

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

**LUIZ HENRIQUE DIAS SILVA**

**OTIMIZAÇÃO DO ESTOQUE DE SELOS MECÂNICOS**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA**

**2019**

**LUIZ HENRIQUE DIAS SILVA**

**OTIMIZAÇÃO DO ESTOQUE DE SELOS MECÂNICOS**

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

Orientador: Prof. MSc. Wanderson Stael Paris

Co-orientador: Prof. Dr. Emerson Rigoni

**CURITIBA**

**2019**



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Curitiba  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica  
Especialização em Engenharia da Confiabilidade



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **OTIMIZAÇÃO DO ESTOQUE DE SELOS MECÂNICOS**

por

**LUIZ HENRIQUE DIAS SILVA**

Esta monografia foi apresentada em 04 de outubro de 2019, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O Luiz Henrique Dias Silva foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Wanderson Stael Paris, MSc. Eng.  
Professor Orientador - UTFPR

---

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

---

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

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que nos deu o dom da vida. A minha família pelos momentos de ausência. Aos especialistas da área de confiabilidade e manutenção.

## **AGRADECIMENTOS**

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Agradecemos a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a finalização do trabalho.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Wanderson Stael Paris, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, minha namorada Suelen Pereira, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

"O insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar de novo com mais inteligência.". (FORD, Henry, 1922)

## RESUMO

DIAS SILVA, Luiz Henrique. **OTIMIZAÇÃO DO ESTOQUE DE SELOS MECÂNICOS**. 2019. 40. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

Este trabalho apresenta uma abordagem sobre a aplicação de métodos estatísticos da engenharia de confiabilidade aplicados no estoque de peças sobressalentes em uma empresa do ramo de celulose do estado do Paraná. Para realização do estudo utilizou-se da pesquisa exploratória, documental, descritiva, bibliográfica e estudo de caso com dados quantitativos. O presente trabalho teve como objetivo principal otimizar o estoque de selos mecânicos armazenados no almoxarifado, onde esses componentes geravam um custo alto para o almoxarifado, produzindo compras excessivas. No decorrer da pesquisa, foram utilizados dados de falhas dos selos mecânicos gerados pela manutenção, obtendo dados e sendo analisados utilizando o software Reliasoft. Foram estudados 44 modelos de selos mecânicos onde são utilizados em muitos equipamentos rotativos como bombas centrífugas, misturadores, agitadores, entre outros. Após realizar o estudo de caso foi possível identificar que quando surgem novas indústrias de grande porte onde não se tem histórico de falhas e rotatividade de materiais sobressalentes no almoxarifado, o custo do mesmo aumenta consideravelmente. Sendo assim, algumas ações foram criadas através das técnicas quantitativas de confiabilidade, respeitando um plano de ação previamente elaborado, para que não impactasse na produção da empresa.

**Palavras-chave:** Selo Mecânico; Otimização; Custo; Confiabilidade.

## ABSTRACT

DIAS SILVA, Luiz Henrique. **OTIMIZAÇÃO DO ESTOQUE DE SELOS MECÂNICOS**. 2019. 40. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

This work presents an approach on the application of statistical methods of engineering of execution capacity in the stock of spare parts in a company of the pulp industry of the state of Paraná. For the accomplishment of the study the exploratory, documentary, descriptive, bibliographic research and case study with quantitative data were used. The main objective of this work was the stock of mechanical seals stored in the warehouse, where the components generate a high cost for the warehouse, producing excessive purchases. During the research, the data and selections of the generators generated by the maintenance were selected, obtaining data and using Reliasoft software. We studied 44 models of mechanical selectors that are used in many equipment such as centrifugal pumps, mixers, agitators, among others. If possible, the case study was more recent than the new emerging forces, the size was not high, and the increase in material turnover did not accumulate, the cost of it increased considerably. Thus, the actions were included during the purchases of quantitative goods, respecting an elaborated action plan, so that it did not impact the production of the company.

**Palavras-chave:** Mechanical seal; Optimization; Cost; Reliability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1 – Estrutura das partes de uma bomba centrífuga .....	24
Figura 3.2 – Bomba Centrífuga e aplicação do selo mecânico .....	<u>25</u>
Figura 3.3 – Selo Mecânico duplo .....	<u>25</u>
Figura 4.1 – Selos Mecânicos do tipo V1 .....	27
Figura 4.2 – Equipamentos x Selos Mecânicos.....	28
Figura 4.3 – Histórico de Manutenção.....	28
Figura 4.4 – Utilização do Weibull ++ .....	29
Figura 4.5 – Curva de Confiabilidade .....	30
Figura 4.6 – Curva de Probabilidade de Falha .....	31
Figura 4.7 – Confiabilidade.....	31
Figura 4.8 – Probabilidade de Falha .....	32
Figura 4.9 – Tempo de Garantia .....	32
Figura 4.10 – Confiabilidade para lead time .....	33
Figura 4.11 – Cálculos de confiabilidade dos selos mecânicos.....	34
Figura 5.1 – Otimização do estoque dos selos mecânicos.....	35

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1 – Quantidade de peças recomendadas .....	36
Gráfico 5.2 – Redução do custo de estoque de selo mecânico.....	36

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS**

### **LISTA DE SIGLAS**

V1	Reposição Automática
MTTF	<i>Mean Time To Repair</i>

### **LISTA DE ACRÔNIMOS**

SAP	Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados
-----	--

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\beta$  – Beta. Refere-se ao parâmetro de forma da Distribuição Weibull

$\eta$  – Eta. Refere-se ao parâmetro de escala da Distribuição Weibull

$\gamma$  – Gamma minúsculo. Refere-se ao parâmetro de localização da Distribuição Weibull

$\lambda$  – Lambda. Refere-se à taxa de falhas

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1	PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA .....	15
1.2	OBJETIVOS .....	15
1.2.1	Objetivo Geral.....	15
1.2.2	Objetivos Específicos .....	15
1.3	JUSTIFICATIVA .....	16
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	16
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	17
<b>2</b>	<b>ÁREA DE APLICAÇÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
3.1	GESTÃO DE ESTOQUE .....	19
3.2	CONFIABILIDADE.....	20
3.3	MODELOS DE DISTRIBUIÇÃO DE DADOS DE VIDA .....	22
3.4	SELOS MECÂNICOS .....	23
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS ALCANÇADOS .....</b>	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>37</b>
6.1	TRABALHOS FUTUROS.....	38
	REFERÊNCIAS.....	39

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o tempo da revolução industrial as empresas estão em busca de conhecimentos para mitigar problemas relacionados a custos de manutenção na indústria, visando aumento de produção com qualidade vinculada à redução de custos. Nestas circunstâncias, um dos fatores para o aumento de custo de manutenção industrial está relacionado à quantidade de sobressalentes ideal para garantir o estoque sem afetar a produção fabril, neste caso, selos mecânicos. O selo mecânico é o mais importante elemento de vedação de um equipamento rotativo, pois evita que vazamentos ocorram podendo causar acidentes e prejuízos à empresa.

Para Lima, (2003) “Os selos mecânicos são dispositivos dinâmicos que tem a finalidade de impedir a passagem de um fluido ao longo da interface de duas superfícies anelares animadas de movimento relativo”.

O estoque sempre fez parte da estratégia da empresa e a falta de seu gerenciamento pode levar a altos custos.

Gonçalves (2007) afirma que, se, por um lado, o excesso de estoque adicional gera custos financeiros ou de capital e custos de armazenagem, por outro lado, a falta desse estoque poderá resultar em perdas de vendas, paralisação do processo produtivo, podendo gerar consequentemente uma insatisfação do cliente ou consumidor...

Atualmente, as grandes indústrias utilizam estratégias de gestão de estoque baseadas na rotatividade de sobressalentes no estoque, podendo nem sempre possuir dados confiáveis para determinar a quantidade ideal para ser armazenada. Sendo assim iniciou-se um trabalho onde os dados a serem avaliados foram gerados a partir das ocorrências de falhas dos equipamentos de maneira a reduzir seus custos através de práticas consolidadas da engenharia de confiabilidade que atuam de forma sistêmica nos pontos críticos dos seus ativos. Neste estudo de confiabilidade buscou-se analisar o histórico de falhas a fim de garantir de forma estatística a quantidade ideal de sobressalente para atender as falhas esperadas de selos mecânicos.

A importância de otimizar os estoques é de prevenir o desperdício de peças sobressalentes que são adquiridas sem realizar uma análise quantitativa e estatística da quantidade ideal, diminuindo consideravelmente o custo anual do estoque nas grandes indústrias.

## 1.1 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA

Diante da dificuldade de orçamentos anuais de manutenção cada vez mais enxutos, é importante que as empresas tenham maior assertividade no controle de estoque sobressalente no momento da definição da aquisição do produto. Portanto, quanto maior for o conhecimento do comportamento dos seus ativos, maiores são as chances de garantir um estoque ideal, minimizando custo de manutenção.

Atualmente no estoque estão armazenados 72 selos mecânicos com reposição automática "V1" de 45 modelos diferentes, gerando um total de R\$ 1.597.244,07 reais e sendo aplicados em 173 equipamentos de diversos tipos. O conhecimento da confiabilidade dos 45 modelos de selos mecânicos nos permite através de análise estatística, identificar a vida média e a probabilidade de falhas esperada para um ano de operação dos mesmos. Desta hipótese emerge a pergunta principal que norteia este trabalho: Quantos selos mecânicos sobressalentes deve se obter para garantir um ano de operação?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma análise quantitativa de dados de vida para otimizar o estoque de selos mecânicos sobressalentes.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Para cumprimento do objetivo principal do trabalho, alguns objetivos específicos são requeridos, entre eles:

- Analisar os dados de vida (histórico de manutenção) de todos os ativos que possuem selos mecânicos que são V1;
- Verificar se o Lead Time atende as falhas esperadas para um ano de operação;
- Determinar a confiabilidade e probabilidade de falha de cada modelo de selo mecânico;

### 1.3 JUSTIFICATIVA

As razões que iniciaram o estudo de estoque sobressalente de selos mecânicos se deram através do alto custo de estoque e compras excessivas. Considerando os dados de falhas existentes e as compras de selos mecânicos nos últimos três anos, foi possível analisar que a quantidade de sobressalente armazenada no almoxarifado era muito superior ao histórico de falhas desses selos mecânicos.

### 1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho será uma análise quantitativa dos dados de vida em três anos de operação, com base em coleta de dados “históricos de manutenção” para formação e formatação de banco de dados, com uma análise de *LDA* através do *software* Weibull++ da ReliaSoft, seguindo a cronologia abaixo:

- Coletar o histórico de manutenção no SAP de cada modelo de selo mecânico tipo V1;
- Emitir uma tabela, conforme ilustrado Figura XX, para organizar a coleta das informações para uma melhor análise dos dados e posterior exportação dos dados para o programa Weibull++;
- Analisar os dados recebidos;
- Formatação dos dados de falhas e suspensões, trazendo-os para a mesma base de tempo (dias);
- Análises de confiabilidade no *software* Weibull++;
- Conclusões.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado em capítulos para proporcionar um melhor entendimento. Entretanto para alcançar o objetivo proposto no item 1.2 deste capítulo, este trabalho de conclusão de curso está organizado da seguinte forma:

- O capítulo 2 é abordado o conceito teórico que fundamenta a importância da realização deste estudo de caso.
- No capítulo 3 é desenvolvida a apresentação, análise dos dados e posteriormente os resultados obtidos, através da pesquisa.
- No capítulo 4 aborda a conclusão do trabalho.
- No capítulo 5 aborda as possíveis recomendações para pesquisas implementações futuras.
- No capítulo 6 abordam-se as referências utilizadas no desenvolvimento deste trabalho.

## **2 ÁREA DE APLICAÇÃO**

O presente trabalho foi desenvolvido na área de manutenção em uma empresa no ramo de celulose no estado do Paraná, buscando otimizar o estoque do almoxarifado relacionado a sobressalentes de equipamentos rotativos, neste caso, selos mecânicos. Com a otimização será possível reduzir o custo de peças no almoxarifado e adequação da quantidade de sobressalentes armazenados, visto que havia alto custo de estoque e compras excessivas.

Para iniciar este estudo será necessário coletar informações e ou dados de falhas de selos mecânicos que estão em ordens de manutenção, com os dados, será necessário medir o tempo entre falhas.

Nos demais capítulos será mostrado como o trabalho foi desenvolvido e os resultados obtidos.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo aborda o sistema de estocagem, particularmente relacionado a selos mecânicos, os quais são os objetos de pesquisa deste trabalho.

#### 3.1 GESTÃO DE ESTOQUE

Pode-se definir a gestão de estoque como um acúmulo de materiais em um sistema de produção ou operação. O estoque pode ser entendido como qualquer recurso que possa ser armazenado. Este é um conceito que está presente em todos os tipos de empresas, independentemente de seu segmento, se por um lado o excesso de estoque representa grandes custos operacionais, por outro lado baixo estoque pode originar perdas gigantescas no meio industrial.

Chiavenato (2005) diz que, estoque é a composição de materiais – MPs, matérias em processamento, materiais semiacabados, materiais acabados, PAs – que não é utilizado em determinado momento na empresa, mas que precisa existir em função de futuras necessidades.

No que diz Egestor (2018), É de extrema importância para uma empresa manter o controle de estoque em dia podendo assim, apurar a movimentação de entrada e saída de mercadorias, materiais, entre outros. Para ter um estoque controlado é imprescindível saber há quantidade correta de produtos que irão ser armazenados para que a empresa possa fluir corretamente, atendendo a demanda solicitada sem ter prejuízos com as perdas. O controle de estoque oferece uma maior eficiência e organização. Para isso é necessário assegurar o estoque tanto para a demanda quanto para o tempo de reposição que variam ao longo do tempo.

Para Chiavenato (2005) Para enfrentar essas variações externas, torna-se necessário um colchão protetor representado pelos estoques de materiais, sobretudo, pelos estoques de segurança.

Segundo Chiavenato (2005), existem dois tipos de custos relacionados a armazenamento de materiais:

- Custos variáveis;
- Custos fixos.

Os custos variáveis estão divididos em: custos de operação, manutenção, instalação, obsolescência e deterioração. Para os custos fixos, temos: equipamentos de armazenagem, manutenção, seguros, benefícios dos colaboradores e folhas de pagamentos.

Para Palmisano *et al* (2004) Quando existe a consciência que os estoques geram desperdício e quando se identificam as razões que indicam a necessidade de estoques, o propósito é usá-las de uma forma eficiente.

### 3.2 CONFIABILIDADE

O estudo da confiabilidade surgiu com a necessidade de identificar antecipadamente de forma probabilística a falha de um determinado componente, equipamento ou produto. A confiabilidade tem tido um grande avanço no que se diz respeito à engenharia de manutenção nas empresas, com o objetivo de aumentar a disponibilidade dos equipamentos ou produtos no meio produtivo. Pode se dizer que a definição de confiabilidade é a probabilidade de um sistema cumprir adequadamente ao seu propósito especificado, por um determinado período de tempo predeterminado sem falhas (PEREIRA, 2011).

Para exemplificar melhor Gurski (2002) diz que, Confiabilidade é uma medida estatística (probabilidade), determinada pelo grau de admissibilidade abaixo da qual a função não é mais satisfatória (falha), dentro de um determinado tempo definido (ou seja, em intervalos diferentes de tempo, haverá diferentes níveis de confiabilidade), e sob condições definidas de uso (o mesmo equipamento sujeito a duas condições diferentes de uso apresentará diferentes confiabilidades em cada caso).

Na área de manutenção a confiabilidade é uma dos setores mais importantes, tendo como objetivo a identificar de forma antecipativa uma possível falha antes que a mesma ocorra, conforme mencionado por Guski (2002).

Assim, para Piazza (2000) a “confiabilidade de um sistema é a probabilidade de que, quando em operação sob condições ambientais estabelecidas, o sistema apresentará uma performance desejada (sem falhas) para um intervalo de tempo especificado”.

Segundo Rigoni, (2019), O estudo da confiabilidade quantitativa envolve várias métricas que permitem descrever e quantificar o comportamento dos dados analisados através dos seus tempos até a falha. As principais métricas de confiabilidade calculadas pela Reliasoft são:

- **Confiabilidade,  $R(t)$** : Probabilidade de funcionar até o tempo “t” selecionado e na mesma condição operacional analisada;
- **Probabilidade de Falha,  $F(t)$** : Probabilidade de falhar até o tempo “t” observado e dentro da mesma condição operacional analisada;
- **Vida  $BX(\%)$** : Intervalo de tempo em que se observa o X% de não confiabilidade (10% das falhas ocorrerão até o intervalo B10);
- **Vida Média (MTTF)**: Tempo médio esperado para uma falha ocorrer em um item sob suas condições operacionais;
- **Vida Mediana**: Tempo em que 50% das falhas são esperadas;
- **Confiabilidade Condicional  $R(t|T)$** : Probabilidade de funcionar até um tempo adicional “t”, dado que o item já funcionou, com sucesso, durante um intervalo de tempo “T”;
- **Taxa de Falha  $\lambda(t)$** : Risco de falhar em um intervalo de tempo infinitamente curto (quase zero) dado que este mesmo item não falhou até então.

Essas métricas são muito utilizadas em estudos e análises de confiabilidade sendo obtidas via software devido à complexidade matemática envolvida nos estudos.

### 3.3 MODELOS DE DISTRIBUIÇÃO DE DADOS DE VIDA

Os modelos estatísticos se baseiam unicamente nos dados para realizar a estimativa. Na análise de dados de vida, esses modelos são distribuições estatísticas tendo os dados como, dados de vida ou dados de tempo até a falha do produto, permitindo realizar estimativas através da utilização de uma distribuição estatística estimando estes resultados o mais precisamente possível. Porém a precisão de qualquer estimativa é diretamente proporcional à qualidade e integridade dos dados fornecidos, bons dados juntamente com a escolha de um modelo adequado resultam em boas estimativas de acordo com Rigoni (2019).

Existem vários tipos de distribuições que podem ser utilizadas para estudos de confiabilidade, porém a que tende melhor representar os dados de vida de um item é a Weibull. A distribuição de Weibull foi proposta originalmente por Walodi Weibull em 1954 em estudos relacionados ao tempo de falha devido a fadiga de metais sendo frequentemente usada para descrever o tempo de vida de produtos industriais. Outras distribuições de vida comumente utilizadas incluem as distribuições exponencial, lognormal e normal. O responsável pela análise escolhe a distribuição mais adequada para modelar cada conjunto de dados baseado em experiência e no teste de aderência, conforme mencionado por Sucena (2008).

Conforme Rigoni (2019), os parâmetros do modelo Weibull são:

- $\eta$  (eta) é o parâmetro de escala ou vida característica, que define onde a maior parte da distribuição falha.
- $\beta$  (beta) é o parâmetro de forma ou inclinação, que define a forma da distribuição, sendo um número adimensional;
- $\gamma$  (gama) é o parâmetro de localização ou vida livre de falha, que define a localização da distribuição no tempo, ou seja, representa um deslocamento no eixo x, transladando o início da distribuição para um valor diferente de zero.

A função de Confiabilidade da distribuição Weibull é dada por:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}, \text{ para } t \geq \gamma$$

A função Taxa de Falha da distribuição Weibull por:

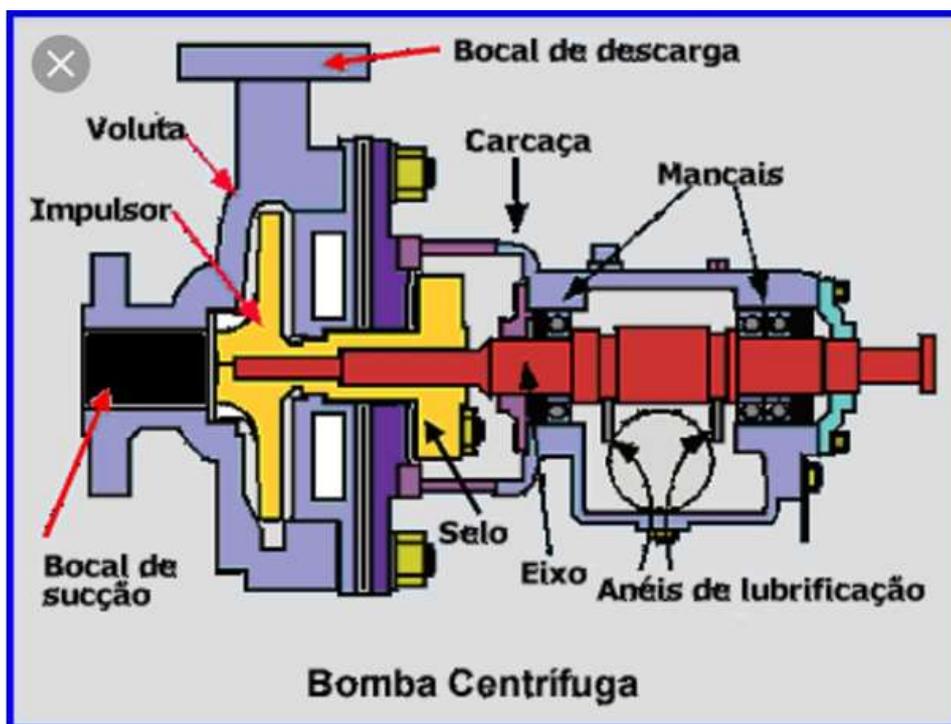
$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}, \text{ para } t \geq \gamma$$

Neste estudo de caso foi utilizado a distribuição Weibull para analisar os dados de vida dos selos mecânicos para otimização do estoque.

### 3.4 SELO MECÂNICO

O Selo Mecânico é um dispositivo mecânico de alta tecnologia e desempenho, que tem o objetivo de prevenir vazamentos de fluídos, líquidos ou gases sob pressão na caixa de selagem, normalmente são utilizados em bombas centrífugas, misturadores, agitadores, ventiladores, entre outros. Eletrobras, 2009.

Figura 3.1 – Estrutura das partes de uma bomba centrífuga.



Fonte: Eletrobras, 2009.

“O selo mecânico é um vedador de pressão que utiliza princípios hidráulicos para reter fluidos”. A vedação exercida pelo selo mecânico se processa em dois momentos: a vedação principal e a secundária, conforme Proença e Uchim (1987).

Conforme citado acima, podemos falar que o selo mecânico é parte integrante do conjunto rotativo, portanto falham, gerando custos de manutenção e reposição do estoque no almoxarifado.

Não é foco deste trabalho justificar os motivos pelos quais levam os selos mecânicos a falharem.

Figura 3.2 – Bomba Centrífuga e aplicação do selo mecânico.



Fonte: Seal do Brasil, 2019.

Para Seal do Brasil (2019), Os selos podem ser do tipo simples, quando é empregado apenas um par de faces de vedação, ou do tipo duplo, que possui dois pares de faces (funciona como dois selos montados num só corpo).

Figura 3.3 – Selo Mecânico duplo.



Fonte: Ultraseal, 2019.

#### 4 DESENVOLVIMENTO

Quando novas indústrias surgem, há necessidade de desenvolver um estoque sobressalente para os ativos, obtendo dificuldade devido os equipamentos instalados e em funcionamento ainda não apresentaram falha de seus componentes, ou seja, não possui histórico de manutenção, muito menos histórico de rotatividade de estoque. Tendo a necessidade em manter estoques, os selos mecânicos geram custos para a empresa exigindo assim um controle rigoroso sobre este componente.

À medida que o tempo foi passando os históricos de manutenção relacionados à falha de selos mecânicos foram registrados, possibilitando realizar um estudo de confiabilidade para otimizar a quantidade de selos mecânicos que seriam necessários para serem armazenados no almoxarifado. Para realizar este estudo de caso foi estudado um período de três anos de operação dos equipamentos rotativos em que o selo mecânico tem o armazenamento do tipo V1 (Reposição automática).

Para realizar este estudo de confiabilidade foram pesquisados no sistema SAP e extraído todos selos mecânicos que tem reposição automática no almoxarifado, conforme figura 4.1.

Figura 4.1 – Selos Mecânicos do tipo V1.

Materia	Descrição	Tipo MRP
317795	SELO MECAN BOMBA FUSO NM011BY02S12B B920	V1
463113	SELO MECANICO MISTURADOR AC50-30 JOHN CR	V1
463114	SELO MECANICO FLUIDIZADOR ATF60 JOHN CRA	V1
470767	SELO MECAN INOX BOMBA HELICOIDAL NM038BY	V1
470791	SELO MECAN INOX BOMBA HELICOIDAL NM063BY	V1
471999	SELO MECAN INOX BOMBA HELICOIDAL NM076BY	V1
472543	SELO MECAN BBA MP65	V1
472843	SELO MECAN BBA 250 48M SA SC/SC/SC/CB AF	V1
472930	SELO MECAN BBA RBS-L/KS 32M CB/SC EP AND	V1
472941	SELO MEC RBS COMPONENTE ACO INOX 316 48,	V1
559723	SELO MECAN BBA 150 35M SA SC/SC S AFLAS	V1
472958	SELO MECAN BBA 250 35M SA SC/SC/SC/CB S	V1
472986	SELO MECAN BBA 250 55M SA SC/SC/SC/CB S	V1
473006	SELO MECAN BBA 280 130M TC/TC/CB/TC S AF	V1
473970	SELO MEC CARTUCHO DUPLO ACO INOX 3	V1
473971	SELO MEC CARTUCHO DUPLO ACO INOX 3	V1
474239	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329	V1
474406	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 140,00 M	V1
474410	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 160,00 M	V1
474414	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 30,000M	V1
474415	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 185,00 M	V1
474820	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 30,000M	V1
474821	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 140,00 M	V1
476242	SELO MEC SIMPLES CARTUCHO ACO INOX 316	V1
481631	SELO MECANICO SECADOR MC-25 VALMET STOD1	V1
481967	SELO MECAN FRIATEC REF. ALLPAC CS	V1
482034	SELO MECAN BOMBA HELICOIDAL NM005BY06S12	V1
499820	SELO MECAN BOMBA SUBMERSA	V1
503464	SELO MECANICO AGITADOR SLFL-125 SULZER F	V1
515901	SELO MECAN BOMBA CENTRIFUGA A11-50-GM SU	V1
525434	SELO MECAN BOMBA CENTRIFUGA MBN25 180 JO	V1
526140	SELO MECAN BOMBA DESCARGA TANQUE MISTURA	V1
526316	SELO MECAN BOMBA HIDRAULICA FLOWSERVE 2P	V1
526452	SELO MECAN BBA 2BV5110-0HH01-8S NASH 030	V1
526462	SELO MECAN BBA 2BV5 131 NASH 2BV512131	V1
551737	SELO MEC DUPLO CARTUCHO 140,00 MM	V1
551738	SELO MEC DUPLO CARTUCHO 120,00 MM	V1
554906	SELO MECAN BOMBA CENTRIFUGA CRN 15-04 A-	V1
566635	SELO MEC CARTUCHO DUPL ACO INOX 316 140,	V1
588337	SELO MEC DUPLO CARTUCHO ACO INOX AISI 31	V1
589054	SELO MECAN BOMBA HIDRAULICA NM031BY01L06	V1
590442	SELO MECAN BOMBA CENTRIFUGA MULTIESTAGIO	V1
605143	SELO MEC DUPLO CARTUCHO TITANIO 90,00M	V1
607929	SELO MEC CARTUCHO DUPL ACO INOX 316 40,	V1

Fonte: O Autor, (2019).

Tendo conhecimento dos selos mecânicos que apresentam essa característica de armazenamento, foi possível identificar todos os locais de instalação ou equipamentos que possuem esses selos instalados, conforme figura 4.2.

Figura 4.2 – Equipamentos x Selos Mecânicos.

Loc.Instal.	Desc.Loc.Instal.	MRP	Material	Descrição
OR30-33120P2037	Bomba de Diluição da Torre HD L-2	V1	472877	SELO MEC SIMPLS CARTUCHO ACO INOX 316 S
OR30-33120P2061	Bomba de Água de Lavagem da Tela L-2	V1	472877	SELO MEC SIMPLS CARTUCHO ACO INOX 316 S
OR30-37112P1064	Bomba Contralavagem 1 Filtros Aquazur	V1	472877	SELO MEC SIMPLS CARTUCHO ACO INOX 316 S
OR30-37112P1065	Bomba Contralavagem 2 Filtros Aquazur	V1	472877	SELO MEC SIMPLS CARTUCHO ACO INOX 316 S
OR30-37112P1066	Bomba Contralavagem 3 Filtros Aquazur	V1	472877	SELO MEC SIMPLS CARTUCHO ACO INOX 316 S
OR30-37130P2042	Bombas Presurização 1 P/ Agua Selagem	V1	472877	SELO MEC SIMPLS CARTUCHO ACO INOX 316 S
OR30-37130P2043	Bombas Presurização 2 P/ Agua Selagem	V1	472877	SELO MEC SIMPLS CARTUCHO ACO INOX 316 S
OR30-37130P2044	Bombas Presurização 3 P/ Agua Selagem	V1	472877	SELO MEC SIMPLS CARTUCHO ACO INOX 316 S
OR30-38200P2205	Bomba de Água de Resfriamento 1	V1	472877	SELO MEC SIMPLS CARTUCHO ACO INOX 316 S
OR30-38200P2206	Bomba de Água de Resfriamento 2	V1	472877	SELO MEC SIMPLS CARTUCHO ACO INOX 316 S
OR30-38200P2207	Bomba de Água de Resfriamento 3	V1	472877	SELO MEC SIMPLS CARTUCHO ACO INOX 316 S
OR30-33120P2039	Bomba de Água Diluição Pulper Seco L-2	V1	472880	SELO BBA 150 85M SA SC/SC S AFLAS ANDRIT
OR30-37112P1058	Bomba Água Tratada 1	V1	472880	SELO BBA 150 85M SA SC/SC S AFLAS ANDRIT
OR30-37112P1059	Bomba Água Tratada 2	V1	472880	SELO BBA 150 85M SA SC/SC S AFLAS ANDRIT
OR30-37112P1060	Bomba Água Tratada 3	V1	472880	SELO BBA 150 85M SA SC/SC S AFLAS ANDRIT
OR30-37112P1061	Bomba Água Tratada 4	V1	472880	SELO BBA 150 85M SA SC/SC S AFLAS ANDRIT
OR30-37112P1062	Bomba Água Tratada 5	V1	472880	SELO BBA 150 85M SA SC/SC S AFLAS ANDRIT
OR30-37112P1063	Bomba Água Tratada 6	V1	472880	SELO BBA 150 85M SA SC/SC S AFLAS ANDRIT
OR30-37130P2045	Bombas Lavagem 1 Filtros	V1	472880	SELO BBA 150 85M SA SC/SC S AFLAS ANDRIT
OR30-37130P2046	Bombas Lavagem 2 Filtros	V1	472880	SELO BBA 150 85M SA SC/SC S AFLAS ANDRIT
OR30-37130P2055	Bomba Agua Desmi P/ Teste Caldeira	V1	472880	SELO BBA 150 85M SA SC/SC S AFLAS ANDRIT
OR30-32200P3022	Bomba Água Quente LH Euca	V1	472882	SELO MECAN BBA 150 115M SA SC/SC S AFLAS
OR30-33110P1041	Bomba 01 De Diluição da Torre HD L-1	V1	472882	SELO MECAN BBA 150 115M SA SC/SC S AFLAS
OR30-33120P2057	Bomba de Transferência Água Branca L-2	V1	472882	SELO MECAN BBA 150 115M SA SC/SC S AFLAS
OR30-31100P0031	Bomba de circulação de água Linhas 1 E 2	V1	472883	SELO MEC DUPLO CARTUCHO ACO INOX 316 SS
OR30-31100P0032	Bomba de Circulação de Água Linhas 3 E 4	V1	472883	SELO MEC DUPLO CARTUCHO ACO INOX 316 SS
OR30-32000P0055	Bomba 2 Circ Lavador Gases Área Marrom	V1	472883	SELO MEC DUPLO CARTUCHO ACO INOX 316 SS
OR30-32000P0102	Bomba 1 Circ Lavador Gases Branqueamento	V1	472883	SELO MEC DUPLO CARTUCHO ACO INOX 316 SS
OR30-32000P0103	Bomba 2 Circ Lavador Gases Branqueamento	V1	472883	SELO MEC DUPLO CARTUCHO ACO INOX 316 SS
OR30-32120P2028	Bomba 4 Circ Lavador 1 L.Marrom LH Euca	V1	472883	SELO MEC DUPLO CARTUCHO ACO INOX 316 SS
OR30-32120P2058	Bomba 4 Circ. Lavador 2 L.Marrom LH Euca	V1	472883	SELO MEC DUPLO CARTUCHO ACO INOX 316 SS
OR30-32120P2221	Bomba Aliment Separadores Areia LH Euca	V1	472883	SELO MEC DUPLO CARTUCHO ACO INOX 316 SS

Fonte: Autoria Própria.

Com isso buscou-se o histórico de manutenção, onde no mesmo é inserido todas as ocorrências de falhas ou serviço de manutenção, segue abaixo em Excel parte do histórico de manutenção. No período de 01/03/2016 a 01/03/2019 ocorreram 482 falhas em selos mecânicos distribuídos em 159 equipamentos.

Figura 4.3 – Histórico de Manutenção.

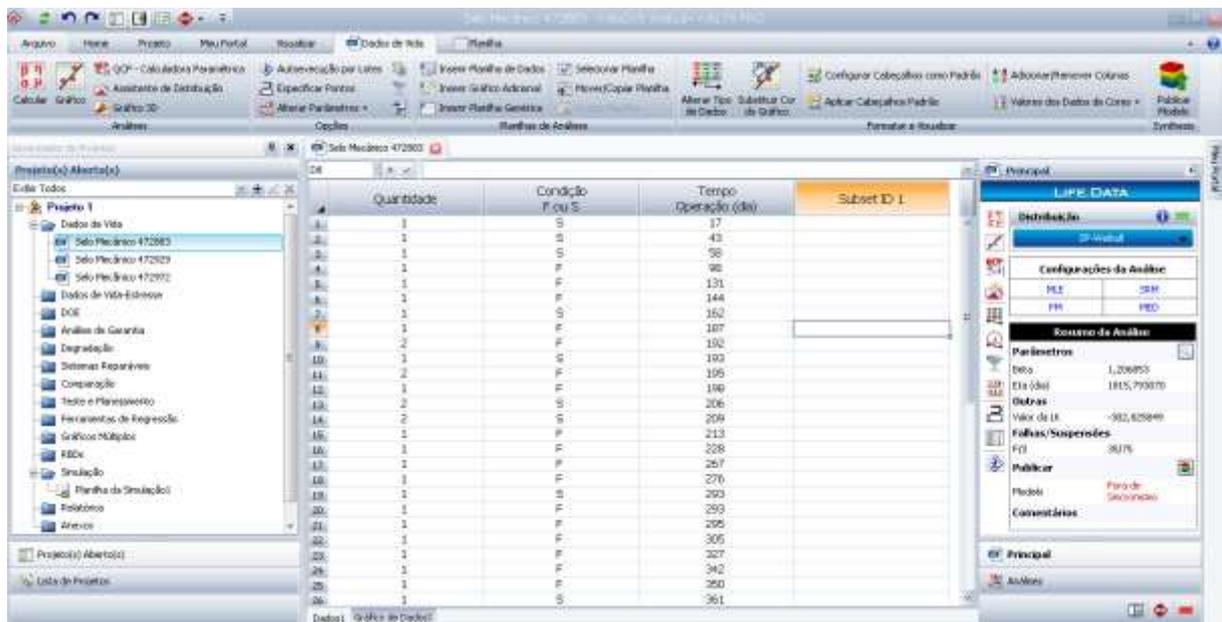
Ordem de Manutenção	Data da nota	Prioridade	Nota de Manutenção	Loc.Instalação	Denominação	Descrição da Ocorrência
2000886503	14/07/2017	S	5000160428	OR30-31100P0030	Bomba Booster Água Fresca Est. Lavagem	VAZAMENTO DE ÁGUA PELO SELO MECÂNICO
2000871575	18/05/2017	R	1000764210	OR30-31100P0031	Bomba de circulação de água Linhas 1 E 2	SUBSTITUIR SELO MECANICO BBA AGUA
2000863458	18/05/2017	R	1000753104	OR30-31100P0031	Bomba de circulação de água Linhas 1 E 2	Vazamento do selo mecânico bomba de água
1900003526	18/05/2017	R	1000766701	OR30-31100P0031	Bomba de circulação de água Linhas 1 E 2	VAZAMENTO SELO MECANICO BOMBA DE AGUA
	03/10/2017	S	5000166533	OR30-31100P0032	Bomba de Circulação de Água Linhas 3 E 4	VAZAMENTO NO SELO MECANICO
1900005121	23/11/2017	R	1000846345	OR30-31100P0032	Bomba de Circulação de Água Linhas 3 E 4	SUBSTITUIR SELO DA BOMBA BBC00460
2000962325	14/02/2018	S	1000879976	OR30-31100P0032	Bomba de Circulação de Água Linhas 3 E 4	SELO COM VAZAMENTO
1100264962	15/05/2018	S	5000185483	OR30-31100P0033	Bomba Booster d'agua Circ. Est. Lav.L1e2	VAZAMENTO PELO SELO MECANICO
1000553140	30/05/2016	G	4000415356	OR30-32000P0070	Bomba 1 Limpeza Área LH Eucalipto	EXTROCAR SELO MECANICO BOMBA 32000P0070
1000554446	03/06/2016	G	4000416021	OR30-32000P0070	Bomba 1 Limpeza Área LH Eucalipto	EX. SUBST SELO MECANICO BBA 32000P0070
1100229598	01/09/2017	R	5000164297	OR30-32000P0070	Bomba 1 Limpeza Área LH Eucalipto	SELO DANIFICADO BOMBA P0070
2000741078	19/11/2018	R	5000206224	OR30-32000P0071	Bomba 2 Limpeza Área LH Eucalipto	843017-VAZAMENTO EXTERNO SELO MECÂNICO
1100195011	15/12/2016	S	5000146161	OR30-32100P1021	Bomba 1 Água Selagem	SELO COM VAZAMENTO 32100-P-1021
2000741078	25/04/2016	G	1000630803	OR30-32100P1022	Bomba 2 Água Selagem	VERIF VAZAM SELO MECANICO BBA 32100P1022
1100214397	16/05/2017	R	5000156106	OR30-32100P1022	Bomba 2 Água Selagem	VAZAMENTO EXTERNO SELO BOMBA 32100P1022
1100222048	10/07/2017	R	5000160146	OR30-32100P1022	Bomba 2 Água Selagem	SELO DANIFICADO BOMBA 32100P1022
1100263808	11/05/2018	R	5000185262	OR30-32100P1022	Bomba 2 Água Selagem	SELO DANIFICADO P/1022
2001050225	27/09/2018	R	1000972870	OR30-32100P1022	Bomba 2 Água Selagem	836871-BOMBA VAZAMENTO PELO SELO
1100213087	08/05/2017	S	5000155377	OR30-32110P1116	Bomba 1 de Cavacos LH Euca	VAZAMENTO SELO DA BBA32110P1116
1900004172	21/08/2017	R	1000803350	OR30-32110P1116	Bomba 1 de Cavacos LH Euca	RECUPERAÇÃO SELO MECANICO BBA CAVACO
1100244275	08/12/2017	G	5000172111	OR30-32110P1116	Bomba 1 de Cavacos LH Euca	SELO DANIFICADO P/1116
1100189725	04/11/2016	G	5000143198	OR30-32110P1117	Bomba 2 de Cavacos LH Euca	VAZAMENTO SELO MECÂNICO 32110-P-1117
2000823051	27/01/2017	S	1000711476	OR30-32110P1117	Bomba 2 de Cavacos LH Euca	VAZAMENTO SELO MEC BOMBA 32210P1117
1100212017	02/05/2017	G	5000154960	OR30-32110P1117	Bomba 2 de Cavacos LH Euca	VAZAMENTO SELO BOMBA 2 DE CAVACO EUCA
1100277671	17/08/2018	G	5000196187	OR30-32110P1117	Bomba 2 de Cavacos LH Euca	832775-VAZAMENTO PELO SELO
1100189726	04/11/2016	G	5000143196	OR30-32110P1118	Bomba 3 de Cavacos LH Euca	VAZAMENTO SELO MECANICO 32210-P-1118

Fonte: O Autor, 2019.

Após pesquisa realizada, foi possível organizar individualmente os dados de vida relacionados aos selos mecânicos para cada equipamento, com isso pode-se inserir os dados coletados no software weibull ++ para obter informações dos dados de confiabilidade, probabilidade de falha e MTTF.

Na figura 2, no campo material encontra-se o código do selo mecânico que o representa no sistema. Pode-se observar que o mesmo selo mecânicos pode ser utilizado em várias posições como exemplo o código 472883 que está instalado em 76 equipamentos. Foi utilizado como exemplo de aplicação do software weibull ++ da Reliasoft o código 472883 podendo ser visualizado abaixo.

Figura 4.4 – Utilização do Weibull ++.



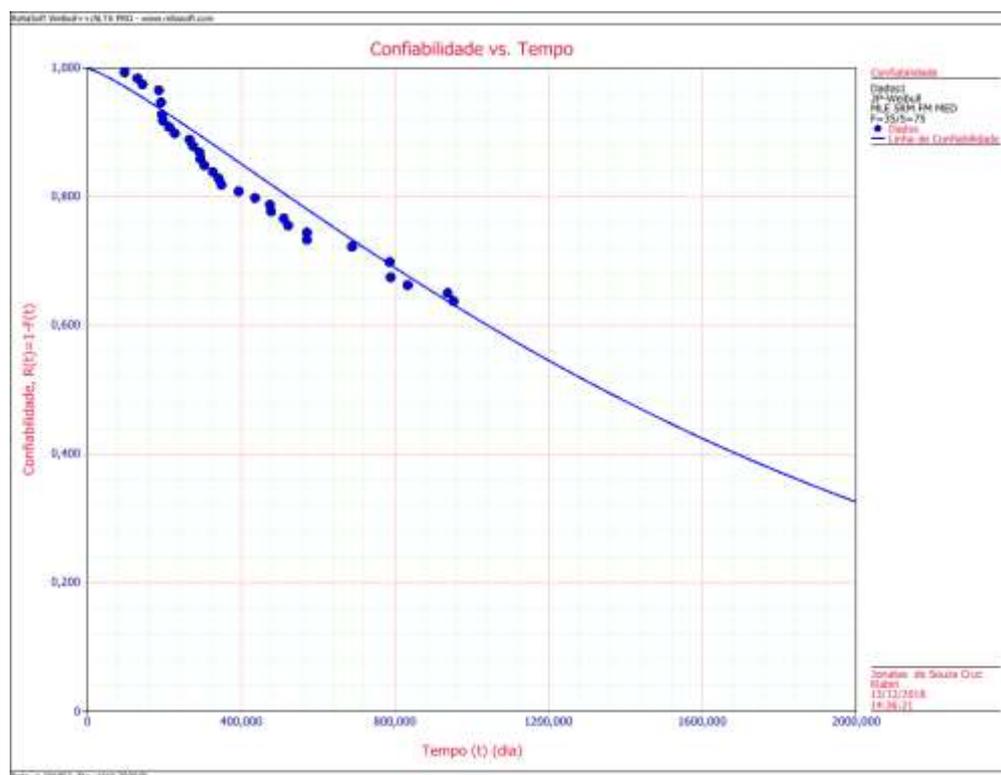
Fonte: Autoria Própria.

Foram colocados todos os intervalos de falhas referentes ao código 472883, seguem resultados analisados abaixo:

$\beta$  (beta): 1,206 (Característica de falha crescente, desgaste)

$\eta$  (eta): 1815,7 (63,2% dos selos mecânicos irão falhar neste tempo “dias”)

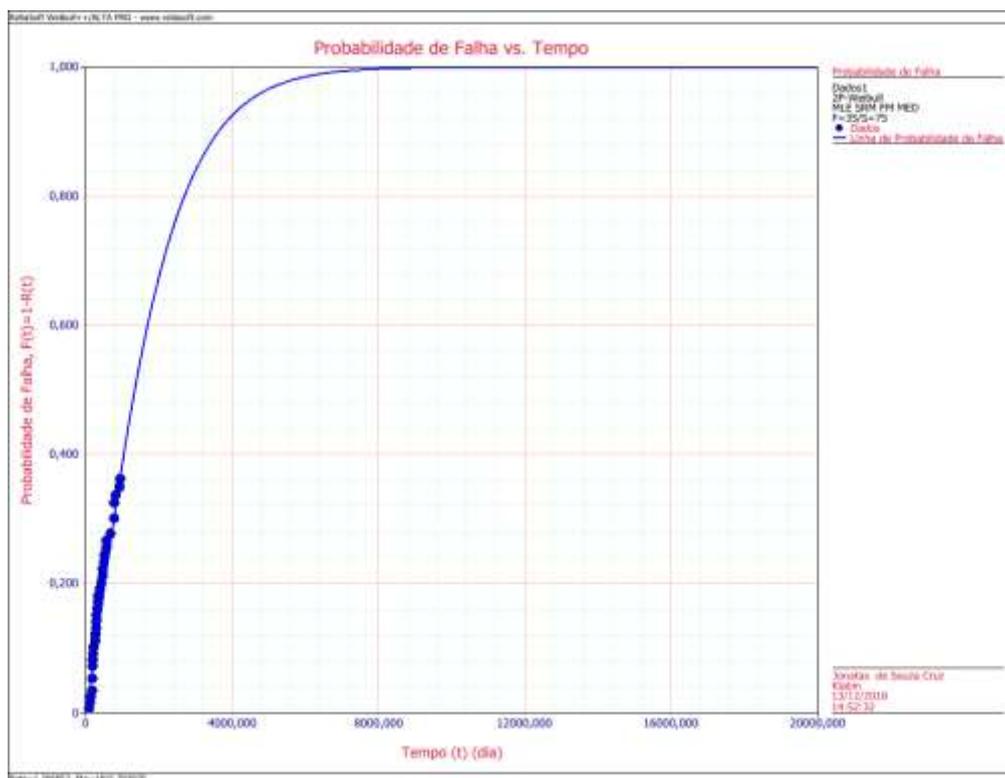
Figura 4.5 – Curva de Confiabilidade.



Fonte: Autoria Própria.

Na figura 4.5 temos a curva de confiabilidade versus o tempo referente ao selo mecânico de código 472883. Nesta curva é possível verificar a confiabilidade desejada em função do tempo, neste caso em “dias”, portanto podemos visualizar que o item possui uma confiabilidade acima de 80% para um período de um ano de operação.

Figura 4.6 – Curva de Probabilidade de Falha.



Fonte: Autoria Própria.

A figura 4.6 mostra o contrário da figura 4.5, é a probabilidade de falha, ou seja, são valores contrários aos valores encontrados na curva de confiabilidade.

O histórico analisado para todos os selos mecânicos foi de 3 anos de operação, porem no cálculo foi utilizado 1 ano para otimização do estoque. Seguem resultados dos cálculos obtidos:

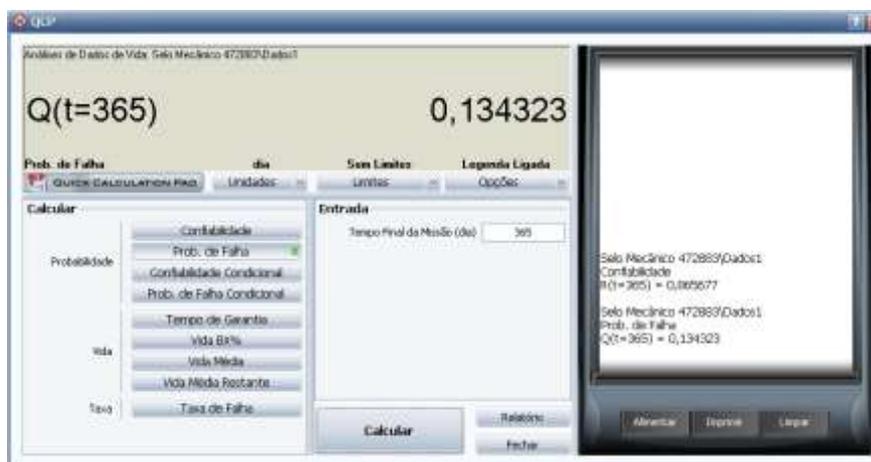
Figura 4.7 – Confiabilidade.



Fonte: Autoria Própria.

Na figura 4.7 é possível visualizar que confiabilidade encontrada para 1 ano de operação é de 86,5677%.

Figura 4.8 – Probabilidade de falha.



Fonte: Autoria Própria.

Na figura 4.8 é possível visualizar que a probabilidade de falha encontrada para 1 ano de operação é de 13,4323%.

Figura 4.9 – Tempo de Garantia.



Fonte: Autoria Própria.

O tempo de garantia informado pela figura 4.9 nos diz que a probabilidade do selo mecânico operar com 90,00% de confiabilidade é um período de 281,35 dias.

Figura 4.10 – Confiabilidade para lead time.



Fonte: Autoria Própria.

O cálculo mostrado na figura 4.10, mostra que o tempo que temos de reposição desse selo mecânico em estoque é de 45 dias, porém temos que o valor de confiabilidade encontrado de 98,8533% nos informa que a probabilidade do selo mecânico falhar antes da reposição é mínima, ou seja, 1,1467%.

Para exemplificar a otimização do estoque, segue exemplo de cálculo abaixo utilizando o selo mecânico de código 472883.

Equipamentos instalados: 76

Estoque atual: 5

Probabilidade de falha: 13,43%

Para determinar a quantidade de selos mecânicos para otimizar o estoque utilizou-se a probabilidade de falha vezes a quantidade instalada, conforme cálculo abaixo.

Probabilidade de falha x Equipamentos instalados = Estoque ideal para 1 ano de operação

$13,43\% \times 76 = 10,21$

Utilizou-se como resultado 10, ou seja, para otimizar o estoque referente ao selo mecânico de código 472883 serão necessários 10 peças em estoque. Como o estoque atual é de 5 selos, será necessário adquirir mais 5 selos.

Para todos os códigos referentes aos selos mecânicos foram utilizados os mesmos cálculos para determinar os parâmetros mostrados acima.

Segue tabela abaixo demonstrativo de todos os resultados adquiridos para os selos mecânicos mencionados.

Figura 4.11 – Cálculos de confiabilidade dos selos mecânicos

Materia	Descrição	Tipo MRP	Aplic	MTTF (Dias)	Conf (1 ano)	Prob Falha (1 ano)	90% Conf (Dias)	Lead Tim	Confiabilidade LT
317795	SELO MECAN BOMBA FUSO NM011BY02S12B B920	V1	2	743,67	77,74%	22,26%	216,85	62	98,71%
463113	SELO MECANICO MISTURADOR AC50-30 JOHN CR	V1	2	581,98	65,26%	34,74%	143,41	90	94,89%
463114	SELO MECANICO FLUIDIZADOR ATF60 JOHN CRA	V1	2	335,65	39,98%	60,02%	180,63	80	99,14%
470767	SELO MECAN INOX BOMBA HELICOIDAL NM038BY	V1	2	996	100%	0,00%	996	62	100%
470791	SELO MECAN INOX BOMBA HELICOIDAL NM063BY	V1	7	764,52	88,06%	11,94%	337,54	62	99,81%
471999	SELO MECAN INOX BOMBA HELICOIDAL NM076BY	V1	20	1681,67	89,04%	10,96%	339,56	62	98,91%
472543	SELO MECAN BBA MP65	V1	2	1277,38	88,05%	11,95%	322,47	45	99,47%
472843	SELO MECAN BBA 250 48M SA SC/SC/SC/AF	V1	1	996	100%	0,00%	996	45	100%
472883	SELO MEC DUPLO CARTUCHO ACO INOX 316 SS	V1	76	1705,55	86,56%	13,44%	281,35	45	98,85%
472930	SELO MECAN BBA RBS-L/KS 32M CB/SC EP AND	V1	6	996	100%	0,00%	996	45	100%
472941	SELO MEC RBS COMPONENTE ACO INOX 316 48,	V1	14	996	100%	0,00%	996	45	100%
559723	SELO MECAN BBA 150 35M SA SC/SC S AFLAS	V1	16	2800,12	92,84%	7,16%	484,55	45	99,44%
472958	SELO MECAN BBA 250 35M SA SC/SC/SC/SC S	V1	15	806,51	93,24%	6,76%	419,8	45	99,98%
472986	SELO MECAN BBA 250 55M SA SC/SC/SC/SC S	V1	4	830,31	99,01%	0,99%	580,88	45	100%
473006	SELO MECAN BBA 280 130M TC/TC/CB/TC S AF	V1	1	996	100%	0,00%	996	45	100%
473970	SELO MEC CARTUCHO DUPLO ACO INOX 3	V1	1	996	100%	0,00%	996	112	100%
473971	SELO MEC CARTUCHO DUPLO ACO INOX 3	V1	2	996	100%	0,00%	996	142	100%
474239	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329	V1	2	997,37	100%	0,00%	868,97	45	100%
474406	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 140,00 M	V1	2	996	100%	0,00%	996	45	100%
474410	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 160,00 M	V1	1	996	100%	0,00%	996	45	100%
474414	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 30,000M	V1	1	2156,8	62,85%	37,15%	28,31	30	89,67%
474415	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 185,00 M	V1	1	996	100%	0,00%	996	45	100%
474820	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 30,000M	V1	3	996	100%	0,00%	996	45	100%
474821	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 140,00 M	V1	2	996	100%	0,00%	996	45	100%
476242	SELO MEC SIMPLES CARTUCHO ACO INOX 316	V1	5	5772,95	81,49%	18,51%	131,21	45	94,87%
481631	SELO MECANICO SECAADOR MC-25 VALMET STOD1	V1	2	996	100%	0,00%	996	140	100%
481967	SELO MECAN FRIATEC REF. ALLPAC CS	V1	2	928,64	54,10%	45,90%	29,31	74	81,76%
482034	SELO MECAN BOMBA HELICOIDAL NM005BY06S12	V1	4	1377,2	88,50%	11,50%	330,13	62	99,10%
499820	SELO MECAN BOMBA SUBMERSA	V1	1	996	100%	0,00%	996	104	100%
503464	SELO MECANICO AGITADOR SLFL-125 SULZER F	V1	11	996	100%	0,00%	996	30	100%
515901	SELO MECAN BOMBA CENTRIFUGA A11-50-GM SU	V1	2	996	100%	0,00%	996	30	100%
525434	SELO MECAN BOMBA CENTRIFUGA MBN25 180 JU	V1	2	1993,34	63,34%	36,66%	32,22	30	90,40%
526140	SELO MECAN BOMBA DESCARGA TANQUE MISTURA	V1	2	996	100%	0,00%	996	30	100%
526316	SELO MECAN BOMBA HIDRAULICA FLOWSERVE 2P	V1	1	995	63%	36,69%	104,93	45	95,58%
526452	SELO MECAN BBA 2BV5110-0HH01-8S NASH 030	V1	12	996	100%	0,00%	996	85	100%
526462	SELO MECAN BBA 2BV5 131 NASH 2BV512131	V1	5	996	100%	0,00%	996	45	100%
551737	SELO MEC DUPLO CARTUCHO 140,00 MM	V1	3	378,74	43,84%	56,16%	87,44	30	97,76%
551738	SELO MEC DUPLO CARTUCHO 120,00 MM	V1	3	1001,61	100%	0,00%	968,02	30	100%
554906	SELO MECAN BOMBA CENTRIFUGA CRN 15-04 A-	V1	2	996	100%	0,00%	996	45	100%
566635	SELO MEC CARTUCHO DUPL ACO INOX 316 140,	V1	1	437,5	49,15%	50,85%	84,81	30	97,32%
588337	SELO MEC DUPLO CARTUCHO ACO INOX AISI 31	V1	1	533,33	93,33%	6,67%	392,34	30	100%
589054	SELO MECAN BOMBA HIDRAULICA NM031BY01L06	V1	1	996	100%	0,00%	996	45	100%
590442	SELO MECAN BOMBA CENTRIFUGA MULTISTAGIO	V1	1	435,27	60,97%	39,03%	190,11	30	99,86%
605143	SELO MEC DUPLO CARTUCHO TITANIO 30,00M	V1	3	1337,61	95,43%	4,57%	532,15	30	99,97%
607929	SELO MEC CARTUCHO DUPL ACO INOX 316 40,	V1	1	224,32	16,88%	83,12%	55,21	30	95,85%

Fonte: Autoria Própria.

## 5 RESULTADOS ALCANÇADOS

Após coleta de dados e utilização do software da Reliasoft Weibull++ para calcular a confiabilidade dos selos mecânicos, foi possível obter os resultados para a otimização do estoque. Avaliando-os na figura abaixo pode-se observar que em alguns casos será necessário comprar mais selos mecânicos e em outros casos reduzir o estoque.

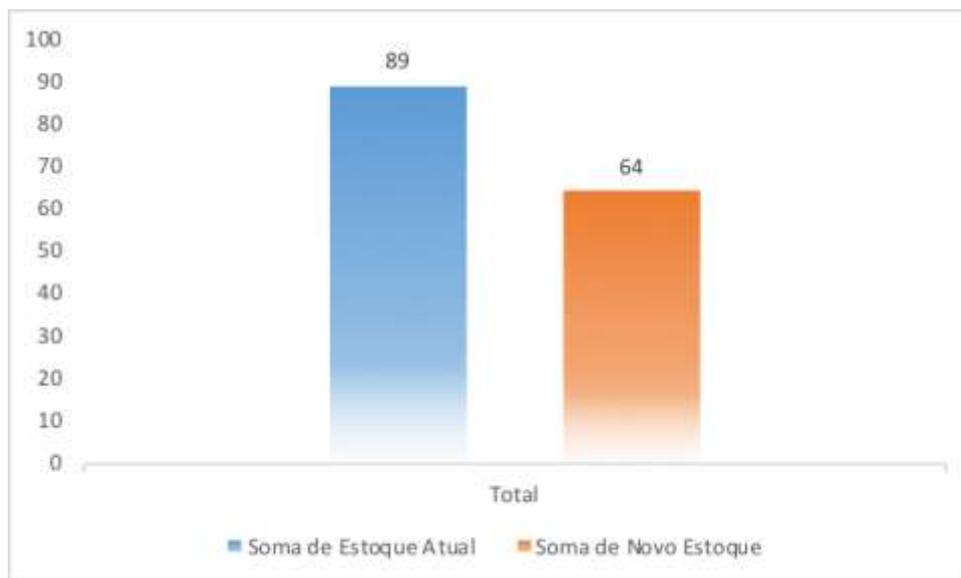
Figura 5.1 – Otimização do estoque dos selos mecânicos

Materia	Descrição	Estoqu	Valor Unitári	Valor do Estoqu	Estoque Estatístico	Adeq. Estoqu	Novo Valor do Estoqu
317795	SELO MECAN BOMBA FUSO NM011BY02S12B B920	2	R\$ 273,71	R\$ 547,42	0,4452	1	R\$ 273,71
463113	SELO MECANICO MISTURADOR AC50-30 JOHN CR	2	R\$ 24.773,25	R\$ 49.546,50	0,6948	1	R\$ 24.773,25
463114	SELO MECANICO FLUIDIZADOR ATF60 JOHN CRA	1	R\$ 52.657,34	R\$ 52.657,34	1,2004	2	R\$ 105.314,68
470767	SELO MECAN INOX BOMBA HELICOIDAL NM038BY	1	R\$ 355,35	R\$ 355,35	0	1	R\$ 355,35
470791	SELO MECAN INOX BOMBA HELICOIDAL NM063BY	2	R\$ 1.243,77	R\$ 2.487,54	0,8358	2	R\$ 2.487,54
471999	SELO MECAN INOX BOMBA HELICOIDAL NM076BY	3	R\$ 1.162,60	R\$ 3.487,80	2,192	2	R\$ 2.325,20
472543	SELO MECAN BBA MP65	2	R\$ 8.742,57	R\$ 17.485,14	0,239	2	R\$ 17.485,14
472843	SELO MECAN BBA 250 48M SA SC/SC/SC/CB AF	1	R\$ 3.974,52	R\$ 3.974,52	0	1	R\$ 3.974,52
472883	SELO MEC DUPLO CARTUCHO ACO INOX 316 SS	5	R\$ 4.516,38	R\$ 22.581,90	10,2144	10	R\$ 45.163,80
472930	SELO MECAN BBA RBS-L/KS 32M CB/SC EP AND	2	R\$ 426,48	R\$ 852,96	0	2	R\$ 852,96
472941	SELO MEC RBS COMPONENTE ACO INOX 316 48,	1	R\$ 795,07	R\$ 795,07	0	1	R\$ 795,07
559723	SELO MECAN BBA 150 35M SA SC/SC S AFLAS	2	R\$ 2.316,74	R\$ 4.633,48	1,1456	2	R\$ 4.633,48
472958	SELO MECAN BBA 250 35M SA SC/SC/SC/CB S	3	R\$ 5.615,59	R\$ 16.846,77	1,014	1	R\$ 5.615,59
472986	SELO MECAN BBA 250 55M SA SC/SC/SC/CB S	1	R\$ 6.561,02	R\$ 6.561,02	0,0396	1	R\$ 6.561,02
473006	SELO MECAN BBA 280 130M TC/TC/CB/TC S AF	3	R\$ 52.374,22	R\$ 157.122,66	0	1	R\$ 52.374,22
473970	SELO MEC CARTUCHO DUPLO ACO INOX 3	2	R\$ 32.744,92	R\$ 65.489,84	0	1	R\$ 32.744,92
473971	SELO MEC CARTUCHO DUPLO ACO INOX 3	1	R\$ 47.745,81	R\$ 47.745,81	0	1	R\$ 47.745,81
474239	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329	1	R\$ 23.296,38	R\$ 23.296,38	0	1	R\$ 23.296,38
474406	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 140,00 M	1	R\$ 38.972,32	R\$ 38.972,32	0	1	R\$ 38.972,32
474410	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 160,00 M	1	R\$ 49.304,69	R\$ 49.304,69	0	1	R\$ 49.304,69
474414	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 30,000M	2	R\$ 100,00	R\$ 200,00	0,3715	1	R\$ 100,00
474415	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 185,00 M	1	R\$ 78.370,54	R\$ 78.370,54	0	1	R\$ 78.370,54
474820	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 30,000M	2	R\$ 17.571,30	R\$ 35.142,60	0	1	R\$ 17.571,30
474821	SELO MEC DUPLO CARTUCHO AISI329 140,00 M	1	R\$ 29.777,48	R\$ 29.777,48	0	1	R\$ 29.777,48
476242	SELO MEC SIMPLES CARTUCHO ACO INOX 316	2	R\$ 29.777,48	R\$ 59.554,96	0,9255	1	R\$ 29.777,48
481631	SELO MECANICO SECADOR MC-25 VALMET STOD1	1	R\$ 54.398,79	R\$ 54.398,79	0	1	R\$ 54.398,79
481967	SELO MECAN FRIATEC REF. ALLPAC CS	1	R\$ 6.263,34	R\$ 6.263,34	0,918	1	R\$ 6.263,34
482034	SELO MECAN BOMBA HELICOIDAL NM05BY06S12	2	R\$ 137,66	R\$ 275,32	0,46	1	R\$ 137,66
498920	SELO MECAN BOMBA SUBMERSA	1	R\$ 181,50	R\$ 181,50	0	1	R\$ 181,50
503464	SELO MECANICO AGITADOR SLFL-125 SULZER F	4	R\$ 16.733,70	R\$ 66.934,80	0	2	R\$ 33.467,40
515901	SELO MECAN BOMBA CENTRIFUGA A11-50-GM SU	1	R\$ 5.429,33	R\$ 5.429,33	0	1	R\$ 5.429,33
525434	SELO MECAN BOMBA CENTRIFUGA MBN25 180 JO	7	R\$ 2.475,68	R\$ 17.329,76	0,7332	2	R\$ 4.951,36
526140	SELO MECAN BOMBA DESCARGA TANQUE MISTURA	1	R\$ 30.216,45	R\$ 30.216,45	0	1	R\$ 30.216,45
526316	SELO MECAN BOMBA HIDRAULICA FLOWSERVE 2P	1	R\$ 170.474,13	R\$ 170.474,13	0,3669	1	R\$ 170.474,13
526452	SELO MECAN BBA 2BV5110-OHH01-8S NASH 030	1	R\$ 4.884,34	R\$ 4.884,34	0	1	R\$ 4.884,34
526462	SELO MECAN BBA 2BV5 131 NASH 2BV512131	2	R\$ 22.175,48	R\$ 44.350,96	0	2	R\$ 44.350,96
551737	SELO MEC DUPLO CARTUCHO 140,00 MM	5	R\$ 15.895,16	R\$ 79.475,80	1,6848	2	R\$ 31.790,32
551738	SELO MEC DUPLO CARTUCHO 120,00 MM	3	R\$ 67.104,78	R\$ 201.314,34	0	1	R\$ 67.104,78
554906	SELO MECAN BOMBA CENTRIFUGA CRN 15-04 A-	2	R\$ 1.122,99	R\$ 2.245,98	0	1	R\$ 1.122,99
566635	SELO MEC CARTUCHO DUPL ACO INOX 316 140,	3	R\$ 45.390,48	R\$ 136.171,44	0,5085	1	R\$ 45.390,48
588337	SELO MEC DUPLO CARTUCHO ACO INOX AISI 31	2	R\$ -	R\$ -	0,0667	1	R\$ -
589054	SELO MECAN BOMBA HIDRAULICA NM031BY01L06	2	R\$ 428,89	R\$ 857,78	0	1	R\$ 428,89
590442	SELO MECAN BOMBA CENTRIFUGA MULTIESTAGIO	1	R\$ 294.412,56	R\$ 294.412,56	0,3903	1	R\$ 294.412,56
605143	SELO MEC DUPLO CARTUCHO TITANIO 90,00M	1	R\$ 53.876,21	R\$ 53.876,21	0,1371	1	R\$ 53.876,21
607929	SELO MEC CARTUCHO DUPL ACO INOX 316 40,	3	R\$ 13.868,29	R\$ 41.604,87	0,8312	1	R\$ 13.868,29

Fonte: Autoria Própria.

Para visualizar melhor os resultados obtidos, segue abaixo gráfico que representa a quantidade de selos que continham no estoque versus a quantidade de selos que deverá ter o novo estoque.

Gráfico 5.1 – Quantidade de peças recomendadas



Fonte: Autoria Própria

No gráfico abaixo foi possível visualizar a redução em reais que foi possível obter com o estudo de otimização.

Os resultados obtidos de custo de estoque segue abaixo:

Gráfico 5.2 – Redução do custo de estoque de selos mecânicos.



Fonte: Autoria Própria

Com o estudo realizado foi possível gerar uma economia de 25,02% no estoque, ou seja, R\$ 495.091,56.

## 6 CONCLUSÃO

Este capítulo sintetiza os resultados obtidos do estudo referente ao comportamento dos dados de vida dos selos mecânicos e estabelece os comparativos da otimização do estoque antes e após estudo de confiabilidade, conforme metodologia apresentada no capítulo 3.

As análises de confiabilidade realizadas nos selos mecânicos mostrou que os conceitos e técnicas estatísticas de análises de dados de vida quando combinados e utilizadas de forma adequada, obtém-se o conhecimento da vida estimada em probabilidades dos componentes de forma geral. Com os dados de vida obtidos é possível compreender de que forma os mecanismos de falha que atuam no produto contribuem para a diminuição da confiabilidade, possibilitando tomadas de decisões técnicas importantes, principalmente relacionadas ao estoque, onde é possível ter de forma estatística, baseados nos dados de vida, a quantidade ideal de sobressalente que é necessário para assegurar a operação de uma indústria e garantir um ano de operação sem faltar sobressalentes, neste caso, selo mecânico.

Assim, por tudo o que foi explanado e demonstrado ao longo deste trabalho, concluiu-se a importância de utilizar de técnicas estatísticas voltadas a engenharia de confiabilidade, que neste caso, contribuiu para o estudo da otimização do estoque.

A otimização de estoque em grandes indústrias relacionados itens de extrema importância e alto custo para o processo geram impactos positivos gerados a partir de um simples estudo de confiabilidade baseados nos dados de vida dos componentes ou ativos, com isso é possível obter um estoque seguro e com baixo custo.

## 6.1 Trabalhos Futuros

Tal análise também poderá ser aplicada a outros componentes ou peças sobressalentes de grande impacto financeiro para a manutenção, tanto quanto para o almoxarifado, fazendo uso do ferramental da engenharia de confiabilidade e expandindo a fronteira de suas aplicações. Também será possível estudar de forma mais específica os modos de falha que fazem com que os componentes deixem de exercer sua função, usando os dados de vida nas ferramentas de confiabilidade, conseqüentemente contribuir para redução de falhas.

## REFERÊNCIAS

CHIAVENATO, Idalberto. **Administração de Materiais: Uma abordagem introdutória**. Rio de Janeiro: Elsevir, 2005.

Curso de Apostila **Especialização em Transporte Ferroviário – Modulo 5: Distribuição de Weibull**. Disponível em: <[http://sucena.eng.br/IME/Mod5\\_Weibull2008.pdf](http://sucena.eng.br/IME/Mod5_Weibull2008.pdf)>. Acessado em: 05.08.2019

Egestor. **Controle de Estoque**: Tudo o que você precisa saber. 2018. Disponível em: <<https://blog.egestor.com.br/o-que-e-controle-de-estoque/>>. Acessado em: 05.08.2019

Eletronbras. **Componentes de uma bomba centrífuga**. 2009. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/figure/Figura-20-Componentes-da-bomba-centrifuga-ELETROBRAS-et-al-2009\\_fig13\\_332010332](https://www.researchgate.net/figure/Figura-20-Componentes-da-bomba-centrifuga-ELETROBRAS-et-al-2009_fig13_332010332)>. Acessado em: 05.08.2019

Fogliato, Flávio Sanson.; Riberio, José Luis Duarte. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GONÇALVES, Paulo Sérgio. **Administração de materiais**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

GURSKI, Carlos Alberto. Apostila **Curso de Formação de Operadores de Refinaria - Noções de confiabilidade e manutenção industrial**. Curitiba – PR, 2002.

LIMA, E. P. C. **Mecânica das bombas**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

PALMISANO, Â. et al. **Gestão da qualidade - tópicos avançados**. Cengage Learning Editores, 2004.

PEREIRA, Mario Jorge. **Engenharia de manutenção: teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

PIAZZA, G., **Introdução a Engenharia de Confiabilidade**. Caxias do Sul: EDUCS, 2000.

PROENÇA, J. F. de; UCHIMA, M. K.; **Melhorias em sistemas de vedação de bombas hidráulicas centrífugas não afogadas de grande porte**; Revista DAE; 47(149): 147-50 Jun.-Set. 1987. Ilus., tab.

Rigoni, Emerson. Apostila **Métodos para Análise de Falhas**, Curitiba, 2019.

**Soluções Industriais**. 2019. Disponível em:  
<<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/entidades-diversas/flex-a-seal-do-brasil-ltda/produtos/vedacao/selo-mecanico>>. Acessado em: 05.08.2019

Ultraseal – **Selos Mecânicos**. 2019. Disponível em:  
<<http://www.ultraseal.com.br/clientes/fabricamos-selo-mecanico-para-bomba-centrifuga/>>. Acessado em: 05.08.2019