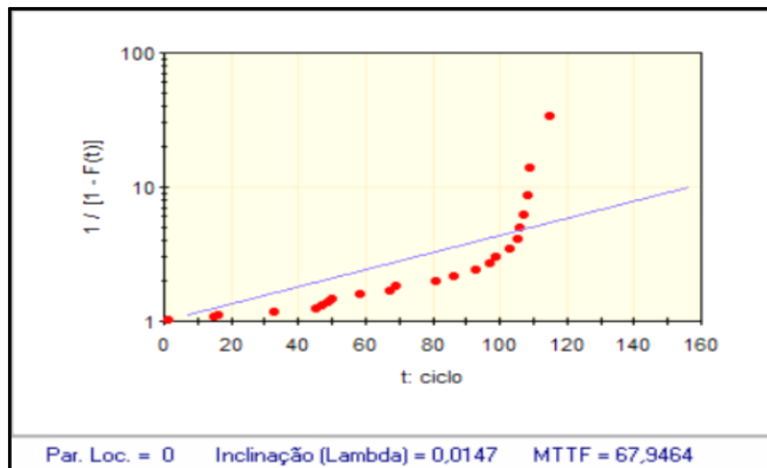


Figura 4.62 - Modelo Exponencial JIG07.

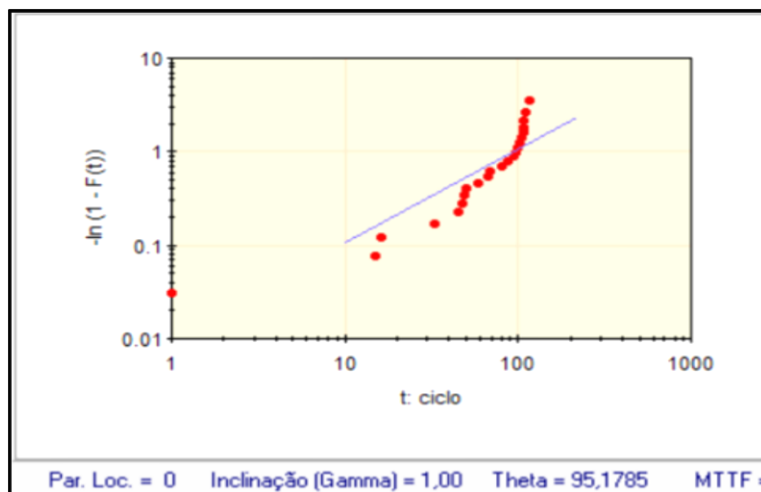


Figura 4.63 - Modelo Weibull.

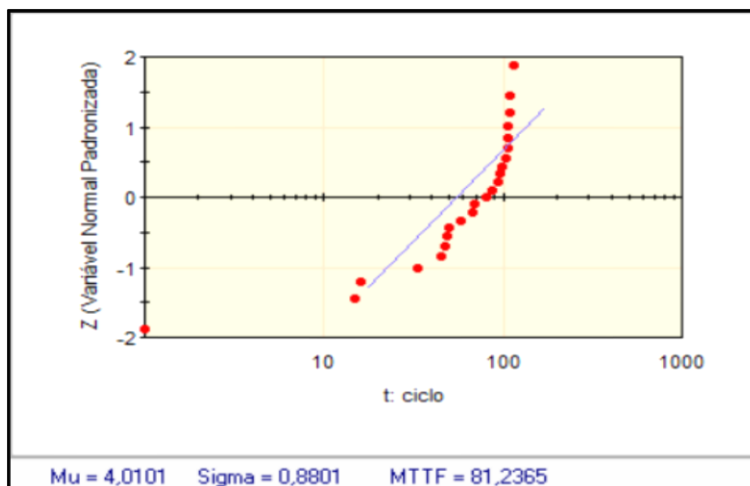


Figura 4.64 - Modelo LogNormal JIG07.

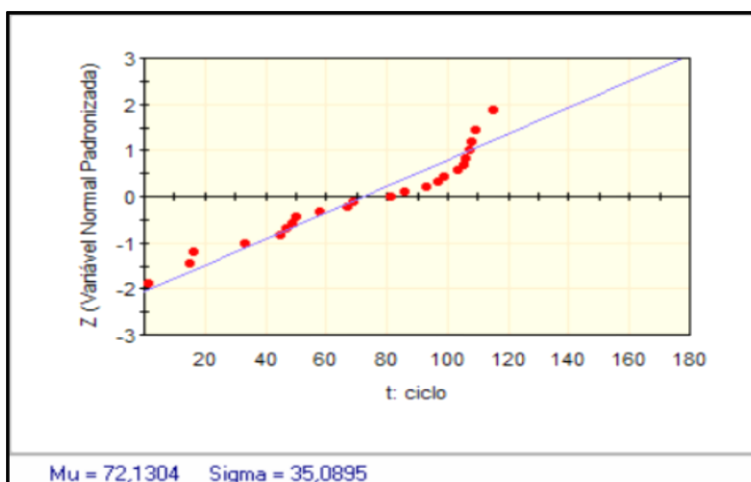


Figura 4.65 - Modelo Normal JIG07.

Abaixo, encontra-se a distribuição de falhas para o Jig 08:

Tabela 4.10 - Resultados JIG08.

| Jig ID | Test Time | Sequence | Test Result |
|--------|-----------------|----------|-------------|
| JIG08 | 20200302 091319 | 10 | NG |
| JIG08 | 20200302 091616 | 11 | NG |
| JIG08 | 20200302 092351 | 12 | NG |
| JIG08 | 20200302 092601 | 13 | NG |
| JIG08 | 20200302 093211 | 15 | NG |
| JIG08 | 20200302 100143 | 19 | NG |
| JIG08 | 20200302 110223 | 36 | NG |
| JIG08 | 20200302 115128 | 50 | NG |
| JIG08 | 20200302 143729 | 87 | NG |
| JIG08 | 20200302 145612 | 94 | NG |
| JIG08 | 20200302 152100 | 102 | NG |

| | | | |
|-------|-----------------|-----|----|
| JIG08 | 20200302 154512 | 108 | NG |
| JIG08 | 20200302 154643 | 109 | NG |
| JIG08 | 20200302 154812 | 110 | NG |
| JIG08 | 20200302 155020 | 111 | NG |
| JIG08 | 20200302 160301 | 116 | NG |
| JIG08 | 20200302 162449 | 121 | NG |
| JIG08 | 20200302 162529 | 122 | NG |
| JIG08 | 20200302 165040 | 130 | NG |

Inserindo os dados da Tabela 4.10 no software **ProConf** temos a disposição abaixo:

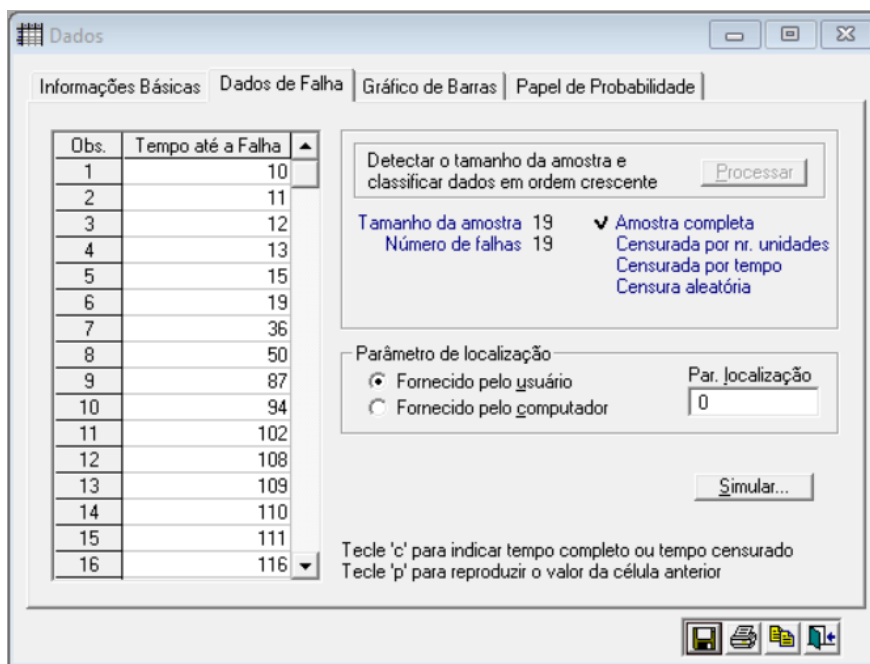


Figura 4.66 - Resultados software ProConf JIG08.

Abaixo, temos os **Gráficos de Barras de Frequência, Taxa de Falha, Confiabilidade, Densidade Acumulada de Falhas**, todos em função de t: sequência:

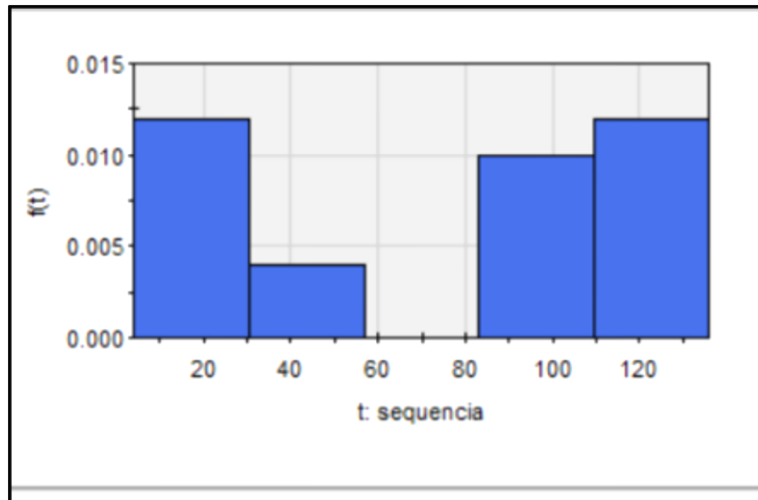


Figura 4.67 - Frequência JIG08.

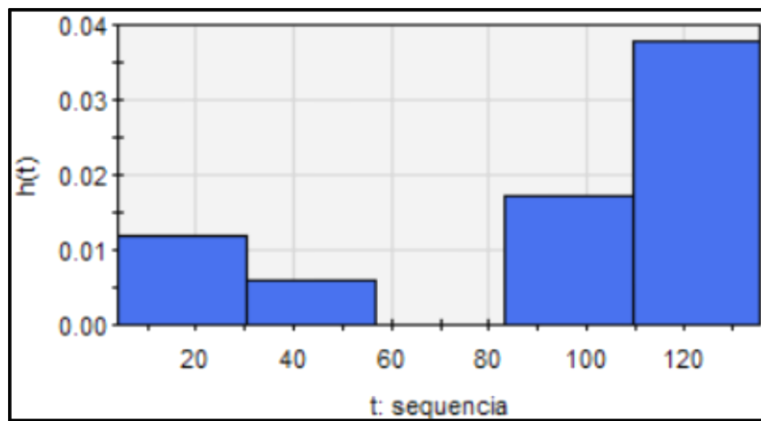


Figura 4.68 - Taxa de falha JIG08.

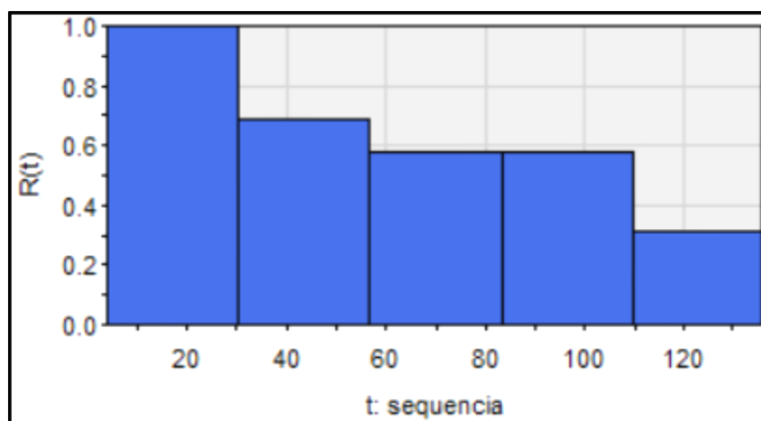


Figura 4.69 - Confiabilidade JIG08.

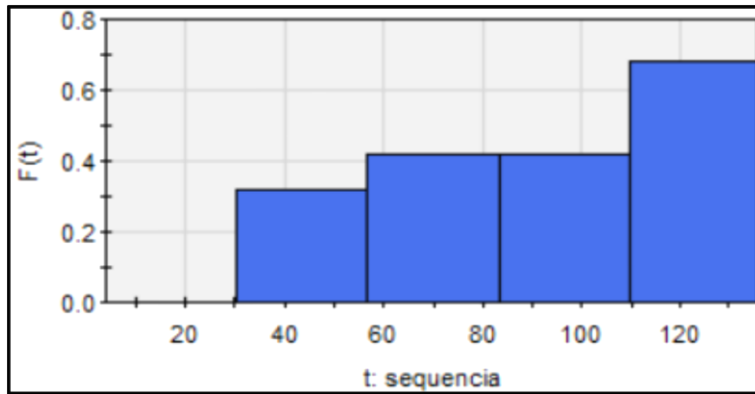


Figura 4.70 - Densidade acumulada de falha JIG08.

Abaixo, temos o Papel de Probabilidade para a distribuição referente ao Jig 08 conforme os modelos Exponencial, Weibull, Lognormal, Normal:

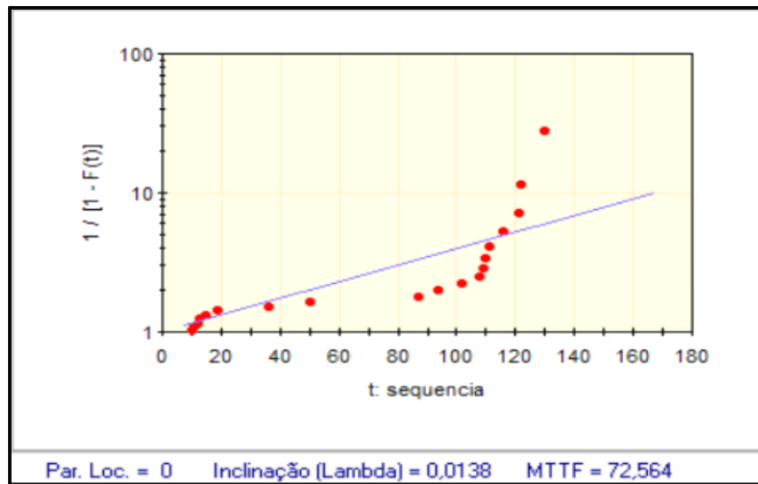


Figura 4.71 - Modelo Exponencial JIG08.

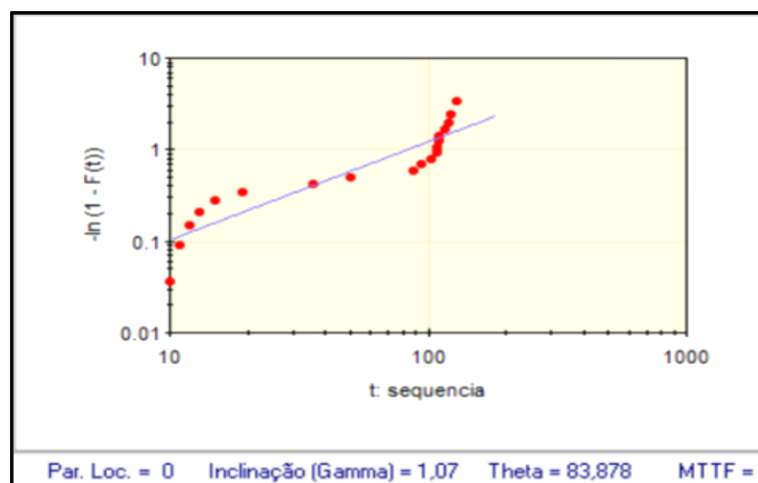


Figura 4.72 - Modelo Weibull JIG08.

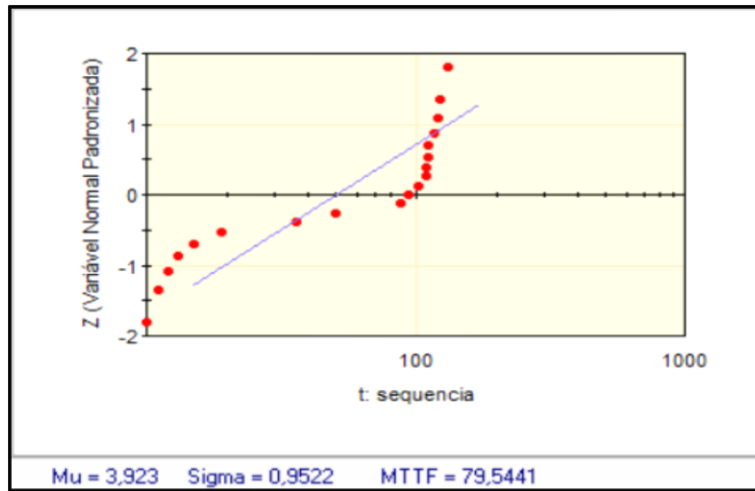


Figura 4.73 - Modelo LogNormal.

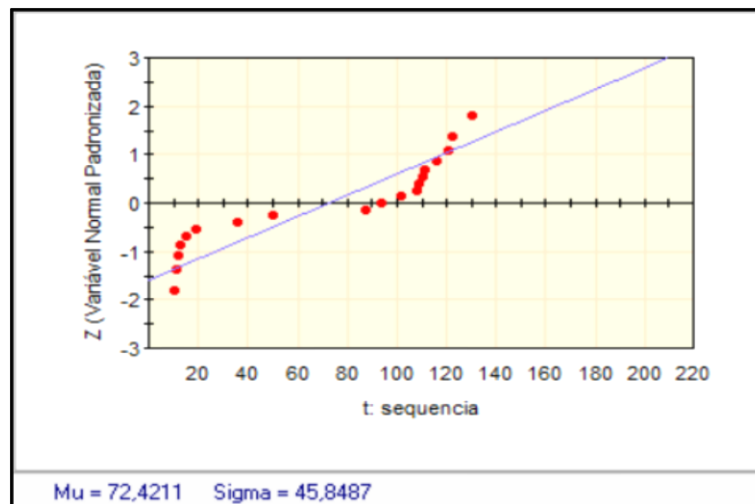


Figura 4.74 - Modelo normal.

CAPÍTULO 5

PRINCIPAIS OFENSORES

5.1 - PRINCÍPIO DE PARETO

Neste capítulo, avançaremos propriamente dito na análise dos principais ofensores. A ideia é verificar se a confiabilidade está dentro do parâmetro aceitável e, caso não esteja, identificar os sintomas impactantes e suas possíveis causas. De posse desta informação, é criada uma lista de ações em vista a otimizar o processo e evitar que os sintomas voltem a ocorrer com a mesma frequência. Caso se tenham resultados positivos, as ações são inseridas em um *checklist* de manutenção preventiva.

Neste capítulo, faremos o levantamento e a identificação dos motivos das falhas nos testes funcionais e atuaremos nos principais ofensores, conforme o princípio de Pareto.

Na Tabela 5.1 de falhas abaixo podemos notar as causas das falhas do Jig 1.

Tabela 5.1 - Causa de falha JIG01.

| Jig ID | Test Time | Sequence | Test Result | Defect |
|--------|-----------------|----------|-------------|----------------------------------|
| JIG01 | 20200302 083606 | 2 | NG | RJ45 TEST |
| JIG01 | 20200302 083911 | 3 | NG | RJ45 TEST |
| JIG01 | 20200302 085814 | 11 | NG | CHECK BATTERY |
| JIG01 | 20200302 090701 | 39 | NG | CHECK USB1(2.0) Device Detection |
| JIG01 | 20200302 090757 | 41 | NG | RJ45 TEST |
| JIG01 | 20200302 092303 | 70 | NG | CHECK USB1(2.0) Device Detection |
| JIG01 | 20200302 092605 | 74 | NG | CHECK BATTERY |
| JIG01 | 20200302 092742 | 76 | NG | WiFi_TX_On_ANT1_2.4G |
| JIG01 | 20200302 093351 | 82 | NG | RJ45 TEST |
| JIG01 | 20200302 101509 | 151 | NG | CHECK BATTERY |

Se fizermos a separação dos principais ofensores para o Jig 1, teremos a seguinte distribuição:

Tabela 5.2 - Distribuição de defeitos.

| | |
|----------------------------------|---|
| RJ45 TEST | 4 |
| CHECK BATTERY | 3 |
| CHECK USB1(2.0) Device Detection | 2 |
| WiFi_TX_On_ANT1_2.4G | 1 |

Ou seja, se focarmos em resolver os problemas relacionados ao sintoma TEST START STATION_SL, solucionaremos 40% das paradas e perdas de produção no Jig 1.

Abaixo estão os principais ofensores nos Jigs 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8:

Tabela 5.3 - Ofensores JIG02.

| Jig 2 – Defeito | Qtd |
|----------------------------------|-----|
| RJ45 TEST | 5 |
| CHECK BATTERY | 3 |
| CHECK USB1(2.0) Device Detection | 3 |
| LED_GREEN ALL ON | 2 |
| SW_Version(Release Loader) | 1 |
| Compare 1st Mac Address | 1 |

Tabela 5.4 - Ofensores JIG03.

| Jig 3 - Defeito | Qtd |
|-------------------------|-----|
| RJ45 TEST | 3 |
| CHECK BATTERY | 2 |
| KEY_WPS | 1 |
| Compare 1st Mac Address | 1 |
| VOIP BOARD PORT0 | 1 |

Tabela 5.5 - Ofensores JIG04.

| Jig 4 - Defeito | Qtd |
|----------------------------------|-----|
| RJ45 TEST | 2 |
| CHECK BATTERY | 1 |
| WiFi_TX_On_ANT0_2.4G | 1 |
| CHECK USB1(2.0) Device Detection | 1 |

Tabela 5.6 - Ofensores JIG05.

| Jig 5 - Defeito | Qtd |
|----------------------|-----|
| RJ45 TEST | 2 |
| CHECK BATTERY | 1 |
| WiFi_TX_On_ANT0_2.4G | 1 |

Tabela 5.7 - Ofensores JIG06.

| Jig 6 - Defeito | Qtd |
|----------------------------------|-----|
| RJ45 TEST | 7 |
| CHECK BATTERY | 6 |
| CHECK USB1(2.0) Device Detection | 5 |
| WiFi_TX_On_ANT0_2.4G | 4 |
| Compare 1st Mac Address | 3 |
| WIFI_ANT1_RSSI_READ_2.4G | 3 |
| VOIP BOARD PORT1 | 1 |
| LED_GREEN ALL ON | 1 |
| KEY_HW RESET | 1 |
| SW_Version(Factory SW) | 1 |
| Compare Serial Number | 1 |

Tabela 5.8 - Ofensores JIG07.

| Jig 7 - Defeito | Qtd |
|----------------------------------|-----|
| RJ45 TEST | 5 |
| CHECK BATTERY | 5 |
| WiFi_TX_On_ANT0_2.4G | 4 |
| KEY_WPS | 3 |
| CHECK USB1(2.0) Device Detection | 3 |
| WIFI_ANT0_RSSI_READ_2.4G | 3 |

Tabela 5.9 - Ofensores JIG08.

| Jig 8 - Defeito | Qtd |
|----------------------------------|-----|
| RJ45 TEST | 6 |
| CHECK BATTERY | 5 |
| CHECK USB1(2.0) Device Detection | 4 |
| VOIP BOARD PORT1 | 2 |
| KEY_HW RESET | 1 |
| Compare Serial Number | 1 |

5.2 - PLANO DE AÇÃO

Observa-se que há problemas que se repetem em todos os *jigs*. Sendo assim, se forem tomadas ações especificamente nesses itens, ter-se-á melhoras em todo o processo.

São os casos dos itens abaixo:

1. RJ45 TEST;
2. CHECK BATTERY;

3. CHECK USB1(2.0) Device Detection.

Segue passo a passo de melhoria tomadas para o problema de CHECK BATTERY utilizando a ferramenta LEAN de projeto A3:

1. Esclarecer o problema;
2. Condições atuais e declaração do problema;
3. Meta;
4. Análise da causa raiz;
5. Contramedidas;
6. Resultados da atividade;
7. Resultados avaliados;
8. Lições aprendidas e padronização;

5.3 - DISPOSIÇÃO DAS FALHAS – SITUAÇÃO FINAL

Os dados abaixo foram extraídos de testes realizados no dia 18 de maio de 2021, após várias ações de manutenção e melhorias aplicadas no processo.

Na Tabela 5.10, encontra-se a distribuição apenas das falhas para o Jig01:

Tabela 5.10 - Falhas JIG01.

| Jig ID | Test Time | Sequence | Test Result |
|--------|-----------------|----------|-------------|
| JIG01 | 20210518 101057 | 58 | NG |
| JIG01 | 20210518 102146 | 63 | NG |
| JIG01 | 20210518 102826 | 67 | NG |
| JIG01 | 20210518 104506 | 74 | NG |
| JIG01 | 20210518 113455 | 92 | NG |
| JIG01 | 20210518 113751 | 94 | NG |
| JIG01 | 20210518 131903 | 111 | NG |
| JIG01 | 20210518 135513 | 124 | NG |
| JIG01 | 20210518 153215 | 165 | NG |
| JIG01 | 20210518 155641 | 175 | NG |
| JIG01 | 20210518 160340 | 177 | NG |
| JIG01 | 20210518 161950 | 178 | NG |
| JIG01 | 20210518 162813 | 182 | NG |

Inserindo os dados da **Tabela 5.10** no software **ProConf** temos a disposição abaixo:

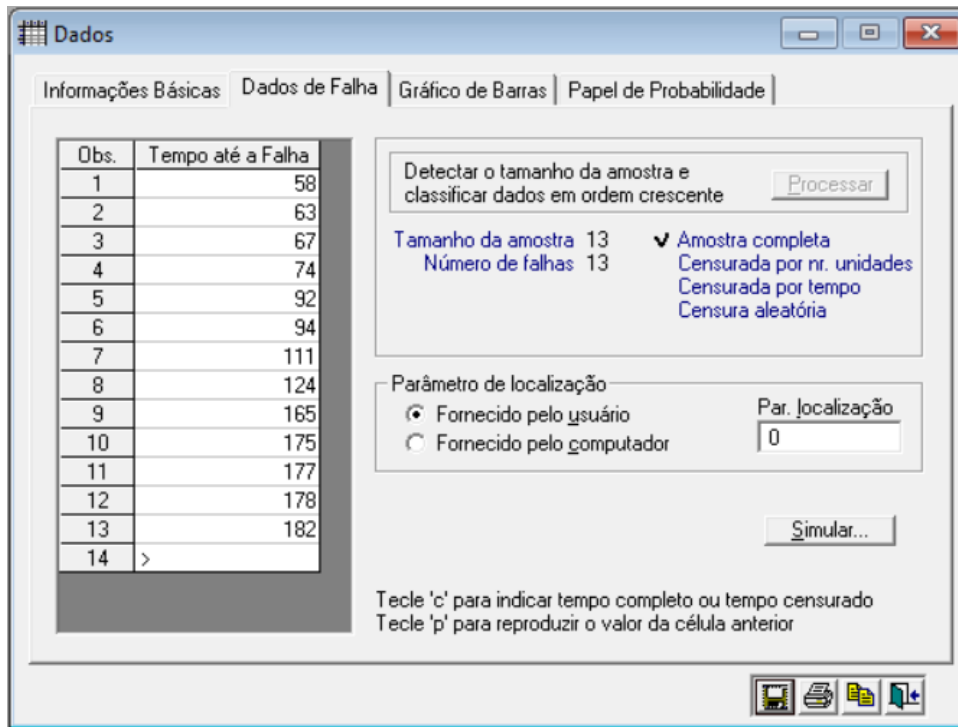


Figura 5.1 - Resultados no software ProConf de falhas do JIG01.

Abaixo, temos os **Gráficos de Barras de Frequência, Taxa de Falha, Confiabilidade, Densidade Acumulada de Falhas**, todos em função de t: sequência:

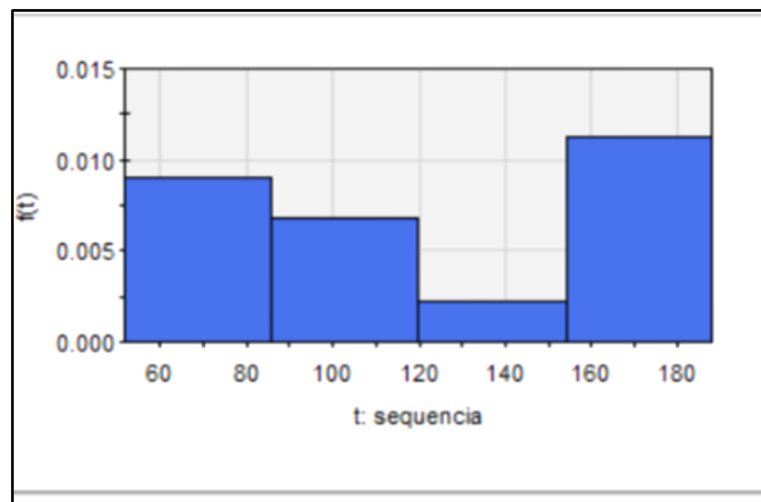


Figura 5.2 - Frequência de falhas JIG01.

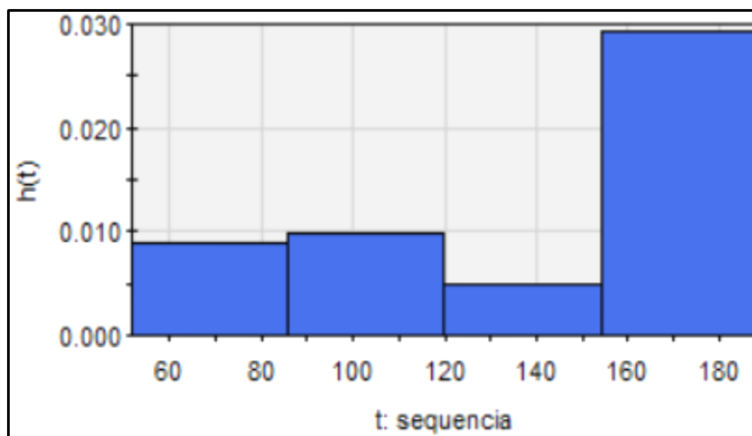


Figura 5.3 - Taxa de falhas JIG01.

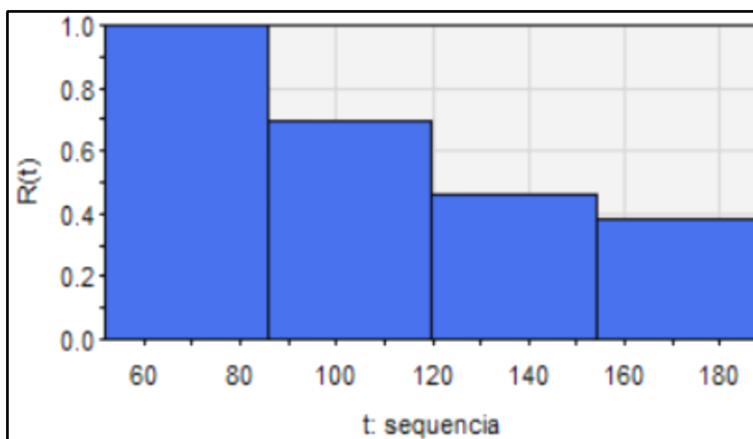


Figura 5.4 - Confiabilidade resultado de falhas JIG01.

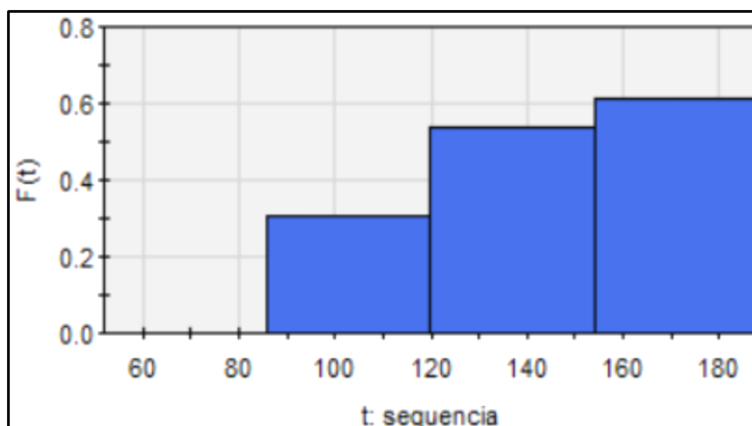


Figura 5.5 - Densidade acumulada de falhas JIG01.

Abaixo, temos o Papel de Probabilidade para a distribuição referente ao Jig 1 conforme os modelos Exponencial, Weibull, Lognormal, Normal:

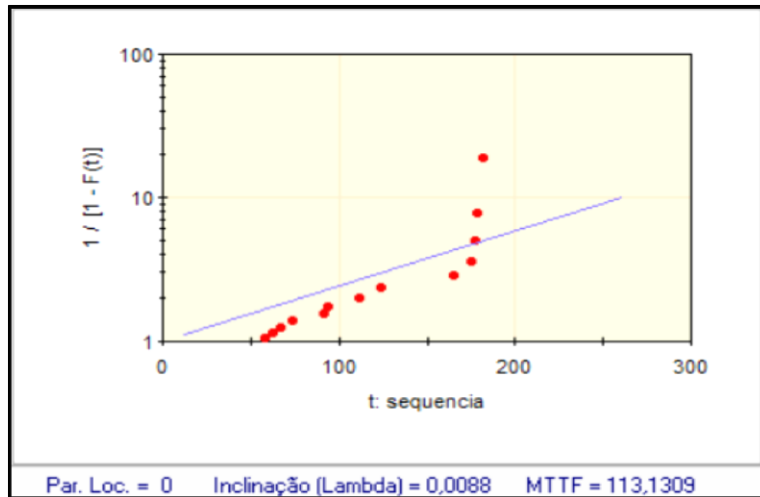


Figura 5.6 - Modelo Exponencial JIG01.

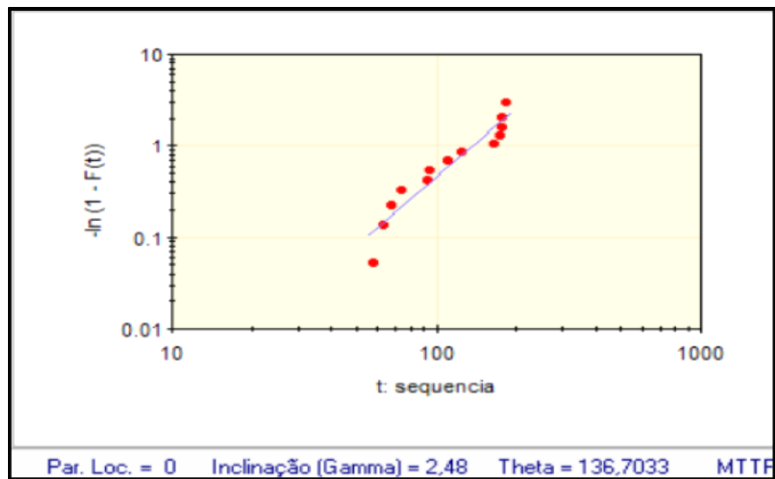


Figura 5.7 - Modelo Weibull JIG01.

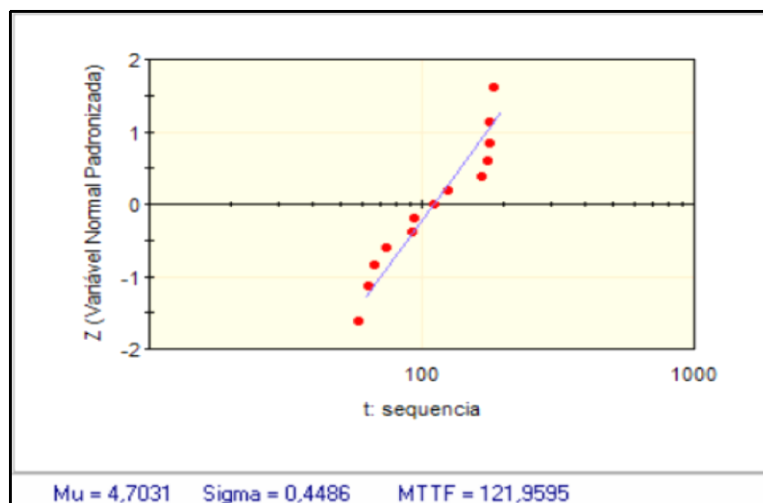


Figura 5.8 - Modelo LogNormal JIG01.

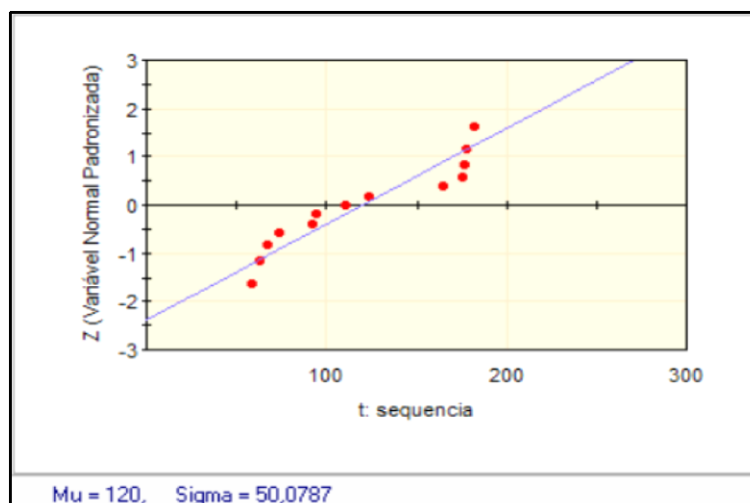


Figura 5.9 - Modelo Normal JIG01.

Na Tabela 5.11, encontra-se a distribuição apenas das falhas para o Jig02:

Tabela 5.11 - Distribuição de falhas JIG02.

| Jig ID | Test Time | Duration | Test Result |
|--------|-----------------|----------|-------------|
| JIG02 | 20210518 074127 | 1 | NG |
| JIG02 | 20210518 090603 | 38 | NG |
| JIG02 | 20210518 101258 | 61 | NG |
| JIG02 | 20210518 101501 | 62 | NG |
| JIG02 | 20210518 101557 | 63 | NG |
| JIG02 | 20210518 101746 | 64 | NG |
| JIG02 | 20210518 102101 | 66 | NG |
| JIG02 | 20210518 104817 | 79 | NG |
| JIG02 | 20210518 111039 | 87 | NG |
| JIG02 | 20210518 112052 | 91 | NG |
| JIG02 | 20210518 130536 | 111 | NG |
| JIG02 | 20210518 133209 | 123 | NG |
| JIG02 | 20210518 142850 | 147 | NG |
| JIG02 | 20210518 144646 | 154 | NG |
| JIG02 | 20210518 145025 | 156 | NG |
| JIG02 | 20210518 150037 | 161 | NG |
| JIG02 | 20210518 150453 | 163 | NG |
| JIG02 | 20210518 152804 | 173 | NG |
| JIG02 | 20210518 153448 | 176 | NG |
| JIG02 | 20210518 153923 | 178 | NG |

Inserindo os dados do Tabela 5.11 no software **ProConf** temos a disposição abaixo:

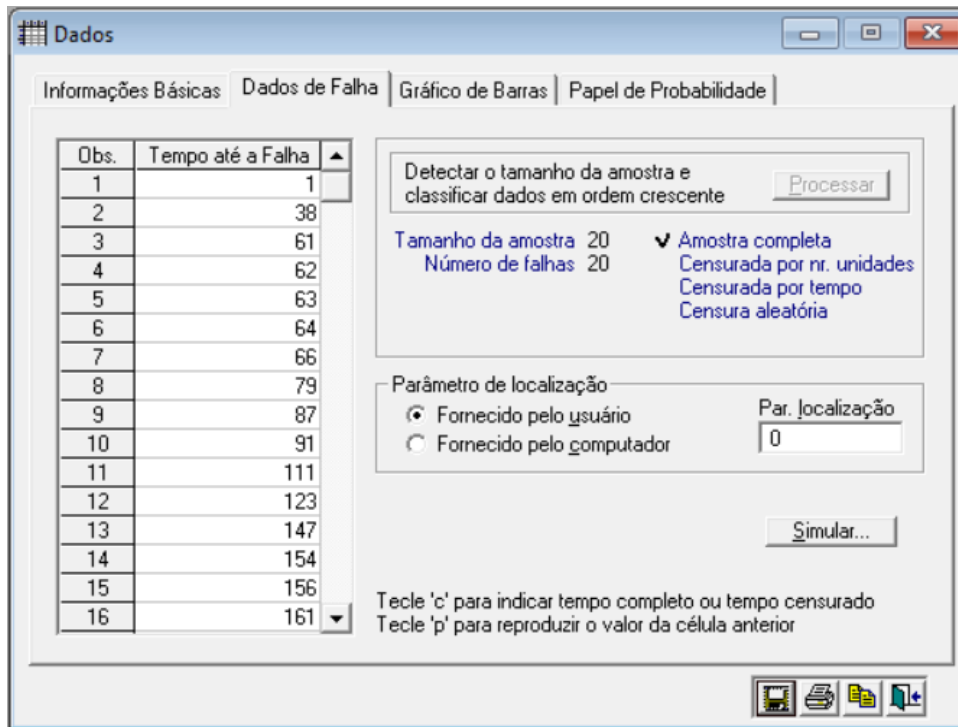


Figura 5.10 - Resultados software Pro Conf JIG02.

Abaixo, tem-se os **Gráficos de Barras de Frequência, Taxa de Falha, Confiabilidade, Densidade Acumulada de Falhas**, todos em função de t: sequência:

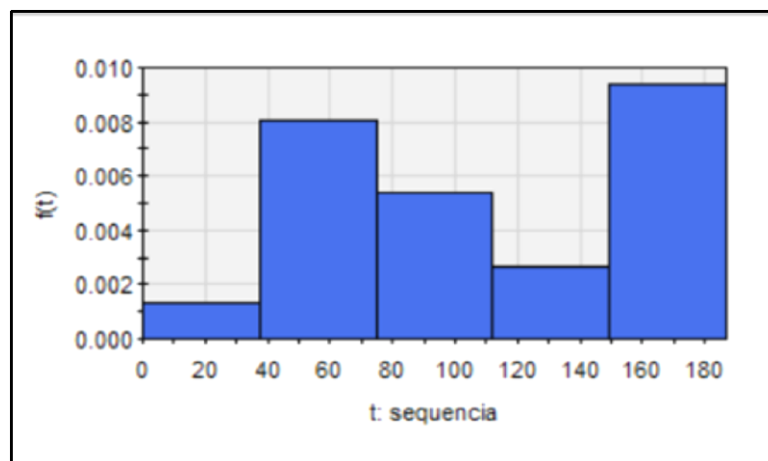


Figura 5.11 - Frequência JIG02.

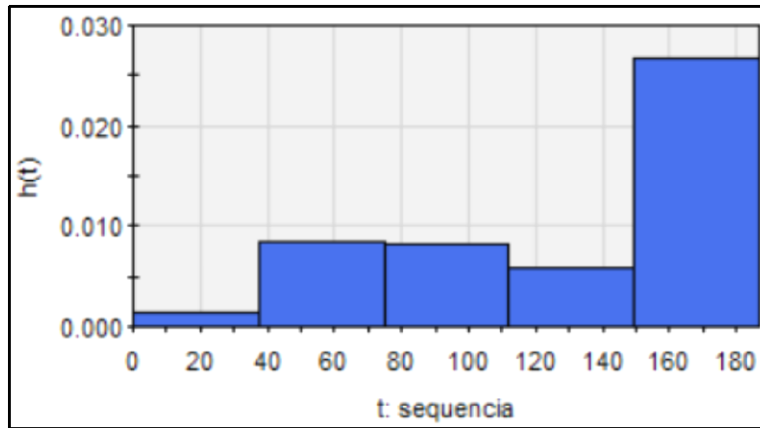


Figura 5.12 - Taxa de falha JIG02.

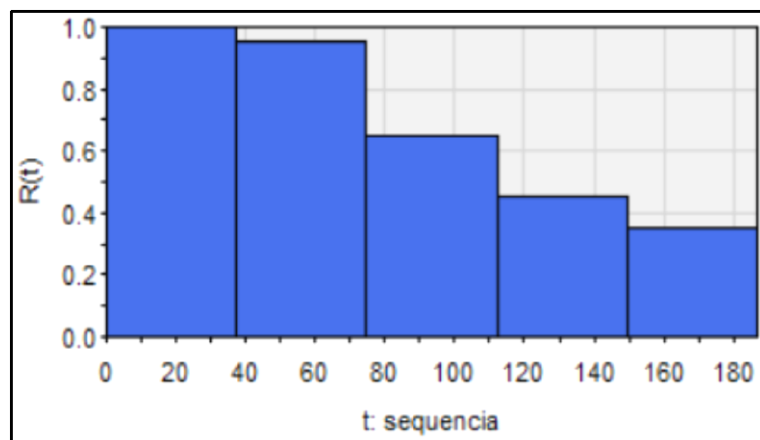


Figura 5.13 - Confiabilidade JIG02.

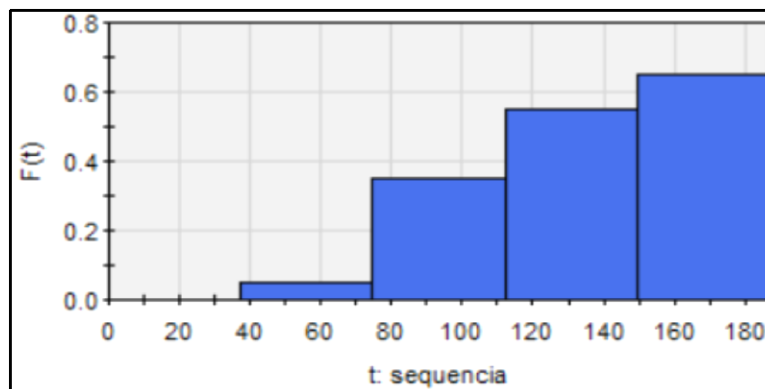


Figura 5.14 - Densidade acumulada de falha JIG02.

Densidade Acumulada de Falha

Abaixo, temos o Papel de Probabilidade para a distribuição referente ao Jig 02 conforme os modelos Exponencial, Weibull, Lognormal, Normal:

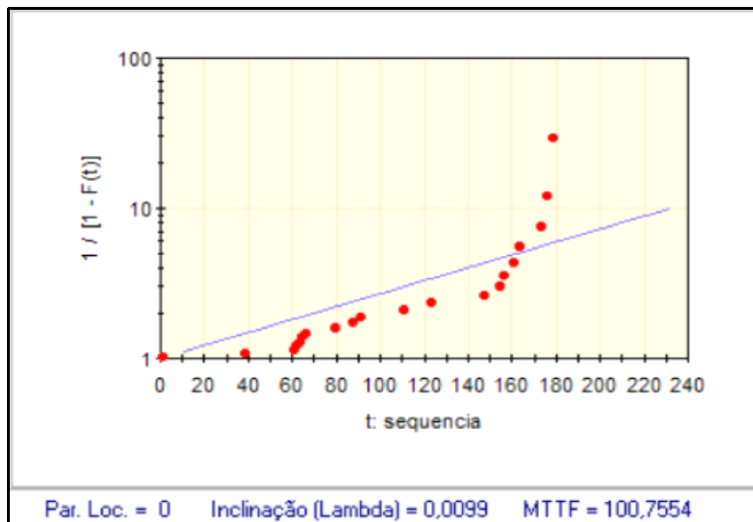


Figura 5.15 - Modelo Exponencial JIG02.

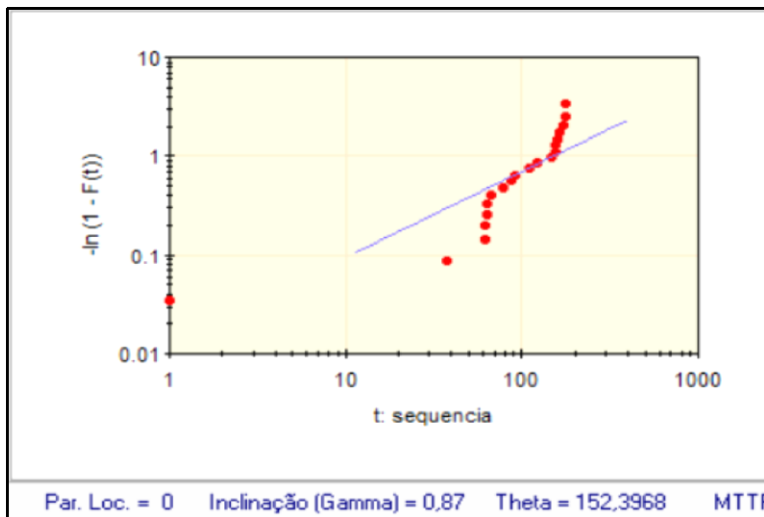


Figura 5.16 - Modelo Weibull JIG02.

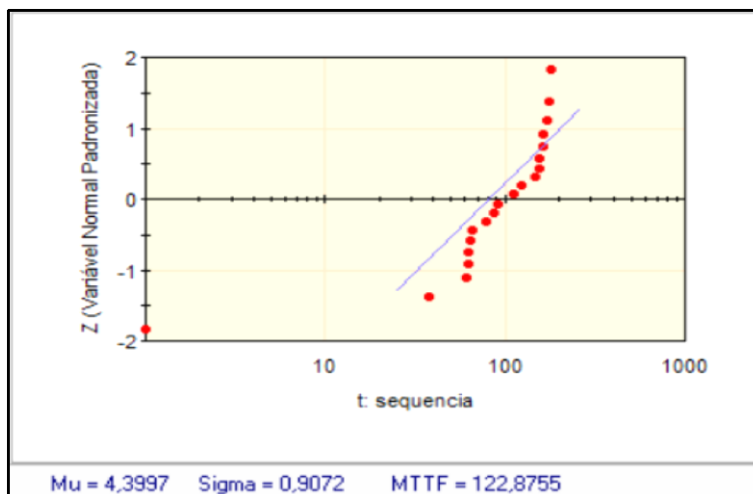


Figura 5.17 - Modelo LogNormal JIG02.

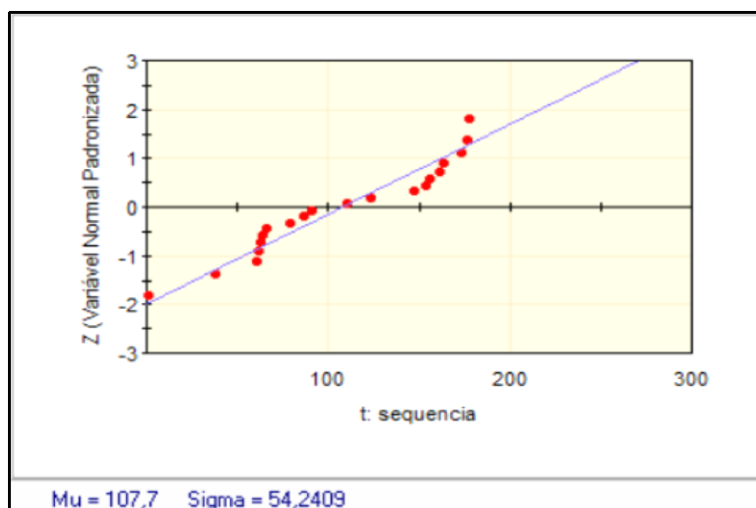


Figura 5.18 - Modelo Normal JIG02.

Na Tabela 5.12, encontra-se a distribuição apenas das falhas para o Jig03:

Tabela 5.12 - Distribuição de falhas JIG03.

| Jig ID | Test Time | Duration | Test Result |
|--------|-----------------|----------|-------------|
| JIG03 | 20210518 083443 | 20 | NG |
| JIG03 | 20210518 105231 | 77 | NG |
| JIG03 | 20210518 130605 | 107 | NG |
| JIG03 | 20210518 132156 | 115 | NG |
| JIG03 | 20210518 153320 | 169 | NG |
| JIG03 | 20210518 163516 | 189 | NG |
| JIG03 | 20210518 163744 | 190 | NG |

Inserindo os dados da **Tabela 5.12** no software **ProConf** temos a disposição abaixo:

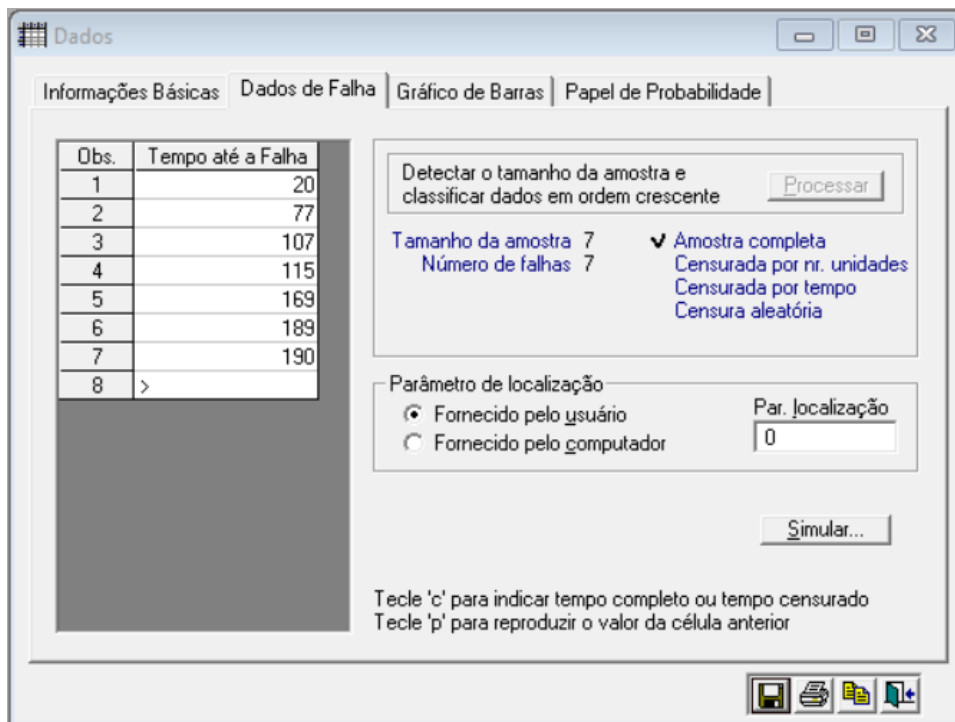


Figura 5.19 - Resultados software ProConf JIG03.

Abaixo, tem-se os **Gráficos de Barras de Frequência, Taxa de Falha, Confiabilidade, Densidade Acumulada de Falhas**, todos em função de t: sequência:

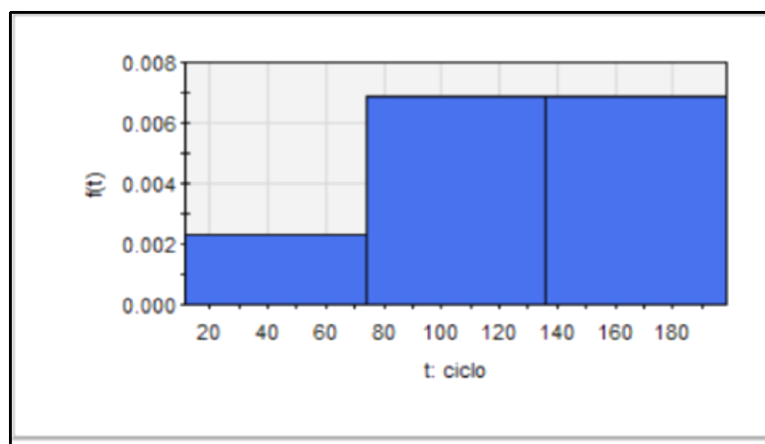


Figura 5.20 - Frequência JIG03.

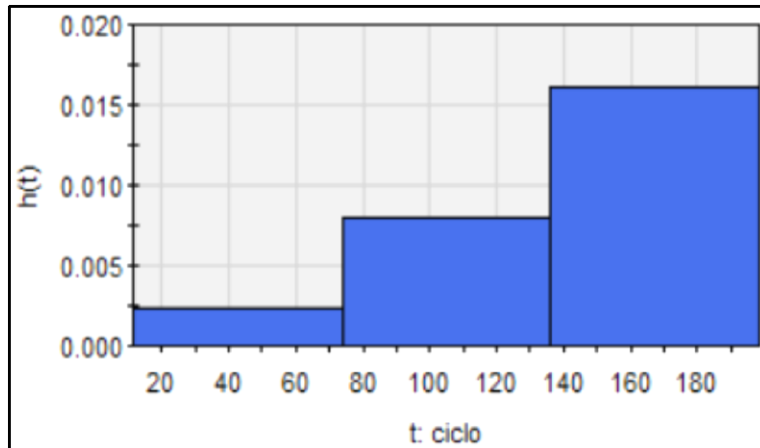


Figura 5.21 - Taxa de falha JIG03.

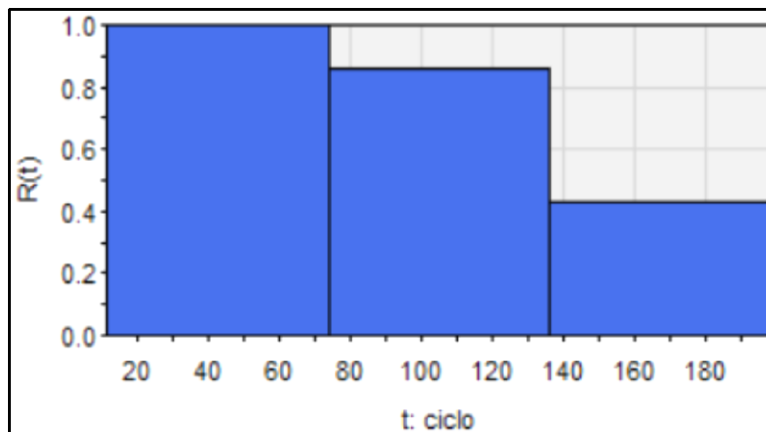


Figura 5.22 - Confiabilidade JIG03.

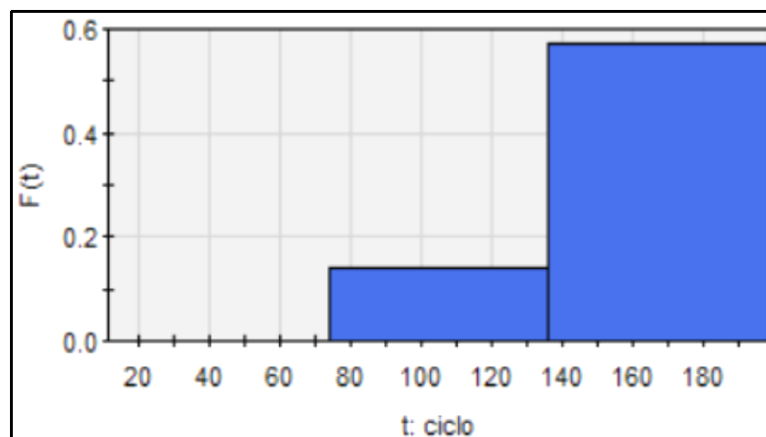


Figura 5.23 - Densidade acumulada de falha.

Abaixo, tem-se o Papel de Probabilidade para a distribuição referente ao Jig 03 conforme os modelos Exponencial, Weibull, Lognormal, Normal:

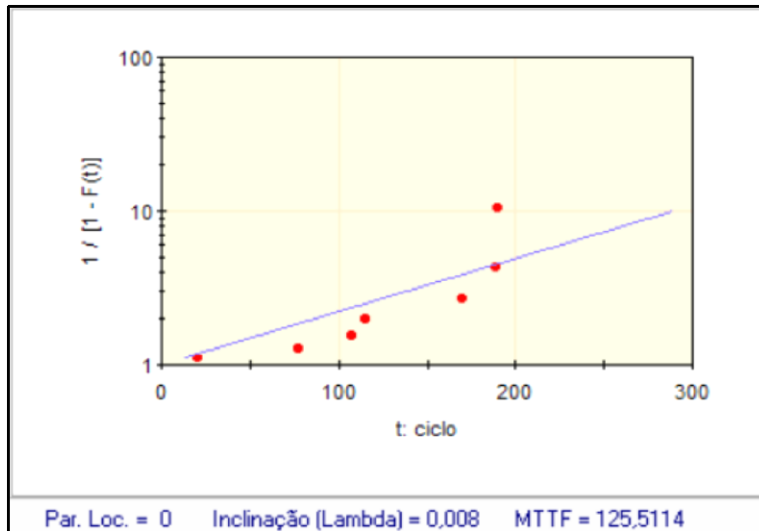


Figura 5.24 - Modelo Exponencial JIG03.

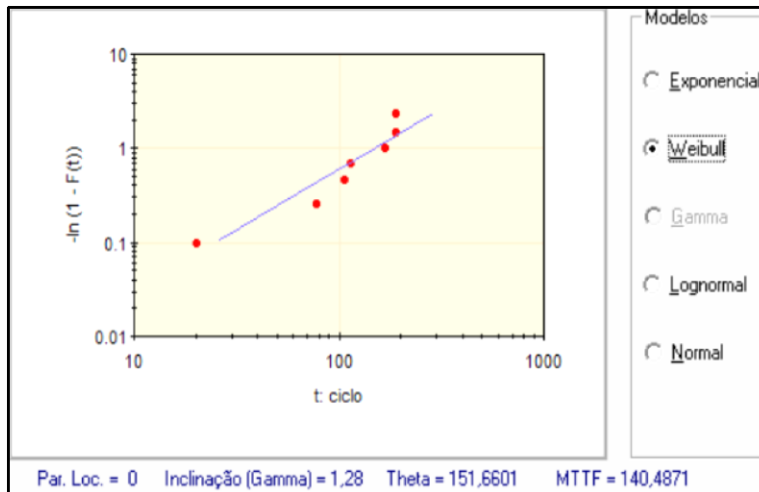


Figura 5.25 - Modelo Weibull JIG03.

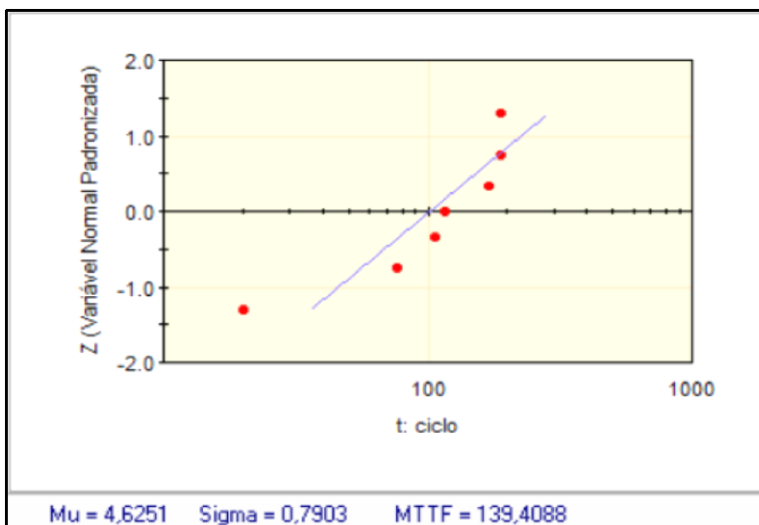


Figura 5.26 - Modelo LogNormal JIG03.

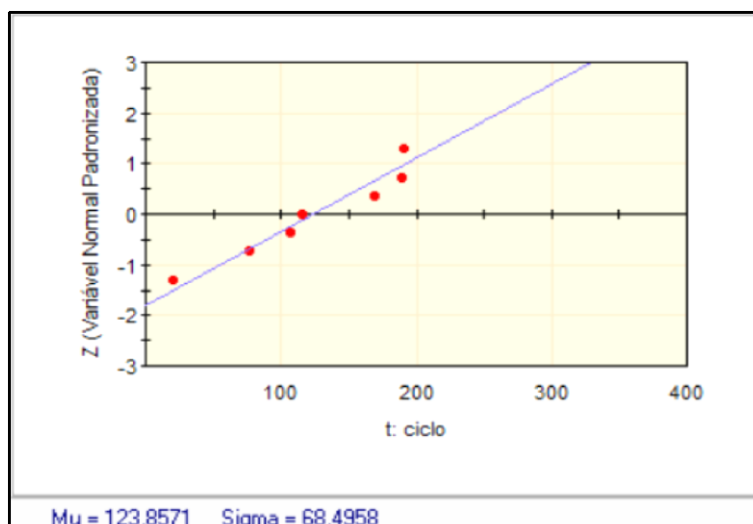


Figura 5.27 - Modelo Normal JIG03.

Na Tabela 5.13, encontra-se a distribuição apenas das falhas para o Jig04:

Tabela 5.13 - Resultados JIG04.

| Jig ID | Test Time | Duration | Test Result |
|--------|-----------------|----------|-------------|
| JIG04 | 20210518 094951 | 53 | NG |
| JIG04 | 20210518 100306 | 56 | NG |
| JIG04 | 20210518 104704 | 75 | NG |
| JIG04 | 20210518 111022 | 84 | NG |
| JIG04 | 20210518 113342 | 96 | NG |
| JIG04 | 20210518 133641 | 122 | NG |
| JIG04 | 20210518 140710 | 135 | NG |
| JIG04 | 20210518 150648 | 161 | NG |
| JIG04 | 20210518 151330 | 163 | NG |
| JIG04 | 20210518 153550 | 173 | NG |
| JIG04 | 20210518 162022 | 187 | NG |

Inserindo os dados do Tabela 5.13 no software **ProConf** temos a disposição abaixo:

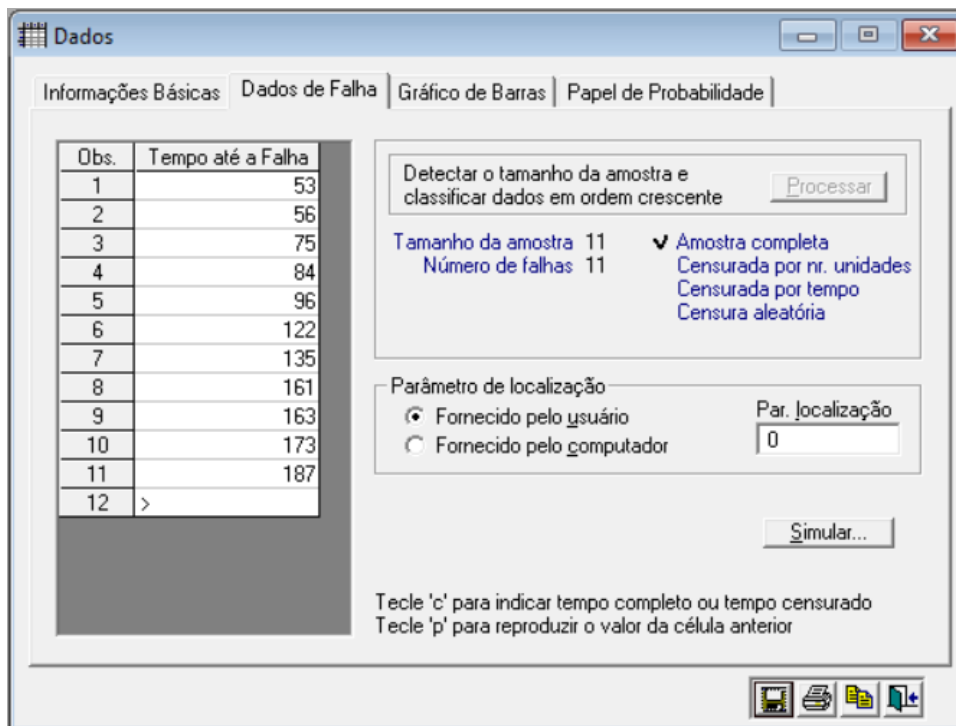


Figura 5.28 - Resultados no software ProConf JIG04.

Abaixo, tem-se os **Gráficos de Barras de Frequência, Taxa de Falha, Confiabilidade, Densidade Acumulada de Falhas**, todos em função de t: sequência:

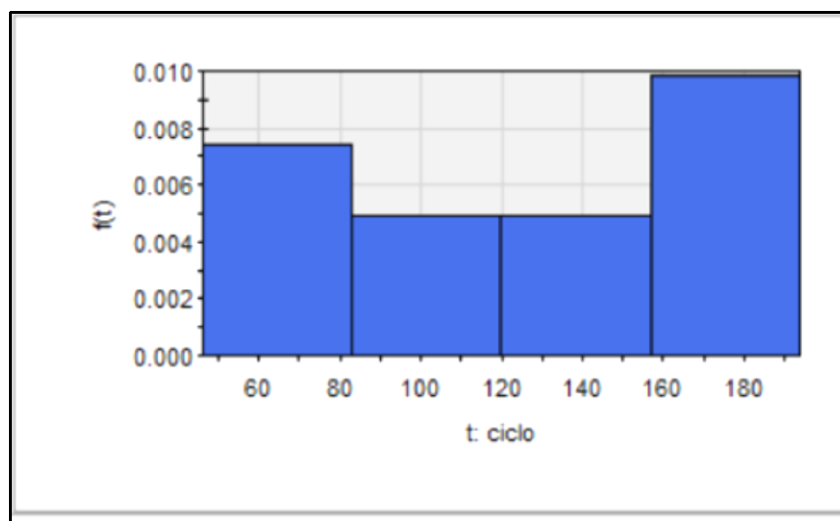


Figura 5.29 - Frequência JIG04.

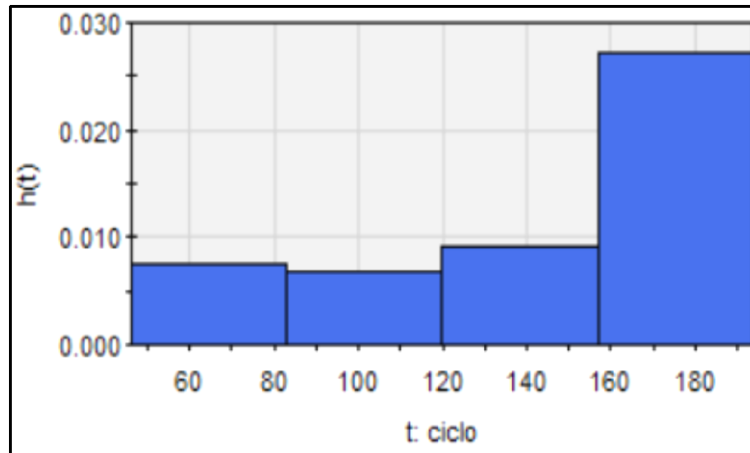


Figura 5.30 - Taxa de falha JIG04.

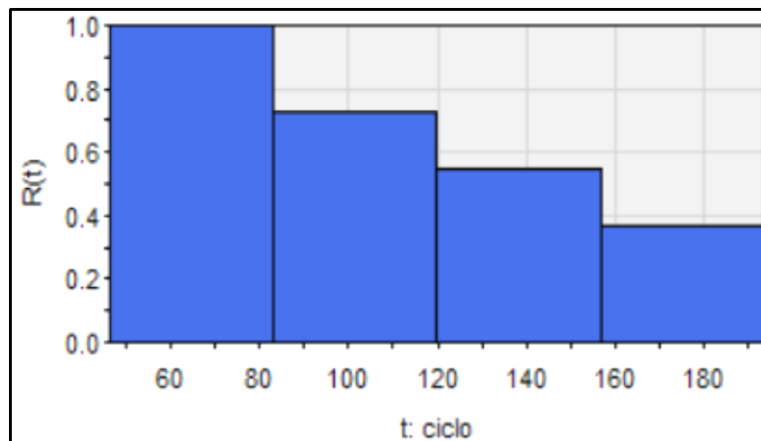


Figura 5.31 - Confiabilidade JIG04.

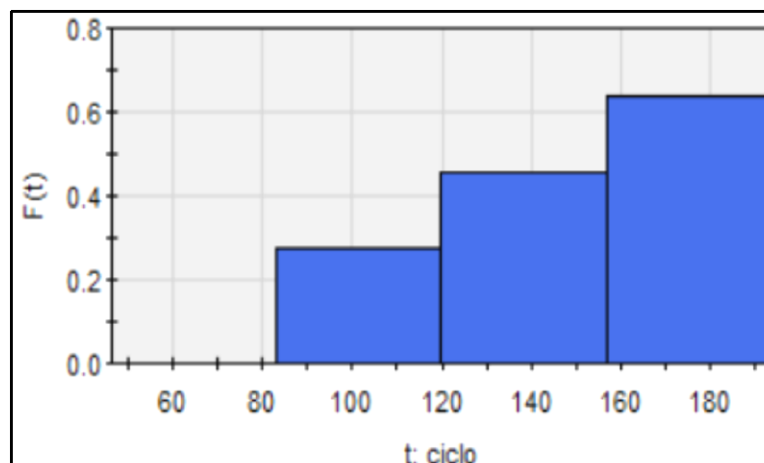


Figura 5.32 - Densidade acumulada JIG04.

Abaixo, temos o Papel de Probabilidade para a distribuição referente ao Jig 04 conforme os modelos Exponencial, Weibull, Lognormal, Normal:

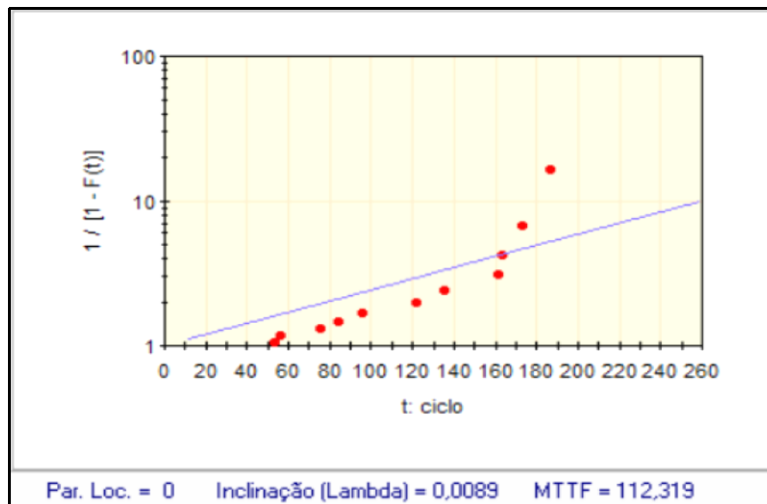


Figura 5.33 - Modelo Exponencial JIG04.

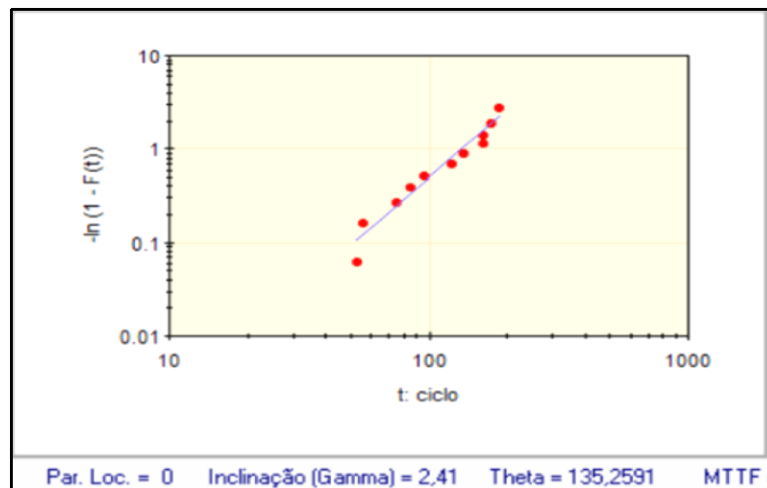


Figura 5.34 - Modelo Weibull JIG04.

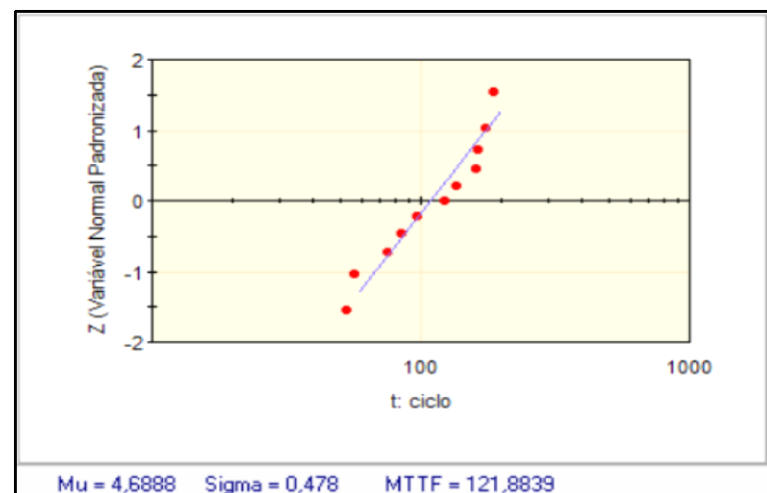


Figura 5.35 - Modelo LogNormal JIG04.

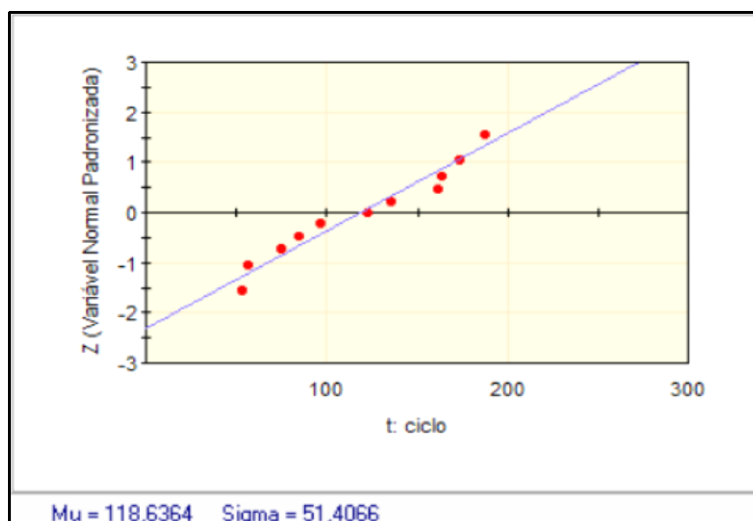


Figura 5.36 - Modelo Normal JIG04.

Na Tabela 5.14, encontra-se a distribuição apenas das falhas para o Jig05:

Tabela 5.14 - Resultados JIG05.

| Jig ID | Test Time | Sequence | Test Result |
|--------|-----------------|----------|-------------|
| JIG05 | 20210518 075504 | 5 | NG |
| JIG05 | 20210518 091932 | 38 | NG |
| JIG05 | 20210518 105136 | 75 | NG |
| JIG05 | 20210518 110317 | 79 | NG |
| JIG05 | 20210518 133020 | 118 | NG |
| JIG05 | 20210518 135303 | 128 | NG |
| JIG05 | 20210518 135455 | 129 | NG |
| JIG05 | 20210518 142037 | 140 | NG |
| JIG05 | 20210518 143953 | 149 | NG |
| JIG05 | 20210518 150227 | 160 | NG |
| JIG05 | 20210518 151920 | 168 | NG |

Inserindo os dados da **Tabela 5.14** no software **ProConf** temos a disposição abaixo:

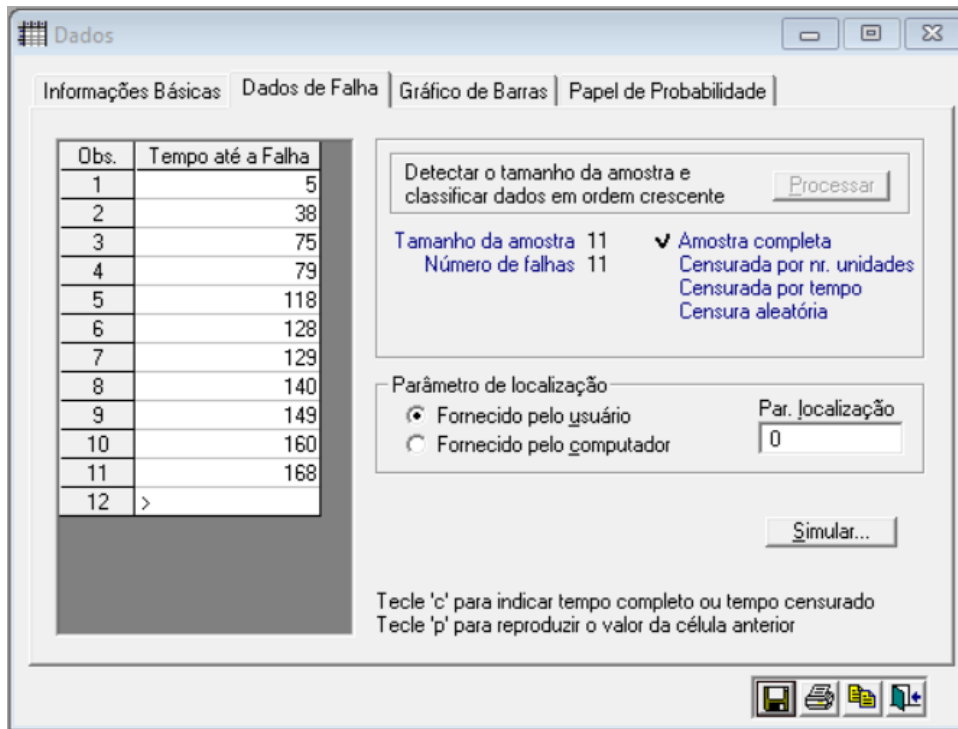


Figura 5.37 - Resultados software ProConf JIG05.

Abaixo, temos os **Gráficos de Barras de Frequência, Taxa de Falha, Confiabilidade, Densidade Acumulada de Falhas**, todos em função de t: seqüência:

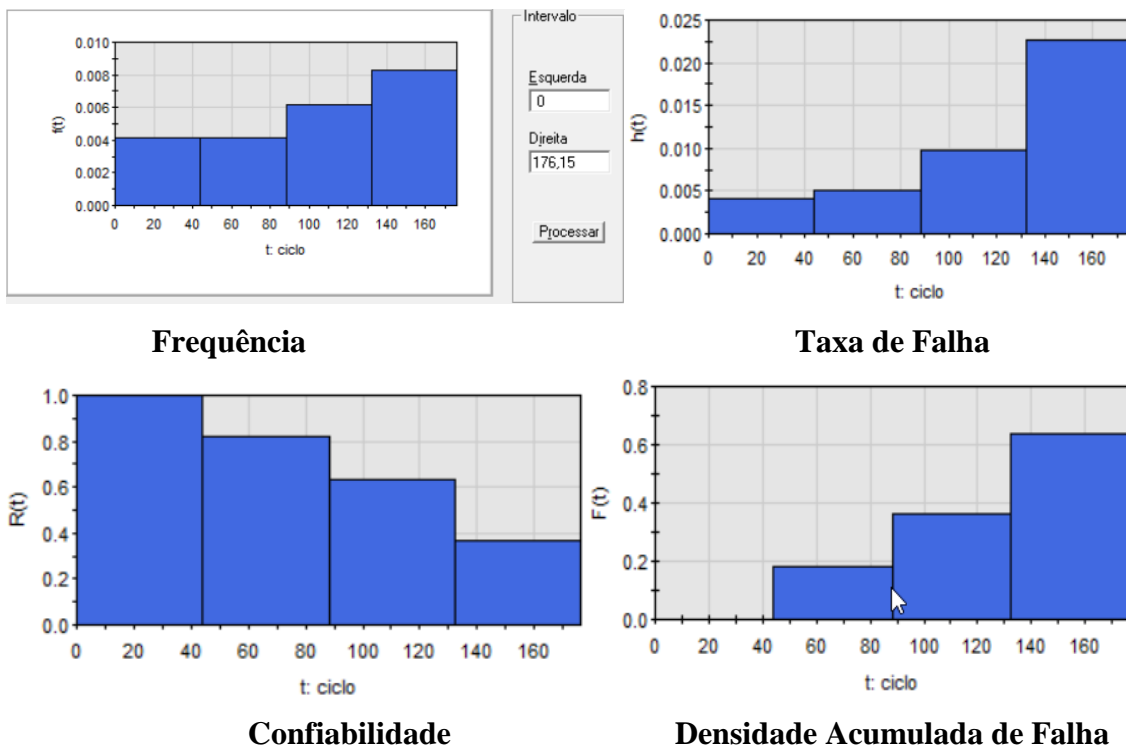
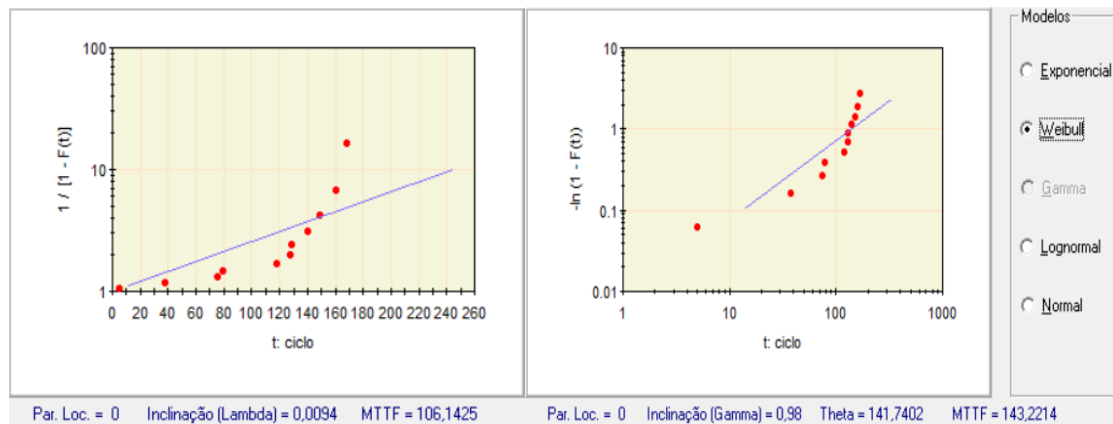


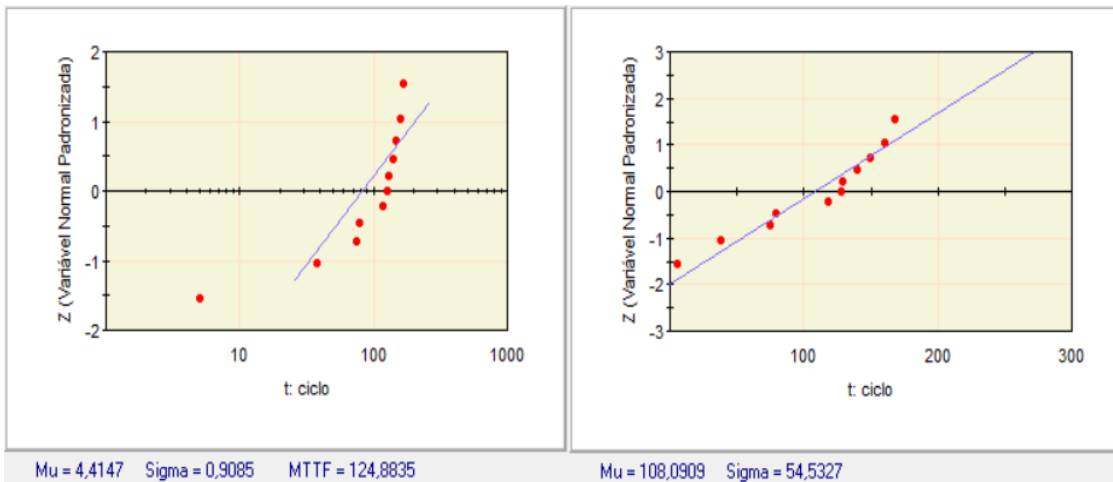
Figura 5.38 - Gráficos de barra ProConf JIG05.

Abaixo, temos o Papel de Probabilidade para a distribuição referente ao Jig 05 conforme os modelos Exponencial, Weibull, Lognormal, Normal:



Modelo Exponencial

Modelo Weibull



Modelo Lognormal

Modelo Normal

Figura 5.39 - Papel de Probabilidade distribuição JIG05.

Na Tabela 5.15, encontra-se a distribuição apenas das falhas para o Jig06:

Tabela 5.15 - Resultados JIG 06.

| Jig ID | Test Time | Duration | Test Result |
|--------|-----------------|----------|-------------|
| JIG06 | 20210518 081009 | 8 | NG |
| JIG06 | 20210518 090340 | 33 | NG |
| JIG06 | 20210518 093032 | 42 | NG |
| JIG06 | 20210518 094606 | 49 | NG |
| JIG06 | 20210518 100256 | 52 | NG |
| JIG06 | 20210518 100948 | 55 | NG |
| JIG06 | 20210518 102604 | 63 | NG |
| JIG06 | 20210518 105842 | 78 | NG |
| JIG06 | 20210518 110306 | 80 | NG |

| | | | |
|-------|-----------------|-----|----|
| JIG06 | 20210518 140448 | 135 | NG |
| JIG06 | 20210518 142847 | 147 | NG |
| JIG06 | 20210518 144938 | 158 | NG |
| JIG06 | 20210518 145219 | 160 | NG |
| JIG06 | 20210518 152716 | 177 | NG |
| JIG06 | 20210518 153426 | 181 | NG |
| JIG06 | 20210518 154859 | 189 | NG |
| JIG06 | 20210518 162529 | 199 | NG |
| JIG06 | 20210518 165059 | 210 | NG |

Inserindo os dados da **Tabela 5.15** no software **ProConf** temos a disposição abaixo:

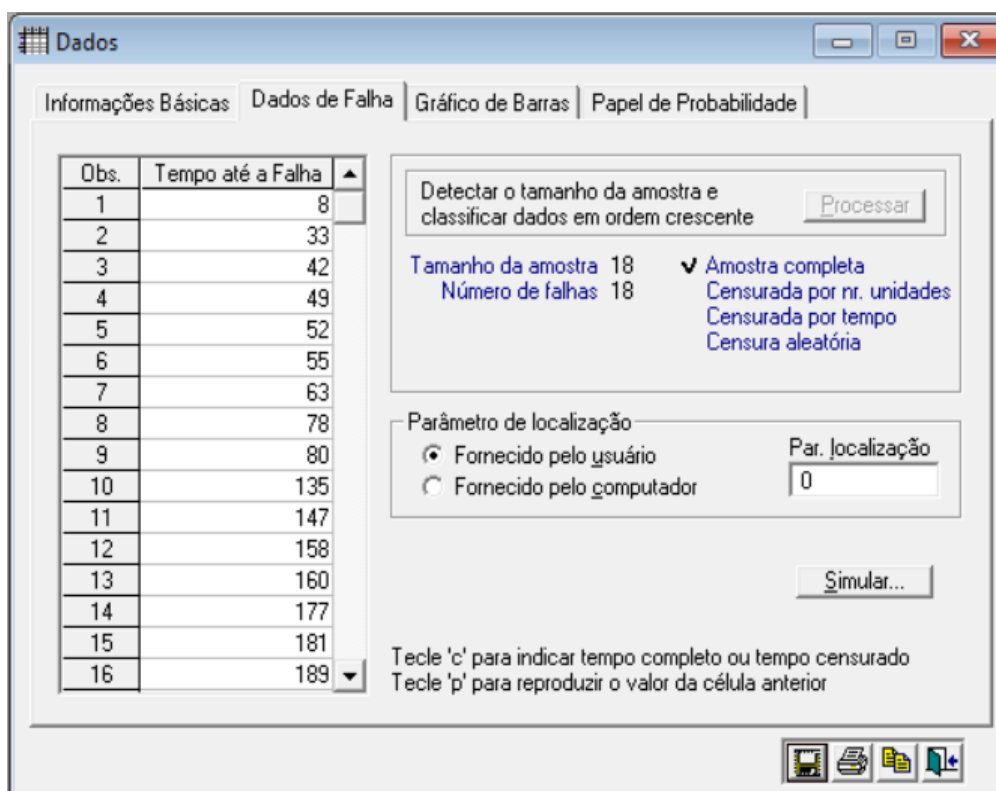


Figura 5.40 - Resultados software ProConf JIG06.

Abaixo, temos os **Gráficos de Barras** de **Frequência**, **Taxa de Falha**, **Confiabilidade**, **Densidade Acumulada de Falhas**, todos em função de t: sequência:

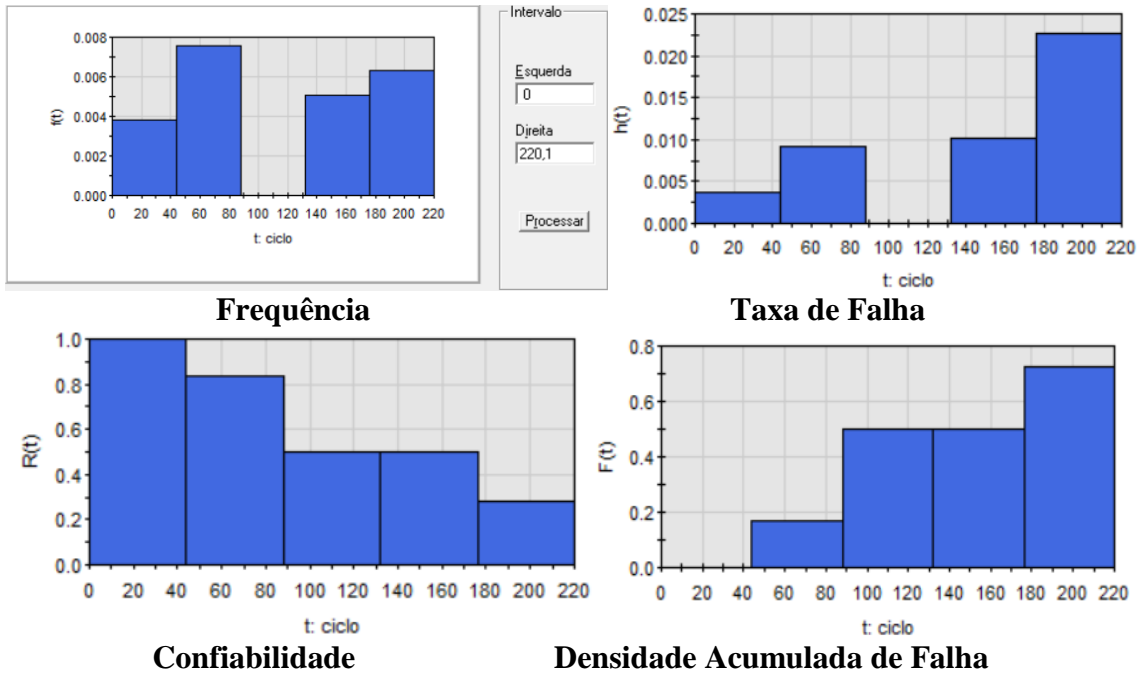


Figura 5.41 - Gráficos de Barra ProConf JIG06.

Abaixo, temos o Papel de Probabilidade para a distribuição referente ao Jig06 conforme os modelos Exponencial, Weibull, Lognormal, Normal:

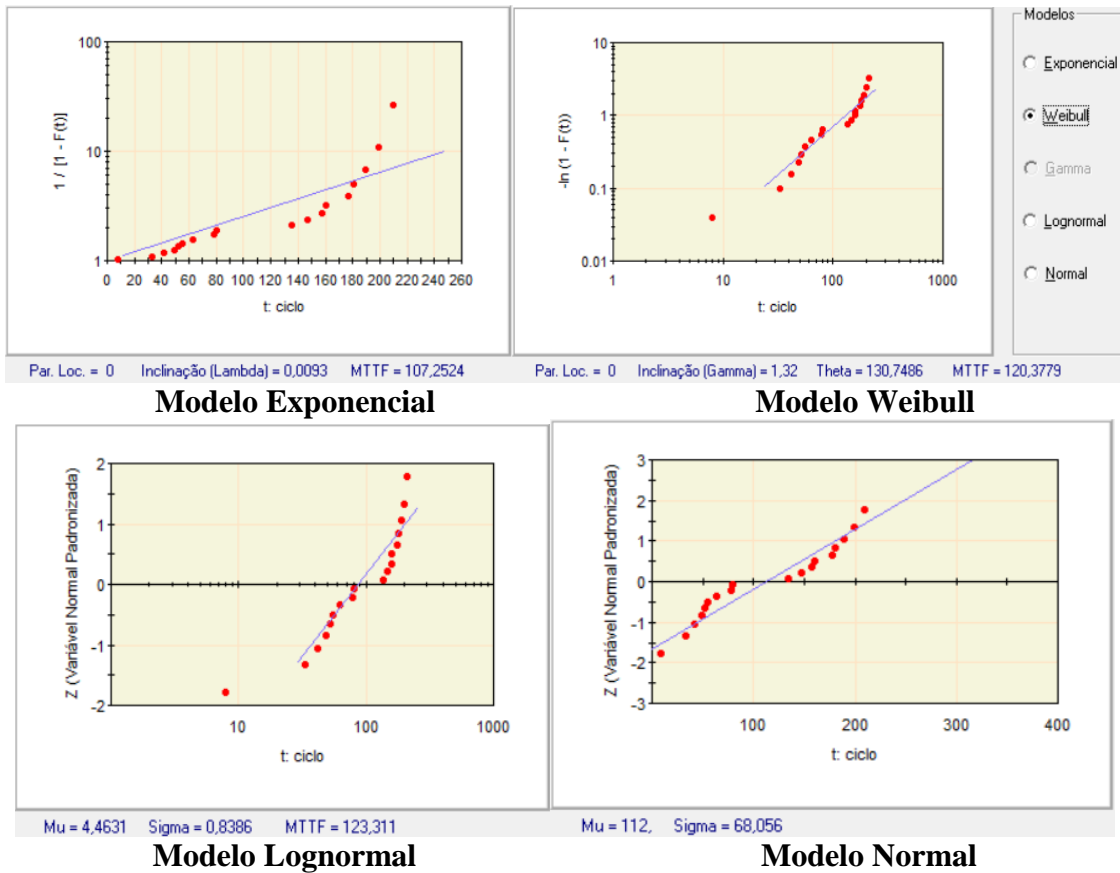


Figura 5.42 - Papel de Probabilidade ProConf JIG06.

Na Tabela 5.16, encontra-se a distribuição apenas das falhas para o Jig07:

Tabela 5.16 - Resultados JIG07.

| Jig ID | Test Time | Duration | Test Result |
|--------|-----------------|----------|-------------|
| JIG07 | 20210518 074234 | 1 | NG |
| JIG07 | 20210518 075147 | 4 | NG |
| JIG07 | 20210518 080559 | 7 | NG |
| JIG07 | 20210518 081357 | 10 | NG |
| JIG07 | 20210518 081742 | 12 | NG |
| JIG07 | 20210518 082609 | 16 | NG |
| JIG07 | 20210518 084346 | 25 | NG |
| JIG07 | 20210518 091043 | 38 | NG |
| JIG07 | 20210518 093313 | 45 | NG |
| JIG07 | 20210518 093609 | 47 | NG |
| JIG07 | 20210518 094707 | 52 | NG |
| JIG07 | 20210518 102429 | 65 | NG |
| JIG07 | 20210518 113723 | 98 | NG |
| JIG07 | 20210518 131157 | 114 | NG |
| JIG07 | 20210518 141051 | 139 | NG |
| JIG07 | 20210518 141706 | 142 | NG |
| JIG07 | 20210518 143727 | 152 | NG |
| JIG07 | 20210518 144508 | 156 | NG |
| JIG07 | 20210518 145947 | 164 | NG |
| JIG07 | 20210518 151331 | 171 | NG |
| JIG07 | 20210518 153715 | 183 | NG |
| JIG07 | 20210518 155022 | 190 | NG |
| JIG07 | 20210518 160242 | 196 | NG |
| JIG07 | 20210518 160331 | 197 | NG |
| JIG07 | 20210518 160404 | 198 | NG |
| JIG07 | 20210518 162521 | 201 | NG |
| JIG07 | 20210518 162650 | 202 | NG |

Inserindo os dados da **Tabela 5.16** no software **ProConf** temos a disposição abaixo:

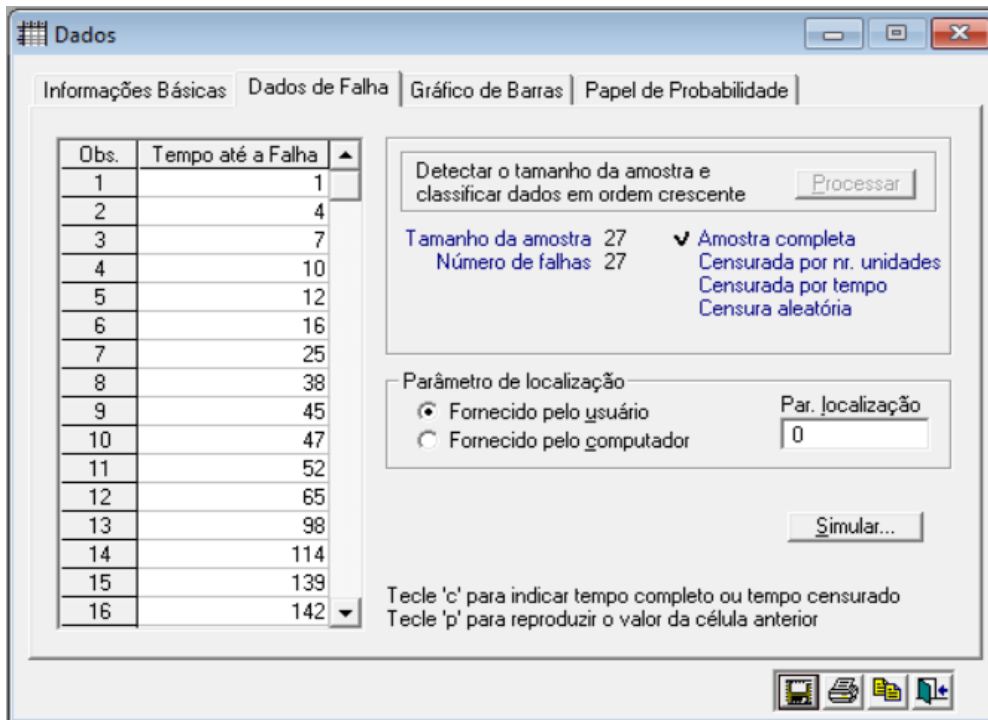


Figura 5.43 - Resultados software ProConf JIG07.

Abaixo, temos os **Gráficos de Barras de Frequência, Taxa de Falha, Confiabilidade, Densidade Acumulada de Falhas**, todos em função de t: sequencia:

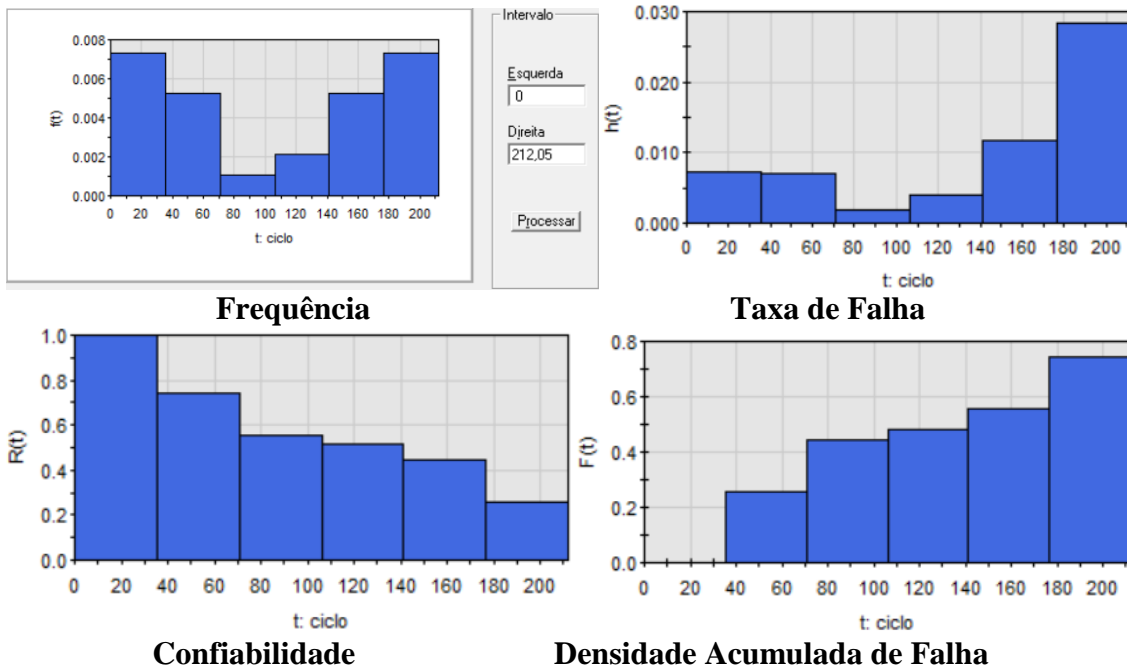


Figura 5.44 - Gráficos de Barras ProConf JIG07.

Abaixo, temos o Papel de Probabilidade para a distribuição referente ao Jig 07 conforme os modelos Exponencial, Weibull, Lognormal, Normal:

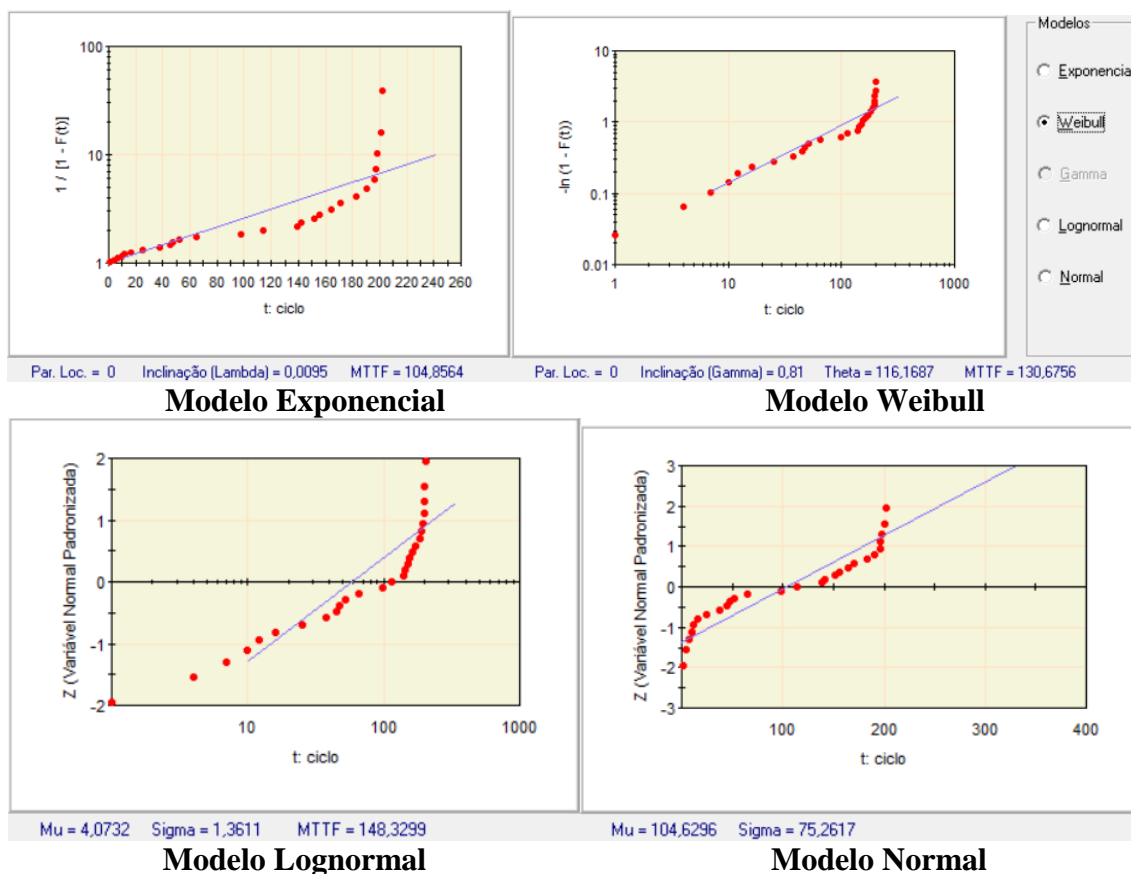


Figura 5.45 - Papel de Probabilidade ProConf JIG07.

Na Tabela 5.17, encontra-se a distribuição apenas das falhas para o Jig08:

Tabela 5.17 - Resultados JIG08.

| Jig ID | Test Time | Duration | Test Result |
|--------|-----------------|----------|-------------|
| JIG08 | 20210518 080614 | 8 | NG |
| JIG08 | 20210518 081848 | 14 | NG |
| JIG08 | 20210518 090738 | 38 | NG |
| JIG08 | 20210518 094246 | 51 | NG |
| JIG08 | 20210518 101821 | 63 | NG |
| JIG08 | 20210518 140154 | 137 | NG |
| JIG08 | 20210518 142547 | 148 | NG |
| JIG08 | 20210518 145503 | 163 | NG |
| JIG08 | 20210518 150111 | 166 | NG |
| JIG08 | 20210518 150821 | 170 | NG |
| JIG08 | 20210518 155846 | 195 | NG |
| JIG08 | 20210518 162939 | 203 | NG |
| JIG08 | 20210518 164101 | 208 | NG |
| JIG08 | 20210518 164239 | 209 | NG |

Inserindo os dados da **Tabela 5.17** no software **ProConf** temos a disposição abaixo:

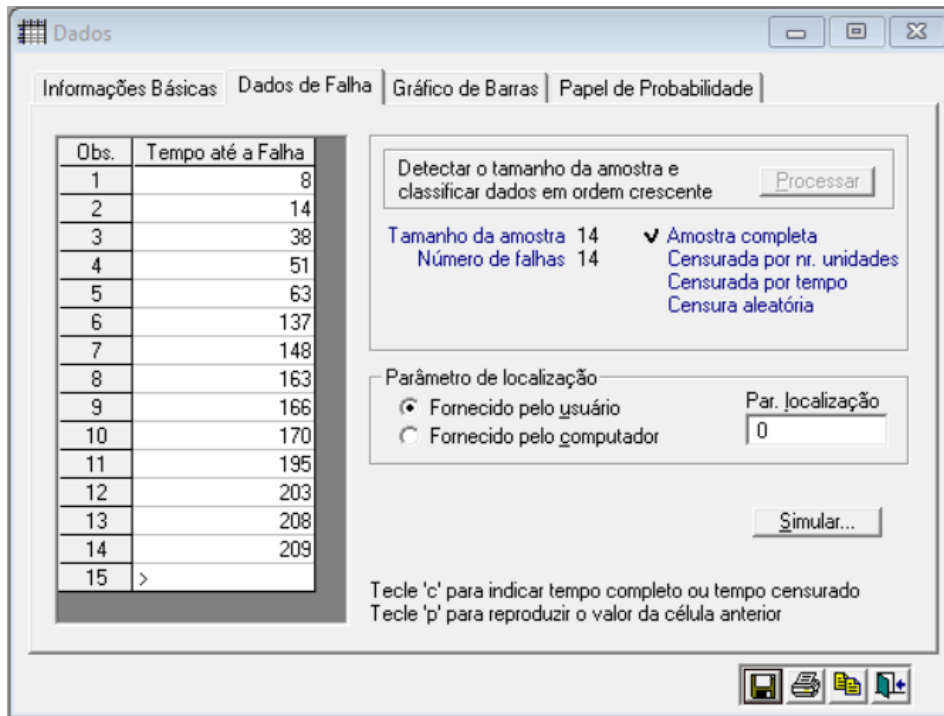


Figura 5.46 - Resultados software ProConf JIG08.

Abaixo, temos os **Gráficos de Barras de Frequência, Taxa de Falha, Confiabilidade, Densidade Acumulada de Falhas**, todos em função de t: sequencia:

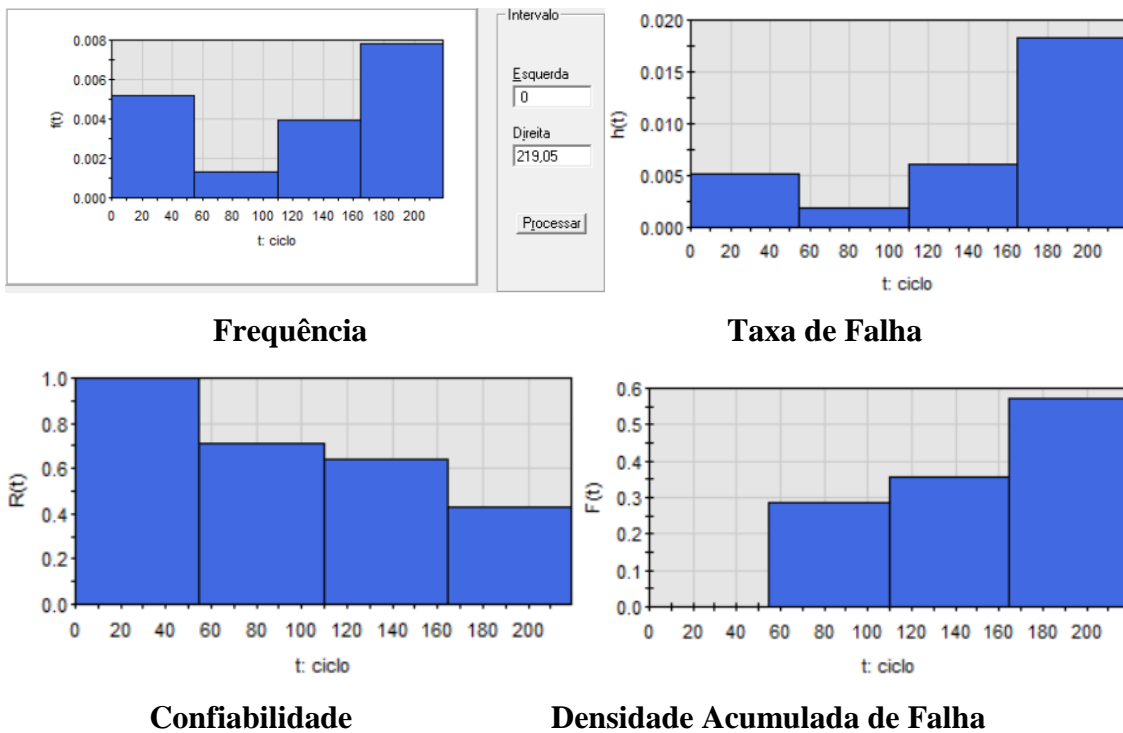


Figura 5.47 - Gráficos de Barras ProConf JIG08.

Abaixo, temos o Papel de Probabilidade para a distribuição referente ao Jig 08 conforme os modelos Exponencial, Weibull, Lognormal, Normal:

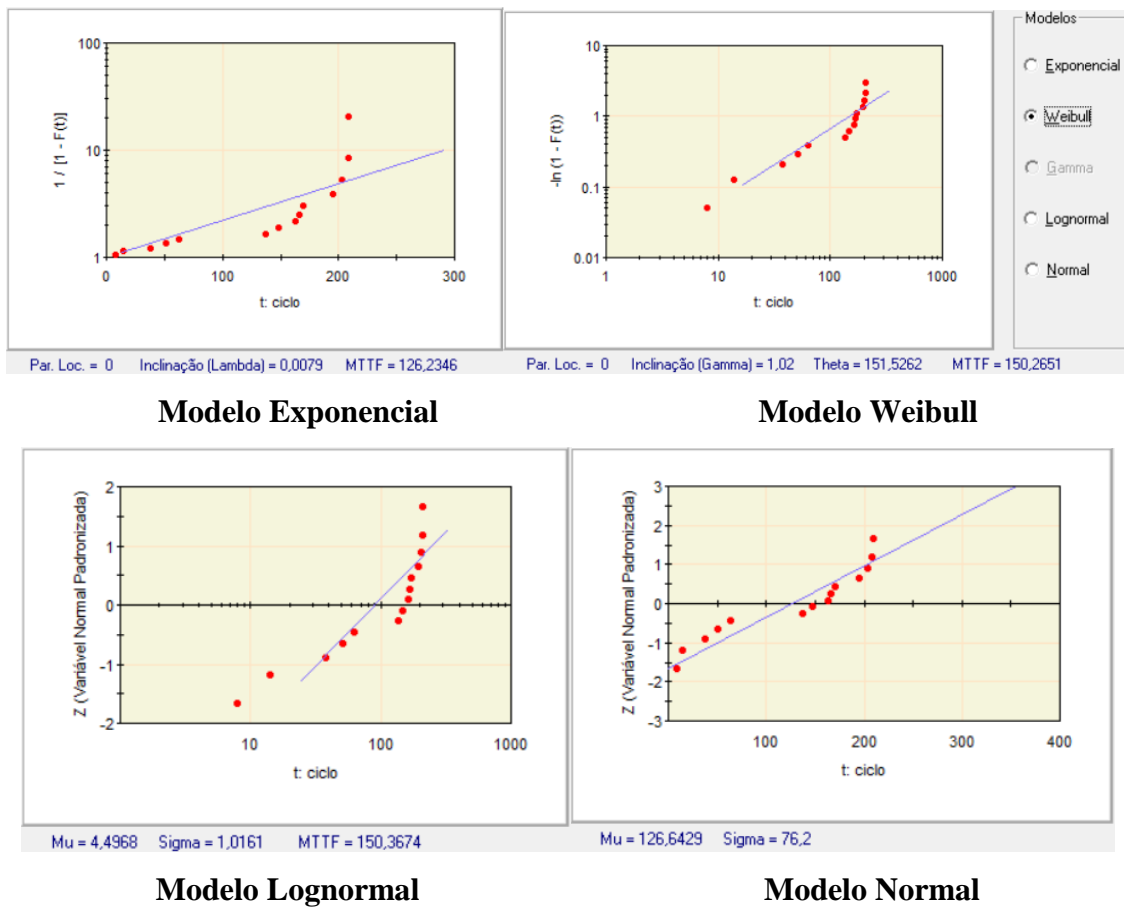


Figura 5.48 - Papel de Probabilidade ProConf JIG08.

5.2.1 - Atualização do check list de manutenção preventiva

Todos os dados abaixo foram extraídos de testes realizados no dia 02 de março de 2020, data de início da produção em massa do modelo. A produção em massa iniciou-se logo em seguida do lote piloto de produção. Este lote piloto foi aprovado com um percentual de falhas falsas dentro do limite aceitável que é 100000 dppm (*Defective Parts Per Million*).

CAPÍTULO 6

ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 - ANÁLISES E DISCUSSÃO

Visando o estabelecimento de uma referência afim de comparar as melhorias aplicadas e fornecer dados para esta pesquisa, o modelo da linha de produção na condição inicial do estudo é descrito neste capítulo. Os dados serão demonstrados através de gráficos de confiabilidade gerados nos softwares. As tabelas associadas trazem informações sobre a confiabilidade de cada estação e a confiabilidade do processo como um todo.

6.1.1 - Comparativo de antes e depois das ações

A linha de produção contém 13 estações de trabalho que são alocados em série. Antes da embalagem, temos as bancadas de testes funcionais conforme Figura 4.1 e estas são organizadas em paralelo. Há 8 bancadas de testes onde cada estação contém 4 PCs e 4 Jigs de teste.

6.1.2 - MCC em comparação aos métodos convencionais

Os itens de verificação automática do aparelho *CM* são identificados com códigos de teste, os quais estão associados a um *script* de teste em específico. Esta codificação não segue uma ordem lógica por terem sido desenvolvidos separadamente e extraídos de *scripts* de outros modelos de aparelho.

Portanto, como sugestões imediatas de melhoria, temos:

1. Adequar a linha de acordo com o número de unidades paralelas equivalentes para se atingir a confiabilidade proposta.
2. Reforçar o orçamento de manutenção incluindo peças de reposição, calibrações, remodelações, insuficiência de análises e gestão de manutenção.
3. Reforçar competências técnicas em matérias de gestão de manutenção e resolução de problemas.
4. Implementar conceito de RCM na fábrica.

5. Fazer investimentos para renovação das máquinas para se ter uma melhor confiabilidade e baixos custos de manutenção.

Uma solução baseada em N.E.P.U. faz com que o projeto saia muito caro. Além disso, o conceito de linha não apoia a implementação de novas unidades de máquinas. Uma boa opção seria fazer investimentos por novas tecnologias que são capazes de garantir o rendimento desejado com um bom nível de confiabilidade.

Fazer investimentos para remodelações, manutenção preditiva e calibrações podem melhorar o desempenho da linha e das máquinas também.

Do lado da gestão, é muito importante envolver a equipe de manutenção para fazer estudos para encontrar a causa raiz de falhas e apoiar as tarefas de manutenção com soluções que impedem o processo e as máquinas contra avarias.

Usando ferramentas como FMEA, exemplificado na Figura 12, FRACAS, FMECA são uma boa maneira de encontrar soluções.

A ideia principal é investir na otimização das práticas de manutenção ora adotadas, o que significa dizer que se deve utilizar mais ferramentas de análise de causa raiz das falhas e realimentar as conclusões para os planos de manutenção, ou seja revisá-los com mais frequência de modo a combater as causas das falhas e não nos efeitos e, além disso, melhorar a capacitação da equipe de manutenção sobre o conhecimento técnico dos equipamentos, como calibrações e manutenções complexas.

Além disso, do ponto de vista de gestão, reforçar a cultura de Engenharia de Manutenção e fazer estudos para implementar a Metodologia RCM o mais rapidamente possível para uma melhora na gestão da manutenção.

Um ponto deve ser reforçado e se refere à qualidade dos dados adquiridos. Alguns equipamentos mostrou uma escassez de dados durante o tempo observado porque não havia registro suficiente para determinar a correta distribuição de falha. E isso acarretaria um alto impacto sobre as conclusões e recomendações deste estudo.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES

Este estudo nos permitiu apresentar uma análise utilizando os conceitos de confiabilidade.

Usando estes conceitos, pôde-se determinar quão capaz foi a linha de alcançar os resultados esperados e quais melhorias seriam necessárias para atingir os objetivos.

Assim, após a coleta dos dados de cada equipamento e dos testes para definição da função probabilidade que se ajustou aos dados de falhas de cada um deles, estimou-se a confiabilidade de cada equipamento e da linha. Proporcionando o atingimento dos objetivos da forma abaixo:

- Foi identificada a confiabilidade da estação de testes do processo produtivo a ser otimizado;
- Foram listados os principais problemas no ambiente de testes que interferem na demora ou na falha da aprovação do aparelho;
- Foram definidos critérios e métodos para otimização do processo de testes visando a melhoria da produtividade;
- Foi implementada a sistemática de metodologias de análise de falhas;
- Foram reestruturados os planos de manutenção preventiva com base nas análises;

Portanto, foi possível otimizar a confiabilidade e usabilidade dos testes funcionais do processo produtivo da empresa “Tucumã sem Casca” de cable modems melhorando, assim, o processo produtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT., A. B. D. N. T. **NBR 5462: 1994. Confiabilidade e Manutenibilidade.** Rio de Janeiro. 1994. ABNT, 1994.

ABREU, R. A. **Perdas de processo produtivo.** [S.l.]. 2002.

AGUIAR, D. C. D. **Avaliação de sistemas de prevenção de falhas em processos de manufatura na indústria automotiva com metodologia de auxílio à decisão.** Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. [S.l.], p. 135. 2007.

AZEVEDO, A. A. **Otimização da Manutenção Preventiva em Linhas de Montagem: Estudo de Caso em uma Empresa de Manufatura Contratada do Setor Eletroeletrônico.** Universidade Federal de Minas Gerais. [S.l.]. 2007.

CAMPOS, V. F. **TQC - Controle da Qualidade Total no Estilo Japonês.** 8°. ed. São Paulo: INDG, 2004.

COSTA JUNIOR, E. L. **Gestão em processos produtivos.** 20. ed. Curitiba: IBPEX, 2008. ISBN 978-85-7649-083-8. Acesso em: 27 Abril 2020.

FAGLIATO, F. S.; DUARTE, J. L. R. **Confiabilidade e manutenção industrial.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. ISBN 978-85-352-3353-7.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade.** 1°. ed. Rio de Janeiro: Qualymark Editoria, 2014.

LEAL, F. **Análise do efeito interativo de falhas em processos de manufatura através de projeto de experimentos simulados.** Universidade Estadual Paulista. [S.l.], p. 237. 2008.

LEON, C. R. D. L. **Análise da confiabilidade da transmissão de sinal de banda larga de uma empresa de telecomunicações.** Universidade Federal do Pampa – Campus Bagé. [S.l.]. 2014.

MARQUES, J. R. D. S.; MELLO, A. J. R. **Perdas no processo produtivo: um estudo de caso numa indústria de laminados plásticos.** ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: A Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos. Salvador, BA. 2013.

MARTINS, M. R. **Considerações sobre análise de confiabilidade e risco.** Universidade de São Paulo. São Paulo. 2013.

MOREIRA, D. **Administração de Produções e Operações.** 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

MOREIRA, R. F. C. **Aplicação das ferramentas da qualidade na engenharia de desenvolvimento de análise de falhas.** Universidade São Francisco. Campinas. 2012.

NUNES, E. L. **Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC): Análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada.** Universidade Federal de Santa Catarina. [S.l.]. 2001.

PILLAY, A.; WANG, J. Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning. **Reliability Engineering & System Safety**, 2003, v. 9, p. p. 69–85, 2003.

RIOS, L. **Indústrias do PIM fecham 2019 com faturamento recorde, Manaus, 16 Março 2020.** Disponível em: <<http://site.suframa.gov.br/noticias/faturamento-pim-atinge-marca-inedita-de-r-104-bi-em-2019>>. Acesso em: 7 de abril de 2020.

SILVA, F. G.; ANDRADE, J. J. D. O. Análise de falhas de equipamentos da indústria metal-mecânica como subsídio para estabelecimento de atividades de manutenção. **Espacios**, v. 37, n. 12, p. 17, 2016. ISSN 0798 1015. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a16v37n12/16371217.html>>. Acesso em: 13 de abril de 2020.

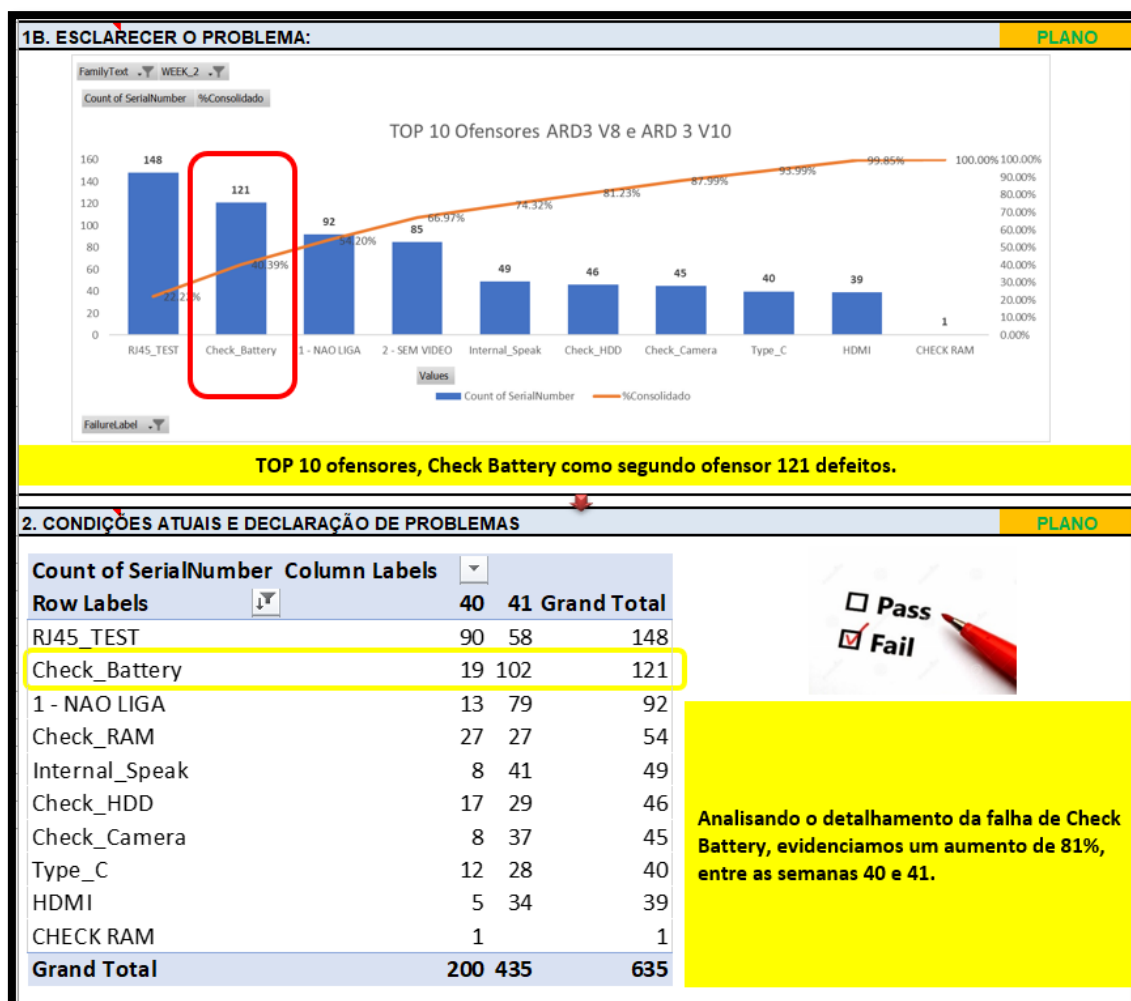
SIQUEIRA, I. P. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: manual de implementação.** Rio de Janeiro: Qualymark Editoria, 2014. 408p.

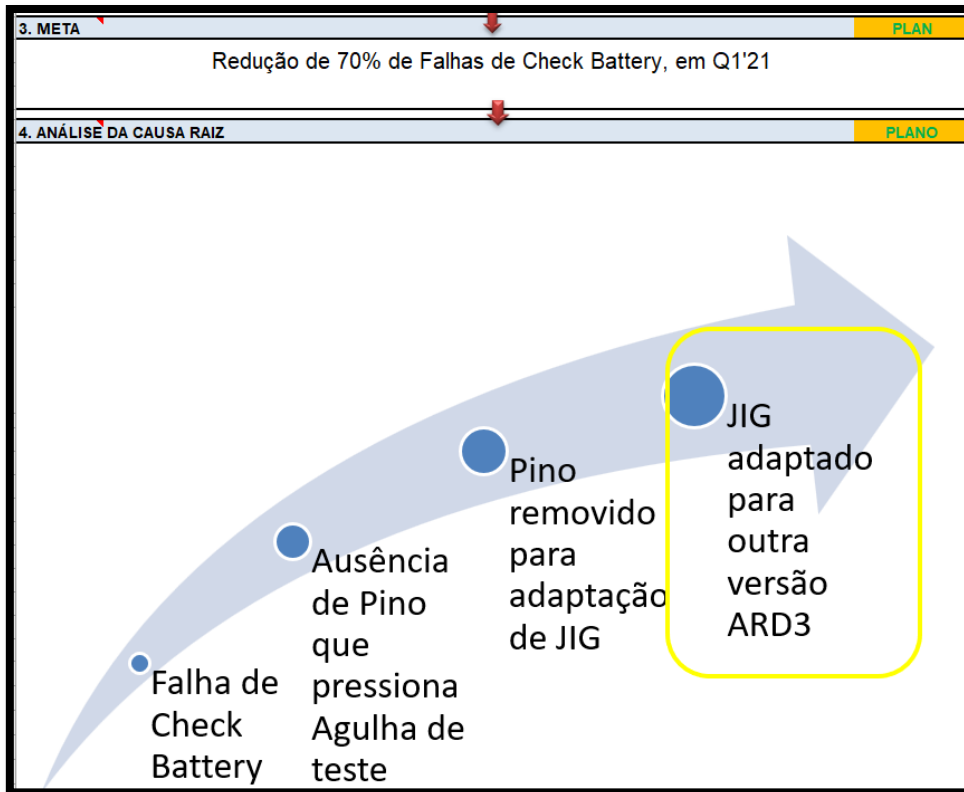
SWANSON, L. Linking Maintenance Strategies to Performance. **International Journal of Production Economics**, v. 70, p. 237–244, 2001.

APÊNDICE A

PROJETOS DE MELHORIA

Abaixo, os detalhes do A3, referente a otimização da melhoria de CHECK BATTERY:



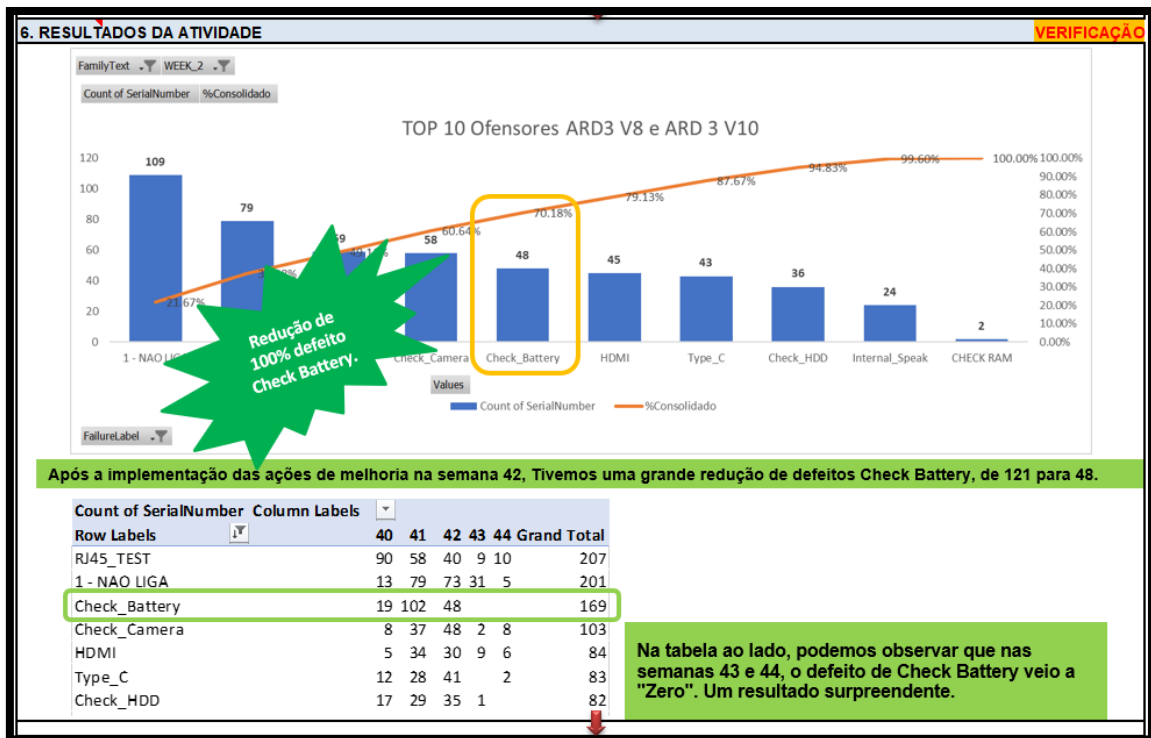


5. CONTRA MEDIDAS DO

| Root cause | Action | Status |
|---|---|--------|
| Adaptação de JIG para outra versão ARD3 | Análise da causa raiz | Ok |
| | Desenvolvimento de método para melhoria | Ok |
| | Aquisição de material para retrabalho | Ok |
| | Retrabalho em uma base para teste e avaliação | Ok |
| | Ampliação de retrabalho para todas as bases | Ok |
| | Validação de resultados | Ok |

Implementação no JIG 35, inserido pino nos três pontos marcados

Implementação no JIG



7. RESULTADOS AVALIADOS AÇÃO

Após implementação do retrabalho dos pinos nos JIGs de teste, evidenciamos a eficiência da melhoria com a redução em 100% da falha de Check Battery, deixando este de ser um Top Ofensor no produto ARD3 para os modelos V8 e V10, além de contribuir para o aumento da métrica FPY.

8. LIÇÕES APRENDIDAS E PADRONIZAÇÃO AÇÃO

A busca de melhorias com uso de ferramentas adequadas ao processo, garante um melhor desempenho em qualidade e eficiência, mantendo o comprometimento com as métricas, principalmente FPY.