

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

MARIANA SILVEIRA MANOSSO

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE FACAS
ROTATIVAS EM EMBALADORAS DE SERINGAS ATRAVÉS DE
ANÁLISE DE DADOS DE VIDA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2017

MARIANA SILVEIRA MANOSSO

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE FACAS
ROTATIVAS EM EMBALADORAS DE SERINGAS ATRAVÉS DE
ANÁLISE DE DADOS DE VIDA**

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

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Mariano

CURITIBA
2017



TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO DE VIABILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE FACAS ROTATIVAS EM MÁQUINAS EMBALADORAS ATRAVÉS DE ANÁLISES DE DADOS DE VIDA

por

MARIANA SILVEIRA MANOSSO

Esta monografia foi apresentada em 20 de fevereiro de 2017, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A aluna foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Carlos Henrique Mariano Dr.
Professor Orientador - UTFPR

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Prof. Marcelo Rodrigues Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

RESUMO

MANOSSO, Mariana S. **Estudo de Viabilidade de Substituição de Facas Rotativas em Máquinas Embaladoras Através de Análises de Dados de Vida.** 2017. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Curso de Especialização em Engenharia da Confiabilidade. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

Uma empresa de fabricação de dispositivos de saúde instalada no Brasil tem adotado como diferencial competitivo a redução de custos com peças de manutenção de seus equipamentos, desde que a qualidade primordial de seus produtos seja mantida. O estudo em questão tem por objetivo analisar o consumo de peças de reposição – facas rotativas – em embaladoras. A metodologia do estudo propicia o entendimento dos dados de vida do sistema, utilizando ferramentas de Engenharia de Confiabilidade, por meio da distribuição de Weibull. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se do software da Reliasoft. Uma sugestão de material alternativo para fabricação de facas e a análise de viabilidade da mudança é a alternativa proposta para atingir as metas de redução de custo com despesa de manutenção em 10%. Resultados obtidos por meio deste estudo confirmam a viabilidade da troca de matéria prima de confecção de facas rotativas, cuja alteração resulta em redução de custo de até 45% com despesas de peças de reposição.

Palavras-chave: Confiabilidade, redução de custos, análise de dados de vida, facas rotativas.

Abstract

MANOSSO, Mariana S. Feasibility Study of Replacement of Slitter Knives in Packing Machines Through Life Data Analysis. 2017. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Curso de Especialização em Engenharia da Confiabilidade. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

A company that manufactures health devices installed in Brazil has adopted as a competitive differential the cost reduction with maintenance parts of its equipment, provided that the primary quality of its products is maintained. The purpose of this study is to analyze the consumption of spare parts - slitter knives - in packaging machines. The methodology of the study allows the understanding of the system life data, using Reliability Engineering tools, through the Weibull distribution. Statistical analyzes were performed using Reliasoft software.

A suggestion of alternative material for knife making and feasibility analysis of change is the proposed alternative to achieve cost reduction goals with maintenance expense at 10%. Results obtained through this study confirm the feasibility of the exchange of raw material for confection of rotary knives, whose alteration results in cost reduction of up to 45% with spare parts expenses.

Key words: Reliability, cost reduction, life data analysis, slitter knives.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Desenho mecânico de uma faca rotativa. Fonte: cedida pela empresa....	13
Figura 2 - Linha do tempo de falhas, material VC 131.....	20
Figura 3 - Disposição de dados e resumo de análise, material VC 131.....	21
Figura 4 - Gráfico de Confiabilidade vs tempo, material VC 131.	22
Figura 5 - Gráfico de Taxa de falha vs tempo, material VC 131.	23
Figura 6 - Cálculo de confiabilidade do sistema ao tempo final de missão de 90 dias, material VC 131.	24
Figura 7 - Cálculo de MTTF, material VC 131.	24
Figura 8 - Probabilidade de falha ao tempo final de missão de 90 dias, material VC 131.....	25
Figura 9 - Gráfico de probabilidade de falha vs. tempo, material VC 131.....	25
Figura 10 - Gráfico de função densidade de probabilidade, material VC 131.	26
Figura 11 - Linha do tempo de falhas, material Sleipner VA800A.	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo anual de facas rotativas em embaladoras.	15
Tabela 2 - Composição química elementos de liga aço VC 131.	16
Tabela 3 - Composição química elementos de liga aço Sleipner VA800A.	16
Tabela 4 - Dados de consumo facas rotativas embaladora sob análise, material VC 131.	20

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
1.1.	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	10
1.2.	JUSTIFICATIVA	10
1.3.	OBJETIVOS	10
1.3.1.	Objetivo geral	10
1.3.2.	Objetivos específicos	11
1.4.	METODOLOGIA.....	11
1.5.	ESTRUTURA	11
2.	A ESTAÇÃO DE CORTE DE UMA EMBALADORA	13
2.1.	AS FACAS ROTATIVAS	13
2.2.	O MATERIAL DE CONFECÇÃO DAS FACAS ROTATIVAS	15
3.	ANÁLISE DE DADOS DE VIDA	17
4.	A ANÁLISE DE DADOS DE VIDA APLICADA AO SISTEMA DE CORTE DE EMBALADORA.....	19
4.1.	ANÁLISE DE DADOS DE VIDA DO SISTEMA DE FACA ROTATIVA MATERIAL VC 131.....	19
4.2.	ANÁLISE DE DADOS DE VIDA DO SISTEMA DE FACA ROTATIVA MATERIAL SLEIPNER VA800A	26
5.	CONCLUSÃO	28
6.	REFERÊNCIAS.....	30

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de respostas certas e rápidas para otimização de seus custos e recursos é uma realidade comum de empresas instaladas no Brasil, frente a uma inflação acumulada (IPCA) de 5,35% nos últimos 12 meses, segundo relatório do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016).

A indústria de dispositivos médicos segue em busca de alternativas para reduzir seus custos com peças de reposição de seus equipamentos, de modo que possa oferecer produtos a preço nacional competitivo e manter a sua indispensável qualidade. É por esta razão que os estudos de confiabilidade vêm sendo difundidos nesse meio.

A confiabilidade de um sistema é a medida da probabilidade de um componente ou sistema sobreviver a uma missão com duração t_0 sob determinadas condições de uso (KENETT; ZACKS, 1998). O desafio, neste sentido, é aumentar a vida útil das peças de reposição dos equipamentos, sob as mesmas condições de uso, de forma a manter os processos já estabelecidos.

O custo associado à substituição de facas rotativas em embaladoras em uma fábrica, no ano fiscal de 2016 (outubro de 2015 a setembro de 2016), conforme calendário anual adotado pela empresa, foi de R\$49.926,03, sendo o terceiro item mais consumido dentre os itens de peças de reposição utilizados para a manutenção de embaladoras.

A cada ano, esta empresa desafia seus engenheiros de processos a propor alternativas de redução de custos com peças de manutenção em 10%, com relação ao ano anterior. Os objetivos desses desafios são estabilizar os seus custos de manutenção, independentemente das oscilações de inflação e embutir a cultura de melhoria contínua de seus processos.

Para atender à esta necessidade, como meio de resposta associou-se as ferramentas de Engenharia de Confiabilidade e Engenharia de Materiais para propor uma alternativa de redução de consumo com facas rotativas utilizadas em embaladoras. O que se obteve com este estudo foi a redução o aumento de durabilidade frente ao material historicamente utilizado, redução de custo de despesa de manutenção com substituição de facas e determinação de período de troca baseado em vida útil.

1.1. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A meta de redução do custo de consumo de facas rotativas utilizadas em embaladoras é de 10% com relação ao histórico de consumo do ano fiscal anterior. Isto significa que, uma vez que no ano fiscal de 2016 o consumo foi de R\$49.926,03, para o ano fiscal de 2017 (outubro de 2016 a setembro de 2017), este custo deverá ser menor ou igual a R\$38.633,43.

Alternativas anteriores já foram propostas para minimizar a troca de facas rotativas, como a limitação da pressão pneumática de trabalho, porém sem ganhos significativos. Pretende-se, através deste estudo, obter-se uma resposta sobre qual material é o mais adequado para fabricação de facas rotativas de modo que o custo de peças de reposição deste item seja minimizado em, ao menos, 10% ao ano.

1.2. JUSTIFICATIVA

A solução deste desafio representa permitir que a área de fabricação continue gerenciando seus custos dentro das metas estabelecidas pela companhia, reduzindo ano após ano seus custos com manutenção de equipamentos em 10%.

A relevância da solução deste problema dentro da área técnica é deter o conhecimento a respeito de alternativas para o elevado consumo de facas rotativas, através do desenvolvimento de novos materiais, de maior durabilidade. Além disso, a disseminação de práticas de melhoria contínua que envolvam conceitos de confiabilidade, propicia aos engenheiros da área mais uma alternativa de aplicação para solução de problemas.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é analisar estatisticamente os dados de vida das facas rotativas, no período de um ano.

1.3.2. Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral do trabalho será necessário:

- fazer uma análise estatística do consumo do material atualmente utilizado para confecção das facas rotativas, caracterizar e avaliar seus dados atuais de confiabilidade;
- explorar materiais alternativos de para fabricação das facas rotativas, avaliar seu comportamento diante das mesmas condições de uso atualmente instaladas, e avaliar seus dados potenciais;
- analisar a partir de dados de tempo de uso a viabilidade da mudança proposta, utilizando conceitos da Engenharia de Confiabilidade.

1.4. METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido com base na investigação de dados de consumo do material utilizado para a confecção das facas rotativas, em uma das embaladoras do parque industrial.

As seguintes etapas serão seguidas

1. Coleta de dados de consumo de facas rotativas instaladas na embaladora, durante o período de um ano;
2. Análise dos dados de vida via ferramentas de Engenharia de Confiabilidade, utilizando o Software Reliasoft Weibul++, modelo de Weibull, para material atual;
3. Análise dos dados de vida via ferramentas de Engenharia de Confiabilidade, utilizando o Software Reliasoft Weibul++, modelo de Weibull, para material alternativo;
4. Análise do comportamento de confiabilidade dos dois materiais para conclusão de melhor alternativa de consumo.

1.5. ESTRUTURA

O trabalho será estruturado em capítulos, sendo que cada etapa auxiliará no entendimento do sistema, desde sua instalação física e propriedade de seus

componentes até a análise estatística de seus dados de vida e a comprovação da viabilidade da alteração proposta.

O capítulo 2 descreverá como é o sistema a ser estudado e como estão dispostos os dados de consumo de facas da área produtiva. Descreverá, ainda, as características dos materiais atual e material proposto para confecção das facas.

No capítulo 3 estará disposta a fundamentação dos conceitos de Engenharia de Confiabilidade utilizados para conduzir as análises do trabalho de compreensão de dados de vida das facas rotativas.

No capítulo 4 serão apresentados os dados de vida coletados a partir de um equipamento pré-estabelecido, tanto para o material comumente utilizado quando para o material alternativo.

Por fim, no capítulo 5 será concluído o estudo através da análise da viabilidade da aplicação da proposta em estudo.

2. A ESTAÇÃO DE CORTE DE UMA EMBALADORA

A seguir será descrito como é a instalação dos componentes cujos dados de vida serão analisados. Os dados de consumos de facas rotativas que serão apresentados servirão de base de dados para as análises estatísticas de dados de vida a serem feitas posteriormente. Materiais utilizados para fabricação de atuais e propostas serão apresentados e comparados, para compor a análise de viabilidade de alteração sob o ponto de vista da sua composição química e posterior resistência mecânica a partir dos elementos que os compõe.

2.1. AS FACAS ROTATIVAS

As facas rotativas são componentes da estação de corte de uma embaladora. São projetadas para que a sua superfície seja cortante, e, quando rotacionadas, permitem dividir uma única camada de embalagem em camadas individuais de produto embalado.

O desenho mecânico abaixo ilustra a forma das peças, objeto do estudo.

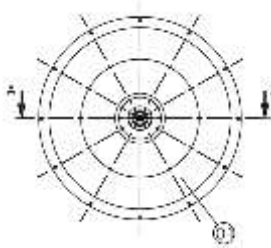


Figura 1 - Desenho mecânico de uma faca rotativa. Fonte: cedida pela empresa.

O sistema de corte é montado em um eixo sobre o qual as facas ficam encaixadas. O contato entre a faca e a embalagem se dá pelo movimento ascendente do eixo, acionado pneumáticamente, contra a embalagem de papel e filme, que é o que se deve cortar. Conforme o desgaste das facas ocorre, faz-se necessária a substituição para compensar a conseqüente redução do diâmetro externo da faca devido a abrasão.

Um regulador de pressão faz parte da instalação da estação de corte das embaladoras para que a pressão pneumática imposta sobre o conjunto seja

constante e não comprometa a qualidade do corte devido a oscilações de pressão de ar comprimido oriunda da estação de compressores de ar.

A operação de manutenção envolvendo a estação de corte das embaladoras é baseada no tempo ou intervenções corretivas. Consta no plano de manutenção preventiva a atividade trimestral de troca de facas rotativas; essa atividade preventiva é realizada sem análise de degradação do componente ou certificação da sua impossibilidade de continuação de uso. De forma corretiva, a peça é substituída por outra com base na avaliação do corte, feita pelo operador em uma inspeção de qualidade do produto, avaliando se o corte está suficientemente dividindo as embalagens em porções unitárias ou não.

Os dados de consumo de facas rotativas em um ano estão dispostos na tabela abaixo, sendo que a área possui no total 20 embaladoras. O que as diferencia é a quantidade de produto que é embalado a cada ciclo de produção de embalagem, variando portanto a quantidade de facas instalada em cada equipamento, de 9 a 21 facas. Além disso, a diferença de consumo se dá pela produtividade de cada máquina ao longo do ano analisado, uma vez que a demanda produtiva de cada equipamento é diferente.

Embaladora	Quantidade de facas utilizadas	Valor (em R\$)
Embaladora 1	205	R\$ 7,006.37
Embaladora 2	182	R\$ 5,749.75
Embaladora 3	90	R\$ 3,876.32
Embaladora 4	138	R\$ 3,698.62
Embaladora 5	119	R\$ 3,461.78
Embaladora 6	135	R\$ 3,359.56
Embaladora 7	97	R\$ 2,054.72
Embaladora 8	106	R\$ 1,725.04
Embaladora 9	91	R\$ 1,635.33
Embaladora 10	84	R\$ 1,494.40
Embaladora 11	42	R\$ 1,323.02
Embaladora 12	43	R\$ 1,303.02
Embaladora 13	56	R\$ 1,234.49
Embaladora 14	34	R\$ 1,069.26
Embaladora 15	59	R\$ 846.94
Embaladora 16	79	R\$ 808.97
Embaladora 17	79	R\$ 757.48
Embaladora 18	29	R\$ 677.87
Embaladora 19	22	R\$ 650.02
Embaladora 20	20	R\$ 193.0

Tabela 1 - Consumo anual de facas rotativas em embaladoras. Fonte: Autoria própria. 2017.

2.2. O MATERIAL DE CONFECÇÃO DAS FACAS ROTATIVAS

O material atualmente utilizado para confecção das facas é um aço comercialmente conhecido como VC 131, com dureza entre 60 a 65 HRC, com composição química conforme tabela abaixo:

C	Cr	W	V
2,10	11,5	0,70	0,15

Tabela 2 - Composição química elementos de liga aço VC 131. Fonte: Autoria própria. 2017.

Trata-se, segundo seu fabricante – a Aços Villares, de um aço para trabalho a frio, de “alta estabilidade dimensional e excelente resistência ao desgaste, especialmente em condições abrasivas”. O custo unitário das facas confeccionadas em VC 131 é R\$71,79.

Analisando os componentes da liga do aço VC131, uma composição alternativa alternativa de um aço para trabalho é a alternativa que propicia uma maior durabilidade.

O material, de nome comercial Sleipner VA800A, trata-se de um aço-ferramenta e sua composição química é conforme abaixo, segundo ficha técnica de caracterização do material.

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0,9	0,9	0,5	7,8	2,5	0,5

Tabela 3 - Composição química elementos de liga aço Sleipner VA800A. Fonte: Autoria própria. 2017.

Segundo seu fabricante, a Uddeholm, o diferencial deste aço é o menor teor de Cromo em sua composição, 7,8%, conferindo versatilidade e superioridade diante dos aços cujo percentual de Cromo é próximo de 12%, como é o caso do aço VC 131, garantindo que esta característica confere ao aço melhor resistência e melhor performance. O custo unitário das facas confeccionadas em Sleipner VA800A é R\$153,36.

3. ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

A seguir serão apresentados os fundamentos e métodos estatísticos para que se possa realizar as análises de dados de vida de um sistema; estes fundamentos serão ferramentas de análises dos dados coletados que conduzirão para as repostas que pretende-se obter com a realização deste trabalho.

As estratégias de manutenção fabril alinham-se para um objetivo comum: aumentar a disponibilidade dos equipamentos instalados em um parque industrial. A disponibilidade de um equipamento é definida como o tempo em que o equipamento, sistema ou instalação está disponível para operar ou em condições de produzir (KARDEC, 2002; NASCIF, 2001).

A confiabilidade é a probabilidade que um item possa desempenhar sua função requerida, por um intervalo de tempo estabelecido, sob condições definidas de uso (KARDEC, 2002; NASCIF, 2001).

Com o objetivo de compreender a confiabilidade de um sistema e, por consequência, aumentar sua disponibilidade, os dados do sistema precisam ser analisados. Tais análises permitem conclusões que auxiliam na tomada de decisões.

Há alguns modelos probabilísticos utilizados para análise e modelagem de confiabilidade, como Gama Generalizada, Lognormal, Exponencial, Weibull. O modelo que será utilizado para analisar os dados desse estudo é a distribuição de Weibull.

A distribuição de Weibull está relacionada basicamente com o valor do parâmetro de forma β , sendo decrescente para valores menor que 1, indicando a fase de mortalidade infantil. Quando o parâmetro de forma da curva tem uma tendência crescente, maior do que 1, este comportamento indica a fase de falhas por desgaste. A fase de maturidade é observada já quando os valores para o fator de forma são iguais a 1. (SELLITTO, 2005; ANDRADE, 2011).

Algumas funções apoiam a análise da confiabilidade: função confiabilidade $R(t)$, função probabilidade de falha $F(t)$, função densidade de probabilidade de falha $f(t)$ e função taxa de falha $h(t)$. O MTTF também é utilizado para caracterizar o comportamento dos dados.

A função confiabilidade $R(t)$ é dada por $R(t) = 1 - F(t)$, é a probabilidade que o sistema não venha a falha com o tempo; a função probabilidade de falha $F(t)$ é o complemento da função probabilidade, soma das duas funções é igual a 1.

Para um período de tempo t , a confiabilidade de um sistema pode ser obtida por:

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp \left[- \left(\frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta \right]$$

A função da probabilidade de falha é dada por:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t - t_0}{\beta} \right)^\beta \right]$$

A função densidade de probabilidade ou pdf é descrita por LAFRAIA, 2001, como a probabilidade que a falha venha a ocorrer num intervalo de tempo. Matematicamente pode ser obtida por:

$$f(x) = \frac{t_0}{\alpha^{t_0}} t^{t_0-1} \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{t_0} \right], \text{ onde } t > 0$$

A função taxa de falha, de maneira geral, pode ser descrita como a razão entre o número de falhas num determinado tempo de vida e o MTTF, sigla que significa “ tempo médio até a falha” é conhecido como a vida média de um item; é o tempo estimado de sobrevivência até a falha.

4. A ANÁLISE DE DADOS DE VIDA APLICADA AO SISTEMA DE CORTE DE EMBALADORA

A seguir serão demonstrados os dados de vida dos sistemas de facas rotativas com ambos materiais estudados.

4.1. ANÁLISE DE DADOS DE VIDA DO SISTEMA DE FACA ROTATIVA MATERIAL VC 131

Como objeto de compreender os dados de consumo de facas rotativas com o material VC131, foi selecionado um dos equipamentos da área produtiva para análise.

Os tempos de falha com o material VC 131 durante o ano fiscal de 2016 para a embaladora selecionada foram conforme descrito na tabela abaixo. Os dados foram coletados a partir do sistema de gerenciamento de manutenção.

Data de troca de faca	Duração (dias)
10/16/2015	
10/24/2015	8
11/5/2015	12
11/24/2015	19
12/8/2015	14
12/17/2015	9
12/29/2015	12
1/9/2016	11
1/11/2016	2
1/23/2016	12
1/27/2016	4
2/11/2016	15
2/22/2016	11
2/27/2016	5
4/6/2016	39
4/7/2016	1
4/12/2016	5
4/16/2016	4
4/22/2016	6
5/18/2016	26
5/21/2016	3
6/11/2016	21
6/15/2016	4
7/29/2016	44
8/11/2016	13

Tabela 4 - Dados de consumo facas rotativas embaladora sob análise, material VC 131. Fonte: Autoria própria. 2017.

Utilizando-se do software Weibull++, os dados da tabela acima podem ser dispostos na linha do tempo de falhas conforme abaixo.

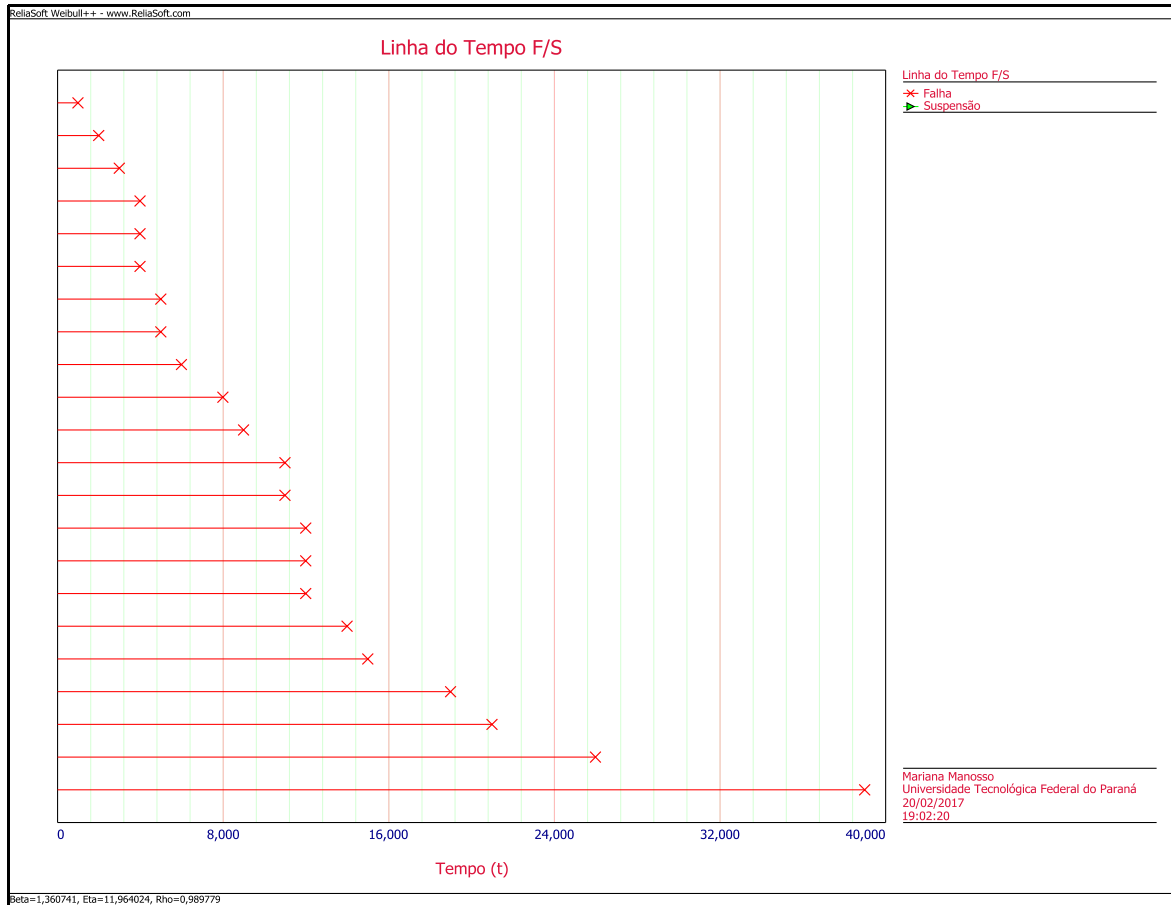


Figura 2 - Linha do tempo de falhas, material VC 131. Fonte: Autoria própria via Weibull++ 2017.

Cada troca de faca representa que o sistema falhou; ou seja, houve uma intervenção para troca e isso representou um custo com peças de reposição para a área produtiva. Em média, a cada falha do sistema, 6 facas são substituídas.

Uma vez dispostos os dados no software Weibull++, foi considerada a distribuição de Weibull para análise dos dados.

Foram obtidos os parâmetros da distribuição, valores de Beta, Eta e outros, incluindo Rho e Valor da LK, conforme abaixo. Estes valores foram calculados automaticamente pelo software.

Com um Beta igual a 1,36 é possível prever a forma da curva de distribuição e característica das falhas. Neste caso, como Beta é maior que 1, a característica das falhas será de falhas por desgaste.

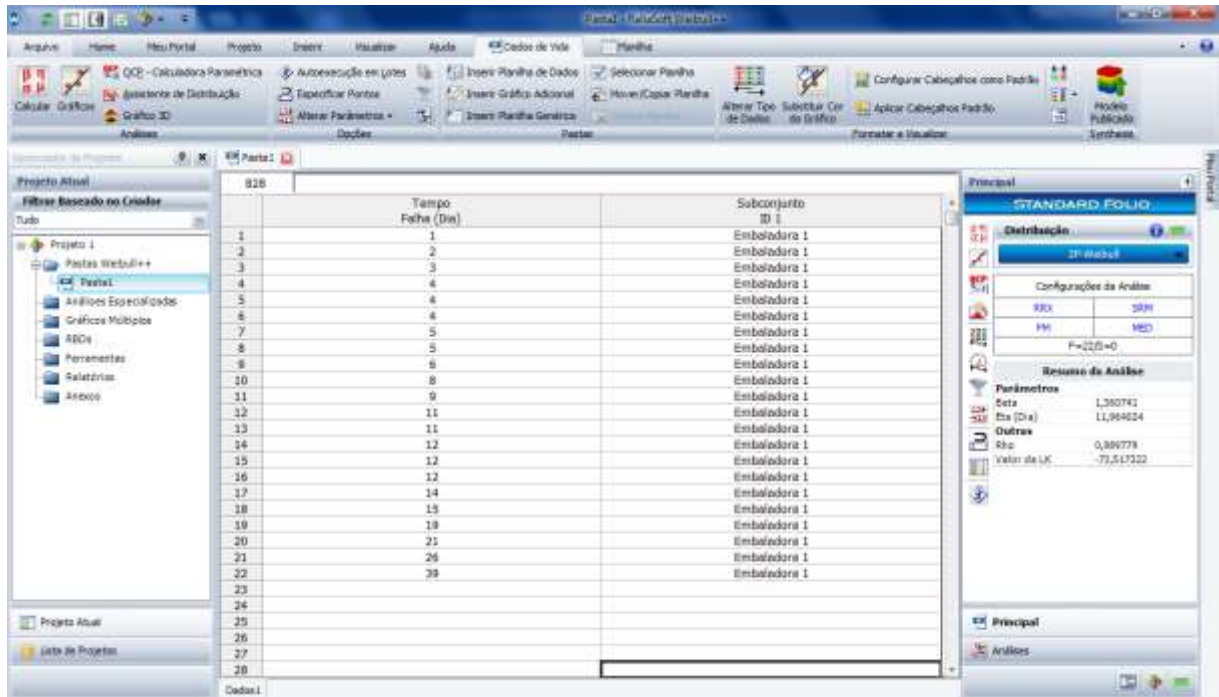


Figura 3 - Disposição de dados e resumo de análise, material VC 131. Fonte: Autoria própria via Weibull++ 2017.

A seguir, pode-se observar na figura abaixo o gráfico de Confiabilidade vs Tempo do sistema estudado.

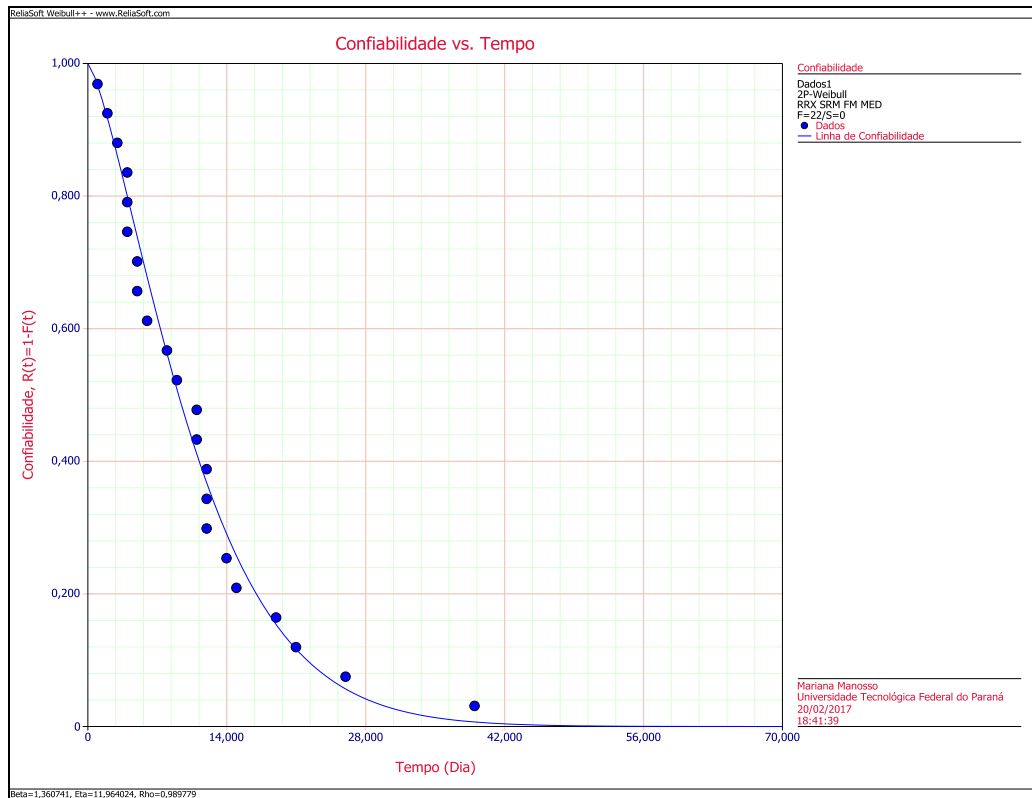


Figura 4 - Gráfico de Confiabilidade vs tempo, material VC 131. Fonte: Autoria própria via Weibull++ 2017.

Nota-se que a confiabilidade do sistema de corte da embaladora analisada é decrescente, sendo que inicia com valores próximos de 1 (máxima confiabilidade) e tende a zero ao longo do tempo.

A taxa de falhas do sistema é crescente, conforme mostra o gráfico da figura abaixo.

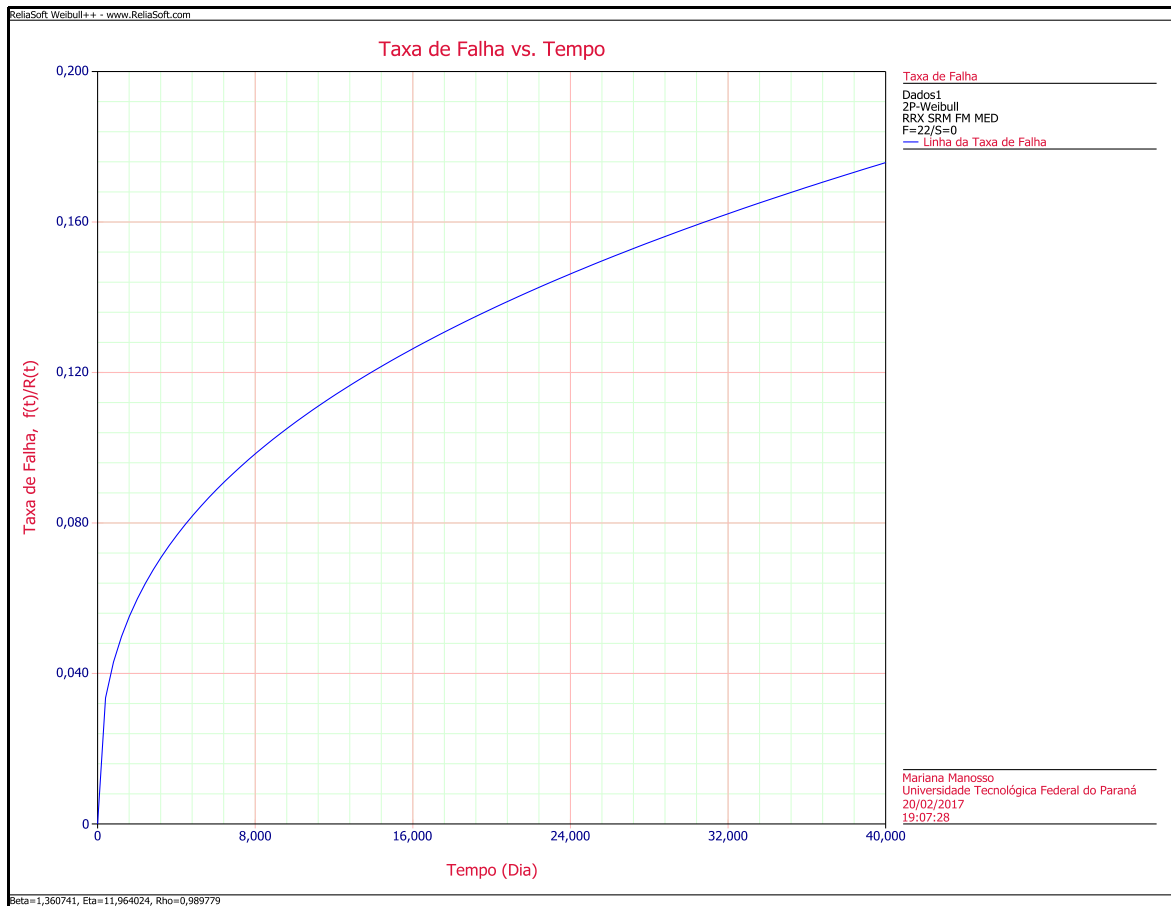


Figura 5 - Gráfico de Taxa de falha vs tempo, material VC 131. Fonte: Autoria própria via Weibull++ 2017.

Calculando a confiabilidade do sistema para 90 dias, que é o período programado de troca de facas rotativas (a cada Manutenção preventiva Planejada), tem-se que os valores de confiabilidade do sistema de corte tende a zero, como mostra a figura abaixo.

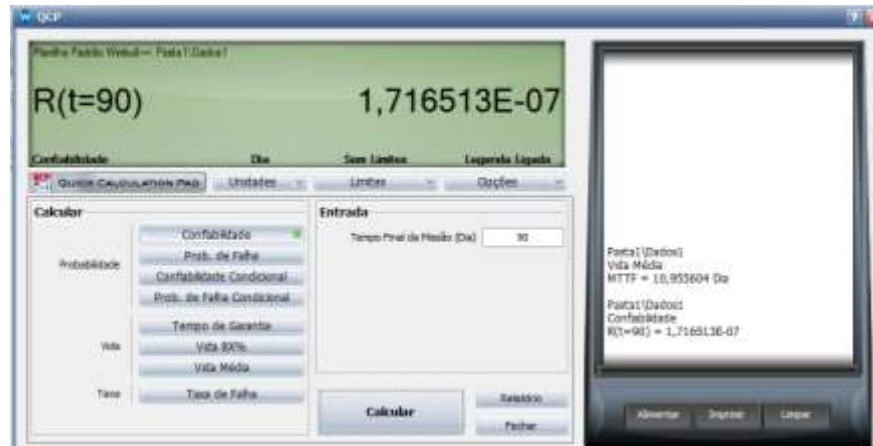


Figura 6 - Cálculo de confiabilidade do sistema ao tempo final de missão de 90 dias, material VC 131. Fonte: Autoria própria via Weibull++ 2017.

Seguindo com a utilização dos recursos do software, por meio da ferramenta de cálculo QCP, obteve-se o valor de MTTF para as facas VC131, que corresponde a 10,9 dias, conforme mostra a figura abaixo.

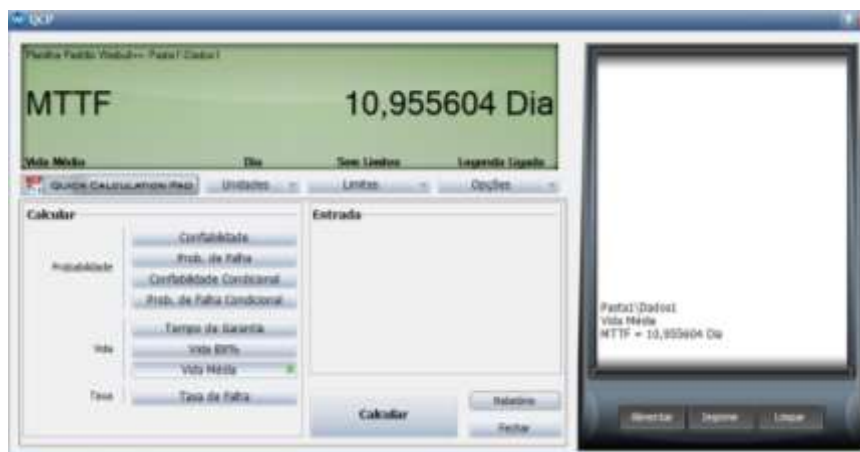


Figura 7 - Cálculo de MTTF, material VC 131. Fonte: Autoria própria via Weibull++ 2017.

Isto significa que a cada 10,9 dias a manutenção corretiva é acionada para executar a atividade de intervenção no sistema de facas rotativas, ou seja é esperada a falha durante o intervalo de tempo entre uma manutenção preventiva e outra, conforme o cálculo de probabilidade de falha mostrado abaixo para tempo final de missão de 90 dias.

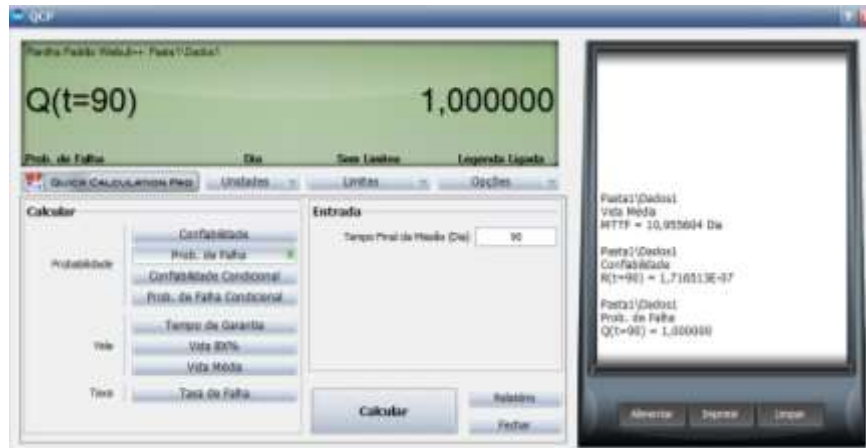


Figura 8 - Probabilidade de falha ao tempo final de missão de 90 dias, material VC 131. Fonte: Autoria própria via Weibull++ 2017.

Ao longo do tempo, a probabilidade de falha do sistema aumenta. A curva crescente do gráfico abaixo também descreve este comportamento. A probabilidade de falha é o valor complementar da confiabilidade. Uma vez que uma reduz, a outra aumenta.

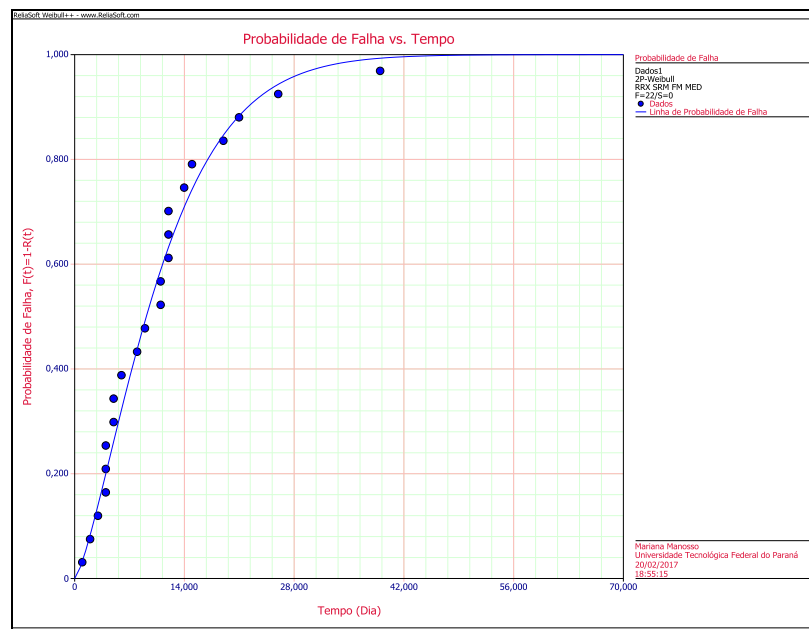


Figura 9 - Gráfico de probabilidade de falha vs. tempo, material VC 131. Fonte: Autoria própria via Weibull++ 2017.

Abaixo, tem-se os dados de função densidade de probabilidade do sistema.

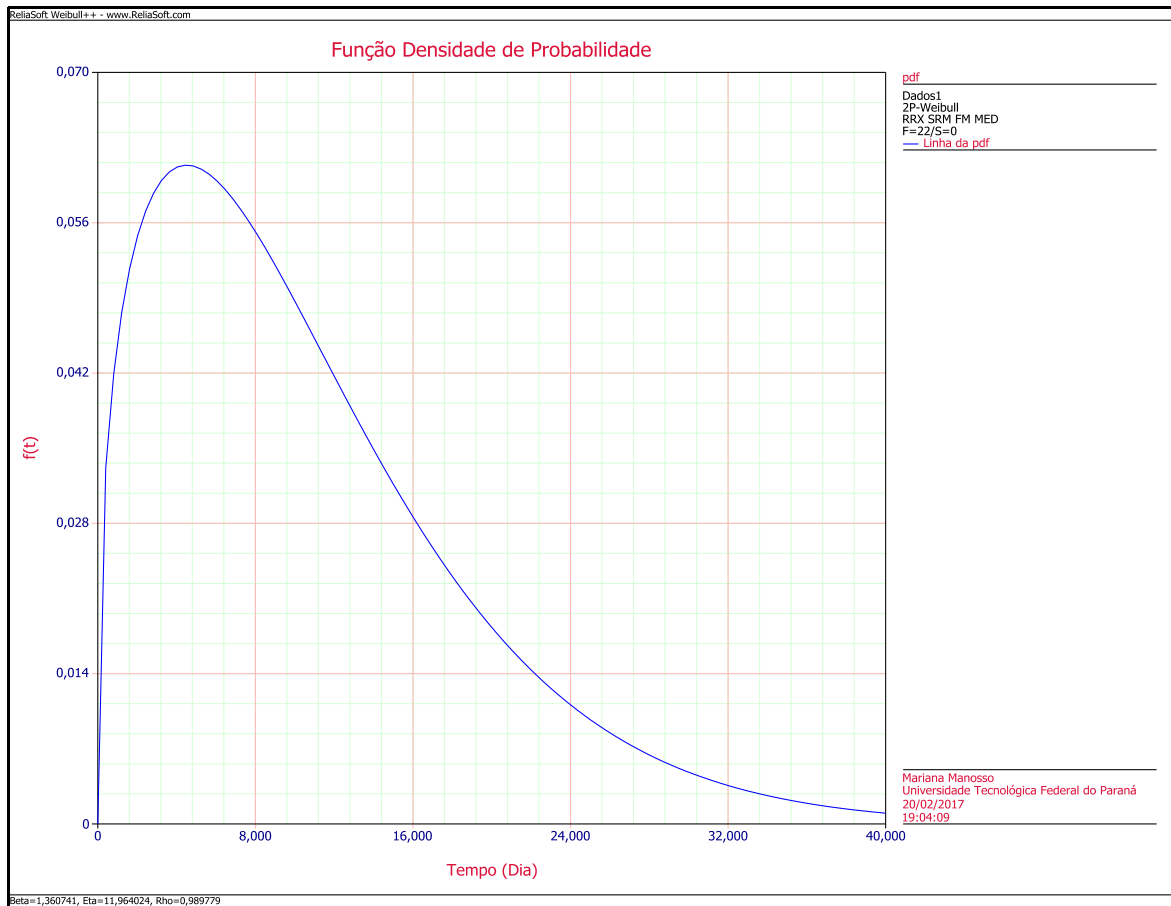


Figura 10 - Gráfico de função densidade de probabilidade, material VC 131. Fonte: Autoria própria via Weibull++ 2017.

As análises realizadas para compreender os dados de vida do sistema de facas rotativas fabricadas com material VC131 permitem observar com clareza que o sistema é precocemente prejudicado ao longo do tempo, isso é confirmado através dos gráficos obtidos, bem como valores calculados para final da missão de 90 dias e MTTF.

4.2. ANÁLISE DE DADOS DE VIDA DO SISTEMA DE FACA ROTATIVA MATERIAL SLEIPNER VA800A

Com o objetivo de avaliar o potencial do material Sleipner VA800A diante do material VC 131, foi confeccionada um conjunto de facas rotativas com o material Sleipner VA800A e instalado na mesma embaladora cujos dados de vida do material VC 131 foram analisados.

O sistema foi instalado e observou-se que o conjunto apresentou a falha catastrófica, ou seja, a primeira falha que impediu o uso, após um ano e meio em operação na embalagem observada.

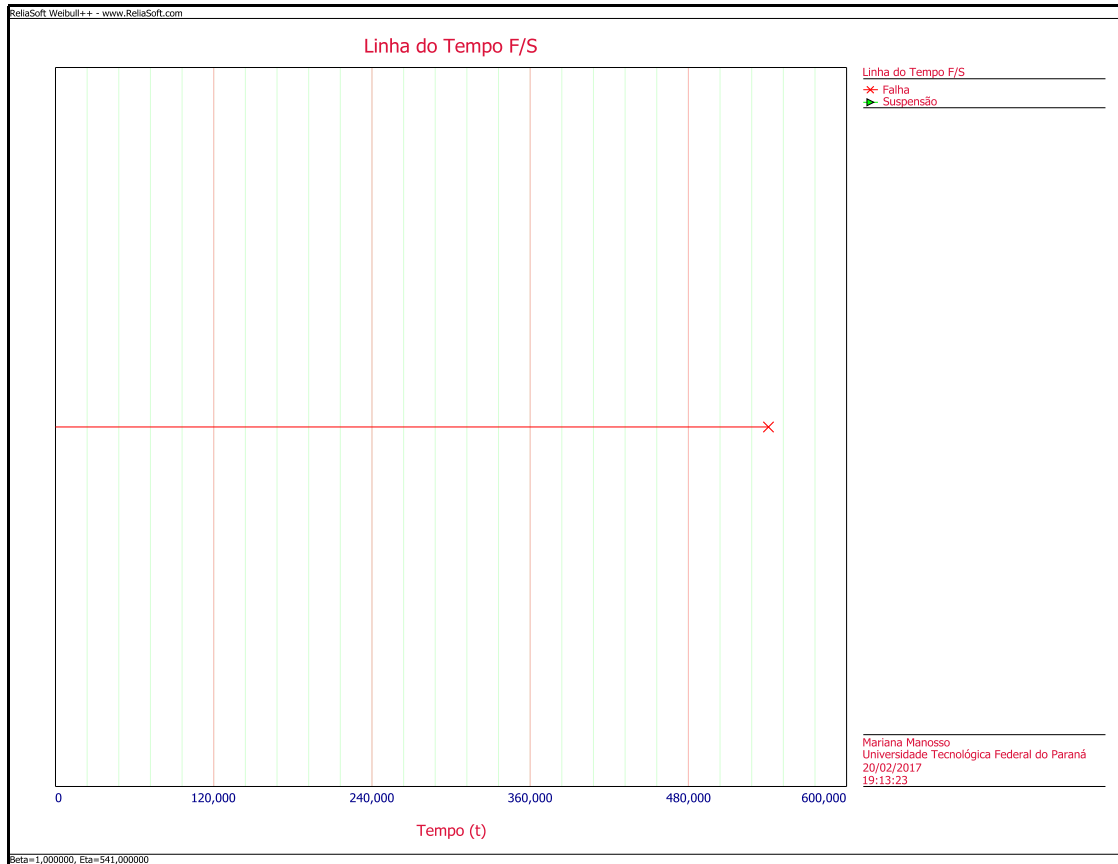


Figura 11 – Linha do tempo de falhas, material Sleipner VA800A. Fonte: Autoria própria via Weibull++ 2017.

5. CONCLUSÃO

Com a realização deste estudo pode-se compreender o comportamento de vida útil do sistema de corte longitudinal da embaladora analisada, por meio da utilização de ferramentas estatísticas para análise de dados de vida, embutidas no Software Reliasoft Weibull++. Essa análise foi fundamental para reportar gerencialmente a viabilidade da mudança proposta.

Os dados analisados revelam que a embaladora estudada possui seu sistema de corte logitudinal apresentando falhas a cada 10,9 dias. Este dado sugere que o tempo de manutenção preventiva, estabelecido em 3 meses, ou 90 dias, não é suficientemente robusto para evitar falhas durante o intervalo de tempo entre uma rotina de manutenção preventiva e outra.

A partir de distribuição de Weibull aplicada, pode-se concluir analisando os gráficos obtidos para os dados de vida da estação de corte de embaladoras:

- A confiabilidade do sistema diminui ao longo do tempo;
- A taxa de falha e a probabilidade de falha aumentam ao longo do tempo.

O resultado do estudo mostrou-se positivo para a troca de material utilizado para confecção de facas rotativas de VC 131 para Sleipner VA800A. Foi observado o comportamento deste material em caráter de teste e a primeira falha observou-se após 541 dias de uso. Este material é potencial para troca, caso essa frequência de falha se mantenha para os demais equipamentos, sob uma distribuição normal e com pouca variabilidade na coleta de dados futuros, quando observada a performance do material em outras embaladoras. A correta sugestão e orientação do fornecedor de facas quanto ao material mais adequado foi fundamental para a escolha deste material.

Uma vez que a necessidade da empresa é reduzir seus custos em 10% a cada ano, a proposta de alteração de material de VC 131 para Sleipner VA800A se mostrou completamente capaz de atender essa expectativa, apesar do material proposto possuir ser o dobro do custo do material atualmente em uso. O custo associado à troca de facas para a embaladora analisada pode ser reduzido em até 50% ao ano.

O estudo pode ser replicado nos demais equipamentos de embalagem, mantendo-se as mesmas médias de consumo, para então atingir meta estabelecida

de 10% de redução de custo; neste caso, podendo extrapolar para 45% de redução de custo com a substituição de facas rotativas ao ano, considerando uma troca anual de facas produzidas com o material Sleipner VA800A.

Fora do escopo proposto, outras vantagens são possíveis de se obter a partir desse estudo, como a redução de horas de trabalho de manutenção preventiva que eram empregadas na substituição das facas a cada três meses, em paradas planejadas; redução de paradas de equipamento em manutenções corretivas devido a troca de facas, aumentando a disponibilidade da embaladora. Estes ganhos não foram mensurados por este estudo, porém podem ser estudados e reportados na medida em que sejam implementadas as substituições de facas rotativas nas demais embaladoras. Ainda, a quantidade de facas rotativas disponíveis em almoxarifado pode ser revista, reduzindo o custo de peças de reposição estocadas.

Uma das dificuldades que o engenheiro de processos encontra hoje na indústria é conseguir justificar a troca de um sistema de menor valor para um de maior valor, porém de maior durabilidade. Esta dificuldade existe devido à necessidade de um investimento inicial, em um universo em que qualquer investimento necessita de retornos previsíveis e concretos. As ferramentas aplicadas nesse trabalho para comprovar a viabilidade de troca de facas rotativas de VC 131 para Sleipner VA800A podem ser empregadas para justificar futuros investimentos, em demais materiais de consumo, respondendo às expectativas de redução de custo anual.

REFERÊNCIAS

Aços para Trabalho a Frio VC 131. Villares Metals. 2009. Disponível em <<http://www.villaresmetals.com.br/villares/pt/Produtos/Acos-Ferramenta/Trabalho-a-frio/VC131>>. Acesso em 17 fev. 2017.

ANDRADE, J. J. O. **Emprego da confiabilidade na gestão estratégica da manutenção: estudos de caso.** In: Simpósio Internacional de Confiabilidade – SIC, Fortaleza, 2011.

KARDEC, A; FLORES, J.; SEIXAS, E. **Gestão estratégica e indicadores de desempenho.** Rio de Janeiro: Qualitymark: ABRAMAN, 2002

KENETT, R. S.; ZACKS, S. **Modern industrial statistic: Design and Control of Quality and Reliability.** Pacific Grove: Duxbury Press, 1998.

LAFRAIA, J. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

NASCIF, J. **Manutenção - Função estratégica.** 2ª edição. Rio de Janeiro: QualityMark, 2001

SELLITTO, M. **Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos.** Produção, v.15, n.1, p.44-59, 2005.

SELLITTO, M.; BORCHADT, M.; ARAÚJO, D. **Manutenção centrada em confiabilidade: uma abordagem quantitativa.** Anais do XXII ENEGEP. Curitiba: ABEPRO. 2002.

Série nacional de índices de preço ao consumidor. IPCA. 2017. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/defaultseriesHist.shtm>. Acesso em 17 fev. 2017.

Uddeholm Sleipner. Uddeholm. 2016. Disponível em <http://www.uddeholm.com/files/PB_Uddeholm_sleipner_english.pdf>. Acesso em 17 fev. 2017.